XXVII

CONGRESO INTERNACIONAL ANEMBE DE MEDICINA BOVINA

Vitoria del 28 al 30 de mayo de 2025



IM PLANTANDO...

CONOCIMIENTO, BUIATRÍA, SOSTENIBILIDAD, AVANCE,
MEDIO AMBIENTE, INVESTIGACIÓN...

LIBRO DE PONENCIAS, COMUNICACIONES ORALES Y POSTER

ANEMBE
ASOCIACIÓN NACIONAL DE ESPECIALISTAS EN MEDICINA BOVINA DE ESPAÑA

www.congresoanembe.com

INDICE

COMITÉS....9
PROGRAMA MIÉRCOLES DÍA 28....10
PROGRAMA JUEVES DÍA 29....11
PROGRAMA VIERNES DÍA 30....12
PONENCIAS....14
GANADERÍA, BIODIVERSIDAD, Y EPIDEMIOLOGÍA DE LA TUBERCULOSIS....14
TUBERCULOSIS ANIMAL, ALGO HAY QUE CAMBIAR....18
LA TUBERCULOSIS BOVINA EN LA FAUNA SILVESTRE: MEDIDAS DE VIGILANCIA, CONTROL Y BIOSEGURIDAD....23
HEMATOLOGÍA PRÁCTICA EN VACUNO: UN ALIADO PARA EL DIAGNÓSTICO CLÍNICO....28
BIOQUÍMICA PRÁCTICA EN VACUNO: LA CLAVE PARA DIAGNÓSTICOS PRECISOS....46
GESTIÓN DE LA TRANSICIÓN DE LA LACTACIÓN AL PERÍODO SECO....61
OPTIMIZACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE LA INGESTA DURANTE EL PERIODO SECO....62
GESTIÓN NUTRICIONAL DE REBAÑOS DE ORDEÑO ROBOTIZADO PARA OPTIMIZAR LA SALUD Y LA PRODUCCIÓN....63
DEL ORDEÑO A LA FÁBRICA: CALIDAD MICROBIOLOGÍA DE LA LECHE EN ORIGEN CLAVE PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LOS PROCESOS LA TRANSFORMACIÓN Y EL PAGO POR CALIDAD....64
INFLUENCIA CÉLULAS SOMÁTICAS EN PROCESOS INDUSTRIALES EN LA INDUSTRIA LÁCTEA....66
USO DE SALES ANIÓNICAS PARA LA PREVENCIÓN DE HIPOCALCEMIA CON ÉNFASIS EN EL PH URINARIO....68
FIEBRE AFTOSA, SITUACIÓN Y RIESGOS PARA ESPAÑA....78
PLAN DE ACCIÓN INTEGRAL PARA LA GESTIÓN SANITARIA Y DE LA RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS....80
LA EVALUACIÓN DE RIESGOS DENTRO DEL PLAN SANITARIO INTEGRAL: EL MODELO XALOCVETRISK....84
GRIPE AVIAR H5N1: LA HISTORIA DEL VIRUS QUE SALIÓ DE LAS AVES DE CORRAL Y LLEGÓ A LAS VACAS....88
GRIPE AVIAR EN GANADO VACUNO DE LECHE: IMPACTO EN SANIDAD ANIMAL Y SALUD PÚBLICA....93
LA FARMACOVIGILANCIA VETERINARIA....97
GANADERÍA DE PRECISIÓN EN VACUNO DE CARNE: RETOS Y OPORTUNIDADES....109
TELEPASTOREO Y GANADERÍA LIGADA AL TERRITORIO....111
LA GENÓMICA Y LA REPRODUCCIÓN: BIOLOGÍA, GESTIÓN Y RENTABILIDAD DE BOVINOS CON DIFERENTE POTENCIAL GENÉTICO PARA LA FERTILIDAD....129
DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LOS PROGRAMAS DE REINSEMINACIÓN: COMBINANDO BIOLOGÍA Y GESTIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO REPRODUCTIVO....146
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN REPRODUCTIVA Y EL CICLO DE ALTA FERTILIDAD EN VACAS LECHERAS....161
MORTALIDAD EMBRIONARIA Y FETAL EN EL GANADO VACUNO....179

DESARROLLO Y USO DE HERRAMIENTAS PARA LA SUPERVISIÓN AUTOMATIZADA Y EN TIEMPO REAL DE LA RENTABILIDAD DE VACAS INDIVIDUALES Y GRUPOS 204

GESTIÓN NUTRICIONAL DE REBAÑOS DE ORDEÑO ROBOTIZADO PARA OPTIMIZAR LA SALUD Y LA PRODUCCIÓN 207

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA INMUNOLOGÍA Y LA VACUNOLOGÍA 208

BASES INMUNITARIAS DE LA VACUNACIÓN 214

EL LÍO DE LOS MILES DE TIPOS DE VACUNAS: ¿VIVAS? ¿INACTIVADAS? ¿SUBUNIDAD? 217

TIPOS DE VACUNAS Y VÍAS DE ADMINISTRACIÓN 218

OBLIGACIONES MEDIO AMBIENTALES DEL GANADO VACUNO 222

BOVIDCO$_2$: HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL MULTICRITERIO Y LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR VACUNO DE CARNE 228

ECOGAN: REGISTRO DE MTD Y CÁLCULO DE EMISIONES A NIVEL DE GRANJA (VACUNO DE CEBO Y VACUNO DE LECHE) 231

ETOLOGÍA BOVINA Y SU APLICACIÓN EN LA PRÁCTICA PARA MEJORAR EL BIENESTAR ANIMAL Y LA SOSTENIBILIDAD 240

¿VIVIR MÁS O VIVIR MEJOR? MÉTRICAS PARA ANALIZAR A FONDO LA CANTIDAD DE VIDA Y EL BIENESTAR ANIMAL CON EL FIN DE MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD GANADERA 241

CUIDAR LA FERTILIDAD DE LAS VACAS LECHERAS MODERNAS ES CUIDAR EL OVOCITO: ¡LECCIONES APRENDIDAS DE LA INVESTIGACIÓN EN HUMANOS Y ANIMALES! 242

REPERCUSIONES DE LA NUTRICIÓN EN LA CALIDAD DE LOS OVOCITOS Y EMBRIONES DEL GANADO VACUNO 277

INMUNIDAD MAMARIA EN VACUNO DE LECHE. ENTRE LA DEFENSA LOCAL Y LA RESPUESTA SISTÉMICA 293

LA BATALLA OCULTA: MECANISMOS DE EVASIÓN INMUNITARIA EN INFECCIONES MAMARIAS DE RUMIANTES 295

CALIDAD MICROBIOLOGICA DEL AGUA EN VACUNO DE LECHE 297

GESTIÓN DEL DESTETE DE LOS TERNEROS DE CARNE LECHALES CON IMPLICACIONES PARA LA SALUD Y EL BIENESTAR DEL ANIMAL 308

EL EFECTO DEL TIPO DE RAZA DE VACA NODRIZA Y DE LA PARIDAD EN EL DESARROLLO DEL VÍNCULO VACA-CRÍA POSPARTO Y EN LA INMUNIDAD PASIVA DEL TERNERO 317

DINÁMICA DEL CALCIO POSTPARTO, LA INFLAMACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS EN PERIODO DE LACTANCIA TEMPRANA 332

SEGUIMIENTO DE LA SALUD DE LAS VACAS Y LOS REBAÑOS A TRAVÉS DE LA LECHE 335

ESTRATEGIAS DIETÉTICAS PARA REDUCIR LA HIPOCALCEMIA EN VACAS LECHERAS 338

SUPLEMENTOS PARA MEJORAR EL NIVEL DE CALCIO EN SANGRE DESPUÉS DEL PARTO 342

ADIPOSIDAD ABDOMINAL Y ENFERMEDADES DEL POSTPARTO 344

ESTRATEGIAS E IMPORTANCIA DEL DESARROLLO RUMINAL TEMPRANO 350

MITIGACIÓN DE LA METANOGÉNESIS RUMINAL: RETOS Y OPORTUNIDADES 355

SELECCIÓN GENÓMICA EN RAZAS AUTÓCTONAS 361
MONITORIZACIÓN NUTRICIONAL Y METABÓLICA DEL REBAÑO BOVINO PARA CRÍA 364
EL PERIPARTO: SUPLEMENTACIÓN NUTRICIONAL ESTRATÉGICA, SALUD METABÓLICA Y FUNCIÓN REPRODUCTIVA.....383
COMUNICACIONES ORALES 400
CRIBADO DE NUEVOS CANDIDATOS VACUNALES FRENTE A LA TUBERCULOSIS EN EL MODELO DE RATÓN.....400
IDENTIFICACIÓN DE VARIANTES GENÉTICAS DELETÉREAS EN EL TRANSCRIPTOMA DE VACAS FRISONAS INFECTADAS DE MANERA NATURAL POR MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS ..402
EFECTOS DE LA SUBNUTRICIÓN Y DEL HIDROXITIROSOL A FIN DE GESTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y METABÓLICOS DE LAS VACAS NODRIZAS EN GESTACIÓN Y LACTACIÓN 404
COMPOSICIÓN MICROBIANA DEL CALOSTRO Y SU CONTRIBUCIÓN AL ESTABLECIMIENTO DE LA MICROBIOTA INTESTINAL EN TERNEROS.....406
LONG NON-CODING RNAS COMO REGULADORES DE PROCESOS INMUNITARIOS DURANTE LA INFECCIÓN POR MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS Y SU POSIBLE USO COMO BIOMARCADORES DE DIAGNÓSTICO.....408
CONTROL DE PARATUBERCULOSIS: UN PROGRAMA CON UN HORIZONTE A 10 AÑOS.....410
EFECTO DEL ESTRÉS TÉRMICO EN EL PERIODO PRENATAL SOBRE LA SALUD, LA REPRODUCCIÓN Y LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN VACUNO DE LECHE HASTA LA TERCERA LACTACIÓN 412
PRESENCIA DE ANTICUERPOS DE COXIELLA BURNETTII EN TANQUE DE LECHE EN EXPLOTACIONES DEL NOROESTE DE ESPAÑA: EVOLUCIÓN EN LOS ÚLTIMOS 14 AÑOS 416
TEMPERATURA RECTAL VS. ULTRASONOGRAFÍA TORÁCICA: EVALUACIÓN DE LAS DOS TÉCNICAS PARA EL DIAGNOSTICO PRECOZ DEL SÍNDROME RESPIRATORIO BOVINO (SRB) EN EL SISTEMA DE RECRÍA DE MAMONES 418
DESCRIPCIÓN DE SEIS BROTES DE IBR EN REBAÑOS LIBRES, DENTRO DE UN PROGRAMA DE CONTROL SANITARIO, CON UNA PROBABLE VÍA INDIRECTA DE ENTRADA DEL VIRUS.....420
PULMONES SANOS EN TERNERAS AGRUPADAS A EDADES TEMPRANAS, ¿MITO O REALIDAD? 422
SEROPREVALENCIA DEL HERPESVIRUS BOVINO TIPO 2 (BOHV-2) EN EXPLOTACIONES DE VACUNO DE GALICIA 424
VALORACIÓN DEL EFECTO DEL TRIAJE Y SEPARACIÓN DE TERNEROS LACTANTES DE CEBO CON LESIONES PULMONARES VALORADAS POR ECOGRAFÍA TORÁCICA.....426
ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LA SALUD PULMONAR EN TERNERAS DE RECRÍA EN GALICIA, ESPAÑA.....428
EFECTO DE LA EDAD Y PESO AL DESTETE EN LA CALIDAD SEMINAL DE TOROS DE LA RAZA AVILEÑA-NEGRA IBÉRICA 430
CASO CLÍNICO: INTOXICACIÓN POR NITRATOS Y NITRITOS EN BOVINO DE CARNE 433
EFECTO DE LA DENSIDAD ANIMAL DE CORRAL SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y BIENESTAR EN TERNEROS ANGUS DE CEBO INTENSIVO 435
VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE PRECISIÓN EN CEBO INTENSIVO DE TERNEROS 437

ESTUDIO SOBRE EL IMPACTO DE LOS ANTIBIÓTICOS EN LA MICROBIOTA, EL CONSUMO DE PIENSO Y EL CRECIMIENTO DE LOS TERNEROS.....439

UNIFICACIÓN DE CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS LESIONES PODALES Y SU SEVERIDAD PARA LA RECOGIDA NACIONAL DE DATOS EN ESPAÑA 442

ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS REPRODUCTIVAS, MÉTODOS DE SELECCIÓN Y PROGRESO GENÉTICO EN GANADERÍAS DE VACUNO DE LECHE EN GALICIA.....444

MORTALIDAD MASIVA DE TERNERAS EN UNA GANADERÍA DE LECHE DEBIDO A UNA POSIBLE INTOXICACIÓN POR DOXICICLINA: UN CASO DE ESTUDIO. 446

SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MONITORIZACIÓN EN LA RECRÍA: DINÁMICA DE LAS ALERTAS DE SALUD COMO SOPORTE DE LOS PROGRAMAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL 448

INSTINTO MATERNO EN LA GESTACIÓN: TRANSFERENCIA DE MICROMINERALES MADRE-CRÍA EN VACUNO LECHERO.....450

EL ALGA ASPARAGOPSIS EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS: UNA ESTRATEGIA SOSTENIBLE PARA REDUCIR METANO SIN COMPROMETER LA SEGURIDAD ALIMENTARIA.....452

REDUCCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE METANO MEDIANTE LA INCLUSIÓN DE ASPARAGOPSIS ARMATA EN DIETAS PARA RUMIANTES (METHANLESS).....454

LA INFECCIÓN PREVIA POR EL VIRUS RESPIRATORIO SINCITIAL (VRS) PREDISPONE A LA INFECCIÓN POR MYCOPLASMA BOVIS EN LOS CEBADEROS.....456

MYCOPLASMA BOVIS INCREMENTA SU PAPEL EPIDEMIOLÓGICO EN EL COMPLEJO RESPIRATORIO BOVINO EN ESPAÑA.....458

VIREMIA DE LARGA DURACIÓN EN LA ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA EN GRANJAS DE LECHE DE RAZA HOLSTEIN.....460

ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DE LOS SIGNOS CLÍNICOS ASOCIADOS A ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA EN GALICIA DURANTE 2023-2024.....463

LA HIDRATACIÓN ORAL ES UN TRATAMIENTO COADYUVANTE EFICAZ PARA LA ENFERMEDAD RESPIRATORIA BOVINA. 465

INCLUSIÓN DEL VIRUS DE LA RINITIS BOVINA (BRAV Y BRBV) EN EL DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DEL PROCESO RESPIRATORIO BOVINO. 466

EFECTO DE LA VACUNACIÓN FRENTE A CORONAVIRUS RESPIRATORIO BOVINO SOBRE LA GANANCIA MEDIA DIARIA Y LA SALUD RESPIRATORIA RESPECTO A ENFERMEDAD RESPIRATORIA EN TERNEROS PASTEROS 468

DESARROLLO DE UNA NUEVA QPCR PARA ESTIMAR LA CARGA BACTERIANA DEL COMPLEJO MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS EN TEJIDOS ANIMALES 470

PRUEBA DE CAMPO CON UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA LA PREVENCIÓN DE LA DIARREA CAUSADA POR CRYPTOSPORIDIUM PARVUM EN UNA EXPLOTACIÓN LECHERA DE NUESTRO PAÍS ...472

NEOSPORA CANINUM EN EL ÚLTIMO TERCIO DE GESTACIÓN: DINÁMICA DE LA INFECCIÓN EN LOS COMPARTIMENTOS MATERNO Y FETAL.....474

ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LAS EXPLOTACIONES POSITIVAS A LA DIARREA VÍRICA BOVINA (DVB) EN EL PROGRAMA DE CONTROL DE LAS ADSG DE A CORUÑA. 476

EVALUACIÓN SEROLÓGICA DE UNA VACUNA MARCADOR DE BVD QUE NO INTERFIERE CON EL ELISA

P80 UTILIZADA PARA LA MONITORIZACIÓN DE BVD 478

EVALUACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEBIDAS A LAS MAMITIS EN EXPLOTACIONES DE VACUNO LECHERO DE LA PROVINCIA DE LUGO 480

SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MONITORIZACIÓN EN LA RECRÍA: APLICACIONES PRÁCTICAS DEL TIEMPO DE RUMIA COMO SOPORTE EN LA TRANSICIÓN DE LACTANTE A PRE-RUMIANTE.....482

PREDICCIÓN DEL ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO E IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN EN TIEMPO REAL MEDIANTE LA PLATAFORMA DIGITAL NEIKER-KABE 484

DINÁMICA DEL PERFIL LIPÍDICO EN LA LECHE: EFECTOS DEL ESTADO DE LACTACIÓN, ESTRÉS POR CALOR Y ALIMENTACIÓN EN GRANJAS LECHERAS 486

PORCENTAJE DE CONSUMO DE LECHE CON SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE ALIMENTACIÓN COMO POSIBLE INDICADOR TEMPRANO DEL PESO VIVO Y SALUD AL DESTETE EN TERNERAS DE RECRÍA ...488

ANÁLISIS DE NECESIDADES Y DESAFÍOS EN EL SECTOR LÁCTEO EUROPEO.....490

GANADERÍA EXTENSIVA Y MUESTREOS AMBIENTALES: HACIA EL FUTURO DE LA SANIDAD ANIMAL. ..492

DIAGNÓSTICO TEMPRANO, SALUD A LARGO PLAZO: EVALUACIÓN DE LA PRUEBA RÁPIDA RAINBOW™ CALF SCOURS PARA LA DETECCIÓN DE PATÓGENOS CAUSANTES DE DIARREA EN TERNEROS 494

PROGRAMAS VACUNALES VÍRICOS EN BOVINO EN ESPAÑA: ESTUDIO DESCRIPTIVO. 496

PREVALENCIA, CORRELACIONES Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE PATÓGENOS RESPIRATORIOS EN GANADO BOVINO EN LA ENTRADA DE LOS CEBADEROS 498

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN SIMULTANEA DE DIVENCE® PENTA E HIPRABOVIS® SOMNI/LKT EN TERNEROS JÓVENES.....500

EFECTO DE LAS ENFERMEDADES (DIARREA NEONATAL Y SÍNDROME RESPIRATORIO BOVINO) SOBRE EL METABOLISMO A CORTO Y MEDIO PLAZO, EN TERNERAS HOLSTEIN DE RECRÍA. 501

FACTORES DE RIESGO A NIVEL INDIVIDUAL ASOCIADOS CON LA IAAP EN VACAS HOLSTEIN EN LACTACIÓN: ESTUDIO DE UN BROTE 505

EL PAPEL DE LOS NEUTRÓFILOS EN LA PARATUBERCULOSIS BOVINA 507

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE UNA VACUNA DE SUBUNIDADES FRENTE AL SEROTIPO 8 DEL VIRUS DE LA ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA (VEHE-8). 509

MONITORIZACIÓN DE LA RESPUESTA SEROLÓGICA, EN CONDICIONES DE CAMPO, TRAS LA VACUNACIÓN CON SYVAZUL BTV3 EN BOVINO. 511

IMPACTO A MEDIO Y CORTO PLAZO DEL ESTRÉS TÉRMICO SUFRIDO DURANTE LOS PRIMEROS 90 DÍAS DE VIDA EN TERNERAS DE RECRÍA HOLSTEIN.....513

¿QUÉ HAY DE NUEVO SOBRE EL PARANFISTÓMIDO (CALICOPHORON DAUBNEYI) QUE ACOMPAÑA A FASCIOLA HEPATICA EN LA INFECCIÓN DE GANADO VACUNO? 518

IDENTIFICACIÓN DE BIOMARCADORES DIFERENCIALMENTE EXPRESADOS EN SANGRE Y TEJIDOS INTESTINALES DE VACAS FRISONAS NATURALMENTE INFECTADAS POR MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS Y CON LESIONES MULTIFOCALES 520

CONCENTRACIÓN MÍNIMA INHIBITORIA A 5 GRUPOS DE ANTIMICROBIANOS DE LAS CEPAS MYCOPLASMA BOVIS AISLADAS EN ESPAÑA EN EL AÑO 2024 522

INTERACCIONES HOSPEDADOR-PATÓGENO EN LA PLACENTA DURANTE LA INFECCIÓN POR

NEOSPORA CANINUM A FINAL DE LA GESTACIÓN: EXPLORANDO LOS MECANISMOS DE TRANSMISIÓN TRANSPLACENTARIA Y SUPERVIVENCIA FETAL 523

LA INFECCIÓN MIXTA POR VARIAS CEPAS DE MYCOPLASMA BOVIS PUEDE GENERAR LA TRANSFERENCIA DE MATERIAL GENÉTICO IN VIVO ENTRE ELLAS 525

REDUCCIÓN DEL USO DE PARAMOMICINA EN UNA EXPLOTACIÓN DE VACUNO DE CARNE TRAS LA VACUNACIÓN FRENTE A CRYPTOSPORIDIUM PARVUM 527

DIETZIA C79793-74: UN PROBIÓTICO CON PROPIEDADES ANTINFLAMATORIAS CAPAZ DE MODULAR EL DESARROLLO DE LA PARATUBERCULOSIS 529

COMPARATIVA DE DISTINTOS PROTOCOLOS DE VACUNACIÓN FRENTE A NEUMONÍA COMBINANDO LA VÍA PARENTERAL E INTRANASAL 532

IMPACTO DE LAS VITAMINAS B PROTEGIDAS EN EL RENDIMIENTO DE NOVILLAS DURANTE EL DESTETE Y HASTA LA PRIMERA LACTANCIA. 534

METABOLISMO MINERAL Y ESTATUS MINERAL DEL GANADO LECHERO ALIMENTADO CON SUPLEMENTOS MINERALES AJUSTADOS 537

EFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON 3-NITROOXIPROPANOL EN VACAS LECHERAS: IMPACTO EN LOS NIVELES DE ARQUEOL, LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE LA LECHE.....538

EVALUACIÓN DE UNA LEVADURA HIDROLIZADA CÓMO FUENTE ALTERNATIVA DE PROTEÍNAS EN LACTOREEMPLAZANTE: EFECTOS SOBRE LA SALUD, EL CRECIMIENTO Y LA CANAL EN TERNEROS.....541

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE MAMONES CON DERIVADOS DE LEVADURA SOBRE SU RENDIMIENTO ZOOTÉCNICO, SALUD Y LA RENTABILIDAD EN GRANJA.....543

BIOMARCADORES FECALES COMO INDICADORES DE BIENESTAR EN TERNEROS DE CEBO EN INTENSIVO. 545

DATOS PRELIMINARES SOBRE UN MODELO DE ANÁLISIS DE IMAGEN PARA PREDECIR EL PORCENTAJE DE GRASA INFILTRADA EN EL LOMO DE BOVINOS DE RAZA WAGYU 547

EFECTOS DE LA SUBNUTRICIÓN Y DEL HIDROXITIROSOL DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DE GESTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE LOS DESCENDIENTES MACHOS DURANTE EL CEBO .549

EMPLEO DE TECNOLOGÍA GPS PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO EN GANADO VACUNO EXTENSIVO. 551

RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE MINERALES SÉRICOS Y LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS PRIMÍPARAS LECHERAS DURANTE EL PERIODO PERIPARTO 553

ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL COMPORTAMIENTO DE CELO Y LA FASE FOLICULAR EN VACAS HOLSTEIN MEDIANTE MONITOREO DE ACTIVIDAD CON DISPOSITIVOS RUMI.....556

IDENTIFICACIÓN DEL MICROBIOMA DEL SEMEN EN VACUNO DE CARNE Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD SEMINAL 558

VALORACIÓN DE LA APTITUD REPRODUCTIVA DE TOROS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE IMAGEN DE LA ECOGRAFÍA TESTICULAR: PARÁMETROS DE HOMOGENEIDAD, HISTOGRAMA Y MICROESTRUTURA...560

LINFOMA ESPORÁDICO ATÍPICO EN HOLSTEIN DE PRIMERA LACTACIÓN: A PROPÓSITO DE UN CASO. 562

BROTES DE NEUMONÍA POR MANHEIMIA HAEMOLYTICA EN VACA ADULTA: ¿QUÉ PATRONES PODEMOS ENCONTRAR Y CÓMO PODEMOS PREVENIR LOS BROTES CLÍNICOS? 565

FRECUENCIA DE PATÓGENOS BACTERIANOS Y DE RESISTENCIA ANTIBIÓTICA EN MASTITIS BOVINA CLÍNICA Y SUBCLÍNICA DE GANADO BROWN SWISS AL PASTOREO EN MELGAR, PUNO.....568

HAMARTOMA VASCULAR GINGIVAL EN TERNERO HEREFORD. RESOLUCIÓN QUIRÚRGICA MEDIANTE COLGAJOS. 570

DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO QUIRÚRGICO DE UNA HERNIA INGUINOESCROTAL DIRECTA EN UN TORO.....572

NUTRICIÓN TEMPRANA Y SALUD EN TERNERAS: ESTRATEGIAS PARA LOGRAR UN CRECIMIENTO ÓPTIMO CON SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE ALIMENTACIÓN.....575

VIGILANCIA Y CARACTERIZACIÓN GENÓMICA DE CEPAS MULTIRRESISTENTES DE ESCHERICHIA COLI (BLEE Y AMPC) AISLADAS DE BOVINOS SANOS Y ENFERMOS.....577

FACTORES DE RIESGO PARA BHB EN LECHE, Y LA ASOCIACIÓN DE CETOSIS SUBCLÍNICA CON VARIABLES PRODUCTIVAS Y FERTILIDAD DE LECHERÍAS HOLSTEIN EN CONFINAMIENTO EN CHILE.....579

COMITÉS

COMITÉ ORGANIZADOR

PRESIDENTE

Juan Carlos González Fernández

VOCALES

Juan Alcázar Triviño
Ángel Ávila Coya
Fernando Criado García
Jorge Eseverri Azcoiti
Manuel Ángel Fernández Sánchez
Daniel Martínez Bello
Joaquín Ranz Vallejo
Marco Aurelio Sánchez Moreiro
Albina Sanz Pascua

COMITÉ CIENTÍFICO

PRESIDENTA

Albina Sanz Pascua

VOCALES

Angel Abuelo
Marta Alonso
Celia Bartolomé
Víctor Cabrera
Octavio Catalán
Ana de Prado
Oriol Franquesa
Ramiro Fouz
Julio Giordano
Arturo Gómez
Carlota Lazare
Frederic Leroy
Juan Manuel Loste
Antonio Lucero
Marta Miranda
Manuel V. Morales
Matilde Moro
Carlos Pérez Marín
Rubén Mazzini
Luís Miguel Ortega
Cristian Paniagua
Fernando Quintana
Luis Ángel Quintela
Eber Rojas
Alicia Román Trufero
José María Sánchez
Francisco Sesto
Odón Sobrino
Santiago Tarazona
Tomás Trucco
Aurora Villarroel
David Yañez

PROGRAMA MIÉRCOLES DÍA 28

9:00 – 13:30	**SEMINARIO: Evaluación teórica y práctica del impacto de la calidad de los ensilados en la salud de la ubre y la calidad de la leche.** Ponentes: **Alexandre Udina y Antón Camarero (Adial) SALA ARMENTIA**			
9:00 – 13:00	**SEMINARIO: Protocolos de trabajo reproductivo.** Ponentes: **Dr. Julio Giordano (Universidad de Cornell) -Roberto Sartori (Universidad Sao Paulo) SALA BARANDIARÀN**			
	SALA A4 - MARIA DE MAEZTU	**SALA B1 – FRANCISCO DE VITORIA**	**SALA B7 - BARANDIARÁN**	**SALA B8 – MICAELA PORTILLA**
16:00 - 16:30	SANIDAD: C. ORAL: 268 SANIDAD: C.ORAL: 282 MODERADOR: JUAN MARCO	EXTENSIVO: C. ORAL: 238 SANIDAD: C.ORAL: 198 MODERADOR: ÁNGEL ÁVILA	SANIDAD: C. ORAL: 283 SANIDAD: C.ORAL: 300 MODERADOR: JOAQUÍN RANZ	RAMIRO CASIMIRO Farmacovigilancia veterinaria: situación actual y obligaciones de los veterinarios (I) MODERADOR: JUAN ALCÁZAR
16:30 - 17:00	DR. CHRISTIAN GORTAZAR Ganadería, Biodiversidad, y epidemiologia de la tuberculosis MODERADOR: JUAN MARCO	DR. TREVOR DE VRIES Gestionar la transición de la lactancia al período seco MODERADOR: ÁNGEL ÁVILA	GERMAN CACERES Fiebre aftosa : importancia y repercusión económica MODERADOR: JOAQUÍN RANZ	RAMIRO CASIMIRO Farmacovigilancia veterinaria: situación actual y obligaciones de los veterinarios (II) MODERADOR: JUAN ALCÁZAR
17:00 - 17:30	DR. JOSEBA GARRIDO Tuberculosis animal, algo hay que cambiar MODERADOR: MARCO SÁNCHEZ	DR. TREVOR DE VRIES Optimización de la consistencia de la ingesta durante el período seco MODERADOR: ÁNGEL ÁVILA	GERMAN CACERES Fiebre aftosa: situación mundial de FMD y amenazas para España MODERADOR: JOAQUÍN RANZ	RAMIRO CASIMIRO Farmacovigilancia veterinaria: situación actual y obligaciones de los veterinarios (III) MODERADOR: JUAN ALCÁZAR
17:30 - 18:00	**ACTO INAUGURAL**			
18:00 - 18:30	**CAFÉ**			
18:30 - 19:00	SOLEDAD COLLADO CORTÉS La Tuberculosis bovina en la fauna silvestre: medidas de vigilancia, control y bioseguridad MODERADOR: MARCO SÁNCHEZ	DR. TREVOR DE VRIES Gestión nutricional de rebaños de ordeño robóticos para optimizar la salud y la producción MODERADOR: JORGE ESEVERRI	DR. CARMELO ORTEGA El plan sanitario integral y la vigilancia de la resistencia a los antibióticos MODERADOR: MANUEL FERNÁNDEZ	DR. FRANCISCO MAROTO Ganadería de precisión: retos y oportunidades MODERADORA: ALBINA SANZ
19:00 - 19:30	MESA REDONDA TUBERCULOSIS MODERADORES: JUAN MARCO Y MARCO SÁNCHEZ	JAIME MAGDALENA Del ordeño a la fábrica: la calidad microbiológica de la leche en origen, clave para la optimización en los procesos de transformación … MODERADOR: FRANCISCO SESTO	JOSÉ ORTEGA MORENO Evaluación de riesgos dentro del plan sanitario integral MODERADOR: MANUEL FERNÁNDEZ	DAVID JOSÉ PÉREZ DEL MOLINO Dispositivos de telepastoreo en ganadería ligada al territorio MODERADOR: FERNANDO CRIADO

9:30 - 0:00	DRA. MARTA MIRANDA Hematología práctica en vacuno: un aliado para el diagnóstico clínico MODERADOR: JUAN CARLOS GONZÁLEZ	JAIME MAGDALENA Influencia de los recuentos de células somáticas en tanque sobre … MODERADOR: FRANCISCO SESTO	DRA. ELISA PEREZ- RAMIREZ Gripe aviar H5N1: la historia del virus que salió de las aves … MODERADOR: MANUEL V. MORALES	PRESENTACIÓN DIFERENTES PROGRAMAS DELSAT, DIGITANIMAL , INNOGANDO, IXORIGUE, NO FENCE, PAPPSTOR MODERADORA: ALBINA SANZ
20:00 - 20:30	DRA. MARTA MIRANDA Bioquímica práctica en vacuno: la clave para diagnósticos precisos MODERADOR: JUAN CARLOS GONZÁLEZ	DR. PEDRO MELENDEZ Uso de sales aniónicas para la prevención de hipocalcemia con énfasis **PATROCINADO POR KEMIN** MODERADOR: ÁNGEL ÁVILA	DRA. ELISA PEREZ- RAMIREZ Gripe aviar en vacuno de leche: impacto en sanidad animal y … MODERADOR: MANUEL V. MORALES	MESA REDONDA Ganadería de precisión MODERADORES: ALBINA SANZ Y FERNANDO CRIADO

PROGRAMA JUEVES DÍA 29

	SALA A4 - MARIA DE MAEZTU	**SALA B1 – FRANCISCO DE VITORIA**	**SALA B7 - BARANDIARÁN**	**SALA B8 – MICAELA PORTILLA**
9:00 - 9:30	REPRODUCCIÓN: C. ORAL: 213 REPRODUCCIÓN: C. ORAL: 251 MODERADOR: JUAN CAINZOS	DR. TREVOR DE VRIES Gestión de la calidad de la leche en rebaños de ordeño robotizado MODERADOR: JORGE ESEVERRI	DR. ODON SOBRINO Obligaciones medioambientales en vacuno: ECOGAN MODERADOR MARCO SÁNCHEZ	CEBO: C.ORAL: 201 MEDICINA : C.ORAL: 297 MODERADOR: EBER ROJAS
9:30 - 10:00	DR. JULIO GIORDANO Genómica y reproducción: biología, manejo, y rentabilidad de vacas de diferente potencial genético para fertilidad MODERADOR: JUAN CAINZOS	DR. CHRISTOPHER CHASE Conceptos clave de inmunología y vacunología PATROCINADO POR HIPRA MODERADOR: JUAN CARLOS GONZÁLEZ	OSCAR DEL HIERRO BovidCO2: herramienta para la evaluación ambiental multicriterio y la toma de decisiones en el sector vacuno MODERADOR : DAVID YAÑEZ	SANIDAD: C.ORAL: 290 SANIDAD: C.ORAL: 215 MODERADOR: EBER ROJAS
10:00 - 10:30	DR. JULIO GIORDANO Desafíos y oportunidades en programas de reinseminación: combinando biología y manejo para mejorar el éxito reproductivo MODERADOR: JUAN CAINZOS	DR. RAMSES REINA Bases inmunitarias en las vacunas MODERADOR: JUAN CARLOS GONZÁLEZ	MESA REDONDA ECOGAN: Sostenibilidad y vacuno: ¿pagar o cobrar? **PATROCINADA POR PHILEO BY LESAFFRE** MODERADOR : DAVID YAÑEZ	CEBO: C.ORAL: 254 SANIDAD: C.ORAL: 203 MODERADOR: SANTIAGO TARAZONA
10:30 - 11:00	**SESIÓN PÓSTER**			
11:00 - 11:30	**CAFÉ**			
11:30 - 12:00	DR. ROBERTO SARTORI El ciclo de alta fertilidad. Actualización MODERADOR: DANIEL MARTÍNEZ	DR. CHRISTOPHER CHASE El lío de los MIL tipos de vacunas: Vivas?, multivalentes?, subunidades? **PATROCINADO POR HIPRA** MODERADOR: JOSEBA GARRIDO	CARMEN FERNÁNDEZ MORO ECOGAN: Registro de MTD y cálculo de emisiones a nivel de granja MODERADOR: MARCO SÁNCHEZ	EXTENSIVO: C.ORAL: 291 SANIDAD: C.ORAL: 233 MODERADOR: SANTIAGO TARAZONA

12:00 - 12:30	DR. ROBERTO SARTORI Mortalidad embrionaria y fetal en bovinos MODERADOR: DANIEL MARTÍNEZ	DR. RAMSES REINA Tipos de vacunas y vías de administración MODERADOR: JOSEBA GARRIDO	DRA. ISABEL BLANCO PENEDO El comportamiento animal para evaluar el bienestar animal y aumentar la eficiencia MODERADORA: MARTA MIRANDA	CEBO: C.ORAL: 245 CEBO: C.ORAL: 246 MODERADOR: JUAN ALCÁZAR
12:30 – 13:00	DR. JULIO GIORDANO Desarrollo y uso de herramientas para el monitoreo automatizado y en tiempo real de rentabilidad de vacas individuales y MODERADOR: DANIEL MARTÍNEZ	ESA REDONDA VACUNAS MODERADORES: JOSEBA GARRIDO Y JUAN CARLOS GONZÁLEZ	DRA. ISABEL BLANCO PENEDO ¿Vivir más o vivir mejor? Métricas para analizar a fondo la cantidad de vida y el bienestar animal con el fin de mejorar la MODERADORA: MARTA MIRANDA	SANIDAD: C. ORAL: 214 CIRUGÍA Y PODOLOGÍA: C. ORAL: 217 MODERADOR: JUAN ALCÁZAR
13:00 – 13:30	ASAMBLEA ANEMBE			
13:30 - 15:30	**COMIDA SALA ESTIBALIZ (2ª PLANTA)**			
15:30 - 17:30	**SIMPOSIUMS**			
17:30 – 18:00	**CAFÉ**			
21:00	**CENA: RESTAURANTE ANDERE (GORBEIA KALEA 8 – 01008 VITORIA)**			
23:45	**Evento de Hermandad Reunimos Buiatras: Sala Kubic Vitoria** (C/ General Alava nº 5, 01005)			

PROGRAMA VIERNES DÍA 30

	SALA A4 - MARIA DE MAEZTU	**SALA B1 – FRANCISCO DE VITORIA**	**SALA B7 - BARANDIARÁN**	**SALA B8 – MICAELA PORTILLA**
9:00 - 9:30	REPRODUCCIÓN: C. ORAL: 243 MEDICINA: C. ORAL: 294 MODERADOR: PABLO BERMEJO	MEDICINA: C. ORAL: 295 MEDICINA: C. ORAL: 204 MODERADORA: AINHOA VALLDECABRES	NUTRICIÓN: C.ORAL: 205 NUTRICIÓN: C.ORAL: 248 MODERADOR: MANUEL FERNÁNDEZ	SANIDAD: C.ORAL: 280 SANIDAD: C.ORAL: 279 MODERADOR: MANUEL V. MORALES
9:30 - 10:00	DR. JO LEROY Las vacas fértiles merecen una planificación a largo plazo MODERADOR: PABLO BERMEJO	DRA. BERNADETTE EARLEY Prácticas de manejo en terneros y sus efectos sobre la salud MODERADORA: AINHOA VALLDECABRES	DR. ALEJANDRO BELANCHE Estrategias e importancia del desarrollo ruminal temprano MODERADOR: MANUEL FERNÁNDEZ	SANIDAD: C.ORAL: 231 SANIDAD: C.ORAL: 252 MODERADOR: MANUEL V. MORALES
10:00 - 10:30	DR. JO LEROY Salud maternal y fertilidad: ¡cuidar pero también del ovocito! MODERADOR: PABLO BERMEJO	DRA. BERNADETTE EARLEY Factores predisponentes a enfermedades y competencia MODERADORA: AINHOA VALLDECABRES	DR. ALEJANDRO BELANCHE Mitigación de la metanogénesis: retos y oportunidades MODERADOR: MANUEL FERNÁNDEZ	SANIDAD: C.ORAL: 193 SANIDAD: C.ORAL: 210 MODERADORA: ALICIA ROMÁN

10:30 - 11:00	DR. ROBERTO SARTORI Impacto de la nutrición en la calidad de ovocitos y embriones MODERADOR: DANIEL MARTÍNEZ	DRA. JESSICA MCART Dinámica del calcio posparto, inflamación y producción de leche en el inicio de la MODERADOR: ÁNGEL ÁVILA	DR. LUIS VARONA Selección genómica en vacuno de carne autóctono MODERADOR: FERNANDO CRIADO	CEBO: C.ORAL: 258 SANIDAD: C.ORAL: 267 MODERADORA: ALICIA ROMÁN
11:00 - 11:30	**CAFÉ**			
11:30 - 12:00	DR. JULIO BENAVIDES Inmunidad mamaria en vacuno de leche. Entre la defensa local y la MODERADOR: JORGE ESEVERRI	DRA. JESSICA MCART Monitorización de la salud de las vacas y el rebaño a través de la leche MODERADOR: ÁNGEL ÁVILA	SERGE LACAZE La genómica en razas de carne en Francia MODERADOR: FERNANDO CRIADO	SANIDAD: C.ORAL: 288 SANIDAD: C.ORAL: 275 MODERADORA: ESTHER COLLANTES
12:00 - 12:30	DR. JULIO BENAVIDES La batalla oculta: Mecanismos de evasión inmunitaria en infecciones mamarias de rumiantes MODERADOR: JORGE ESEVERRI	DR. JESSE GOFF Estrategias alimentarias para reducir la hipocalcemia en vacas lecheras en .. **PATROCINADO POR INATEGA** MODERADOR: PABLO LLORENTE	DR. RUBÉN D. GALVIS Monitorización Nutricional y Metabólica del Rebaño Bovino para Cría MODERADOR: FERNANDO CRIADO	SANIDAD: C.ORAL: 216 SANIDAD: C.ORAL: 257 MODERADORA: ESTHER COLLANTES
12:30 - 13:00	FERNANDO SANAGUSTÍN nicrobiológica del agua en vacuno de leche MODERADORA: MARTA ALONSO	DR. JESSE GOFF Estrategias para mejorar los niveles de calcio en sangre en los primeros días de **PATROCINADO POR INATEGA** MODERADOR: PABLO LLORENTE	DR. RUBÉN D. GALVIS El Periparto: Suplementación Nutricional Estratégica, Salud Metabólica y Función Reproductiva MODERADOR: FERNANDO CRIADO	GESTIÓN: C.ORAL: 223 GESTIÓN: C.ORAL: 286 MODERADORA: AINHOA VALLDECABRES
13:00 – 13:45	NÉSTOR GUERRA Inteligencia Artificial: Transformando el Futuro de la Medicina Veterinaria MODERADOR: MANUEL FERNÁNDEZ	DR. PEDRO MELENDEZ Adiposidad abdominal y enfermedades del **PATROCINADO POR KEMIN** MODERADOR: ÁNGEL ÁVILA	GESTIÓN: C.ORAL : 221 CALIDAD DE LECHE: C.ORAL : 200 MODERADOR: SANTIAGO TARAZONA	GESTIÓN: C. ORAL:289 GESTIÓN: C.ORAL: 237 MODERADORA: AINHOA VALLDECABRES
13:45 - 14:30	**ACTO DE CLAUSURA Y ENTREGA PREMIOS COMUNIACIONES ORALES**			
14:30	**COMIDA DE CLAUSURA**			

PONENCIAS

MIÉRCOLES

GANADERÍA, BIODIVERSIDAD, Y EPIDEMIOLOGÍA DE LA TUBERCULOSIS

[Livestock, biodiversity, and tuberculosis epidemiology]

Christian Gortázar

Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos, Universidad de Castilla La Mancha

[Esta ponencia invitada contribuye a la mesa redonda sobre tuberculosis y resume un trabajo en preparación cuyos autores son Perelló A, Santos N, Sánchez-Cesteros J, Barroso P, Relimpio D y Gortázar, C]

Mycobacterium bovis es un patógeno capaz de infectar múltiples especies hospedadoras. Este y otros miembros del complejo *M. tuberculosis* (CMT) son los agentes causales de la tuberculosis animal (TB). Estas bacterias pueden sobrevivir en el ambiente, donde se transmiten indirectamente a través del agua o los alimentos contaminados. Se sabe, además, que cuanto mayor sea el número de especies hospedadoras competentes diferentes en una comunidad determinada, más probable es que la TB persista a lo largo del tiempo. En consecuencia, se ha propuesto ir más allá de la visión clásica de sistemas de uno o dos hospedadores, donde solo ciertas especies eran consideradas reservorios, para pensar en "comunidades de mantenimiento" más complejas formadas por múltiples hospedadores con diferentes niveles de contribución al mantenimiento de la infección, y su ambiente. En Iberia, la pluviosidad y la disponibilidad de agua tienen una fuerte influencia en la TB.

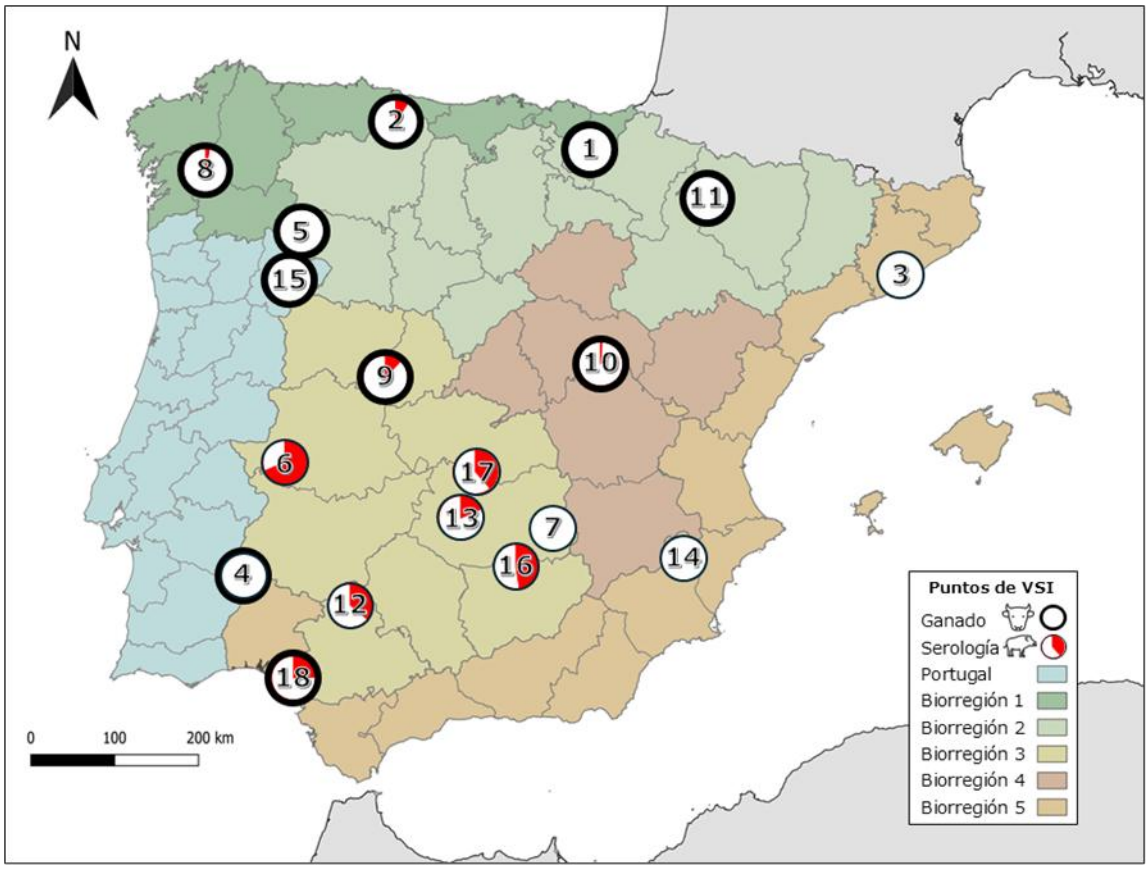


Figura 1.- La prevalencia de tuberculosis es elevada en el suroeste árido. Mapa de la península Ibérica con indicación de las localidades de estudio en Portugal y por biorregión en España. La presencia de ganado bovino se indica mediante círculos exteriores gruesos. El gráfico circular representa la prevalencia de anticuerpos frente al complejo *Mycobacterium tuberculosis* en la especie indicadora, el jabalí (porcentaje de positivos en rojo).

La comunidad ibérica de hospedadores del CMT está compuesta por ocho actores principales y varios secundarios. Los principales incluyen cuatro especies ganaderas, a saber, bovinos, caprinos, ovinos y porcinos, y cuatro especies silvestres: jabalí, ciervo, gamo y tejón. El jabalí y el ganado bovino son buenos indicadores de TB, el primero debido a su susceptibilidad a la infección y facilidad de estudio y el segundo por ser la especie objetivo de los programas de erradicación. En los últimos años, primero en colaboración con el Ministerio de Agricultura y después gracias a los proyectos BioGraz (PID2022-141906OB-C21) y EcoEpi (SBPLY/23/180225/000008), hemos analizado 18 de estas comunidades, distribuidas por toda la península ibérica. Para ello utilizamos redes de fototrampeo, datos de seroprevalencia de anticuerpos en jabalí, y resultados de los saneamientos oficiales. Gracias a las redes de fototrampeo se pueden dibujar redes sociales de comunidades, donde los nodos son las especies y las conexiones cuantifican la coincidencia entre especies en el espacio y el tiempo. Además, podemos comparar la abundancia relativa de cada especie entre localidades con y sin tuberculosis.

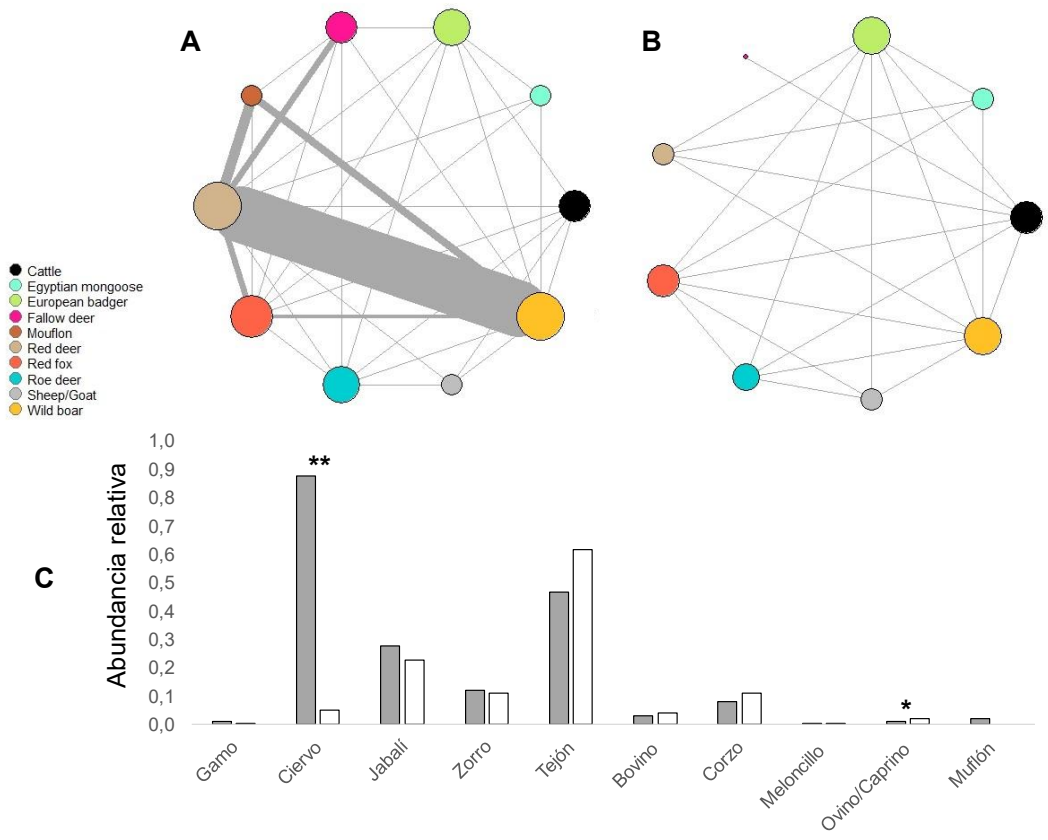


Figura 2.- La estructura de la comunidad hospedadora y la abundancia relativa de los principales hospedadores del complejo *M. tuberculosis* varían entre localidades positivas y negativas a tuberculosis. El panel superior muestra la comunidad hospedadora de tuberculosis (TB) de localidades positivas a TB (izquierda; 10 especies) y libres de TB (derecha; 8 especies). Se observa cómo las interacciones entre especies (las líneas que conectan los puntos) son más frecuentes en localidades con TB. El gráfico de barras (panel inferior) compara las abundancias relativas medias de hospedadores (detecciones por cámaras trampa normalizadas por tiempo) entre localidades positivas a TB (barras oscuras) y libres de TB (barras claras) según la especie indicadora, el jabalí. Los asteriscos indican diferencias significativas (*=p<0.05; **=p<0.01).

Encontramos que el número de especies hospedadoras (riqueza) por localidad correlaciona con la prevalencia de anticuerpos en la especie indicadora jabalí y con la prevalencia de rebaño en bovinos. En las localidades con TB, algunas especies altamente conectadas como el ciervo y el jabalí interactúan con mayor frecuencia entre sí y con otras especies, lo que facilita la transmisión del patógeno. Las comunidades con TB suelen estar dominadas por ciervos, mientras que las comunidades libres de TB siempre incluyen pequeños rumiantes. Mediante modelado encontramos que la prevalencia de TB en la especie indicadora jabalí viene determinada principalmente por el ciervo y el propio jabalí, mientras que la prevalencia de rebaño en el ganado bovino está determinada principalmente por el ciervo y por la diversidad de la comunidad de mamíferos. El clima (humedad) tiene un fuerte efecto protector sobre la prevalencia de rebaño en bovinos y también modera la prevalencia de TB en el jabalí.

Nuestros hallazgos tienen implicaciones para el control de la TB en la interfaz entre la fauna silvestre y

ganado. En primer lugar, el mantenimiento de la TB no viene determinado por una o dos especies reservorio, sino que está impulsado por varias especies hospedadoras silvestres y domésticas, el ambiente (clima) y sus interacciones. Cuantas más especies participen en un sistema local, mayor será la prevalencia esperada de TB en ambos compartimentos, el doméstico y el silvestre. Esto subraya la necesidad de considerar múltiples especies, o mejor aún, sistemas completos al diseñar e implementar programas de control. En segundo lugar, se evidencia la relevancia de los factores ambientales para la TB. Allí donde coincidan climas áridos con poblaciones sobreabundantes de ciervo, el riesgo de TB será muy alto.

TUBERCULOSIS ANIMAL, ALGO HAY QUE CAMBIAR

Joseba M. Garrido, Iker A. Sevilla y Ramón A. Juste

Departamento de Sanidad Animal. NEIKER – Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. Derio. Bizkaia.

La tuberculosis animal es una enfermedad zoonótica de propagación mundial que afecta a los seres humanos y a una amplia gama de mamíferos domésticos y salvajes. Está causada por el complejo *M. tuberculosis* (MTC), sobre todo por *M. bovis* y *M. caprae,* y se trata de una enfermedad de declaración obligatoria según indica la Organización Mundial de Sanidad Animal. Su carácter zoonótico tiene gran impacto en los países en vías de desarrollo y por eso la OMS se marcó como objetivo para el periodo 2015-2025 dentro de la estrategia "Fin a la TB" una reducción del 50% en la tasa de incidencia de la TB y una reducción del 75% en el número total de muertes por esta enfermedad, algo de lo que aún se está lejos. Sin embargo, en los países desarrollados en los que no se ha logrado la erradicación de la tuberculosis animal el impacto se centra en el elevado coste tanto para la administración como para los ganaderos de los programas establecidos. Los programas de erradicación de la tuberculosis bovina basados en detección y eliminación, vigilancia en mataderos y medidas higiénicas no han logrado su objetivo en algunos países tras décadas de seguimiento y a pesar del enorme esfuerzo socioeconómico realizado. La reaparición de infecciones residuales en los rebaños, la existencia de reservorios domésticos, especialmente cabras y ovejas, y salvajes y las limitaciones de las pruebas de diagnóstico son algunas de las razones que contribuyen a que no se hayan alcanzado los objetivos planteados. Por estos motivos, el desarrollo y uso de vacunas para controlar la tuberculosis tanto en los rumiantes domésticos como en los animales salvajes ha suscitado un interés considerable en los últimos años.

La vacuna contra *M. bovis* Bacillus Calmette-Guérin (BCG) es la única vacuna autorizada frente a la tuberculosis humana y al mismo tiempo es la más utilizada en ensayos con animales. Estudios de campo llevados a cabo con esta vacuna en un número reducido de animales en Chile, México, Nueva Zelanda o Etiopía han demostrado que la protección conferida no es total pero que puede limitar la transmisión en rebaños infectados. Sin embargo, la vida útil y los problemas de seguridad derivados de la posible persistencia de los bacilos en los tejidos animales o el medio ambiente suponen limitaciones adicionales para el uso de BCG. Estos problemas pueden superarse con vacunas inactivadas o de subunidades. Por esta razón NEIKER junto con IREC-UCLM y VISAVET, desarrolló una vacuna a partir de una cepa de *M. bovis* inactivado por calor (HIMB) que ha sido objeto de varios estudios llevados a cabo en diferentes especies que serán presentados en este congreso.

Teniendo en cuenta la importancia que tienen los reservorios silvestres en el mantenimiento de la tuberculosis en el ganado bovino se pusieron a punto los modelos de TB en jabalí y ciervo y se adoptaron los ya descritos para tejón antes de ensayar diferentes versiones de nuestro prototipo. Se probaron diferentes dosis, vías de administración, pautas de tratamiento y combinaciones, teniendo siempre como referencia un grupo desafiado con *M. bovis* y no vacunado que denominamos control y un grupo desafiado y vacunado con BCG. En las tres especies mencionadas se observaron resultados favorables en los grupos vacunados, tanto con HIMB como con BCG, pero en base a la gravedad de las lesiones y a la carga bacteriana los grupos tratados con HIMB presentaron mejores resultados. Además, se pudo observar que en los animales vacunados las lesiones se localizaban principalmente en los nódulos linfáticos y no en pulmón, lo que implica un menor riesgo de diseminación de la infección

Respecto a los ensayos con jabalíes se pudo ver que teniendo en cuenta score lesional del pulmón y sus nódulos linfáticos regionales los resultados de la vacunación oral con BCG o con HIMB eran muy similares, siendo mejor los obtenidos con la administración parenteral de la vacuna HIMB. Sin embargo, estos resultados fueron mejorados cuando se siguió una pauta de vacunación y revacunación con un intervalo de un mes. Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 1 y 2.

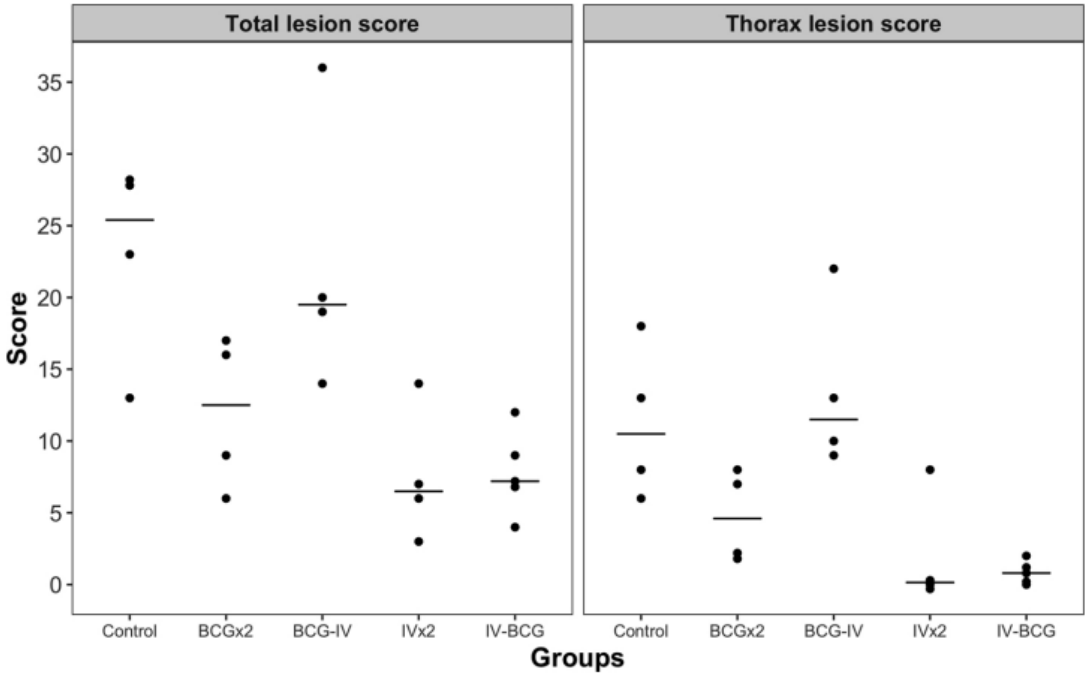


Figura 1. Gravedad de las lesiones en jabalíes desafiados con *M. bovis* y vacunados por vía oral. Control: grupo infectado no vacunado; BCGx2: grupo vacunado y revacunado con BCG; BCG-IV: grupo vacunado con BCG y revacunado con HIMB; IVx2: grupo vacunado y revacunado con HIMB; IV-BCG: grupo vacunado con HIMB y revacunado con BCG.

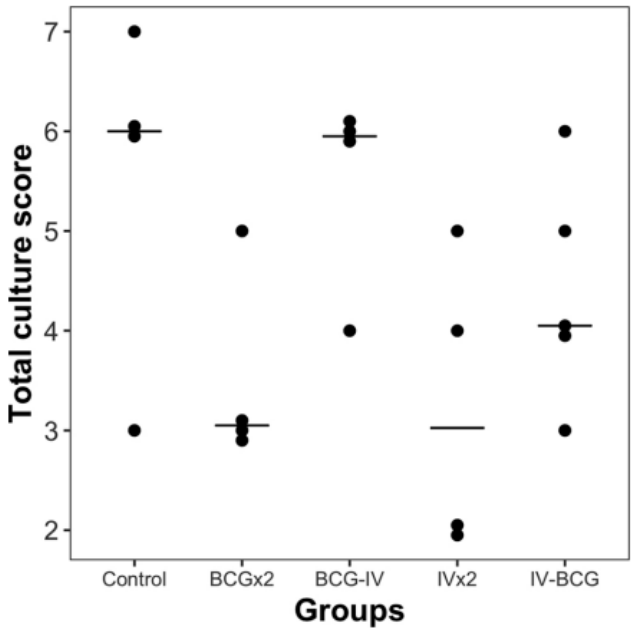


Figura 2. Carga bacteriana en los mismos grupos que en la figura anterior.

En lo que respecta a las especies domésticas se llevaron a cabo experimentos tanto con terneros como con cabritos. En primer lugar, se llevaron a cabo cuatro experimentos en los que tomaron parte 46 terneros. En este caso, además de las vacunas ya mencionadas, BCG y HIMB, administradas por vía oral o parenteral, en uno de los estudios se utilizó una vacuna diseñada frente a paratuberculosis (Silirum®, CZ Vaccines, Porriño, España). Los resultados observados indicaron que los animales vacunados con HIMB o con la vacuna frente a paratuberculosis tenían menos carga bacteriana que los vacunados con BCG. Además, los animales vacunados mantenían localizas las lesiones en los nódulos linfáticos, mientras que en los no vacunados la mayor carga bacteriana se encontraba en el pulmón, algo relevante en la transmisión de la infección.

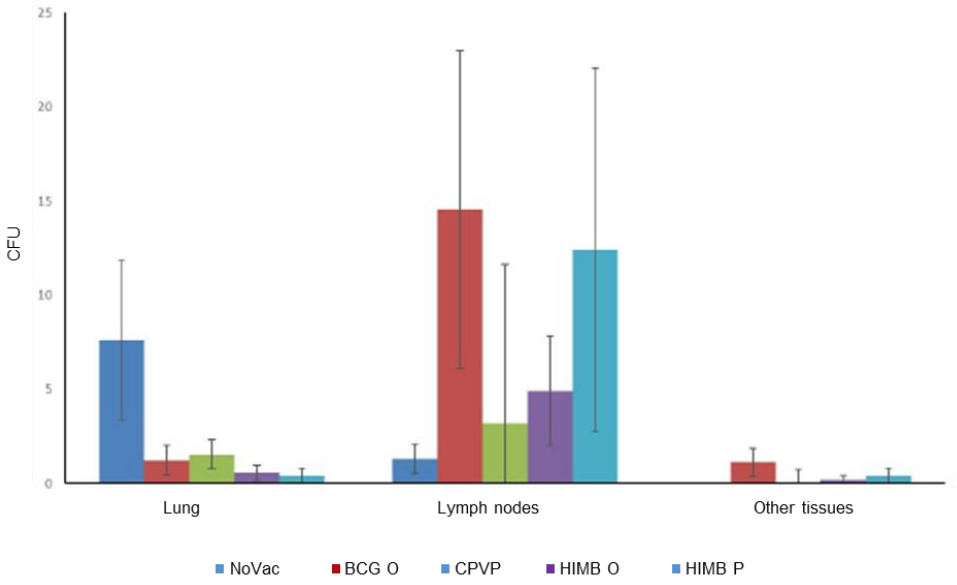


Figura 3. Carga bacteriana detectada en los diferentes tejidos. NoVac: grupo infectado no vacunado; BCG O: BCG oral; HIMB O: vacuna inactivada administrada por vía oral; CPVP: vacuna comercial frente a paratuberculosis; HIMB P: vacuna inactivada administrada por vía parenteral.

Los estudios en ganado caprino se llevaron a cabo con un doble sentido, como especie reservorio de tuberculosis y como modelo animal para estudiar la tuberculosis del ganado bovino. En este estudio, además de la vacuna HIMB se utilizaron otros prototipos seleccionados tras mostrar su eficiencia en el modelo de ratón y su baja o nula interferencia en el diagnóstico de la tuberculosis utilizando diferentes antígenos. Igual que en las otras especies se vio que cualquiera de los grupos vacunados presentaba lesiones de menor gravedad y une menor carga bacteriana, siendo la vacuna HIMB la que presentó mejores resultados

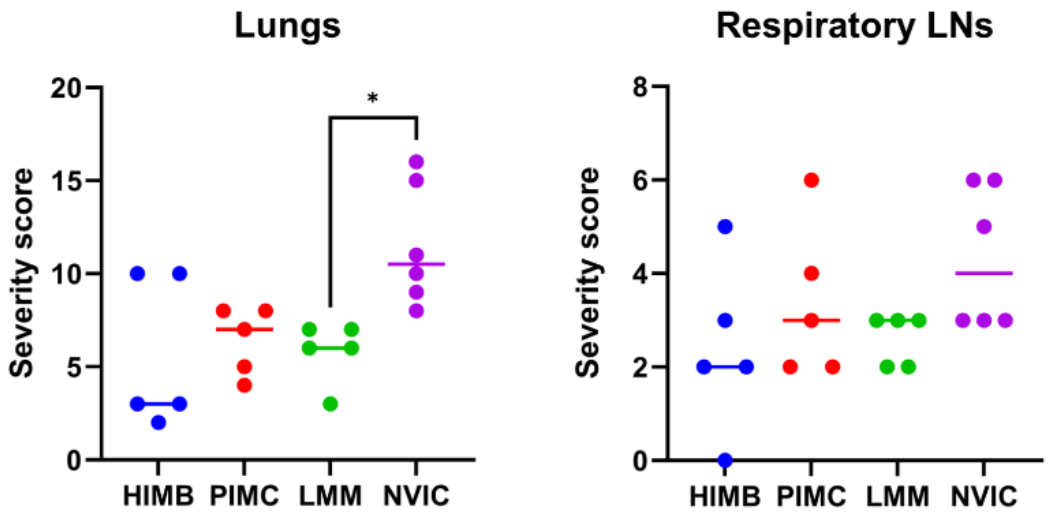


Figura 4. Gravedad de las lesiones en cabritos desafiados con *M. bovis* y vacunados por vía subcutánea. HIMB: grupo vacunado con *M. bovis* inactivado por calor; PIMC: grupo vacunado con *M. caprae* inactivado con fagos; LMM: grupo vacunado con *M. microti* vivo; NVIC: grupo control infectado no vacunado.

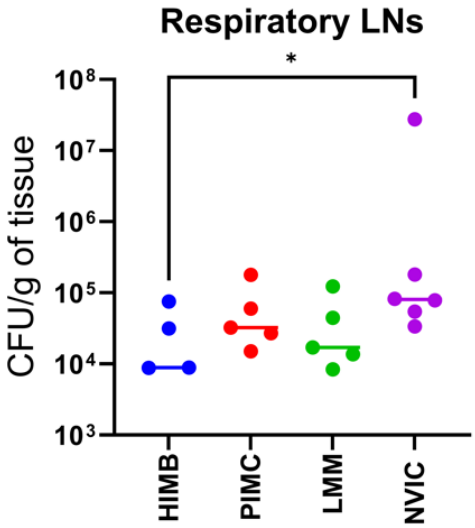


Figura 5. Carga bacteriana en los nódulos linfáticos en los mismos grupos que en la figura anterior.

Estos resultados indican que la vacuna HIMB puede ser una herramienta útil para el control de la tuberculosis en determinadas situaciones, si bien en el caso de los animales incluidos en programas oficiales de erradicación la vía de administración y la preparación de la vacuna son factores a tener en cuenta para evitar las posibles interferencias con las técnicas de diagnóstico. En cualquier caso, la vacunación debería ser considerada como una herramienta adicional dentro de un plan integral de

control de la tuberculosis animal en el que se incluya el diagnóstico, la bioseguridad, y en el caso de la fauna silvestre el control de las poblaciones.

Financiación:

Parte de los estudios que se presentarán han sido realizados en el marco de los proyectos EFA115/01 INNOTUB II financiado por el Programa INTERREG-POCTEFA 2021-2027 de la UE y Proyecto PID2022-142939OR-C21 financiado por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.

LA TUBERCULOSIS BOVINA EN LA FAUNA SILVESTRE: MEDIDAS DE VIGILANCIA, CONTROL Y BIOSEGURIDAD

Soledad Collado Cortés

Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación

La tuberculosis (infección por el Complejo *Mycobacterium tuberculosis, CMT*) es un claro ejemplo de enfermedad multi-hospedador que requiere actuaciones conjuntas por parte de todos los sectores implicados para que sean aplicables en todas las especies animales con importancia en la epidemiología de la enfermedad.

En la política de control de enfermedades la vigilancia es un componente clave, al constituir el medio para obtener información actualizada sobre la situación zoosanitaria y decidir la estrategia de control más adecuada. Actualmente en la Unión Europea, existen normas especiales de vigilancia, control y erradicación de enfermedades presentes en animales silvestres ("Legislación sobre sanidad animal" de la Unión Europea*1*), que se añade a las disposiciones legislativas que han ido aprobándose en España y dan amparo legal para poder incorporar sistemas de vigilancia en especies cinegéticas y fijar actuaciones para su control, tanto por parte de las administraciones competentes como por los responsables o gestores de los terrenos donde se ubican los animales. En cuanto a la regulación efectiva, existen varios Reales Decretos que afectan a los traslados de fauna silvestre, a la gestión de residuos de caza y a la bioseguridad.

En 2017 el MAPA publicó una estrategia específica para el control de la tuberculosis en fauna silvestre (Plan de Actuación sobre Tuberculosis en Especies Silvestres, conocido por sus siglas PATUBES), documento totalmente pionero en este ámbito en ese momento, al ser fruto del consenso entre las distintas administraciones con competencias en la materia y los sectores interesados (autoridades de sanidad animal, medio ambiente, caza, salud pública y seguridad alimentaria). Este Plan supuso un compromiso en el que quedaba reflejada la necesidad de establecer actuaciones conjuntas que mantengan un equilibrio entre la situación sanitaria, la actividad cinegética y la conservación de la biodiversidad. El PATUBES ha constituido un espaldarazo importante a la hora de enfocar la situación de la tuberculosis animal en España desde una perspectiva más holística, poniendo de relevancia la necesidad de establecer medidas de lucha específicas para la fauna silvestre que complementen al Programa nacional de erradicación de la Tuberculosis bovina.

Dicho Plan se fundamenta en 3 pilares fundamentales: la vigilancia de la enfermedad en la fauna silvestre, la prevención y las actuaciones sanitarias sobre los reservorios.

La vigilancia de la tuberculosis se enmarca en el Plan nacional de Vigilancia sanitaria en Fauna Silvestre (PNVFS), implementado desde 2011, que está enlazado a otros programas de vigilancia de organismos internacionales, programas nacionales de enfermedades y programas autonómicos de fauna silvestre,

1 REGLAMENTO (UE) 2016/429 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 9 de marzo de 2016 relativo a las enfermedades transmisibles de los animales y por el que se modifican o derogan algunos actos en materia de sanidad animal («Legislación sobre sanidad animal»).

además de a los programas de vigilancia propios que puedan tener los espacios naturales acotados u otras entidades, como los centros de recuperación. Desde 2017, la vigilancia de tuberculosis en fauna silvestre sigue las directrices del PATUBES, que establece un muestreo adaptado al riesgo de la provincia y al tipo de explotación cinegética. La estratificación por zonas de riesgo incluye cuatro zonas bien diferenciadas, en las que se especifican las especies a muestrear, protocolos de muestreo, técnicas de diagnóstico, estimas de abundancia y formación de cazadores y veterinarios. El ambicioso plan de muestreo incluye la recogida y análisis de casi 16.000 muestras durante 5 años, especificando el número de las mismas por riesgo, especie y provincia.

En materia de prevención frente a la tuberculosis y otras enfermedades, en 2018 se publicó normativa de ámbito nacional para el control de subproductos animales no destinados a consumo humano (SANDACH), en la práctica cinegética de caza mayor*2*, con el que se pretende controlar la gestión de los subproductos generados por la caza, para evitar que éstos se abandonen en el campo y sirvan de alimento a carnívoros oportunistas y jabalíes, contribuyendo así a mejorar la situación sanitaria sin comprometer la conservación de especies necrófagas. La gestión de los SANDACH procedentes de cacerías se realiza en base a su categoría. Por norma general, podrán eliminarse mediante incineración o enterramiento de la manera adecuada, o destinarse a producción de abono o biogás, alimentación animal (pequeños animales) o alimentación de aves necrófagas (muladares), salvo los de categoría I, que deberán eliminarse exclusivamente mediante incineración.

Además, existe una regulación nacional para el control previo al movimiento dentro de España de animales de la fauna silvestre*3*, mediante el cumplimiento de las condiciones específicas para autorizar el desplazamiento de cada especie cinegética y enfermedad, a fin de verificar previamente que dicho movimiento no produzca un efecto de diseminación de enfermedades de los animales, con medidas especiales para la tuberculosis. En el caso de los movimientos intracomunitarios a otros países de la UE, también deben cumplirse los requisitos para los desplazamientos dentro de la Unión de animales terrestres silvestres y en cautividad*4*.

En lo referente a las actuaciones sanitarias sobre las especies cinegéticas, en España se publicó un importante instrumento legislativo, sobre medidas específicas en materia sanitaria en fauna silvestre y su hábitat, previstas en el PATUBES, y quedó materializado por el Real Decreto 138/2020*5*, que constituye la normativa básica en materia de actuaciones sanitarias en especies cinegéticas que actúan como reservorio de la tuberculosis (complejo *Mycobacterium tuberculosis*). Las evidencias científicas y

2 Real Decreto 50/2018, de 2 de febrero, por el que se desarrollan las normas de control de subproductos animales no destinados al consumo humano y de sanidad animal, en la práctica cinegética de caza mayor.

3 Real Decreto 1082/2009, de 3 de julio, por el que se establecen los requisitos de sanidad animal para el movimiento de animales de explotaciones cinegéticas, de acuicultura continental y de núcleos zoológicos, así como de animales de fauna silvestre.

4 REGLAMENTO DELEGADO (UE) 2020/688 DE LA COMISIÓN de 17 de diciembre de 2019 por el que se completa el Reglamento (UE) 2016/429 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo referente a los requisitos zoosanitarios para los desplazamientos dentro de la Unión de animales terrestres y de huevos para incubar.

5 Real Decreto 138/2020, de 28 de enero, por el que se establece la normativa básica en materia de actuaciones sanitarias en especies cinegéticas que actúan como reservorio de la tuberculosis (complejo Mycobacterium tuberculosis).

epidemiológicas apuntaron al jabalí (*Sus scrofa*), ciervo (*Cervus elaphus*) y gamo (*Dama dama*) como principales especies silvestres que contribuyen al mantenimiento del CMT en España, con una importancia relativa variable, en función de la región geográfica y de las circunstancias ambientales y epidemiológicas.

Las medidas de actuación en especies silvestres establecidas en el Real Decreto 138/2020 son proporcionales al riesgo de transmisión o mantenimiento de la infección que éstas supongan para otras especies silvestres o domésticas. La estimación de este riesgo se basa en los múltiples parámetros implicados (las regiones geográficas, la situación epidemiológica de la enfermedad en el ganado doméstico, la presencia o no de especies silvestres que actúan como reservorio y los resultados de la vigilancia sanitaria en las mismas, incluyendo el análisis epidemiológico y molecular de las micobacterias causantes de la infección, que brinda evidencias de una posible transmisión de estos patógenos entre el ganado afectado y la fauna silvestre). De forma adicional, existen otros factores de riesgo que alteran la densidad o agregación espacial de las poblaciones, como el sistema de manejo, tanto de los animales domésticos como de las especies silvestres presentes en los distintos tipos de granjas cinegéticas, núcleos zoológicos y en el medio natural.

La combinación de estos factores determina el nivel de riesgo en cada situación y las exigencias de intervención, que quedan definidas en ámbito comarcal. Se exigen requisitos para el sector cinegético y para el sector ganadero.

Por un lado, hay una serie de requisitos que se determinan exclusivamente en función del tipo de explotación cinegética, como el registro obligatorio, la categorización de los espacios cinegéticos, la gestión responsable de los subproductos de caza, la prohibición de la alimentación suplementaria y la vigilancia anual mínima necesaria. Además, se establecen nuevos requisitos para los traslados de los animales de especies cinegéticas, y se restringe la distancia máxima a 100 km, entre otras medidas.

Se establecen 4 categorías de espacios cinegéticos (I-IV), atendiendo a sus instalaciones y al destino y tipo de manejo que realizan sobre los animales (realización de pruebas sanitarias, aporte de alimentación o agua, impermeabilidad de los vallados o cercas perimetrales). De manera general, los espacios con delimitación perimetral y que realicen aporte de alimento o agua tendrán la obligación de realizar pruebas diagnósticas con periodicidad anual a un número representativo de animales, según la especie. Por otro lado, los gestores de los espacios cinegéticos de categoría III que cuenten con aprovechamiento de ganado bovino, deberán asegurarse de que estos son selectivos para las especies cinegéticas, de manera que evitan su uso compartido por el ganado.

Por otro lado, se configuran una serie de requisitos adicionales a los anteriores que derivan de la localización geográfica de las explotaciones, de modo que todas las explotaciones situadas en comarcas ganaderas de riesgo bajo sólo han de cumplir los requisitos fijados en función del tipo de explotación, mientras que las que se sitúen en comarcas de mayor riesgo verán acrecentadas sus obligaciones por el enfoque basado en el riesgo que recoge el Real Decreto.

El RD 138/2020 especifica los requisitos de bioseguridad necesarios para estas explotaciones en base a su nivel de riesgo (riesgo moderado o especial riesgo), acorde al nivel medio de prevalencia de tuberculosis en rebaños bovinos y fauna silvestre durante un periodo previo de 2 años. Así, en comarcas de riesgo moderado se incluyen requisitos adicionales, como los comederos y bebederos selectivos para especies cinegéticas, el refuerzo de las medidas de bioseguridad en las explotaciones ganaderas o el

control de la población de especies cinegéticas. Los requisitos de bioseguridad en establecimientos ganaderos de comarcas de riesgo moderado (prevalencia de tuberculosis bovina 1-3%) consistirán fundamentalmente en la incorporación de comederos y bebederos selectivos para el ganado bovino mediante vallados, pasos canadienses, etc. que impidan el acceso de la fauna silvestre a los mismos, y en el refuerzo de los controles de bioseguridad como los cerramientos de las instalaciones, limpieza y desinfección, etc. Igualmente, se añaden requisitos adicionales para las comarcas o unidades veterinarias de especial riesgo, como son las restricciones a la alimentación suplementaria, medidas para el control de la población y auditorías de bioseguridad periódicas que deben seguir unos criterios, que se adicionan a los generales por tipo de explotación y a los añadidos para las comarcas de riesgo moderado.

La bioseguridad es un arma crucial para ambos sectores, y al mismo tiempo, una responsabilidad. No solo les incumbe a los ganaderos, a quien la legislación sanitaria exige implantar medidas preventivas que limiten la entrada y difusión de enfermedades, sino que es una responsabilidad compartida entre todas las partes que tienen relación con los animales, ya sean ganaderos, veterinarios, transportistas, cazadores, etc. En el RD 138/2020 se extiende esta responsabilidad también al sector cinegético.

Las particularidades de las explotaciones en régimen extensivo hacen que los riesgos que se pueden presentar sean más difíciles de controlar. Sin embargo, debemos tener en cuenta que tanto los riesgos derivados del contacto del ganado doméstico con la fauna silvestre como otros muchos riesgos pueden ser controlados a través de la aplicación de medidas de bioseguridad adecuadas. Antes de aplicar medidas, se debe determinar cuáles son los principales riesgos de cada explotación y cómo se pueden identificar. Para ello existen herramientas como las auditorías de bioseguridad, para poder estar en disposición de implementar un programa realista con medidas correctoras que se adapte a cada situación.

En ese sentido, el RD 138/2020 determina que en las explotaciones de ganado bovino ubicadas en comarcas de especial riesgo se deberán realizar auditorías de bioseguridad, siguiendo los criterios establecidos en el anexo VI, siendo obligatorio realizar una auditoría anual de bioseguridad al menos en aquellas explotaciones que hayan resultado positivas a tuberculosis en los dos años anteriores y en los que la encuesta epidemiológica haya señalado la presencia de fauna silvestre como factor de riesgo, y aplicarán las medidas correctoras señaladas por dicha auditoría en un plazo máximo de ocho meses, salvo que los servicios veterinarios oficiales autoricen un plazo más amplio por causa justificada.

Las auditorías de bioseguridad periódicas verificarán los siguientes puntos: características de la explotación (superficie, censos, alimentación, antecedentes de brotes de tuberculosis, etc.), visita de campo (vallado, abundancia de fauna silvestre, etc.), documentación gráfica obtenida mediante uso de técnicas como el fototrampeo, evaluación de riesgos y propuesta de medidas de refuerzo de bioseguridad (cerramientos y estructuras selectivas, manejo del ganado, uso de pastos, etc.).

El MAPA ha elaborado un manual de campo para todos aquellos profesionales del sector (gestores, veterinarios, ganaderos, cazadores, etc.), para que, desde un enfoque técnico y aplicado, los guíe en su respectivo papel en la lucha frente a la tuberculosis animal a través de la gestión sanitaria integrada de la ganadería extensiva y la fauna silvestre.

Todos los esfuerzos de vigilancia, prevención y control que se realizan por todos los sectores implicados van enfocados al objetivo final común de llegar a controlar el riesgo en la salud pública, la salud animal

y el medio ambiente, al disminuir el contagio de la tuberculosis y otras enfermedades entre las distintas especies susceptibles de animales domésticos y silvestres o cinegéticos, así como la posible creación de reservorios en el medio natural. Esto se conseguirá con la puesta en marcha de actuaciones sanitarias que deben estar unidas tanto en un medio como en otro, y realizarse de forma homogénea en todo el territorio nacional.

HEMATOLOGÍA PRÁCTICA EN VACUNO: UN ALIADO PARA EL DIAGNÓSTICO CLÍNICO

Marta Miranda Castañón

Departamento de Anatomía, Producción Animal y Ciencias Clínicas Veterinarias. Facultad de Veterinaria, Campus Terra, Universidade de Santiago de Compostela. 27002 Lugo, España. Email: marta.miranda@usc.es

Puntos clave

- La sangre para pruebas de hematología se recoge en tubos con EDTA, se deben llenar bien y homogeneizar agitando suavemente 8-10 veces. Conservar en frio.
- Las anemias y policitemias las podemos evaluar de forma precisa y económica haciendo un microhematocrito, un frotis sanguíneo y midiendo las proteínas totales con un refractómetro clínico.
- En vacuno el recuento total y diferencial de glóbulos blancos no es tan útil como en pequeños animales. Nos tendremos que apoyar en otros parámetros fibrinógeno (agudo) y/o globulinas (crónico).
- En vacuno, ante un proceso inflamatorio agudo, tendremos una neutropenia inicial en lugar de una neutrofilia con desvío a la izquierda.
- En bovinos adultos sanos, a diferencia de otras especies, los linfocitos son la población predominante de glóbulos blancos, con una proporción 2 linfocitos: 1 neutrófilo.

La hematología y la bioquímica, cuando se integran con la historia clínica y el examen físico se convierten en herramientas clave para evaluar, de forma no invasiva y rentable, la salud de los distintos sistemas orgánicos en el ganado bovino. La hematología permite evaluar la presencia de **anemia** e **inflamación**. Puede ayudar a establecer un diagnóstico diferencial e incluso un diagnóstico (por ej. hemoparásitos), indicar la necesidad de pruebas adicionales y determinar un pronóstico.

Recogida de muestras, envío al laboratorio y tipo de tubo

El veterinario es responsable de garantizar una correcta recolección, identificación, almacenamiento y transporte de las muestras para análisis clínico-patológicos, evitando o minimizando alteraciones en los valores de los analitos tras la toma.

Los resultados de laboratorio reflejan con precisión el estado del animal **en el momento de la extracción de sangre**, ya que cambios posteriores pueden afectar su interpretación.

Para análisis hematológicos y bioquímicos, la sangre se obtiene de la vena coccígea (en adultos) o la vena yugular. Para el análisis hematológico, las muestras deben recolectarse en tubos con anticoagulante, concretamente con **EDTA** (tapón morado). Es muy importante agitar suavemente el tubo (8-10 inversiones) para el mezclado de la sangre con el anticoagulante. También es importante el llenado completo del tubo (hasta la marca), para que la proporción de anticoagulante: sangre sea adecuada, sino podría dar errores en los parámetros e índices de la serie roja (glóbulos rojos crenados) y en las plaquetas (falsa trombocitopenia). Las muestras para hematología pueden almacenarse hasta 24h a 4ºC. No obstante, el recuento de plaquetas debería hacerse en las primeras 4-6 horas tras la venopunción, ya que el contacto con EDTA produce agregados plaquetarios dando falsas trombocitopenias. Es muy

importante mantener en frio.

Rangos de referencia y equipos de hematología para bovinos

La mayoría de los rangos de referencia en bovinos provienen de investigaciones de los años 60 del siglo pasado. No obstante, estudios recientes establecen rangos de referencia actualizados. Es muy importante que los **laboratorios establezcan sus propios rangos**, y que los hemogramas pongan los **rangos de referencia para la especie**. Los equipos de hematología de veterinaria suelen tener softwares propios para las diferentes especies, con sus particularidades; pero no todos están validados para analizar sangre de bóvido. Todavía hay muchos laboratorios que utilizan equipos de humana y no de veterinaria. Los contadores hematológicos automatizados deben calibrarse adecuadamente para tener en cuenta el **pequeño tamaño** de los eritrocitos y de las plaquetas bovinas. Un recuento de eritrocitos falsamente bajo puede darse por su tamaño pequeño, de forma similar un recuento plaquetario falsamente elevado puede ocurrir si los eritrocitos o leucocitos fragmentados son erróneamente contados como plaquetas por el analizador automatizado. Por ello es importante tener en cuenta en qué equipo hematológico se hicieron las analíticas a la hora de la interpretación.

Interpretación de resultados (hematología y bioquímica)

A lo largo de este texto y del texto de bioquímica dejaré una serie de tablas de interpretación pensadas para ofrecer una lista de posibles etiologías asociadas a valores anormales de un solo parámetro. No son exhaustivas y deben utilizarse únicamente como una guía; para un diagnóstico definitivo es fundamental evaluar el cuadro clínico completo y considerar el patrón de cambios observados.

Al interpretar cualquier resultado (tanto de hematología como de bioquímica u otros), se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Adecuación del rango de referencia: ¿El rango de referencia proporcionado por el laboratorio es apropiado para la población evaluada?
- Magnitud del cambio: Hasta un 5 % de los valores en animales sanos pueden situarse fuera del rango normal, aunque generalmente con desviaciones mínimas. Por ello, las **variaciones leves deben interpretarse con cautela**. La experiencia clínica es clave para evaluar la severidad del cambio, determinar su relevancia y descartar posibles errores analíticos.
- Sensibilidad, especificidad, prevalencia y valores predictivos: Estos conceptos son esenciales para la correcta interpretación de los resultados, ya que influyen en la precisión diagnóstica y en la probabilidad de obtener falsos positivos o negativos.
- Lo más importante: Si un resultado de laboratorio no encaja con el cuadro clínico del animal, es recomendable contactar con el laboratorio para discutirlo. Las posibles causas pueden incluir una conservación inadecuada de la muestra, errores en el análisis o una selección incorrecta de la prueba.

GLÓBULOS ROJOS (GR) o ERITROCITOS o HEMATIES: parámetros e interpretación

Los eritrocitos en bovinos son bicóncavos, anucleados y **pequeños** en comparación con otras especies (perro, gato, humanos), con un diámetro promedio de 5–6 µm. En el frotis sanguíneo muestran cierto grado de palidez central y una variación en el tamaño (anisocitosis) de ligera a moderada. Su función principal es el transporte de oxígeno, el cual se une a la hemoglobina. La eritropoyesis que tiene lugar en la médula ósea dura aproximadamente 5 días, y es estimulada por la eritropoyetina (EPO), que se

produce en el riñón. En bovinos, los eritrocitos tienen una **vida media prolongada**, oscilando entre 130 y 160 días (perro: 110; gato: 70). En general, las razas de carne presentan un recuento de eritrocitos mayor que las razas lecheras. Asimismo, los toros tienen un recuento más alto que las vacas, y las vacas no lactantes superan en este parámetro a las vacas en lactación.

Anemia

La anemia se define como la reducción de la masa eritrocitaria que provoca una disminución en la eficacia para captar y transportar oxígeno a los tejidos.

En **términos prácticos** puede definirse como la disminución del hematocrito, del recuento de glóbulos rojos o de la concentración de hemoglobina. Los tres parámetros nos aportan una información similar y con medir uno de ellos es suficiente para diagnosticar la anemia. La valoración de la concentración de hemoglobina tiene utilidad únicamente para estimar la masa eritroide en muestras hemolizadas, por un mal manejo de la muestra, donde se obtienen valores falsamente disminuidos del hematocrito e incrementados de hemoglobina.

El **microhematocrito** es el más fácil de medir, es el que nos da una información más exacta y precisa (los contadores lo calculan, no lo miden) y además nos permite clasificar la **intensidad** de la anemia (**Tabla 1**):

Tabla 1. Guía para clasificación de la anemia en rumiantes

Clasificación	Hematocrito (%)
Leve	20-26
Moderada	15-19
Severa	10-14
Muy severa	<10

Hay muchos tipos de anemia, pero desde un punto de vista clínico las vamos a clasificar en dos grandes grupos según la respuesta medular: regenerativas o no regenerativas (**Tabla 2**).

Si la anemia es causada por pérdida de sangre o hemólisis, se considera **REGENERATIVA**, ya que la médula ósea responde aumentando la producción de eritrocitos. En este tipo de anemias hay una pérdida importante de sangre, son anemias más graves, pero con una buena respuesta medular. **Son las más frecuentes en ganado vacuno**.

Tabla 2. Causas de anemia regenerativa y no regenerativa en vacuno

REGENERATIVA	NO REGENERATIVA
PÉRDIDA DE SANGRE/HEMORRÁGICA • **Hemorragia Interna/Externa** o Sd. vena cava, rotura de arteria uterina, erosión vascular (absceso), úlceras abomaso, enteritis hemorrágica, parásitos… o Castración, descorne, traumatismos, parásitos hematófagos (garrapatas, piojos) • **Fallos hemostasia/coagulopatía** o Intoxicación por helechos (ptaquilósido) (hemostasia 1ª: trombocitopenia) o Dicumarol en trébol dulce mohoso, deficiencia del factor XI (Holstein), CID (hemostasia 2ª) --- • **Hemorragia Aguda** – Puede haber disminución de proteínas totales • **Hemorragia Crónica** – Principalmente por enfermedades gastrointestinales con desarrollo de deficiencia de Fe y anemia microcítica (↓VCM) e hipocrómica (↓CHCM)[1] **HEMÓLISIS** (extravascular/intravascular) • **Parásitos de los eritrocitos:** *Babesia spp., Theileria spp. Anaplasma marginale (rickettsia)* • **Bacterias**: Hemoglobinuria bacilar (*Clostridium spp)*; *Leptospira spp, Mycoplasma wenyonii* • **Por oxidación- cuerpos de Heinz**: asociado dieta. o Cebollas, plantas género *Brassica spp.* (colza, coles, nabos), arce rojo…. o Minerales: Cu (intoxicación y deficiencia), deficiencia Se, deficiencia de P • **Otras causas** o Hemoglobinuria puerperal por hipofosfatemia. o Intoxicación por agua. o Intoxicación crónica plomo / fármacos o Transfusión sanguínea	**PRE-REGENERATIVA** • Pérdida aguda de sangre o hemólisis de menos de 2-4 días de duración (hasta que regenera) **DISMINUCIÓN DE LA ERITROPOYESIS** • **Enfermedad primaria de la médula ósea** (menos común) *Pueden presentar neutropenia, trombocitopenia* o Tóxica: helecho común, micotoxinas, plomo. o Neoplasia. o Diseritropoyesis congénita (Poll Hereford). o Pancitopenia neonatal bovina. • **Enfermedad secundaria de la médula ósea** (**común**) o Enfermedad inflamatoria crónica* (la más común) ▪ Enf. Hepática. Abscesos ▪ Paratuberculosis ▪ BVD ▪ Linfosarcoma… o *normocrómica, normocítica* o Insuficiencia renal en etapa terminal (↓EPO) o Malnutrición crónica: ▪ ↓Fe (microcítica, hipocrómica) ▪ ↓Cu (microcítica, hipocrómica) ▪ ↓Co (macrocítica, normocrómica)

Fe: hierro; Cu: cobre; Se: selenio; VCM (volumen corpuscular medio); CHCM (concentración de hemoglobina corpuscular media); CID (Coagulación Intravascular Diseminada); EPO (Eritropoyetina)

[1] Deficiencia de Fe – Inicialmente la anemia será regenerativa, pero al limitar la producción de hemoglobina en la médula ósea, se volverá no regenerativa. La microcitosis/hipocromía aparecen a medida que los eritrocitos precursores continúan dividiéndose en un intento de alcanzar la concentración "correcta" de hemoglobina

Este proceso de respuesta medular tarda entre 2 y 4 días en ser medible en la sangre periférica (de modo que, aun siendo anemias regenerativas, en los primeros días pueden no observarse signos de regeneración), con un pico de respuesta a los 4-7 días. Para determinar si una anemia regenera hay que realizar el recuento total de los **reticulocitos**. Los reticulocitos son glóbulos rojos inmaduros, anucleados, con un tamaño mayor que los eritrocitos maduros (macrocítica), con menor concentración de hemoglobina (hipocrómica) y que mantienen restos de ARN en su citoplasma que precipitan dando una imagen típica cuando se usa un colorante supravital (nuevo azul de metileno, azul cresil brillante). También se pueden identificar con tinciones hematológicas de rutina tipo Giemsa o Diff-Quick, ya que presentan una coloración más azulada respecto al resto de los glóbulos rojos, por eso se les denomina **policromatófilos,** y son ligeramente más grandes. Actualmente se obtienen de forma automática en los contadores hematológicos que utilizan citometría de flujo. Pero, también podemos saber si una anemia regenera o no, de forma sencilla y muy económica con el frotis sanguíneo.

Los bovinos sanos no suelen presentar eritrocitos inmaduros detectables (policromatófilos y reticulocitos) en la sangre periférica. Sin embargo, en caso de pérdida de sangre o hemólisis, su respuesta incluye un aumento en la producción de eritrocitos inmaduros, los cuales pueden ser **más grandes, nucleados** y van a presentar **policromasia y anisocitosis**, además de **punteado basófilo**. Es importante señalar que en rumiantes, a diferencia de otras especies, es fisiológico cierto grado de anisocitosis.

Los rumiantes con anemia tienen una respuesta reticulocitaria menos marcada que otras especies (perro). Por lo tanto, en una anemia regenerativa una reticulocitosis significativa no se observa hasta que el hematocrito es muy bajo. En general, la reticulocitosis es más intensa en la anemia hemolítica que en la hemorrágica por la disponibilidad mayor de hierro (Fe) para la eritropoyesis.

Si esta respuesta no se observa dentro de los 4 días posteriores al inicio del evento que causó la anemia, esta se considera **NO REGENERATIVA**, ya que la médula ósea no ha respondido de manera adecuada. Suelen cursar con **anemias más leves, pero de peor pronóstico**. En ganado vacuno las causas más comunes son extramedulares, por **enfermedad inflamatoria crónica**.

Otros parámetros útiles para identificar y clasificar la anemia que nos reportan los hemogramas son:

Índices eritrocitarios: Podemos utilizar algunos de los índices eritrocitarios para evaluar la respuesta de la médula ósea, aunque se necesitan cambios importantes en la población para que se pueda detectar una modificación. Los más útiles son:

Volumen corpuscular medio (**VCM**) (tamaño medio celular):

- Anemias normocíticas (VCM normal)
- Anemias microcíticas (VCM bajo)
- Anemias macrocíticas (VCM alto)

Concentración de hemoglobina corpuscular media (**CHCM**) (hemoglobina celular). Más útil que la concentración de hemoglobina media (CHM):

- Anemias normocrómicas (CHCM normal)

- Anemias hipocrómicas (CHCM bajo)
- Anemias hipercrómicas (CHCM alto)

Ancho de distribución eritrocitaria (**RDW**): anisocitosis

- La presencia de macrocitosis o microcitosis genera picos anómalos y una distribución más amplia. Puede estar aumentado en terneros sanos porque tienen los eritrocitos pequeños y el VCM tiende a estar disminuido, lo que resulta en un RDW más amplio. También puede estar aumentado en anemias por déficit de Fe y otros oligoelementos (cobre: Cu, cobalto: Co) que se asocian a anemia microcítica (Fe, Cu) o macrocítica (Co).

Contenido de hemoglobina reticulocitaria: informa si hay deficiencia de Fe. Es un parámetro relativamente nuevo que incluyen los contadores hematológicos nuevos. En contadores no actualizados y con softwares no específicos no da este valor.



Prueba	Resultados	Rango referencia	BAJO / NORMAL / ALTO
ProCyte Dx (29 de junio de 2021 14:07)			
Eritrocitos	1,68 M/µL	4.47 - 9.35	BAJO
HCT	10,8 %	22.5 - 39.9	BAJO
HGB	3,2 g/dL	7.4 - 12.8	BAJO
MCV	64,3 fL	40.4 - 56.4	ALTO
MCH	19,0 pg	11.5 - 18.5	ALTO
MCHC	29,6 g/dL	30.2 - 33.5	BAJO
RDW	31,9 %	20.0 - 35.9	
%RETIC	1,7 %		
RETIC	28,9 K/µL	0.0 - 3.9	ALTO

Prueba	Resultados	Rango referencia	BAJO / NORMAL / ALTO
Catalyst Dx (29 de junio de 2021 16:20)			
CA	8,8 mg/dL	8.0 - 12.0	
MG	1,46 mg/dL	1.80 - 3.00	BAJO
TBIL	7,7 mg/dL	0.0 - 0.7	ALTO
Catalyst One (29 de junio de 2021 16:59)			
PHOS	3,3 mg/dL	4.0 - 8.6	BAJO

Vaca de 3ª lactación con 14 DEL que tuvo RP y metritis y empezó con orina oscura, mucosas amarillentas y está tristona. En el hemograma observamos anemia severa (10,8%), que regenera (reticulocitos altos), macrocitosis e hipocromia. Orina centrifugada: hemoglobinuria. Anemia hemolítica.

Los reticulocitos (policromatófilos) presentan un mayor tamaño que las células maduras y además una concentración de hemoglobina menor, de ahí que en una **anemia regenerativa** podríamos observar un incremento del VCM (**macrocitosis**) y una disminución de la CHCM (**hipocromia**). Por el contrario, las **anemias no regenerativas** usualmente son **normocrómicas y normocíticas** (anemia por enfermedad crónica), aunque también podemos encontrar anemias normocrómicas y macrocíticas (anemia megaloblástica por déficit de Co/Vit. B12, Vit. B9) y anemias microcíticas e hipocrómicas en déficit de Fe y Cu (el Cu participa en la incorporación del Fe en el hemo y su deficiencia produce un cuadro similar a la anemia por deficiencia de Fe).

La **anemia ferropénica** (que podemos tener por úlcera de abomaso o malnutrición en terneros jóvenes) se caracteriza por ser **microcítica** (bajo VCM) e **hipocrómica** (bajo CHCM). La microcitosis aparece antes que la hipocromía, y si el VCM se encuentra sólo ligeramente disminuido la CHCM es normal. A medida

que la anemia ferropénica se agrava, la microcitosis es más evidente produciendo una disminución marcada del VCM e hipocromía con disminución de la CHCM. En el frotis sanguíneo se pueden ver glóbulos rojos pequeños y pálidos. Las anemias ferropénicas, inicialmente son ligeramente regenerativas, pero cuando cronifican y se agotan las reservas de Fe se convierten progresivamente en no regenerativas (algunos autores las clasifican como "semirregenerativas"). La hemoglobina reticulocitaria permite detectar precozmente un fallo en la eritropoyesis por déficit de Fe, y además es el parámetro que primero se normaliza cuando se corrige el déficit de Fe (antes que VCM y CHCM).

Policitemia/Eritrocitosis

La **policitemia** se define como un aumento real de la masa circulante de eritrocitos y se diagnostica mediante un incremento en el recuento de eritrocitos, el hematocrito y la concentración de hemoglobina, siempre que no haya deshidratación. Es algo muy frecuente en el hemograma de los rumiantes, principalmente asociado a deshidratación (hemoconcentración). La deshidratación también puede aumentar los valores de otros analitos, como las proteínas totales (PT). Es muy importante interpretar los resultados junto con el examen físico del paciente.

Si la deshidratación no está presente, el animal podría padecer **policitemia verdadera** o **policitemia secundaria**.

Las **policitemias primarias** son poco frecuentes y están causadas por defectos hereditarios primarios, que conducen a hiperplasia y neoplasia de la médula ósea (**policitemia vera**).

La **policitemia secundaria** ocurre en respuesta a condiciones que aumentan la secreción de EPO por los riñones. Esto puede deberse a **hipoxia**, la cual puede ser causada por:

- Disminución del oxígeno en grandes altitudes.
- Enfermedades cardíacas (ej. defecto del septo ventricular, insuficiencia cardíaca congestiva).
- Patologías pulmonares graves (ej. neumonía crónica severa).
- Secreción renal inapropiada de EPO, como en algunos **tumores renales** o, en ocasiones, en riñones **poliquísticos o hidronefróticos**.

Se ha descrito una policitemia hereditaria en vacas de raza Jersey y Hereford.

Aportaciones del frotis sanguíneo para el diagnóstico de alteraciones de los eritrocitos

Desde un punto de vista clínico, las alteraciones más útiles, que podemos encontrar en el frotis sanguíneo son:

Signos de regeneración (policromasia, anisocitosis marcada, punteado basófilo, eritrocitos nucleados).

En un cuadro compatible con **anemia hemolítica** (orina coloreada --hemoglobinuria/ bilirrubinuria--, ictericia) debemos intentar de encontrar **hallazgos** que nos indiquen la causa:

- **Cuerpos de Heinz**: son agregados grandes de hemoglobina precipitada, debido a una **oxidación** irreversible de la misma en la membrana de los eritrocitos (anemia hemolítica por oxidación). Con

tinciones supravitales (como las utilizadas para el recuento de reticulocitos), aparecen como una protuberancia redonda en la superficie de los eritrocitos teñida de color azul, por lo que se visualizan mucho mejor que en el frotis sanguíneo teñido con Diff-Quick. Los cuerpos de Heinz hacen que los glóbulos rojos sean más susceptibles a la hemólisis tanto extravascular como intravascular (al estar disminuida la capacidad de los hematíes para deformarse). Aparecen cuando se ingieren **agentes que oxidan la hemoglobina** de forma irreversible como: plantas del género Brassica (col, colza, nabo, etc) y cebolla. También, se observan en la intoxicación crónica por Cu, en la deficiencia de selenio (Se) y Cu y en vacas con hemoglobinuria puerperal por hipofosfatemia (**Tabla 2**).

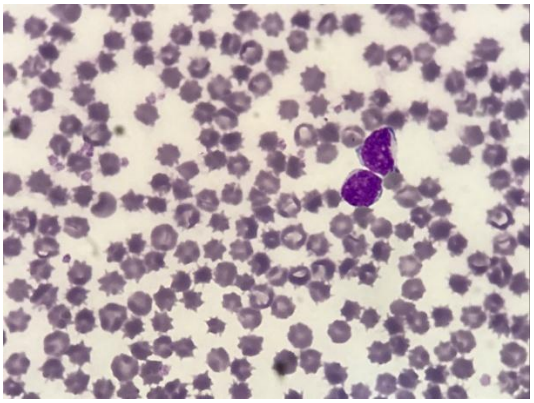
- **Parásitos** eritrocitarios y micoplasmas hemotrópicos. Los más frecuentes en nuestro país son:
  - Babesia: *B. bovis*: protozoo intraeritrocitario pequeño de 2 µm de diámetro que aparece como una inclusión pequeña redondeada o como dos formaciones piriformes unidas por un ángulo agudo. *B. bigemina*: de mayor tamaño (2-4 µm) de aspecto piriforme; puede ser único o doble.
  - *Theileria annulata*: merozoitos intraeritrocitarios de 1 µm de diámetro con forma de anillo con una perla o de coma.
  - *Anaplasma marginale*: rickettsia intraeritrocitaria con aspecto de inclusión redondeada, basófila, pequeña (0,5-1 µm), única o doble, generalmente localizada a lo largo del margen del eritrocito.
  - *Mycoplasma wenyonii*: se adhieren a la membrana de los eritrocitos y provocan su hemólisis. Se pueden ver como puntos púrpura-azulados aislados o en cadenas en las paredes del eritrocito.

  La PCR es la técnica más sensible y específica para el diagnóstico de hemoparásitos.

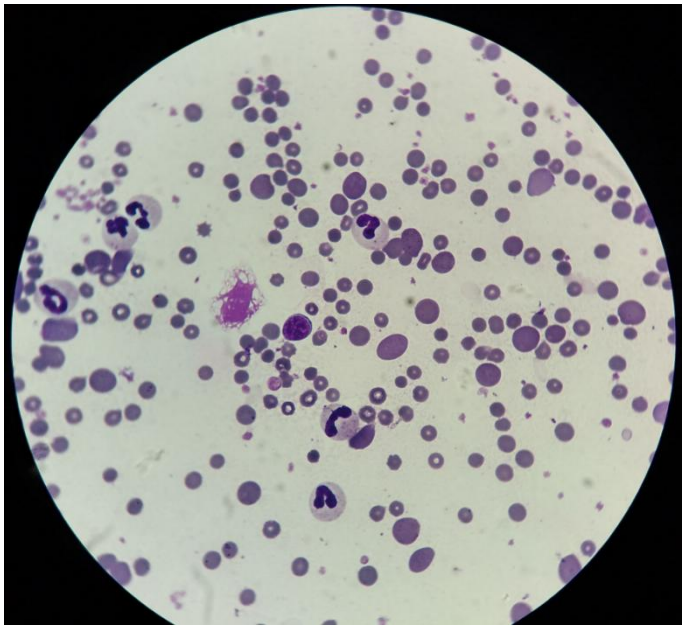
- **Anemia hemolítica inmunomediada** (AHIM): signos frecuentes de la AHIM son la aglutinación y los esferocitos. Los esferocitos son hematíes esféricos, de menor tamaño que pierden la palidez central y tienen una coloración homogénea y más intensa. Se producen por fagocitosis parcial de la membrana de los eritrocitos por la presencia de autoanticuerpos frente a la membrana eritroide. No son fáciles de identificar en los frotis de sangre bovina, por ello se recomienda más hacer el test de aglutinación: 1 gota de sangre + 4 gotas de solución salina en un portaobjetos. Si persiste la aglutinación tras su mezcla, es compatible con proceso inmunomediado. La aglutinación se produce por la adhesión de las inmunoglobulinas a la superficie del eritrocito.

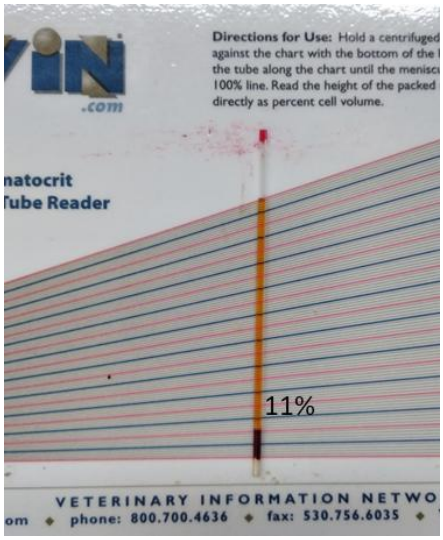
  La observación de glóbulos rojos pequeños (microcíticos) y pálidos (hipocrómicos) son característicos de la **anemia ferropénica**. Estos eritrocitos muestran en el frotis una palidez central más acentuada, debido al menor contenido en hemoglobina, y un tamaño más pequeño, ya que el hematíe sufre una división extra en la médula ósea al no alcanzarse la concentración crítica necesaria de hemoglobina para parar la división celular.

  Algo habitual en los frotis de vacuno es la **crenación** de los eritrocitos. Aparecen con numerosas espículas cortas puntiagudas distribuidas uniformemente. Se conocen como "**equinocitos**". Se produce por salida de agua del hematíe al espacio extracelular (crenación). La crenación de los eritrocitos es muy frecuente en los frotis de sangre bovina y, generalmente, aparece en las muestras mal manipuladas o en los frotis mal realizados: muestras con exceso de EDTA, conservadas durante largo tiempo o frotis sanguíneos secados lentamente. También aparece en casos de uremia e hipofosfatemia. Independientemente de la causa, lo que se sabe es que es algo muy frecuente y no implica, a diferencia de otras especies, signos de malignidad.



Frotis de vaca de 4 lactación con 21 DEL, no arranca, diarrea tipo sanguinolenta, bajó 1 punto de condición corporal sospecha de proceso digestivo crónico. Htc 25%, nótese crenación marcada de los eritrocitos (probablemente por mal manejo muestra), linfocito grande y monocito (Diff-Quick®).





Frotis de la vaca con anemia hemolítica. Microhematocrito: Anemia severa (Htc 11%), signos de hemólisis. Frotis con signos de regeneración: policromatófilos (nótese su coloración más basófila), anisocitosis marcada, punteado basófilo, eritrocitos grandes (Diff-Quick®).

Para evaluar la serie roja, caracterizar el grado de anemia y clasificarla no necesitamos recurrir a hacer un análisis en un contador hematológico. Podemos hacerlo de forma mucho más económica con un equipamiento mínimo de laboratorio. Para estimar la masa eritroide hacemos un microhematocrito, si junto con esto medimos las PT en un refractómetro clínico, podemos diferenciar si la anemia es por pérdida de sangre (hematocrito y PT bajas, plasma claro) de una anemia hemolítica (hematocrito bajo y PT normal, plasma coloreado), o si tenemos policitemia por deshidratación (hematocrito y PT altos). Por otro lado, la visualización del frotis al microscopio nos va a permitir clasificar la anemia como regenerativa o no regenerativa, aproximar el diagnóstico y hacer un diferencial para solicitar más pruebas, e incluso en algunos casos poder concluir un diagnóstico (ej. babesiosis).

GLÓBULOS BLANCOS (GB) o LEUCOCITOS: parámetros e interpretación

Los glóbulos blancos (GB) o leucocitos desempeñan un papel fundamental en la defensa inmunitaria e incluyen diferentes subpoblaciones: granulocitos (neutrófilos, eosinófilos y basófilos), monocitos y linfocitos. Todos los glóbulos blancos se originan a partir de un precursor común en la médula ósea, aunque los linfocitos maduran y proliferan en distintos órganos linfoides fuera de la médula y pueden movilizarse entre los tejidos y la sangre a través del sistema linfático.

El recuento total de glóbulos blancos incluye la cantidad total de leucocitos, el recuento diferencial absoluto y relativo. Generalmente, es posible diferenciar las distintas subpoblaciones, así como los neutrófilos segmentados y en banda. Evaluar los valores absolutos de cada tipo de leucocito es clave para diferenciar respuestas asociadas a inflamación, estrés, excitación o procesos neoplásicos. No obstante, los cambios en estos parámetros suelen ser **menos marcados que en otras especies**. Los valores absolutos de cada tipo de glóbulo blanco son los más útiles para el diagnóstico, si bien en algunas situaciones también es relevante considerar los porcentajes relativos (determinados parásitos como p. ej. *Dictyocaulus viviparus* no aumenta el recuento absoluto de eosinófilos, pero sí su porcentaje).

Algo diferencial en bovinos adultos sanos es que los **linfocitos son la población predominante** (y no los neutrófilos como en la mayoría de las especies), con una relación de dos linfocitos por cada neutrófilo (2L:1N). En los terneros recién nacidos los neutrófilos son más numerosos que los linfocitos, y según se van haciendo rumiantes, empiezan a invertir la proporción.

Neutrófilos e inflamación: Leucograma inflamatorio

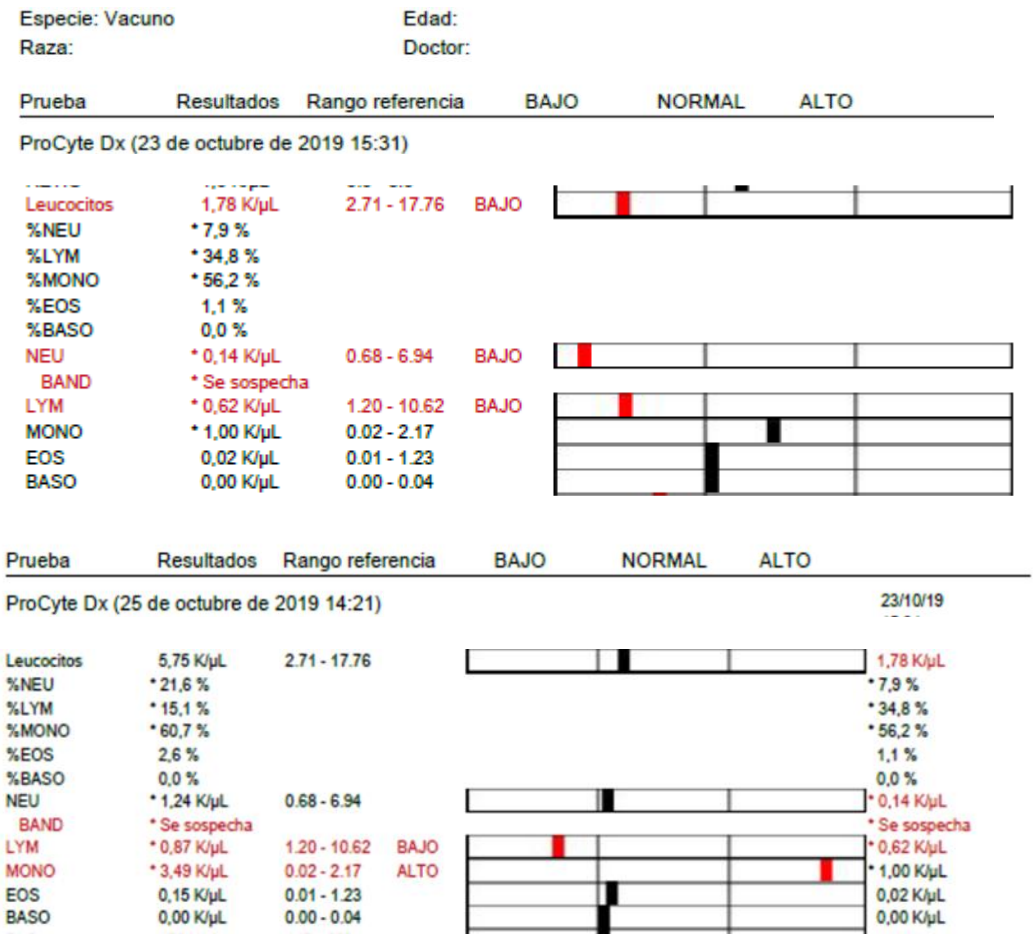
Mientras que en la mayoría de los animales domésticos la respuesta típica a un proceso inflamatorio agudo es la neutrofilia con desvío a la izquierda, en bovinos **la respuesta inflamatoria aguda** es única y suele manifestarse inicialmente con **neutropenia** durante 24-48 horas tras una inflamación grave (**Tabla 3**). La neutropenia es producida por infecciones agudas y graves que cursan con endotoxemia como metritis, mamitis colibacilar, peritonitis o neumonía, entre otras. Esto es debido a que los bovinos (rumiantes en general) tienen una **reserva medular limitada de neutrófilos** maduros listos para ser liberados a la sangre y los tejidos ante una demanda inflamatoria repentina. De hecho, en bovinos el recuento de neutrófilos es mucho más bajo que en otras especies y rara vez supera las 30.000 células/µl.

Normalmente la médula ósea es capaz de reponer la reserva de neutrófilos en 3 a 5 días para salir de esa neutropenia inicial, después es posible detectar un aumento en el número de neutrófilos inmaduros en banda. Si es así, es signo de buen pronóstico, de lo contrario, si continua en neutropenia el pronóstico será malo.

En respuestas **inflamatorias de leve a moderada y crónicas** (como procesos infecciosos), así como en la recuperación de inflamaciones más graves (endotoxemia) se producirá una **neutrofilia.** La presencia de un número significativo de neutrófilos en banda (desvío a la izquierda) y fibrinógeno elevado es un indicador muy sensible de proceso inflamatorio, en la mayoría de los casos de etiología infecciosa en cualquier órgano o sistema (infecciones ubre, urogenital, gastrointestinal, respiratorio, hígado, etc).

Cuando existe desviación a la izquierda es importante identificar en el frotis la presencia de cambios tóxicos en los neutrófilos (**neutrófilos tóxicos**) debido a una inflamación grave asociada a infecciones bacterianas que cursan con septicemia, endotoxemia y shock séptico, que agravan el pronóstico. Los neutrófilos tóxicos se caracterizan por presentar: basofilia citoplasmática difusa, inclusiones azul-

grisáceas en el citoplasma (cuerpos de Döhle) y/o citoplasma vacuolado con aspecto espumoso. Estos cambios tóxicos se producen como consecuencia de un acortamiento en el tiempo de maduración de los neutrófilos en la médula ósea cuando su producción está muy estimulada. Es importante señalar que la vacuolización citoplasmática puede ser un **efecto de la exposición prolongada al EDTA**; por lo tanto, para evitar falsos resultados, si se va a tardar en hacer el análisis podemos hacer el frotis en granja nada más coger la muestra, lo que evidenciará la realidad del estado del paciente.



Especie: Vacuno — Edad:
Raza: — Doctor:

Prueba	Resultados	Rango referencia	BAJO	NORMAL	ALTO
ProCyte Dx (23 de octubre de 2019 15:31)					
Leucocitos	1,78 K/µL	2.71 - 17.76	BAJO		
%NEU	* 7,9 %				
%LYM	* 34,8 %				
%MONO	* 56,2 %				
%EOS	1,1 %				
%BASO	0,0 %				
NEU	* 0,14 K/µL	0.68 - 6.94	BAJO		
BAND	* Se sospecha				
LYM	* 0,62 K/µL	1.20 - 10.62	BAJO		
MONO	* 1,00 K/µL	0.02 - 2.17			
EOS	0,02 K/µL	0.01 - 1.23			
BASO	0,00 K/µL	0.00 - 0.04			

Prueba	Resultados	Rango referencia			23/10/19
ProCyte Dx (25 de octubre de 2019 14:21)					
Leucocitos	5,75 K/µL	2.71 - 17.76			1,78 K/µL
%NEU	* 21,6 %				* 7,9 %
%LYM	* 15,1 %				* 34,8 %
%MONO	* 60,7 %				* 56,2 %
%EOS	2,6 %				1,1 %
%BASO	0,0 %				0,0 %
NEU	* 1,24 K/µL	0.68 - 6.94			* 0,14 K/µL
BAND	* Se sospecha				* Se sospecha
LYM	* 0,87 K/µL	1.20 - 10.62	BAJO		* 0,62 K/µL
MONO	* 3,49 K/µL	0.02 - 2.17	ALTO		* 1,00 K/µL
EOS	0,15 K/µL	0.01 - 1.23			0,02 K/µL
BASO	0,00 K/µL	0.00 - 0.04			0,00 K/µL

Vaca de 3ª lactación de 12 DEL que presenta metritis. En el hemograma observamos leucopenia, con neutropenia marcada y linfopenia (hemograma de arriba). Fibrinógeno alto: 1 g/dl (0,3-0,7). Dos días después del primer análisis empiezan a normalizar los neutrófilos (hemograma de abajo), lo que indica buen pronóstico, y aumentan los monocitos (cronicidad).

A medida que la **inflamación se vuelve crónica**, y dura de unos días a varias semanas, los recuentos de glóbulos blancos y diferenciales suelen volver a la normalidad, lo que dificulta el diagnóstico de una inflamación crónica en rumiantes. En algunos casos, puede producirse un ligero aumento del número de neutrófilos, linfocitos y monocitos. En estos casos, marcadores de inflamación crónica como las **globulinas** son útiles.

El déficit de adhesión leucocitaria bovina (BLAD) es una causa genética importante de neutrofilia en el ganado Holstein, que, con una monocitosis, da lugar a altos recuentos de leucocitos (>40.000 células/µl). En estas circunstancias, los leucocitos no expresan en su superficie los receptores de adhesión necesarios para desplazarse desde el torrente sanguíneo hasta los tejidos inflamados. Los terneros afectados de BLAD pueden presentar infecciones bacterianas recurrentes, diarrea, neumonía,

linfadenopatía, alteraciones dermatológicas y retraso en el crecimiento, y los más afectados mueren en el primer año de vida.

Leucograma de estrés

El leucograma de estrés es el resultado de la liberación endógena de cortisol, generalmente por una enfermedad no inflamatoria o situación estresante, o por la administración de corticoesteroides. Se caracteriza por **neutrofilia madura** (neutrófilos segmentados, sin desvío a la izquierda ni cambios tóxicos), **linfopenia, eosinopenia y monocitosis leve**. El aumento absoluto de neutrófilos debido al estrés es menos marcado en bovinos en comparación con otras especies, por lo que el recuento total de leucocitos puede mantenerse dentro de los valores de referencia.

Por otro lado, una respuesta fisiológica a la epinefrina o adrenalina puede generar un **leucograma de "excitación",** también conocido como leucograma fisiológico, caracterizado por una neutrofilia leve y linfocitosis de leve a moderada. Esto se ve más en terneros, aunque insisto menos que otras especies.

La presencia de neutrofilia con desvío a la izquierda descarta que sea fisiológica por excitación o por estrés. Hacer el fibrinógeno nos ayudará a diferenciar un aumento de los neutrófilos por estrés (fibrinógeno normal) a un aumento inflamatorio (fibrinógeno alto).

Tabla 3. Interpretación de las anomalías en los leucocitos

Anomalía	Interpretación
Neutrofilia	Estrés
	Inflamación – a menudo infecciosa
Neutropenia	Endotoxemia – aumento de marginación
	Inflamación aguda
	Depresión o insuficiencia de la médula ósea
Linfocitosis	Excitación (en animales jóvenes)
	Leucemia linfocítica
Linfopenia	Estrés
	Corticoesteroides
Monocitosis	Infecciones bacterianas crónicas
Eosinofilia	Parásitos
	Alergias

Linfocitos

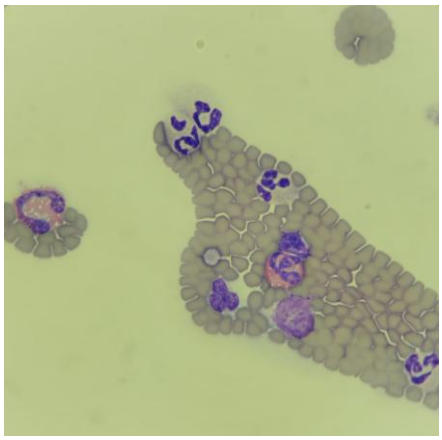
Son los más abundantes en bovinos adultos. Los linfocitos circulantes en sangre reflejan una población mixta de linfocitos T y B. En bovinos, los linfocitos en sangre periférica presentan un tamaño variable (pequeños, medianos y grandes), siendo comunes los linfocitos pequeños y medianos.

La **linfocitosis** puede presentarse en la fase de recuperación de enfermedades infecciosas, e infecciones víricas crónicas. La infección por el virus de la leucosis bovina (BLV) puede provocar linfocitosis persistente debido a un aumento en la población de linfocitos B con morfología anormal en hasta un 30

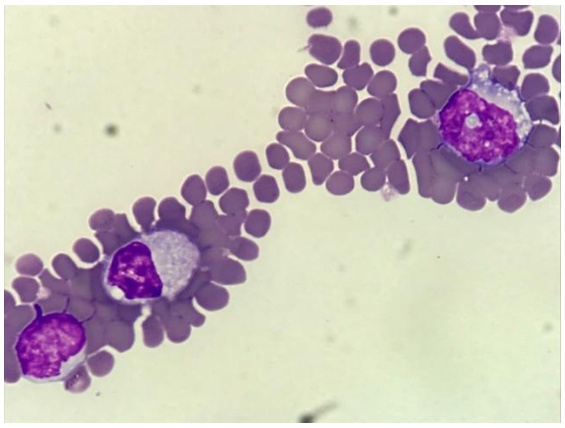
% de los animales afectados. Sin embargo, solo un pequeño porcentaje de estos desarrolla linfoma bovino. En algunos casos, el recuento de leucocitos puede superar las 100.000 células/µl.

En el frotis sanguíneo, es posible observar la variabilidad en tamaño y morfología de los linfocitos. Podemos observar **linfocitos reactivos** que se caracterizan por mostrar una basofilia citoplasmática intensa y, a veces, una zona perinuclear clara y un tamaño mayor, los cuales pueden asemejarse a células linfoides neoplásicas. Pueden aparecer en bajo número en animales sanos y en número significativo en animales con **intensa estimulación antigénica**. Es común en **enfermedades purulentas crónicas**, como hepatitis, peritonitis, pericarditis, nefritis, mastitis o bronconeumonía. Como son estructuras pesadas se ven muy bien en las colas del frotis.

Una **linfopenia** puede manifestarse con el estrés o la administración de corticosteroides, las infecciones víricas o bacterianas agudas, la endotoxemia, la infección por el virus BVD.



Eosinófilos y neutrófilos en vaca con ingurgitación yugulares, ascitis (trasudado) y parásitos hepáticos (Diff-Quick®).



Linfocitos grandes reactivos en vaca con mamitis colibacilar (Diff-Quick®).

Monocitos

Los monocitos entran en los tejidos desde la circulación para convertirse en macrófagos, capaces de fagocitar organismos infecciosos, partículas y restos celulares. La monocitosis puede presentarse en procesos **inflamatorios crónicos**, pero también se ha observado en casos de necrosis, hemólisis o respuesta a estrés. Sin embargo, su presencia es variable, no siempre se detectan de manera consistente y no son indicadores sensibles de procesos patológicos.

Eosinófilos

El ganado vacuno presenta un mayor número de eosinófilos que otras especies. Se considera que los eosinófilos aumentan en sangre periférica y en los tejidos afectados en enfermedades alérgicas o parasitarias. Sin embargo, aunque la eosinofilia puede presentarse en estos cuadros, su aparición es variable y también puede observarse en otras afecciones inflamatorias.

PLAQUETAS: parámetros e interpretación

Las plaquetas son fragmentos citoplasmáticos anucleados de los megacariocitos y desempeñan un papel

fundamental en la hemostasia. Forman el tapón hemostático inicial y mantienen la integridad vascular (hemostasia primaria), y signos como petequias o equimosis justifican su evaluación. Con un volumen plaquetario medio (VPM) de aproximadamente 4.0-4.8 femtolitros, las plaquetas bovinas **son pequeñas** en comparación con las de otras especies.

La **trombocitopenia** se define como un recuento de plaquetas inferior a 100.000 células/µl, con riesgo de sangrado cuando el número de plaquetas es inferior a 40.000 células/µl, y hemorragias espontáneas con menos de 10.000 células/µl. Es muy importante **confirmar que la trombocitopenia es real**, hay que descartar agregados plaquetarios (cola del frotis) y tener en cuenta que si se tarda en hacer el análisis (4-6 horas) las plaquetas van bajando con el tiempo y se agregan por contacto con el EDTA y no será real la trombocitopenia.

Las **causas** más comunes de trombocitopenia son infecciones (mastitis, metritis, salmonela, leptospira, babesiosis, theileria, anaplasma, virus BVD, lengua azul, virus EHE…) toxinas (helechos, micotoxinas…), hemorragia grave, CID, neoplasias o mecanismos inmunomediados.

La trombocitopenia asociada con leucopenia y depleción de la médula ósea se ha observado en la **pancitopenia neonatal bovina**, una enfermedad hemorrágica que afecta a terneros recién nacidos desde 2006 asociado a una vacuna inactivada contra el virus BVD en las madres (síndrome del ternero sangrante o diátesis hemorrágica del ternero).

La **trombocitosis** es menos frecuente y suele ser secundaria a estrés, ejercicio o inflamación. Un recuento plaquetario falsamente elevado puede ocurrir en bovinos porque al ser los eritrocitos muy pequeños los contadores hematológicos los cuentan como plaquetas.

PROTEÍNAS TOTALES y FIBRINÓGENO

Para interpretar correctamente el valor del microhematocrito y los recuentos absoluto y diferencial de leucocitos es importante conocer la concentración de PT y del fibrinógeno.

PROTEÍNAS

Para interpretar las alteraciones de las PT hay que tener en cuenta los valores de albúmina y globulinas. Se cuantifican las PT y la albúmina, y el valor de las globulinas se obtiene como la diferencia. Las PT las podemos hacer a “pie de vaca” de una forma sencilla y económica midiéndolas en un refractómetro clínico. La medición de las PT ayuda a diferenciar una anemia por pérdida de sangre de una anemia hemolítica, así como de una hiperproteinemia por deshidratación.

El análisis de las fracciones requiere pruebas de bioquímica. Los cambios en todas estas fracciones tienen utilidad diagnóstica. La albúmina es la proteína plasmática más abundante y se sintetiza exclusivamente en el hígado. Las globulinas se sintetizan en el hígado y en el sistema linfático. La relación albúmina-globulina (A:G) normal en bovinos es de 0,84-0,94. Recientemente se ha sugerido que este ratio puede ser un indicador temprano de inflamación o riesgo de enfermedad. Los rangos séricos de PT en vacuno son 5,9-8 (albúmina: 2,4-3,5; globulinas: 3,5-4,5), siendo un 10% más altas en el plasma que en el suero.

Existen numerosas fracciones de globulinas, la mayoría de las cuales no se miden individualmente en un perfil rutinario (con la excepción del fibrinógeno). Estas pueden separarse mediante electroforesis u otras metodologías y se agrupan ampliamente en:

- Globulinas α: incluyen moléculas transportadoras de tiroxina, cortisol, lípidos, Cu (ceruploplasmina) y hemoglobina (haptoglobina), así como antitrombina III y α2-macroglobulina.
- Globulinas β: comprenden moléculas transportadoras de Fe (transferrina, ferritina), proteína C reactiva, C3/C4, plasminógeno, fibrinógeno y factores de coagulación.
- Globulinas γ: constituidas principalmente por inmunoglobulina G (IgG).

Los **aumentos** relativos en todas las fracciones ocurren con la **deshidratación**, siendo esta la única causa de una albúmina elevada. Algunas proteínas aumentan en procesos inflamatorios **agudos** (proteínas de fase aguda (APP), como fibrinógeno o haptoglobina) o **crónicos**: (inmunoglobulinas). Tanto el fibrinógeno como las inmunoglobulinas pueden elevarse lo suficiente como para incrementar significativamente la proteína total medida.

Las **disminuciones** en la concentración de PT pueden observarse en condiciones en las que se pierde albúmina y/o globulinas o cuando su producción es insuficiente (Tabla 4).

Tabla 4. Interpretación de alteraciones en proteínas

Alteración	Interpretación
Aumento proteínas totales	Deshidratación
Disminución proteínas totales (panhipoproteinemia)	Hemorragia Enfermedad o debilidad crónica (ej., cojera severa) Pérdida de proteínas (ej., parasitismo, fasciolaosis....)
Disminución albúmina	Prod. insuficiente: disfunción hepática severa, ingesta deficiente Pérdida: intestinal (paratuberculosis, salmonela, parásitos...), renal (glomerulopatía: amiloidosis), hemorragia
Aumento globulinas	Enfermedad inflamatoria-infecciosa y/o respuesta inmunológica **crónica** (ej., neumonía crónica, abscesos hepáticos, retículo peritonitis traumática ....)
Disminución globulinas	Fallo transferencia pasiva en terneros
Intervalos referencia adultos Proteínas totales: 5,9-8 g/dl. Albúmina: 2,4-3,5 g/dl. Globulinas: 3,5-4,5 g/dl. A:G ratio: 0,84-0,94	

FIBRINÓGENO

El fibrinógeno es una proteína de fase aguda sintetizada por el hígado bajo la influencia de las citocinas liberadas por los macrófagos durante un proceso inflamatorio. Su medición se utiliza como un **indicador inespecífico de inflamación**.

El fibrinógeno es muy fácil de determinar y muy económico y, a menudo, es un marcador más confiable de inflamación que el recuento total o diferencial de leucocitos, por lo que su evaluación es fundamental. No obstante, su aumento en la circulación **tarda entre 36 y 48 horas** tras el inicio de un proceso

inflamatorio (bacteriano, vírico, traumático).

El fibrinógeno es una proteína del plasma, en el suero no hay fibrinógeno porque se queda en el coagulo de fibrina al coagular la sangre. Por lo tanto, la diferencia entre las concentraciones de PT del plasma y del suero es el fibrinógeno (PTplasma – PTsuero = fibrinógeno).

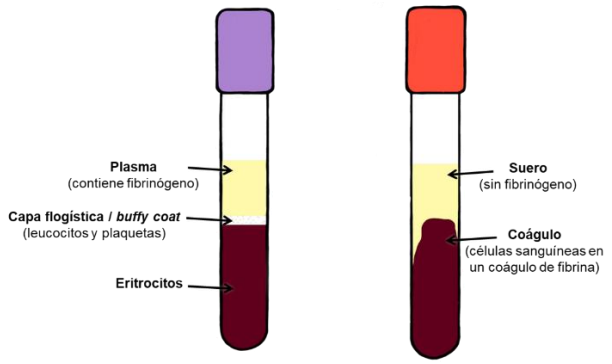
El fibrinógeno se puede determinar fácilmente midiendo las PT en un refractómetro clínico. Podemos hacerlo de dos formas:

- Tomamos una muestra de sangre en un tubo con EDTA (el que utilizamos para la hematología), cargamos dos capilares de microhematocrito y los centrifugamos (además de capilar lo podemos hacer en tubo Eppendorf o similar). El capilar 1 lo rompemos con cuidado y ponemos las gotitas del plasma sobre el refractómetro y medimos las PT (PT1). El otro capilar lo calentamos en un baño termostatizado durante **3 minutos a 54ºC** (55-57ºC) (se podría hacer en un vaso de agua calentado previamente a esa Tª), así desnaturalizamos la fracción proteica que corresponde al fibrinógeno (plasma queda opaco por la precipitación del fibrinógeno). Medimos las PT (PT2). La diferencia de PT1-PT2 es el fibrinógeno.
- Si no tenemos la opción de poder calentar, lo podemos hacer de forma aún más sencilla. Sacamos sangre en dos tubos, uno en un tubo con EDTA para obtener plasma y otro en un tubo sin aditivos para obtener suero. Medimos las PT en el refractómetro en el plasma (PT1) y en el suero (PT2). La diferencia de PT1-PT2 es el fibrinógeno.

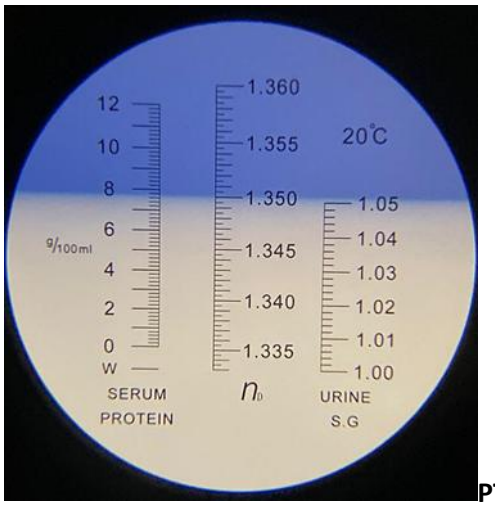
Los niveles altos de fibrinógeno permiten detectar procesos inflamatorios ocultos en animales que puedan tener un recuento absoluto y diferencial de leucocitos dentro de los valores de referencia (por ej. procesos digestivos indefinidos), así como diferenciar una neutrofilia madura por un proceso inflamatorio, donde el fibrinógeno aumenta, de una neutrofilia madura por estrés, donde el fibrinógeno se mantiene dentro de los valores de referencia (por ej. en terneros al destete que puedan tener un proceso infeccioso). Los rangos normales de fibrinógeno en vacuno son de 0,3-0,7 mg/dl. Importante tener en cuenta el estado de hidratación del paciente, ya que la deshidratación puede provocar hiperfibrinogenemia e hiperproteinemia relativa. Para corregir un incremento de fibrinógeno por posible deshidratación se debe calcular el ratio PT:fibrinógeno, si es <10:1 indica un incremento absoluto de fibrinógeno, lo que indica inflamación.

Niveles bajos de fibrinógeno no son frecuentes, pero los podemos tener en casos de fallo hepático o inflamación con coagulación intravascular diseminada (CID).

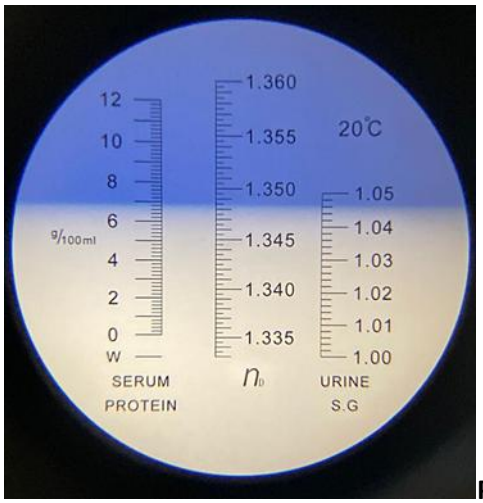
Otras APP, como la haptoglobina o la proteína sérica amiloide A pueden ser indicadores más sensibles de inflamación aguda, porque se elevan antes y tienen una vida media más larga, pero su disponibilidad en los laboratorios de diagnóstico es más limitada y son caras.







PT1



PT2

Análisis de fibrinógeno. Imagen del refractómetro PT1 (PT=7,9 mg/dl). PT2 (PT=7,0 mg/dl). Fibrinógeno 0,9 mg/dl de novilla con neumonía.

Referencias

Abramowicz B, Kurek Ł, Lutnicki K (2019) Haematology in the early diagnosis of cattle diseases - a review. Veterinarski arhiv 89. DOI: 10.24099/vet.arhiv.0700

Bridger PS, Bauerfeind R, Wenzel L, et al. (2011) Detection of colostrum-derived alloantibodies in calves with bovine neonatal pancytopenia. Veterinary Immunology and Immunopathology 141(1): 1–10. https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2011.01.001

Chen H, Yu B, Liu C, et al. (2022) Hematology Reference Intervals for Holstein Cows in Southern China: A Study of 786 Subjects. Veterinary Sciences 9(10). https://doi.org/10.3390/vetsci9100565

Cattaneo L, Lopreiato V, Piccioli-Cappelli F, et al. (2021) Plasma albumin-to-globulin ratio before dry-off as a possible index of inflammatory status and performance in the subsequent lactation in dairy cows. Journal of Dairy Science 104:8228–42. https://doi.org/10.3168/jds.2020-19944

Deutskens F, Lamp B, Riedel CM, et al. (2011) Vaccine-induced antibodies linked to bovine neonatal

pancytopenia (BNP) recognize cattle major histocompatibility complex class I (MHC I). Veterinary Research 42(1): 97. https://doi.org/10.1186/1297-9716-42-97

George JW, Snipes J, Lane VM (2010) Comparison of bovine hematology reference intervals from 1957 to 2006. Veterinary Clinical Pathology 39(2): 138–148. https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2009.00208.x

Goldmann F, Bauer N and Moritz A (2013) Comparison of the ProCyte Dx analyzer with the ADVIA 2120 and the manual differential for validation of equine and bovine hemograms. Comparative Clinical Pathology 22(5): 855–868. https://doi.org/10.1007/s00580-012-1489-3

Harvey JW (2001) Atlas of veterinary hematology: blood and bone marrow of domestic animals. Philadelphia: WB Saunders. https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-6334-0.X5001-4

Herman N, Trumel C, Geffré A, et al. (2018) Hematology reference intervals for adult cows in France using the Sysmex XT-2000iV analyzer. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation 30(5): 678–687. https://doi.org/10.1177/104063871879

Jones ML, Allison RW (2007) Evaluation of the Ruminant Complete Blood Cell Count. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 23(3): 377–402. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.07.002

Kessell A (2015) Bovine Haematology and Biochemistry. In: Bovine Medicine. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 146–160. https://doi.org/10.1002/9781118948538.ch16

Macrae A (2017) Interpreting blood haematology/biochemistry in cattle and sheep in the field. Livestock 22(1): 28–32. https://doi.org/10.12968/live.2017.22.1.28

Otter A (2013) Diagnostic blood biochemistry and haematology in cattle. In Practice 35(1): 7–16. https://doi.org/10.1136/inp.e8719

Roland L, Drillich M, Iwersen M (2014) Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation 26(5). SAGE Publications Inc: 592–598. https://doi.org/10.1177/1040638714546490

Weiss DJ, Wardrop KJ, Schalm OW (2010) Schalm's Veterinary Hematology. 6th ed. Ames, Iowa, IA: Wiley-Blackwell 1206 pages. https://worldcat.org/title/338288636

Wood D, Quiroz-Rocha G (2010) Normal hematology of cattle. In: Weiss DJ, Wardrop KJ, eds. Schalm's Veterinary Hematology. 6th ed. Ames, IA: Wiley-Blackwell, pp:829–835.

Wrzecińska M, Kowalczyk A, Czerniawska-Piątkowska E, et al. (2023) Examination of the haematological profile of pregnant Polish Holstein-Friesian black-and-white cattle in the early stage. Journal of Veterinary Research 67: 415–425. https://doi.org/10.2478/jvetres-2023-0043

BIOQUÍMICA PRÁCTICA EN VACUNO: LA CLAVE PARA DIAGNÓSTICOS PRECISOS

Marta Miranda Castañón

Departamento de Anatomía, Producción Animal y Ciencias Clínicas Veterinarias. Facultad de Veterinaria, Campus Terra, Universidade de Santiago de Compostela. 27002 Lugo, España. Email: marta.miranda@usc.es

Puntos clave

- La sangre para bioquímicas se puede recoger en tubos sin aditivos (suero) o con heparina (plasma). Los tubos con anticoagulantes se deben llenar bien y homogeneizar agitando suavemente 8-10 veces. Conservar en frio.
- La bioquímica clínica puede ser una herramienta de diagnóstico efectiva tanto en clínica, como monitorización del rebaño.
- Las pruebas en animales de granja deben optimizarse para obtener la mayor cantidad de información con el menor número de análisis. Es decir, ser rentables.
- Pregúntate: ¿Hacer una bioquímica aportará valor al proceso diagnóstico?
- Existen varios equipos portátiles validados para vacuno (cuerpos cetónicos, glucosa, L-lactato…) que nos pueden ser muy útiles en campo.

Los análisis bioquímicos de rutina en bóvidos incluyen macrominerales (análisis más habitual), electrolitos, perfil metabólico, hepático y renal. La bioquímica es de gran valor para tomar decisiones terapéuticas o decidir otras pruebas. Además de las bioquímicas en muestras individuales (animal enfermo), también se hacen perfiles bioquímicos para diagnóstico y monitorización a nivel de rebaño, como por ejemplo controles de rutina para evaluación de salud y producción del rebaño (lote de animales sanos). En las últimas décadas, las tecnologías diagnósticas han avanzado significativamente, y tenemos pruebas precisas y rentables que pueden utilizarse a “pie de vaca” (como glucosa, cuerpos cetónicos y L-lactato), repasaremos también en esta ponencia las herramientas que tenemos en el campo.

Recogida de muestras, envío al laboratorio y tipo de tubo

Los análisis bioquímicos en general se pueden hacer indistintamente en suero (recoger en tubos sin aditivos, tapón rojo) o en plasma (recoger en tubos con heparina, tapón verde). No obstante, hay algunos parámetros que pueden arrojar valores ligeramente diferentes, o bien algunos parámetros que únicamente se pueden hacer en un tipo de muestra determinado. Generalmente se prefiere el suero, ya que el manejo de las muestras es más sencillo, y los rangos de referencia en la mayoría de los laboratorios son en suero y no en plasma. Se deben evitar los tubos de EDTA para bioquímicas, ya que puede quelar determinados metabolitos, como ocurre con el calcio (Ca), arrojando valores bajos falsos.

Es muy importante la calidad de la muestra y evitar la hemólisis. Un estudio reciente realizado en nuestro laboratorio pone de manifiesto que la hemólisis preanalítica puede sesgar significativamente la mayoría de los parámetros bioquímicos comúnmente medidos en bóvidos. Un bajo grado de hemólisis de las muestras puede subestimar los niveles de Ca, creatinina o bilirrubina o sobreestimar la albúmina y el

colesterol. Por tanto, es muy importante hacer una buena técnica de extracción de sangre, llenar bien los tubos y conservar la muestra en frio para evitar la hemólisis.

El momento de la toma de muestras en relación con la alimentación también es un factor importante, aunque su impacto varía según el analito de interés y puede tenerse en cuenta al interpretar los resultados.

A diferencia de las muestras para hematología (sangre entera) que se tienen que manejar en fresco, las muestras de suero y/o plasma, una vez centrifugada la muestra, se pueden congelar y almacenar largos periodos de tiempo. Hay parámetros bioquímicos que se deben realizar en fresco, pero la gran mayoría de pueden realizar sobre muestras de suero o plasma congeladas, sin que afecte a los resultados.

Rangos de referencia y equipos de bioquímica para bovinos

Existen diferentes tipos de equipos para análisis bioquímicos de veterinaria adaptados para diferentes especies. Algunos funcionan con bioquímica seca y otros con bioquímica húmeda. Como señalábamos en la parte de hematología, es muy importante que los laboratorios establezcan sus propios rangos según el analizador, y que las bioquímicas siempre incluyan los **rangos de referencia**.

Perfiles bioquímicos

Los perfiles bioquímicos incluyen analitos que aportan información diagnóstica en trastornos comunes del ganado bovino. En la **tabla 1**, quedan recogidos algunos ejemplos de perfiles bioquímicos de interés en vacuno. Si bien estos perfiles tienen su utilidad, en ciertos casos es beneficioso realizar una **evaluación más amplia del estado de salud** con otras pruebas, tanto de laboratorio como de diagnóstico por imagen.

La medición aislada de analitos no permite una valoración integral de la situación clínica, ya que, en muchos casos, los patrones de cambio son clave para la interpretación. Además, **tanto los resultados normales como los anormales pueden ser igualmente valiosos** para confirmar o descartar patologías importantes.

Enzimas séricas

Las enzimas séricas son proteínas que catalizan reacciones químicas dentro de la célula, y el aumento de sus niveles en suero generalmente se debe a la **liberación desde células dañadas**. A la hora de interpretar el aumento de las enzimas, valoramos **las veces** (X2, X5…) que están elevadas por encima de lo normal, y esto nos ayuda a clasificar el proceso como leve, moderado o grave. En vacuno, a diferencia de los pacientes humanos y pequeños animales, que pueden estar bajo tratamientos terapéuticos prolongados, los cambios en la actividad enzimática inducidos por fármacos son poco frecuentes.

A nivel hepático tenemos enzimas **marcadoras de daño hepatocelular**: AST (aspartato amino transferasasa), GLDH (glutamil deshidrogenasa) y L-iditol deshidrogenasa, antes llamada sorbitol deshidrogenasa (SDH), y **enzimas inducibles o colestáticas** que están en los conductos biliares, como la GGT (γ-glutamil transferasa) y la FA (fosfatasa alcalina) (ver **Tabla 2**). Es importante considerar la vida media de las enzimas.

Tabla 1. Perfiles bioquímicos en vacuno

Panel	Analitos incluidos
Vaca caída	Ca, Mg, P, CK, BUN/urea, BHB
Músculo	CK, AST
Hepático	GLDH, L-iditol deshidrogenasa (o SDH), GGT; colesterol total; bilirrubina, proteína total, albúmina, ácidos biliares
Renal	Creatinina, ±urea/BUN, densidad orina (1.030–1.045)
Metabólico	Ca, Mg, P, BHB, NEFA, glucosa, ± urea/BUN, colesterol BHB (mmol/L): secado < 0,6. Posparto: subclínica (≥ 1,2-2,9), clínica (≥3) NEFA (mmol/L): secado < 0,4; lactación <0,6 NEFA:colesterol: secado > 0,15. Posparto > 0,20 riesgo hígado graso BUN: <8 mg/dl ingesta proteica insuficiente; >16 mg/dl excesiva
Electrolitos	Na, Cl, K, HCO_3^- ↓Cl/K: retención abomaso→ alcalosis metabólica ↑ K: acidosis metabólica (diarrea en terneros) ↓K: anorexia
Oligoelementos	Co, Cu, Fe, I, Mn, Mo, Se, Zn Análisis multielemento en una única muestra por ICP-MS (es lo mejor a día de hoy). También se podrían analizar las enzimas GSH-Px (Se), SOD (Cu, Mn, Zn), ceruloplasmina (Cu), hormonas tiroideas

Ca: Calcio; P: Fósforo; Mg: Magnesio; CK: Creatín quinasa; BHB: β-hidroxibutirato; BUN: nitrógeno ureico en sangre; AST: Aspartato aminotransferasa; GLDH: Glutamato deshidrogenasa; SDH: Sorbitol deshidrogenasa; GGT: γ-glutamiltransferasa; NEFA: ácidos grasos no esterificados; Na: sodio, K: potasio; Cl: cloruro; HCO_3^-: bicarbonato; Co = Cobalto; Cu = Cobre; Fe= hierro; Mn: manganeso; Mo: molibdeno; Se: Selenio; Zn: Zinc; ICP-MS: Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente; GSH-Px: glutatión peroxidasa, SOD: superóxido dismutasa

La **AST** es un buen marcador de **daño hepatocelular agudo**, elevándose de 5-10 veces por encima de lo normal, pero debemos tener en cuenta que la AST, además de en el hígado, tiene isoenzimas en el músculo y eritrocitos (puede estar aumentada en hemólisis). Es por ello que la AST (isoenzima hepática y muscular) siempre se mide junto con la creatín quinasa (**CK**) (músculo cardíaco y esquelético) para poder distinguir si la elevación se debe a un problema hepático (elevación solo AST, ej.: fallo hepático) o muscular (elevación AST y CK, ej.: enfermedad músculo blanco, vaca caída). La CK tiene una vida media corta (4 horas) si la comparamos con la AST que tiene una vida media larga (20 horas a 10 días). Al tener la vida corta, la CK es útil como marcador de recuperación de la enfermedad. Un aumento persistente a lo largo del tiempo indica lesión continuada del músculo.

La **GLDH** y la **SDH** son más hepatoespecíficas y estarán elevadas en daño hepático **agudo**, sin embargo, las concentraciones bajan rápido y no estarán elevadas en daño crónico. La SDH es inestable en suero y tiene una vida media corta (6 horas), lo que limita su uso ya que para evaluar necrosis hepatocelular aguda hay que tomar la muestra muy rápido tras el insulto hepático. La GLDH es la mejor enzima, pero

no todos los laboratorios la ofrecen.

La **GGT** es una enzima que se encuentra en numerosos tejidos, especialmente aquellos con función secretora (como hígado, mama, riñón, etc., pero los niveles séricos aumentados solo son secundarios a colestasis) y se encuentra en **mayor concentración en los hepatocitos de los rumiantes**, en comparación con otras especies. El aumento de GGT indica una potencial enfermedad hepatobiliar (ej.: fasciolosis crónica, hígado graso). Al estar presente en las células epiteliales de la mama hay niveles elevados de GGT en el calostro y, por lo tanto, en el suero de los terneros después del encalostrado. La concentración de GGT en suero de los terneros puede utilizarse para evaluar la adecuación de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas al neonato por el encalostrado.

Tabla 2. Interpretación de anomalías en las enzimas séricas

Aumento en la enzima	Diagnósticos comunes	Otros diagnósticos
GLDH[1] (de hepatocitos)	Enfermedades que causan necrosis hepatocelular	
AST (de hepatocitos, células musculares y eritrocitos)	Deficiencia de vitamina E/selenio (enfermedad del músculo blanco) Necrosis isquémica muscular (vacas caídas) Colangiohepatitis (fascíola hepática) Toxicidad por plantas, ej. hierba de Santiago o cana, cestrum verde	Anemia hemolítica intrav. Hígado graso Enfermedades que causan mionecrosis (también aumento en CK)
GGT[2] (conductos biliares hepáticos)	Enfermedad hepática aguda y crónica Toxicidad por plantas, ej. hierba de Santiago o cana Colangiohepatopatías	Neonatos (ingestión de calostro)
CK (músculo esquelético y cardíaco)	Deficiencia de vitamina E/selenio (enfermedad del músculo blanco) Necrosis isquémica muscular (vacas caídas) Edema maligno clostridial Carbunco sintomático (blackleg)	Inyecciones intramusculares

GLDH: glutamil deshidrogenasa; AST: aspartato amino transferasa; GGT: γ-glutamil transferasa; CK: creatín quinasa; [1]específica para hepatocitos en bovinos; [2]alta concentración en los hepatocitos de los rumiantes

Otras enzimas **son menos específicas**, como ocurre con la **FA**, que se encuentra en el hígado, en el hueso y en menor medida en intestino y riñón, si bien a nivel de laboratorio solo se llegan a medir las isoenzimas hepática y ósea. La elevación en animales jóvenes es fisiológica asociada al hueso (hasta que cierren las placas de crecimiento óseo). La enzima está en los canalículos biliares, y puede estar elevada con enfermedad hepática aguda y crónica, pero principalmente con colestasis. A diferencia de en pequeños animales, la FA tiene poco valor diagnóstico en rumiantes. De forma similar, la enzima lactato deshidrogenasa (**LDH**) es muy poco específica, tiene 5 isoenzimas, pudiendo estar elevada por problemas hepáticos y musculares y muchos procesos patológicos más. Al ser tan poco específica tiene poco valor diagnóstico.

Finalmente, señalar que la alanino aminotransferasa (**ALT**) que es el marcador de daño hepatocelular más específico en pequeños animales, está presente en bajas concentraciones en vacuno, y por tanto tienen poco valor diagnóstico.

En enfermedades hepáticas crónicas avanzadas, las elevaciones de estas enzimas pueden ser mínimas debido a la escasa cantidad de tejido hepático funcional.

Función hepática

El metabolismo hepático de los rumiantes los hace enfrentar desafíos al procesar los ácidos grasos movilizados en situaciones de movilización grasa por balance energético negativo (BEN). Se han utilizado diversos analitos sanguíneos como indicadores de la función hepática en relación con la respuesta inflamatoria. La **lipidosis hepática** es una consecuencia común o una condición concurrente en muchas enfermedades del periparto de la vaca de leche. Además de las enzimas anteriormente vistas hay otros parámetros de interés para valorar la función hepática como:

Bilirrubina

La bilirrubina es un subproducto de la degradación del grupo hemo por el reciclaje normal de los eritrocitos (**Figura 1**), y su aumento en sangre puede deberse a causas **prehepáticas** (anemia hemolítica), **hepáticas** (fallo en la conjugación de la bilirrubina en los hepatocitos) o **posthepáticas** (fallo en la excreción biliar de la bilirrubina conjugada por colestasis). En **vacuno la causa más frecuente de hiperbilirrubinemia es por hemólisis**. En estos casos tendremos bilirrubina elevada y hematocrito bajo junto con plasma y orina coloreada. Un hematocrito normal en un animal normohidratado descarta la hemólisis como causa. En bovinos, incrementos leves de bilirrubina pueden observarse en casos de **anorexia**.

La concentración normal de bilirrubina total en sangre en la mayoría de los rumiantes es inferior a 0,5 mg/dl. Los tejidos empiezan a cambiar de color (ictericia) cuando la concentración supera los 2 mg/dl. Por tanto, la ictericia bioquímica siempre precede a la clínica.

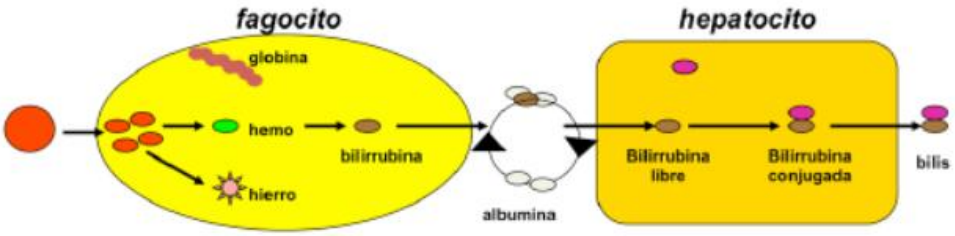


Figura 1. Metabolismo de la bilirrubina

Las alteraciones hepáticas que reducen la depuración de la bilirrubina suelen afectar también al tracto biliar, lo que provoca colestasis y elevaciones simultáneas de los marcadores hepatocelulares (AST, GLDH) y colestáticos (GGT). Lo habitual es medir la bilirrubina total y apoyar el diagnóstico con otros marcadores y/o ecografía. Si se hacen las fracciones, la bilirrubina indirecta (no conjugada) se eleva en la anemia hemolítica, mientras que la bilirrubina directa (conjugada) aumenta en la obstrucción de los conductos biliares y en la colangiohepatitis.

Colesterol total

El colesterol es una molécula esteroidea clave en el transporte y metabolismo de los lípidos, además de ser un sustrato para la síntesis de otras hormonas esteroideas, como la vitamina D, los estrógenos, la progesterona y la testosterona.

En bovinos, el colesterol total en suero disminuye en la fase final de la gestación, alcanzando su punto más bajo (~70 mg/dl) alrededor del parto. Posteriormente, su concentración aumenta de manera significativa (>300 mg/dl) durante la lactación, un patrón que refleja la ingesta de alimento, por lo que su medición puede proporcionar información sobre el consumo.

El colesterol se emplea con frecuencia para evaluar la capacidad del hígado en la **exportación de lipoproteínas de muy baja densidad** (VLDL), esencial para frenar la acumulación de grasa en el hígado. Se ha propuesto el cálculo de la relación **NEFA: colesterol** como un indicador del estado de hígado graso. Valores de alarma superiores a 0,15 en vacas secas y 0,20 en vacas recién paridas sugieren un riesgo potencial de infiltración de grasa hepática.

Ácidos biliares

Los ácidos biliares son producidos en los hepatocitos a partir del colesterol, posteriormente se secretan en la bilis hacía el duodeno para hacer su función digestiva, y se reabsorben por la circulación portal. Al hacer todo este recorrido, lo convierte en un parámetro muy sensible de función hepática. En pequeños animales es el parámetro de laboratorio más sensible y específico de función hepática. En rumiantes el problema es que se producen fluctuaciones en su concentración y no están claros los rangos de referencia. Altas concentraciones son diagnósticas de fallo de función hepática.

Albúmina

Como vimos en la parte de hematología, la albumina se sintetiza en el hígado. El fallo hepático crónico cursa con hipoalbuminemia debido a una disminución de la masa hepatocelular activa.

Nombre del paciente: 376 Edad:
Especie: Vacuno Doctor:
Raza:

Prueba	Resultados	Rango referencia	BAJO / NORMAL / ALTO
Catalyst Dx (17 de octubre de 2019 9:50)			
GLU	55 mg/dL	56 - 88	BAJO
CREA	0,7 mg/dL	0.5 - 1.6	
BUN	7 mg/dL	10 - 25	BAJO
BUN/CREA	10		
PHOS	5,0 mg/dL	4.0 - 8.6	
CA	11,6 mg/dL	8.0 - 12.0	
MG	3,35 mg/dL	1.80 - 3.00	ALTO
TP	7,0 g/dL	6.2 - 8.0	
ALB	2,9 g/dL	2.5 - 3.5	
GLOB	4,1 g/dL	3.0 - 4.9	
ALB/GLOB	0,7		
AST	135 U/L	50 - 150	
ALKP	64 U/L	28 - 233	
GGT	18 U/L	0 - 87	
TBIL	1,5 mg/dL	0.0 - 0.7	ALTO
CK	39 U/L	50 - 350	BAJO
LDH	--.-- U/L		



Vaca de 3ª lactación, parto gemelar (vivos), RP, cetosis (BHB 6,4 mmol/l) y DAI (cirugía). 4 días después cirugía sigue mal, no come, bajó 1-1,25 puntos la CC desde parto. Se hace bioquímica: ligera hipoglucemia, BUN bajo, hiperbilirrubinemia ligera, CK baja: anorexia, pérdida masa muscular. Mal pronóstico.

Metabolismo energético

El metabolismo energético en bovinos es un tema fundamental y altamente complejo, especialmente en vacas lecheras durante el período de transición. Los bovinos obtienen solo alrededor del 10 % de su

glucosa sanguínea directamente del tracto gastrointestinal, ya que la mayor parte de los carbohidratos dietéticos se convierten en ácidos grasos volátiles (acético, butírico y propiónico) por acción de la microflora ruminal. La gluconeogénesis hepática, que usa principalmente ácido propiónico o aminoácidos como precursores, es la principal fuente de glucosa en sangre. La mayoría de los tejidos bovinos (a excepción del cerebro) pueden utilizar cuerpos cetónicos como fuente de energía en lugar de glucosa. Cuando los ácidos grasos no pueden ingresar al ciclo de Krebs debido a una limitación en la disponibilidad de oxalacetato o a una movilización excesiva de grasa—ambas situaciones frecuentes en periodos de alta demanda metabólica—, el hígado acumula grasa en exceso (hígado graso) y se produce un aumento en la síntesis de cuerpos cetónicos, lo que puede derivar en cetosis subclínica o clínica.

Por ello, la **medición de cuerpos cetónicos** es crucial y se pueden medir en orina (tira orina: acetoacetato y, en menor medida, acetona), leche (tira de leche: β-hidroxibutirato (BHB) y sangre (BHB). La prueba **más sensible y específica es medir BHB en sangre**. Tanto el BHB como la glucosa, la podemos medir directamente en la granja con un glucómetro que esté validado para vacuno.

Debemos tener en cuenta que la **glucosa** se degrada rápidamente porque los eritrocitos continúan metabolizándola en el coágulo, por tanto, si se cogen muestras para enviar al laboratorio debe hacerse el análisis rápido. Sino fuera así se recomiendan tubos con fluoruro de oxalato (tapón gris), estabilizador de glucosa que enlentece las reacciones (también estos tubos se recomiendan para lactato y fósforo). Se pueden tener falsas hipoglucemias por mal manejo de la muestra. Por tanto, debemos confirmar que la hipoglucemia concuerde con la clínica del paciente (diarrea y/o enfermedad neonatal en terneros, malnutrición terneros, cetosis, shock endotóxico).

Otro parámetro muy interesante es medir los ácidos grasos no esterificados (**NEFA**) que se producen por la lipólisis del tejido adiposo y **reflejan la severidad del BEN**. Sus concentraciones séricas aumentan en respuesta a niveles bajos de insulina y elevados de cortisol y otros esteroides adrenérgicos. En vacas lecheras, NEFAS >0,4 mmol/l en la gestación tardía y 0,6 mmol/l en la lactación temprana se asocian con un mayor riesgo de enfermedades metabólicas. Valorar los **NEFA en secado** (14 y 3 días antes del parto) es el parámetro más útil para predecir el riesgo de BEN (cetosis) y enfermedad metabólica en el posparto. Las concentraciones séricas de NEFA alcanzan su punto máximo justo **antes** de la primera alimentación del día.

Función renal

La urea o nitrógeno ureico en sangre (BUN) y la creatinina son productos de desecho del catabolismo proteico que se eliminan por el riñón, y por ello son útiles como marcadores. Se deben realizar e interpretar junto con la densidad de la orina (refractómetro).

La **creatinina** se genera a partir de la degradación de la fosfocreatina, un compuesto de almacenamiento de energía en el músculo, y se elimina del organismo mediante la filtración del plasma en el glomérulo. Dado que la creatinina no se reabsorbe ni se excreta de manera significativa en otros sitios, su concentración plasmática es un buen indicador de la tasa de filtración glomerular (TFG), que puede verse afectada por causas **prerrenales** (hipovolemia, deshidratación, shock), **renales** (diversas enfermedades) o **postrenales** (usualmente urolitos que causan obstrucciones) (**Tabla 3**).

Tabla 3. Interpretación de anomalías en creatinina y urea

Anomalía	Diagnósticos
Creatinina elevada	Prerrenal: deshidratación Renal: insuficiencia renal aguda o crónica, pielonefritis… Postrenal: urolitiasis obstructiva, ruptura de vejiga…
Creatinina disminuida	Sobrehidratación Inanición Pérdida de masa muscular
Urea (BUN) elevada	Prerrenal: deshidratación Renal: insuficiencia renal aguda o crónica, pielonefritis… Postrenal: urolitiasis obstructiva, ruptura de vejiga… Dieta alta en proteínas Desequilibrio en la energía y proteína ruminal
Urea (BUN) disminuida	Insuficiencia hepática Dieta baja en proteínas Desequilibrio en la energía y proteína ruminal

Por otro lado, la **urea** es sintetizada en el hígado a partir del amoníaco, que proviene principalmente de la degradación bacteriana de proteínas en el tracto gastrointestinal (TGI). Cabe destacar que los rumiantes, reexcretan la urea en la saliva y en el TGI, donde los microorganismos del rumen la reutilizan para la síntesis de la proteína microbiana. Debido a este mecanismo, la urea o BUN **no es un indicador confiable de la TFG en rumiantes**, ya que está muy influenciado por la dieta. Sirve para evaluar el nivel de proteína de la dieta, el cual está influenciado por el contenido de carbohidratos fermentables de la dieta y la solubilidad y degradabilidad de las fuentes de proteína en el rumen. Las concentraciones séricas inferiores a 8 mg/dl indicarían una ingesta proteica insuficiente, mientras que concentraciones superiores a 16 mg/dl se considerarían excesivas en el ganado. Por tanto, para evaluar la función renal **es más útil la creatinina**.







Prueba	Resultados	Rango referencia	BAJO	NORMAL	ALTO	
Catalyst Dx (21 de junio de 2019 10:41)						21/06/19 10:27
CREA	10,8 mg/dL	0.0 - 2.0	ALTO			--.-- mg/dL
BUN	180 mg/dL	7 - 17	ALTO			> 130 mg/dL
BUN/CREA	17					

Lote de 12 terneros raza Rubia Galega semiextensivo que en torno al 1,5 mes, 3 de ellos presentan la lengua hinchada con úlceras, echan espuma por la boca y llevan 3 días sin mamar. Remiten al hospital el que está peor. Deshidratación ligera (6%), densidad orina 1.020, cristaluria. La bioquímica muestra

azotemia marcada. La ecografía renal muestra imagen compatible con cálculo, el análisis histopatológico revela tubulonefritis purulenta aguda, *E. coli* +.

Macrominerales y electrolitos

Los macrominerales, Ca, magnesio (Mg) y fósforo (P) y los electrolitos sodio (Na^+), potasio (K^+) y cloruro (Cl^-) tienen un papel clave en la contracción muscular, los potenciales eléctricos de membrana y el balance ácido-base, entre otras funciones.

El análisis de macrominerales es la bioquímica más habitual en bóvidos. En los perfiles bioquímicos se miden Ca total (tCa), Mg total (tMg) y P inorgánico (Pi). Los perfiles de vaca caída incluyen también marcadores de daño muscular como la CK. En la **tabla 4** se puede ver en detalle la interpretación de las alteraciones de los macrominerales.

Tabla 4. Interpretación de alteraciones de los macrominerales

Anormalidad	Diagnósticos comunes	Otros diagnósticos
Hipocalcemia (total)	Hipocalcemia (clínica y subclínica) Hipoalbuminemia Tetania de los pastos/hipoMg Insuficiencia renal aguda Anorexia (vacas de alta producción)	Hipoparatiroidismo Toxicidad por oxalatos Terapia con tetraciclinas Terapia en exceso con bicarbonato Necrosis grasa
Hipercalcemia (total)	Administración Ca excesiva o rápida Hiperalbuminemia (deshidratación) Hipervitaminosis D	Neoplasia Hiperparatiroidismo
Hipofosfatemia	Malnutrición de P Hemoglobinuria postparto Hipocalcemia	Ingesta dietética inadecuada Inanición Enfermedades crónicas de desgaste Toxicidad por plantas *brassica* Neoplasia Hiperparatiroidismo
Hiperfosfatemia	Insuficiencia renal aguda/crónica Exceso de P en la dieta	Hipervitaminosis D Ruptura de vejiga
Hipomagnesemia	Tetania de los pastos/hipoMg Hipocalcemia Terneros lactantes Dieta deficiente en Mg Exceso dieta de Ca^{2+}, P, NH_3, K^+ Alcalosis ruminal	Desnutrición
Hipermagnesemia	No frecuente	Administración excesiva Mg dieta o sulfato de Mg (sales de Epsom)

El Ca en sangre se encuentra en tres formas: (1) calcio iónico o libre (iCa) (50%), que es la fracción biológicamente activa; (2) calcio unido a proteínas, principalmente a la albúmina (40%); y (3) calcio en forma de complejos con aniones (10%). Tanto el tCa, que incluye las tres fracciones, como el iCa pueden medirse en el laboratorio. La medición de tCa es lo más habitual, no obstante, debemos tener en cuenta que los niveles de tCa están influenciados la concentración de albúmina. Así, en casos de deshidratación (albúmina alta) el nivel de tCa estará falsamente aumentado y en condiciones que provocan hipoalbuminemia el tCa estará bajo. Sin embargo, el iCa, no se verá afectado porque no está unido a proteínas. No obstante, la unión de Ca a proteínas no es lineal dentro de un rango fisiológico de

albúmina, por lo que el **tCa es una medida útil, y es la más habitual** en los laboratorios, ya que sus métodos son más simples, el manejo de la muestra es más estable y su costo es significativamente menor. En cambio, medir el iCa no se hace de rutina ni en laboratorios de veterinaria ni de humana. Su metodología es más compleja, la muestra es más inestable (pues se ve afectada por cambios en el pH) y el procedimiento es considerablemente más costoso.

Nombre del paciente: 295 Peso:
Especie: Vacuno Edad:
Raza: Doctor:

Prueba	Resultados	Rango referencia	BAJO	NORMAL	ALTO
Catalyst Dx (6 de noviembre de 2020 17:03)					
PHOS	1,9 mg/dL	4.0 - 8.6	BAJO		
CA	4,9 mg/dL	8.0 - 12.0	BAJO		
MG	2,84 mg/dL	1.80 - 3.00			



Vaca de 5 parto que aparece postrada un día después del parto. Se toma muestra de sangre previo al tratamiento con 500 ml borogluconato Ca. Al no responder al tratamiento se hace analítica y corrobora la hipocalcemia clínica e hipofosfatemia.

Los electrolitos séricos —bicarbonato (HCO_3^-), Na^+, K^+, Cl^-— pueden ser evaluados en animales con sospecha de desequilibrio metabólico, ya sea por acidosis inducida por la dieta o por enfermedad gastrointestinal. Sus concentraciones determinan el **equilibrio ácido-base** de la sangre, calculado como la diferencia entre los cationes y aniones, según la fórmula $(Na^+ + K^+) – (Cl^- + HCO_3^-)$, lo que se conoce como la "**anion gap**". Esta evaluación es más eficaz cuando se realiza en un grupo de animales y siempre debe complementarse con una revisión de la dieta y el manejo alimentario. En las **tablas 5** y **6** se puede ver en detalle la interpretación de las alteraciones de los electrolitos y acido-base.

Tabla 5. Interpretación de alteraciones en los electrolitos

Anormalidad	Diagnósticos comunes	Otros diagnósticos
Hiponatremia	Diarrea Pérdida de sangre Peritonitis Secuestro GI (vólvulo, torsión)	
Hipernatremia	Deshidratación/Privación de agua Intoxicación por sal	Termorregulación (jadeo) Quemaduras Fluidoterapia incorrecta
Hipocalemia/ hipopotasemia	Diarrea Vaca caida Secuestro GI (vólvulo, torsión, DAI/DAD) Indigestión vagal Peritonitis Alcalosis metabólica	Anorexia prolongada
Hipercalemia/ hiperpotasemia	Diarrea terneros (acidosis) Acidosis metabólica Insuficiencia renal aguda Hemólisis in vitro/ muestra vieja	Necrosis tisular (necrosis muscular isquémica)
Hipocloremia	Secuestro GI (vólvulo, torsión, DAI/DAD) Diarrea Pérdida de sangre Peritonitis	Alcalosis metabólica Compensación acidosis respiratoria
Hipercloremia	Privación de agua Intoxicación por sal Termorregulación (jadeo) Acidosis metabólica	Diarrea Quemaduras Compensación alcalosis respiratoria

El Na^+ es el ion más abundante en el líquido extracelular y el K^+ es el catión intracelular más abundante. El recambio de electrolitos en el TGI es elevado durante su funcionamiento normal. Así, el Na^+ y el HCO_3^- se secretan en la saliva, los iones H^+ y Cl^- se liberan en el abomaso, y el bicarbonato también se segrega en el intestino delgado. Mientras el intestino delgado absorbe el K^+ proveniente de la dieta, el intestino grueso se encarga de absorber Na^+, HCO_3^-, Cl^- y agua. Entre las causas comunes de desequilibrio electrolítico se encuentra la diarrea, que reduce el tiempo de tránsito, disminuye la absorción y conduce a deshidratación, acidosis metabólica y pérdida de electrolitos. Otro ejemplo es la obstrucción gastrointestinal superior, en la que se produce el secuestro de iones H^+, Cl^- y K^+ a nivel del abomaso, dando lugar a alcalosis metabólica con hiplocloremia e hipopotasemia. La acidosis suele acompañarse de hiperpotasemia (por ej. diarrea neonatal), y la alcalosis de hipopotasemia (por ej.: obstrucción gastrointestinal superior con secuestro en abomaso: vólvulo, torsión, DAI/DAD), a mayor obstrucción más grave será la alcalosis metabólica y las alteraciones electrolíticas.

Tabla 6. Interpretación de alteraciones del equilibrio ácido-base

Anomalía	Diagnósticos comunes	Otros diagnósticos
Acidosis metabólica	Acidosis ruminal aguda Cetosis Diarrea Shock hipovolémico Peritonitis	Toxemia de la gestación Insuficiencia renal Toxicidad por urea Uroperitoneo
Acidosis respiratoria	Obstrucción de vías respiratorias superiores Edema laríngeo Neumonía Anestesia general Sedación profunda Enfermedades del sistema nervioso central (SNC)	Apnea neonatal Tétanos Botulismo
Alcalosis metabólica	Desplazamiento de abomaso Torsión del abomaso Hipocloremia Hipocalemia	Terapia excesiva con bicarbonato (HCO_3^-)
Alcalosis respiratoria	Hiperventilación: estrés térmico, hipoxia, enfermedades del SNC	Ventilación con presión positiva excesiva
Aumento del anión gap	Aumento del ácido láctico: acidosis ruminal, diarrea, ejercicio anaeróbico Cetoacidosis Hipocloremia Hipernatremia	Uremia Disminución de HCO_3^- Hipercalemia
Disminución del anión gap	Hipoalbuminemia Sobrehidratación Hipercloremia Hiponatremia	Aumento de HCO_3^- Hipocalemia

Pruebas rápidas a nivel de campo

A nivel de campo a veces hay acceso limitado a pruebas complementarias rápidas que faciliten el proceso diagnóstico, sin embargo, a día de hoy hay pruebas precisas y rentables que pueden utilizarse directamente en el campo (como glucosa, cuerpos cetónicos, electrolitos, L-lactato, iCa…) que nos permiten tomar decisiones, establecer un diagnóstico más preciso, diseñar un plan terapéutico rápido y fundamentado, y determinar el pronóstico con mayor certeza. Estas herramientas permiten obtener información diagnóstica directamente en el campo, sin necesidad de enviar muestras a un laboratorio, lo que agiliza la toma de decisiones clínicas.

Como señalamos anteriormente, los niveles de **BHB y/o glucosa** en sangre los podemos medir directamente en la granja con un glucómetro validado. Existen varios en el mercado validados para vacuno, tanto de humana (Precision X-tra, FreeStyle Precision, GlucoMen LX Plus) como de veterinaria (CentriVet™ GK).







Control postparto: Vaca en lote de alta producción con 13 DEL. Cetonuria +, hipercetonemia subclínica con normoglucemia

También disponemos de dispositivos portátiles en el mercado que permiten realizar **análisis de gases** y **electrolitos** en sangre directamente en campo. Estos equipos, diseñados originalmente para uso en medicina humana, cumplen con estrictos protocolos de control de calidad, lo que garantiza una buena correlación entre los resultados obtenidos en campo y los análisis de laboratorio. Se llevaron a cabo varios estudios en vacuno para la validación del **equipo portátil i-Stat®**, que permite analizar electrolitos, alteraciones ácido-base, glucosa, L-lactato y iCa, entre otros. Este dispositivo utiliza cartuchos desechables, con diferentes parámetros, que permiten analizar múltiples parámetros en una sola prueba. Estos análisis proporcionan al clínico información clave sobre el estado respiratorio y metabólico del paciente, y le permiten tomar decisiones rápidas. El costo de este dispositivo oscila entre 6000-8000 €, mientras que los cartuchos desechables tienen un precio de 15-20 €, dependiendo de la combinación de parámetros. Los resultados suelen estar disponibles en cuestión de minutos. Sin embargo, tanto el dispositivo, como los cartuchos y el mantenimiento del software hacen inviable su uso de forma rutinaria en granjas. Este equipo se usa bastante en clínica de caballos y pequeños animales donde el limitante económico no es tan alto.

En la actualidad también hay otro equipo portátil que nos permiten analizar el **Ca**, concretamente iCa, en granja (HORIBA Advanced Techno). Este equipo se presentó en el World Buiatrics Congress 2018 en

Sapporo (Japón). El costo aproximado por muestra está entre 10-12 €. En la actualidad hay varias universidades que están investigando junto a la industria del sector lácteo acerca del desarrollo de nuevos equipos para medir tanto iCa como tCa en granja, que sean lo suficientemente sensibles y precisos, a la vez de económicos, para que sea viable su uso rutinario en granja.

Otro equipo portátil muy útil en campo es el que mide **L-lactato.** El L-lactato es un analito producido principalmente durante la glucólisis anaeróbica y es un marcador sensible de la **perfusión y necrosis** de los tejidos. Su concentración en sangre puede aumentar en casos de endotoxemia o shock secundario a hipovolemia, entre otras condiciones. En bovinos, niveles elevados de L-lactato se han asociado con un **pronóstico desfavorable**, por ejemplo, tras cirugía de DAD y torsión (L-lactato > 6 mmo/l). También se ha visto que valores > 4mmo/l pueden indicar un pronóstico de muerte en menos de 24 horas en terneros con bronconeumonía. La medición de L-lactato nos pueden permitir decidir un tratamiento. Por ejemplo, en un ternero con un proceso digestivo inespecífico que inicialmente se encuentra estable, con niveles de L-lactato en rango fisiológico (1-1,5 mmol/l), se puede optar por un manejo médico. Sin embargo, si en una revisión posterior se detecta un aumento en los niveles de L-lactato, esto indicaría la necesidad de un tratamiento quirúrgico de urgencia.

Se han validado para su uso en bovinos dos medidores de L-lactato, el Lactate Pro 2, y el Lactate Scout. Es muy importante tener en cuenta que lo que se mide es el L-lactato y no el D-lactato (un subproducto de la fermentación bacteriana en el TGI), por lo que en aquellos procesos donde aumenta el D-lactato, como en las diarreas en terneros, el valor obtenido no aporta información relevante.

Recientemente, investigadores de la Universidad de Wisconsin han validado en vacas de leche un equipo portátil que mide el perfil metabólico completo (albúmina, PT, tCa, P, Mg, glucosa, BHB, NEFA, colesterol, BUN, AST, ALT, CK, GGT). Y en la actualidad son muchas las investigaciones que se están llevando para conseguir equipos portátiles precisos. En este sentido el futuro es prometedor, el avance de la tecnología y la inteligencia artificial va a permitir en breve tener sistemas de monitorización en granja.

Referencias

Abuelo A, Alves-Nores V, (2016) Point-of-care testing in cattle practice: reliability of cow-side diagnostic tests. In Practice, 38: 293-302. https://doi.org/10.1136/inp.i2704

Abuelo A, Brester JL, Starken K, et al., (2020) Technical note: comparative evaluation of 3 methods for the quantification of nonesterified fatty acids in bovine plasma sampled prepartum. Journal of Dairy Science, 103: 2711–2717. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17527

Buczinski S, Doré E, Boulay G, et al., (2014) Validation of the handheld Lactate-Pro analyzer for measurement of blood L-lactate concentration in cattle. Veterinary Clinical Pathology, *43*(4): 567–572. https://doi.org/10.1111/vcp.12185

Burfeind O, Heuwieser W, (2012) Validation of handheld meters to measure blood L-lactate concentration in dairy cows and calves. Journal of Dairy Science, 95(11), 6449–6456. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5329

Couto Serrenho R, Bruinjé TC, Morrison EI, et al. (2020) Validation of a point-of-care handheld blood total calcium analyzer in postpartum dairy cows. JDS Communications, 2: 41–45.

https://doi.org/10.3168/jdsc.2020-0006

Franco C, Izquierdo J, Ruiz A (2021) Medición de L-Lactato en bovinos: una herramienta muy útil para clínicos de campo. Albeitar 248: 18-20.

Goff JP, (2008) The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. Veterinay Journal 176: 50–57. https://doi.org/10.1016/j. tvjl.2007.12.020

Iwersen M, Falkenberg U, Voigtsberger R, et al., (2009) Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows. Journal of Dairy Science, 92: 2618–2624. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1795

Iwersen M, Klein-Jöbstl D, Pichler M, et al., (2013). Comparison of 2 electronic cowside tests to detect subclinical ketosis in dairy cows and the influence of the temperature and type of blood sample on the test results. Journal of Dairy Science, 96(12): 7719–7730. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7121

Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML, (2008) Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 6th Edition, Academic Press, San Diego. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.X0001-3

Kendall SJ, Green SE, Edwards SM, et al. (2024) Validation of an on-farm portable blood analyzer for quantifying blood analytes in dairy cows Research in Veterinary Science, 171, 105228. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105228

Kessell A (2015) Bovine Haematology and Biochemistry. In: Bovine Medicine. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 146–160. https://doi.org/10.1002/9781118948538.ch16

Larrán B, López-Alonso M, Miranda M, et al. (2024) Influence of haemolysis on blood biochemistry profiles in cattle. Research in Veterinary Science, 171: 105203. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105203

Larrán B, Miranda M, Herrero-Latorre C., et al., (2021) Influence of Haemolysis on the Mineral Profile of Cattle Serum. Animals, 11(12): 3336. https://doi.org/10.3390/ani1112333

Leal Yepes FA, Behling-Kelly E, Caixeta LS, et al. (2023) Evaluation of a point-of-care calcium device in bovine plasma and serum. JDS Communications, 4(5): 390–393. https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0346

Macrae A (2017) Interpreting blood haematology/biochemistry in cattle and sheep in the field. Livestock 22(1): 28–32. https://doi.org/10.12968/live.2017.22.1.28

Megahed AA, Grünberg W, Constable PD (2019) Clinical utility of urine specific gravity, electrical conductivity, and color as on-farm methods for evaluating urine concentration in dairy cattle. Journal of Veterinary Internal Medicine, 33(3): 1530–1539. https://doi.org/10.1111/jvim.15502

Neves RC, Stokol T, Bach KD, et al. (2018) Method comparison and validation of a prototype device for measurement of ionized calcium concentrations cow-side against a point-of-care instrument and a benchtop blood-gas analyzer reference method. Journal of Dairy Science, 101:1334–1343. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13779

Oetzel GR, (2004). Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice 20: 651–674. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.006

Ospina PA, Nydam DV, Stokol T, et al. (2019) Evaluation of nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. Journal of Dairy Science, 93: 546–54. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2277

Otter A (2013) Diagnostic blood biochemistry and haematology in cattle. In Practice 35(1): 7–16. https://doi.org/10.1136/inp.e8719

Peiró JR, Borges AS, Gonçalves RC, et al. (2010) Evaluation of a portable clinical analyzer for the determination of blood gas partial pressures, electrolyte concentrations, and hematocrit in venous blood samples collected from cattle, horses, and sheep. American Journal of Veterinary Research, 71(5), 515–521. https://doi.org/10.2460/ajvr.71.5.515

Pinedo P, Melendez P, (2022) Liver Disorders Associated with Metabolic Imbalances in Dairy Cows. The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice, 38(3): 433–446. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2022.07.004

Quiroz-Rocha GF, LeBlanc SJ, Duffield TF, et al. (2009) Reference limits for biochemical and hematological analytes of dairy cows one week before and one week after parturition. The Canadian Veterinary Journal 50(4): 383–388. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19436445

Russell KE, Roussel AJ, (2007) Evaluation of the ruminant serum chemistry profile. The Veterinary clinics of North America. Food animal practice, 23(3): 403–v. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.07.003

Van Saun RJ, (2023). Metabolic Profiling in Ruminant Diagnostics. The Veterinary clinics of North America. Food Animal Practice, 39(1): 49–71. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2022.10.004

Yildirim E, Karapinar T, Hayirli, A (2015) Reliability of the i-STAT for the determination of blood electrolyte (K+, Na+, and Cl−) concentrations in cattle. Journal of Veterinary Internal Medicine 29: 388-394. https://doi.org/10.1111/jvim.12526

GESTIÓN DE LA TRANSICIÓN DE LA LACTACIÓN AL PERÍODO SECO

Dr. Trevor DeVries

Universidad de Guelph, Ontario, Canadá

Para mantener la salud, el bienestar y la productividad de las vacas lecheras es importante aplicar procedimientos adecuados de secado.

En los últimos años, los mayores niveles de producción total de leche y el aumento de la persistencia de la lactación han dado lugar a que muchas más vacas lleguen al final de su lactación sin dejar de producir cantidades formidables de leche.

Las vacas con un alto nivel de producción de leche en el momento del secado no sólo pueden estar en mayor riesgo de infección de la ubre después del secado, sino que ese riesgo puede continuar en la primera parte de la siguiente lactación. Parte de ese riesgo puede estar relacionado con, y acentuado por, la inflamación excesiva que puede ocurrir en el momento del secado. Esa inflamación, si se mantiene durante el periodo seco, puede tener otros efectos negativos sobre la salud de esas vacas en su transición a la siguiente lactación. Además de estos efectos, las vacas que se secan a un alto nivel de producción pueden estar en mayor riesgo de tener una ubre congestionada después del secado, lo que resulta en dolor y malestar de la vaca, y se ha asociado con cambios en los patrones de comportamiento de la vaca.

Por lo tanto, se recomienda reducir la producción de leche de las vacas de mayor producción antes del secado. La disminución de la producción de leche se puede hacer mediante la reducción gradual de la frecuencia de ordeño, así como la reducción de la calidad de la alimentación, durante un período de al menos 5 a 7 días. Si no se puede alcanzar un nivel de producción objetivo en el secado de <15 kg/día en 7 días, el objetivo debe ser una reducción de al menos el 33% del nivel de producción inicial del animal.

Se ha demostrado que disminuir la frecuencia de ordeño a 1 x/d ayuda a bajar la producción de leche rápidamente, sin causar dolor o incomodidad. Además, disminuir la densidad de nutrientes de la dieta (tanto en términos de contenido proteico como energético), sin restringir el acceso al alimento, ayuda a bajar la producción de leche sin causar hambre. Nunca se debe restringir el acceso al agua durante el período seco, ya que esto puede causar sed y deshidratación.

Además, mantener el entorno de la vaca limpio y seco durante el proceso de secado ayudará a minimizar el riesgo de infección.

En general, el manejo adecuado del secado de las vacas lecheras es importante para mantener la salud y el bienestar de las vacas lecheras durante el período seco, así como en la siguiente lactancia.

OPTIMIZACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE LA INGESTA DURANTE EL PERIODO SECO

Dr. Trevor DeVries

Universidad de Guelph, Ontario, Canadá

Mantener una ingesta de materia seca (IMD) suficiente y constante es importante para el ganado lechero en todas las fases de su ciclo de lactación.

Para las vacas secas, el mantenimiento de la IMD no sólo es importante para mantener su estado fisiológico y el crecimiento y desarrollo de su ternero en el útero, sino también para preparar a esas vacas para la transición que harán después del parto a la lactación.

Está bien demostrado en la investigación que aquellas vacas que experimentan mayores descensos en el IMD antes del parto, particularmente en la semana anterior al parto, tienen un mayor riesgo de sufrir problemas de salud después del parto, a menudo relacionados con un balance energético negativo excesivo, inflamación y una respuesta inmune reducida. También se ha demostrado que el mantenimiento de una IMD constante en el periodo seco influye positivamente en la salud del rumen al principio de la lactación.

Hay una serie de factores que afectan a la cantidad y consistencia de la DMI en el periodo seco, incluyendo, pero no limitado a, la puntuación de la condición corporal de la vaca (BCS, por sus siglas en inglés), el manejo nutricional y varios factores de estrés.

En el período lejano, el manejo nutricional debe centrarse en mantener la BCS.En el período cercano, la atención debe centrarse en el manejo nutricional para ayudar a preparar a las vacas para los cambios fisiológicos a los que se enfrentarán durante y después del parto, y minimizar la exposición a los factores de estrés (ambientales, de alojamiento, de manejo).

Desde el punto de vista dietético, las dietas deben formularse para controlar el consumo de energía y mantener la BCS y, por lo tanto, promover la salud metabólica, al tiempo que fomentan la ingesta voluntaria, la sensación de saciedad y el llenado del rumen. Estas dietas también deben gestionarse de forma que promuevan una ingesta constante a lo largo del tiempo, pero reduciendo el riesgo de selección excesiva (sorting) de aquellos. Esto incluye no sólo la gestión de las características físicas de la dieta (tamaño de las partículas, densidad), sino también la gestión de la ración para garantizar un acceso bueno y continuo.

GESTIÓN NUTRICIONAL DE REBAÑOS DE ORDEÑO ROBOTIZADO PARA OPTIMIZAR LA SALUD Y LA PRODUCCIÓN

Dr. Trevor DeVries

Universidad de Guelph, Ontario, Canadá

La adopción de sistemas de ordeño automatizados (robotizados) en la industria láctea sigue siendo fuerte.

Con ese tipo de gestión del ordeño, también tenemos un cambio en la gestión nutricional en esas granjas, con la división de la dieta en una ración mixta parcial (PMR) y algún tipo de provisión nutricional (a menudo en forma de pellet) en el AMS.

El alimento que se suministra en la AMS está diseñado principalmente para atraer a las vacas a la leche, sin embargo, también existe la posibilidad de variar la cantidad y la composición de ese alimento para satisfacer las necesidades nutricionales individuales de las vacas, optimizando así la salud y la producción.

La estrategia de alimentación en los rebaños con AMS debe tener en cuenta las necesidades de nutrientes asociadas a la fase de lactación y al nivel de producción, pero también las capacidades de comportamiento de las vacas lecheras. Está bien establecido que la estrategia de alimentación en la MGA tendrá un impacto en los niveles de consumo de ración mixta parcial (RMP), por lo que esto debe tenerse en cuenta al formular los planes dietéticos. Además, el fomento de la alimentación con PMR ayudará a impulsar la ingesta total y la actividad de ordeño.

El manejo nutricional de las vacas ordeñadas con AMS también puede utilizarse para optimizar la salud de la vaca al principio de la lactación. Como en todos los sistemas, el riesgo de un balance energético negativo excesivo al principio de la lactación puede suponer un reto para las vacas AMS.

Los investigadores han demostrado que la suplementación estratégica de las vacas AMS al principio de la lactación, especialmente con fuentes de energía alternativas y precursores gluconeogénicos, puede utilizarse para mejorar la salud metabólica de las vacas AMS al principio de la lactación, minimizar la pérdida de condición corporal y promover una mayor producción de leche.

En general, aunque el manejo nutricional de las vacas lecheras en AMS puede requerir un cambio en el manejo respecto a los sistemas convencionales, existen muchas oportunidades dentro de éste para optimizar la salud y la producción de estas vacas.

DEL ORDEÑO A LA FÁBRICA: CALIDAD MICROBIOLOGÍA DE LA LECHE EN ORIGEN CLAVE PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LOS PROCESOS LA TRANSFORMACIÓN Y EL PAGO POR CALIDAD

Jaime Magdalena

(DSM-Firmenich – España)

La calidad microbiológica de la leche juega un papel fundamental para la industria láctea, siendo uno de los pilares fundamentales en los procesos de transformación para obtener productos de calidad acorde con los requisitos demandados a nivel legal, industrial y mercado.

Esta calidad microbiológica ha ido aumentando a lo largo de los últimos años, influyendo de manera directa en los procesos industriales, permitiendo obtener productos con estándares de calidad cada vez mayores.

El origen del microbiota habitual de la leche es diverso; ubre, superficies externas de los animales, equipos de ordeño, fuentes diversas como el aire, aguas de suministro, personal….

La suma de todos ellos confiere la calidad microbiológica de la leche cruda en origen.

La flora de la ubre incluye estreptococos, estarfilococos y micrococos, *Corynebacterium spp*., *Escherichia coli* y otros. Las vacas con mastitis, pueden ocasionar la llegada de un elevado número de microorganismos y células somáticas a la leche. *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae* y *Streptococcus uberis*, *E. coli* y *Actinomices pyogenes Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus epidermis*, coliformes, *Pseudomonas aeruginosa* y *Corynebacterium bovis*. La leche puede contener otros agentes patógenos procedentes de animales enfermos; por ejemplo, *Mycobacterium bovis*, *Brucella abortus*, *Brucella melitensis*, *Brucella suis*, *Listeria monocytogenes*, salmonelas o *Coxiella burnetii*.

El exterior de la ubre, pezones y medio ambiente (estiércol, cama, suelo y agua) también puede ser un potencial foco de contaminación.

Miembros del género *Bacillus* procedentes del suelo, clostridios del alimento ensilado, enterobacterias del estiércol así como otros microorganismos alcanzan fácilmente la leche.

Así el hinchamiento tardío en quesos está causado por la presencia de bacterias butíricas (esporas termorresistentes) o propiónicas, ocurre a los 10 ó 15 días del comienzo de la maduración. Aparece en pastas prensadas cocidas. Producción de enormes agujeros iguales y desgarrados.

Si la contaminación es por bacterias butíricas, al abrir el queso éste desprende un fuerte olor a butírico y a gas hidrógeno, y el sabor es amargo. Las bacterias butíricas llegan al queso procedentes de los ensilados en mal estado principalmente.

Otro de los puntos de contaminación son los residuos lácteos que quedan en las superficies del equipo después de una limpieza deficiente proporcionan abundantes nutrientes para el crecimiento de muchos tipos de microorganismos. La temperatura ambiente a la que dicho material se almacena es favorable para el crecimiento de los mismos. Además, las superficies permanecen a menudo húmedas por largos períodos permitiendo el crecimiento de microorganismos hasta altos valores y la formación de biofilms.

Cuando el equipo se vuelve a utilizar, los microorganismos contaminan la leche. El tipo y número de microorganismos introducido de esta manera depende del grado de limpieza y desinfección. Esto puede dar lugar a una rápida multiplicación de microorganismos de crecimiento más veloz como *los Lactoccocus, coliformes y otros microorganismos Gram negativos*; entre éstos últimos, miembros de los géneros *Pseudomonas, Alcaligenes, Flavobacterium y Chromobacterium.*

El binomio almacenamiento en granja y transporte hasta la industria, condiciona de manera significativa las aptitudes de la leche para su transformación.

Las bacterias psicrótrofas, bacterias con capacidad para desarrollarse a bajas temperaturas, que alteran la leche son principalmente bacilos aerobios gram-negativos de la familia *Pseudomonaceae*. Así cerca del 70% de los aislamientos psicrótrofos de la leche cruda pertenecen al género Pseudomonas.

El control de los psicrótrofos, es fundamental ya que ciertos microorganismos (Bacillus spp., Pseudomonas spp.) generan enzimas lipolíticas y proteolíticas, en cantidades suficientes que pueden soportar tratamientos térmicos y causar la alteración la leche durante el almacenamiento y su posterior transformación.

La presencia y proliferación de ciertos microorganismos bien sean psicotrofos, mesófilos o termófilos, altera de manera significa la aptitud de la leche a su transformación. La alteración del pH y de la acidez, así como la proteólisis (generada por proteasas de origen microbiano psicotrofos) y la lipolisis (generada por proteasas de origen microbiano psicotrofos) condicionan los procesos industriales repercutiendo directamente sobre los rendimientos industriales y la calidad del producto final.

Todos los procesos habituales desde el momento de descarga en fábrica, filtrado, desnatado e higienización, tratamientos térmicos, transformación en producto final (leche líquida, queso, yogur…) están condicionados en buena medida con la calidad microbiológica de la leche cruda.

Trabajar desde el origen la materia prima va a reducir de manera significativa los defectos y alteraciones en el producto final, permitiendo obtener productos homogéneos de alta calidad, repercutiendo de manera directa sobre los beneficios industriales.

INFLUENCIA CÉLULAS SOMÁTICAS EN PROCESOS INDUSTRIALES EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

Jaime Magdalena

(DSM-Firmenich – España)

La mastitis bovina es una inflamación de la glándula mamaria que provoca cambios en la composición bioquímica de la leche y en el tejido de la glándula.

Las vacas con mastitis, pueden ocasionar la presencia de un elevado número de microorganismos y células somáticas en la leche.

Staphylococcus aureus, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae* y *Streptococcus uberis*, *Escherichia coli* y *Actinomices pyogenes* son los microorganismos más frecuentes implicados en la mastitis aunque también se han caracterizado otros como *Staphylococcus epidermis*, coliformes, *Pseudomonas aeruginosa* y *Corynebacterium bovis*.

En el caso de mastitis subclínica, la infección disminuye los contenidos de caseína, grasa y lactosa, y aumenta el contenido de proteínas lactoséricas y el pH (Lawrence, 1991b). En estudios como el realizado por (Batavani et al.), se encontró que en vacas con mastitis subclínica (grado 3) se disminuía el nivel de calcio y fósforo principalmente el fosfato de calcio coloidal asociado a la caseína en la leche. En contraste, la concentración de sodio y el cloro aumentaron de manera significante.

Según Le Roux et al., durante la inflamación de la glándula mamaria se presentan 3 mecanismos involucrados en cambios en la composición de la leche:

- Disminución de la síntesis de compuestos (caseínas, ácidos grasos y lactosa principalmente) por las células alveolares.
- Incremento en la permeabilidad del tejido mamario.
- Incremento de la actividad proteolítica sobre las caseínas.

Durante la mastitis el epitelio de las células alveolares de la glándula mamaria se modifica y aumenta la permeabilidad de la membrana. Estos cambios reducen la síntesis de alguno de los componentes de la leche (caseínas, lactosa y materia grasa) y permite el paso directo de minerales, proteínas y enzimas desde la sangre a la leche (Na,K,Cl, albuminas, plasmina y plasminógeno).

La mayoría de los estudios concluyen que existen cambios en la leche que son negativos en la industria quesera cuando se presenta mastitis y altos recuentos de células somáticas, el principal es el cambio estructuras de las micelas de caseínas por la alta proteólisis en la as1 y β caseína que altera las propiedades de la coagulación, disminuyendo de forma considerable los rendimientos queseros y aumenta las pérdidas de grasa y proteína en el lactosuero.

En la tabla que se muestra a continuación se puede ver los cambios en la composición bioquímica de la leche en animales con mastitis.

Modificación		Variación %
Materia Grasa	Disminución	5-12
Proteínas totales		
Caseína	Disminución	19
Inmunoglobulinas	Aumento	Hasta 700
Lactosa	Disminución	30
Sales Minerales		
Sodio	Aumento	40
Potasio	Disminución	10
Cloro	Aumento	Hasta 250

USO DE SALES ANIÓNICAS PARA LA PREVENCIÓN DE HIPOCALCEMIA CON ÉNFASIS EN EL PH URINARIO

Pedro Melendez, MV, MS, PhD Dip. ABVP Dairy

Profesor Jockey Club College of Veterinary Medicine & Life Sciences, City University of Hong Kong

Los objetivos del manejo nutricional y alimentario de la vaca preparto son: (i) proporcionar los nutrientes esenciales para completar el crecimiento normal del feto, (ii) evitar que la vaca entre en balance energético negativo (BNE) o gane peso excesivo en forma de grasa, (iii) evitar la hipocalcemia clínica y reducir la incidencia de hipocalcemia subclínica, (iv) reducir la inmunosupresión normal que ocurre alrededor del parto y reducir el estrés oxidativo, (v) adaptar el rumen a dietas más ricas en almidón que serán suministradas durante la lactancia. En el caso de novillas (vaquillas) preñadas, también se debe considerar (i) reducir el riesgo de edema mamario, (ii) estimular adecuadamente la mamogénesis y la colostrogénesis, y (iii) permitir una ganancia adecuada de peso porque aún no han alcanzado el peso corporal maduro (Melendez, 2024).

La hipocalcemia es un trastorno metabólico que afecta a las vacas lecheras en torno al parto y que se presenta tanto clínicamente (fiebre de leche) como subclínica. La fiebre de leche se caracteriza por debilidad muscular, paresia, decúbito esternal y muerte si no se trata a tiempo. Se presenta principalmente durante las primeras 48 horas posparto (pp). La hipocalcemia subclínica (HSC) se caracteriza por una concentración de calcio plasmático total (tCa) ≤ 2,15 mmol/L (8,6 mg/dl), que se considera un factor de riesgo para otras enfermedades, tales como metritis, mastitis, cetosis, etc., reducción de la producción de leche, deterioro de la fertilidad y aumento de las tasas de eliminación (Goff, 2014). Sin embargo, el Ca ionizado (iCa) es la forma biológicamente activa del mineral, fuertemente regulada por hormonas como la hormona paratiroidea y la vitamina D3, enzimas y receptores que detectan las variaciones de iCa en lugar de tCa. Como resultado, la evaluación de iCa debe considerarse un mejor indicador del estado del calcio plasmático. Una concentración plasmática de iCa < 1,0 mmol/L se ha considerado como un valor de corte para SCHC en vacas lecheras. Esto se debe a que las fluctuaciones en el pH sanguíneo y la concentración de otros minerales y proteínas en el plasma pueden modificar el estado ionizado del Ca sin afectar el tCa. Sin embargo, la medición de iCa aun no se ha validado del todo como método de diagnóstico (Goff, 2018)

Durante las últimas décadas, la incidencia de la fiebre de leche se ha reducido; sin embargo, la presentación subclínica de esta condición sigue siendo una preocupación porque del 50% al 80% de las vacas lecheras pueden verse afectadas durante las primeras semanas de vida. Además, nueva evidencia ha demostrado que la HSC ha evolucionado a diferentes formas de presentación, afectando a las vacas de forma temporal (primeras 24 a 48 horas después de la leche), tardía (de 3 a 4 días después de la leche) o persistente (durante los primeros 7 a 8 días después de la leche). De hecho, se ha reportado una prevalencia del 18% en ganado lechero confinado y del 30% en ganado en pastoreo a los 7-8 días después del parto, lo que representa pérdidas económicas significativas (Reinhardt et al., 2011; Melendez et al., 2022a, McArt y Neves, 2020). Por ejemplo, se ha determinado que un caso de hipocalcemia cuesta $246,23 ± 52,25, y la mayor parte se explica por los costos veterinarios y de tratamiento (35%). Dado que la hipocalcemia clínica causa una alta mortalidad y riesgo de eliminación, las contribuciones de estos dos elementos al costo total son relativamente mayores que las de otras enfermedades (21,9%). En consecuencia, los productores lecheros deben buscar un método eficiente

para prevenir la hipocalcemia y mitigar las pérdidas económicas (Liang et al., 2017).

Entre las diversas estrategias de prevención para la hipocalcemia clínica se encuentra el uso de los compuestos aniónicos (cloruros y sulfatos) en la dieta durante el período preparto para alterar la diferencia catión-anión de la dieta (DCAD; mEq/kg) e inducir una acidosis metabólica moderada. En sangre normal, como los cationes superan marginalmente a los aniones, el pH es ligeramente alcalino. El ganado bovino que consume dietas ricas en forrajes que generalmente son ricos en K^+ y Ca^{+2}, y relativamente bajos en aniones, como Cl^-, SO_4^{-2} y PO_4^{-3}, tiene un pH sanguíneo ligeramente más elevado que los no herbívoros, lo que coloca al ganado en un estado de alcalosis metabólica compensada, sin efectos negativos para la salud. En este estado, los riñones evitan que la alcalosis se vuelva potencialmente mortal al excretar el K^+ adicional en la orina. El alto contenido de cationes en la orina produce la orina alcalina típica del ganado bovino que consume forrajes ricos en K. Esta alcalosis metabólica se exacerba aún más cuando las vacas lecheras se alimentan con dietas ricas en cationes. Es importante destacar que este estado de alcalosis metabólica reduce la capacidad de la vaca para preservar la homeostasis del calcio alrededor del parto y la capacidad de sintetizar vitamina D en su forma activa (1,25-dihidroxivitamina D3). Por lo tanto, para modificar el desequilibrio catión-anión, la suplementación dietética de aniones durante el período previo al parto se ha utilizado como una estrategia eficaz para restaurar la homeostasis del calcio al cambiar el estado alcalótico normal a un estado acidótico leve (Goff, 2014; Goff, 2018; Melendez, 2024).

Se ha demostrado que esta acidosis metabólica leve aumenta la sensibilidad de los receptores de la hormona paratiroidea en los huesos y los riñones, con una consecuente mayor movilización de las reservas de calcio de los huesos, la reabsorción de calcio desde los riñones y la absorción desde el intestino, a través de una mayor cantidad de vitamina D activa, lo que conduce a un aumento de las concentraciones de calcio en sangre. Por lo tanto, el uso de compuestos aniónicos en dietas preparto se ha convertido en una estrategia común y efectiva para la prevención de la hipocalcemia clínica y la reducción de la gravedad de la hipocalcemia subclínica en vacas lecheras (Goff, 2018). Sin embargo, la DCAD óptima requerida para evitar el desarrollo de un caso clínico ha sido muy debatida. El grado de acidificación metabólica se puede evaluar fácilmente midiendo el pH de la orina. Un pH de orina inferior a 6,0 es indicativo de una acidificación excesiva en la raza Holstein. A un pH sanguíneo muy bajo, la vaca compensa inmediatamente reduciendo la ingesta de alimento, aumentando la excreción renal de protones, la reabsorción de potasio y bicarbonato y aumentando la frecuencia respiratoria, lo que en conjunto reduce la variabilidad del pH urinario. Si el pH sanguíneo cae por debajo de 7,2, el animal se enfermará gravemente y morirá. En consecuencia, se ha sugerido un pH urinario acido moderado entre 6,0 y 6,8 durante el período preparto como adecuado para las vacas Holstein, incluidas las vacas lecheras en pastoreo. Por lo tanto, el uso de sales aniónicas debe ser monitoreado cuidadosamente porque el exceso de sales aniónicas puede imponer efectos secundarios de arrastre y desafíos en las adaptaciones fisiológicas de la vaca y el ternero. Un estado acidótico metabólico moderado con un pH urinario entre 6.0 y 6.8 parece ser suficiente para controlar y prevenir la hipocalcemia clínica y reducir la incidencia de hipocalcemia subclínica. Se ha demostrado que un estado acidótico más severo no es ventajoso y/o más perjudicial que beneficioso para la vaca, y probablemente para su cria (Goff, 2018; Melendez et al., 2019; Melendez et al., 2022b).

Para recordar un poco de química, una reducción del pH de la orina en 3 unidades (de 8,5 a 5,5) implica que los riñones deben excretar 1000 veces más H^+ producidos por la vaca ya que la escala de pH es logarítmica (Goff, 2018). En el estudio de meta-análisis de Charbonneau et al. (2006), se reportó que cuanto más bajo es el DCAD, menor es el pH de la orina y menor es la ingesta de materia seca, lo que

aumenta el riesgo de acidosis metabólica descompensada. En un estudio de Estados Unidos, el pH urinario más bajo reportado fue de 5,7. De hecho, las vacas que consumieron dietas ricas en aniones tuvieron un pH urinario promedio de 5,9, pero la misma concentración de Ca total al parto en comparación con las vacas con un pH urinario más moderado de 6,2 (Caixeta et al., 2020); lo que es consistente con los resultados informados por Melendez y Poock (2017). Además, en un estudio más reciente (Melendez et al., 2021a), se reportó que una dieta con un DCAD de 100 mEq/kg de MS indujo un pH urinario cercano a 6,5 y la concentración de Ca total en sangre fue cercana a 8,5 mg/dL (2,15 mmol/L), que se ha definido como la concentración de corte para HSC. Esto implica que las vacas que consumen una dieta que da como resultado un pH urinario entre 6,0 y 7,0 son suficientes para reducir el riesgo de hipocalcemia clínica y disminuir la severidad de la HSC. En consecuencia, las vacas preparto que alcanzaron un pH urinario inferior a 6,0 o superior a 7,0 experimentaron una reducción en la concentración de Ca total plasmático y tendieron a aumentar las concentraciones de beta hidroxibutirato. Por otro lado, las vacas consumiendo un exceso de aniones, además de presentar una orina mucho mas acida, excretan una gran cantidad de calcio por la orina, lo que es una pérdida redundante.

Como se mencionó anteriormente, las vacas que presentaron un pH urinario < 6,0 tuvieron concentraciones similares de Ca total plasmático al momento del parto que vacas con un pH urinario mayor a 6,0 (Melendez y Poock, 2017; Melendez et al., 2019). Hay evidencia consistente de que mientras la DCAD se reduce de +300 a -200 mEq/kg MS, el consumo de alimento disminuye linealmente, la acidosis metabólica empeora, el desplazamiento del abomaso es más probable, la fertilidad se reduce y ocurren otras complicaciones posparto (Charbonneau et al., 2006; Mecitoglu et al., 2016; Santos et al., 2019; Glosson et al., 2020; Vieira-Neto et al., 2021; Melendez et al., 2022b). Sin embargo, dado que la DCAD está asociada con el pH urinario, muchas veces animales consumiendo dietas con una DCAD idéntica puede resultar en un pH urinario diferente (Leno et al., 2017; Glosson et al., 2020), por lo tanto, se recomienda que, para medir la efectividad de la dieta anionica, se utilice la evaluación del pH urinario, en lugar de considerar solo el valor de la DCAD.

Por lo tanto, monitorear el uso eficiente de sales aniónicas es extremadamente importante y un método simple, rápido y barato en el grupo preparto. Se debe evaluar el pH urinario una vez por semana en 10-20% de las vacas preparto y manejar el grupo y su dieta para asegurar que la mayoría de las vacas tengan un pH entre 6.0 a 6.8. Las novillas (vaquillas) preñadas tienen una incidencia muy baja de fiebre de la leche, por lo tanto, no se recomienda el uso de sales aniónicas en estos animales ya que no es rentable. Sin embargo, las vacas maduras, y especialmente las vacas con más de 3 partos, son mucho más susceptibles a la fiebre de leche, por lo que la prevención de la hipocalcemia clínica es esencial. Esta es una de las razones para manejar 2 grupos de animales preparto: novillas (vaquillas) separadas de vacas de 2 o más partos.

Table 1. Requerimientos Nutricionales de Vacas Preparto (peso vivo: 680 kg, ganando 0.1 kg/d, consumiendo 12.11 kg MS, y condición corporal 2.75-3.25 (escala 1-5)

	NRC 2021 (NASEM)	CNCPS 6.55
Materia Seca (kg)	12.3	12.1

Energia Metabolizable (Mcal/kg)	2.25	1.80
Energia Metabolizable (Mcal/day)	27.7	26.3
Proteina Degradable en Rumen (%)	10.0	-
Proteina no degradable en Rumen (%)	4.30	-
Proteina Metabolizable (%)	6.70	9.09
Proteina Metabolizable (g/day)	824	1099.5
Protein Cruda (%)	14.30	10-12
Proteina Soluble	-	31.0 (30-40)
Neutral detergent fiber (NDF)	25-33	-
aNDFom (libre de cenizas y almidon)	-	42.0 (40-45)
Azucares Solubles	-	3.0 (2.5-5.0)
Almidon	15-20	17.0 (16-18.0)
Fibra Soluble	-	7.0 (5.0-10.0)
Extracto Etereo (grasa)	-	< 3.5
Ca (%)	0.40	0.49-1.2*
P (%)	0.21	0.27
Mg (%)	0.14	0.36**
K (%)	0.69	0.57
Na (%)	0.17	0.10
Cl (%)	0.14	0.14
S (%)	0.20	0.23
Cu, ppm	19	16
Co, ppm	0.2	0.11
I, ppm	0.54	0.5
Fe, ppm	15	15

Mn, ppm	43	15
Se, ppm	0.3	0.3
Zn, ppm	32	23
Vitamin A (UI/kg)	6,630	6,176
Vitamin A (UI/day)	81,550	75,000
Vitamin D (UI/kg)	1,810	1,605
Vitamin D (UI/day)	22,663	20,400
Vitamin E (UI/kg)	181	86
Vitamin E (UI/day)	2,200	1,200

* El contenido de calcio en la dieta con sales aniónicas puede ser alto o bajo. En general, los valores de 1,0-1,2% son mejores que los valores bajos de calcio (0,5%); ** Según experiencias prácticas y opiniones de expertos, el contenido de magnesio debe estar entre 0,45 y 0,48%. El magnesio comienza a disminuir después del parto, lo que puede provocar hipomagnesemia subclínica.

Table 2. Ejemplos de dietas preparto (tal como ofrecidas [TCO] y base MS) y composicion nutricional para vacas adultas y vaquillas

Ingrediente	Vaca		Vaquilla	
	Kg TCO	Kg MS	Kg TCO	Kg MS
Minerales/Vitaminas premix	0.08	0.08	0.07	0.07
Producto Anionico	0.45	0.45	-	-
Carbonato de Calcio	0.20	0.20	-	-
Oxido de Magnesio	0.04	0.04	0.02	0.02
Grasas bypass	-	-	0.31	0.30

Urea liberacion lenta	0.05	0.05	0.025	0.025
Harina de Soya	0.26	0.24	0.40	0.36
Maiz Grano	0.28	0.25	1.70	1.47
Afrechillo de Trigo	3.60	3.20	2.50	2.25
Ensilaje Alfalfa	8.90	4.00	13.60	6.13
Paja de Trigo	3.26	3.0	1.0	0.9
Ensilaje de Maiz	6.06	2.0	2.30	0.76
Total	23.18	13.5	21.92	12.29

Nutriente	Unidad	Vaca	Vaquilla
Materia Seca	%	58.20	56.10
aNDFom	%	43.27	32.84
Almidon	%	17.79	17.9
Fibre Soluble	%	7.28	13.2
Forraje	%	66.30	63.34
Concentrado	%	33.70	36.66
Proteina Cruda	%	14.84	16.85
Proteina Soluble	%	7.35	8.15
Amonio	%	2.33	0.35
Energia Metabolizable	Mcal/kg	2.33	2.67
Ca	%	0.99	0.93
P	%	0.47	0.46
Mg	%	0.51	0.39
S	%	0.34	0.25
K	%	1.32	1.77

Na	%	0.14	0.075
Cl	%	1.04	0.134
Cu	ppm	16.19	16.7
Fe	ppm	235.23	187
Zn	ppm	63.06	55
I	ppm	0.53	0.53
Co	ppm	0.17	0.20
Se	ppm	0.3	0.3
Mn	ppm	67	48
DCAD (K+Na)-(Cl+S)	mEq/kg	-108	+292

Bibliografía

- Boudra, H., Noziere, P., Cantalapiedra-Hijar, G., Traikia, M., Martin, J.-F., Petera, M., Lagree, M., Doreau, M., Morgavi, D.P., 2022. Spot urine collection: A valid alternative to total urine collection for metabolomic studies in dairy cattle. Journal of Dairy Science 105, 301–312.

- Caixeta, L.S., Weber, W.J., Johnson, D.M., Faser, J., Visser, B.M., Crooker, B.A., 2020. Effects of anionic supplement source in prepartum negative dietary cation-anion difference diets on serum calcium, feed intake, and lactational performance of multiparous dairy cows. Journal of Dairy Science 103, 4302–4314.

- Charbonneau, E., Pellerin, D., Oetzel, G.R., 2006. Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating dairy cows: a meta-analysis. Journal of Dairy Science 89, 537–548.

- Couto Serrenho, R., Bruinje, T.C., Morrison, E.I., DeVries, T.J., Duffield, T.F., LeBlanc, S.J., 2021a. Controlled trial of the effect of negative dietary cation-anion difference prepartum diets on milk production, reproductive performance, and culling of dairy cows. Journal of Dairy Science 104, 6919–6928.

- Couto Serrenho, R., Bruinje, T.C., Morrison, E.I., DeVries, T.J., Duffield, T.F., LeBlanc, S. J., 2021b. Controlled trial of the effect of negative dietary cation-anion difference on postpartum health of dairy cows. Journal of Dairy Science 104, 6929–6943.

- Couto Serrenho, R., DeVries, T.J., Duffield, T.F., LeBlanc, S.J., 2021c. Graduate Student Literature Review: What do we know about the effects of clinical and subclinical hypocalcemia on health and performance of dairy cows? Journal of Dairy Science 104, 6304–6326.

- Glosson, K.M., Zhang, X., Bascom, S.S., Rowson, A.D., Wang, Z., Drackley, J.K., 2020. Negative dietary cation-anion difference and amount of calcium in prepartum diets: Effects on milk production, blood calcium, and health. Journal of Dairy Science 103, 7039–7054.

- Goff, J.P., 2014. Calcium and magnesium disorders. Veterinary Clinic of North America Food Animal Practice 30, 359–381.

- Goff, J.P., 2018. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. Journal of Dairy Science 101, 2763–2813.

- Goff, J.P., Ruiz, R., Horst, R.L., 2004. Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever. Journal of Dairy Science 87, 1245–1255.

- Lean, I.J., Santos, J.E.P., Block, E., Golder, H.M., 2019. Effects of prepartum dietary cation-anion difference intake on production and health of dairy cows: A metaanalysis. Journal of Dairy Science 102, 2103–2133.

- Leno, B.M., Ryan, C.M., Stokol, T., Kirk, D., Zanzalari, K.P., Chapman, J.D., Overton, T. R., 2017. Effects of prepartum dietary cation-anion difference on aspects of peripartum mineral and energy metabolism and performance of multiparous Holstein cows. Journal of Dairy Science 100, 4604–4622.

- Liang, D., Arnold, L.M., Stowe, C.J., Harmon, R.J., Bewley, J.M., 2017. Estimating US dairy clinical disease costs with a stochastic simulation model. Journal of Dairy Science 100, 1472–1486.

- Lopera, C., Zimpel, R., Vieira-Neto, A., Lopes, F.R., Ortiz, W., Poindexter, M., Faria, B. N., Gambarini, M.L., Block, E., Nelson, C.D., Santos, J.E.P., 2018. Effects of level of dietary cation-anion difference and duration of prepartum feeding on performance and metabolism of dairy cows. Journal of Dairy Science 101, 7907–7929.

- Martinez, N., Rodney, R.M., Block, E., Hernandez, L.L., Nelson, C.D., Lean, I.J., Santos, J. E.P., 2018a. Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in dairy cows: Health and reproductive responses. Journal of Dairy Science 101, 2563–2578.

- Martinez, N., Rodney, R.M., Block, E., Hernandez, L.L., Nelson, C.D., Lean, I.J., Santos, J. E.P., 2018b. Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in dairy cows: Lactation performance and energy metabolism. Journal of Dairy Science 101, 2544–2562.

- McArt, J.A.A., Neves, R.C., 2020. Association of transient, persistent, or delayed subclinical hypocalcemia with early lactation disease, removal, and milk yield in Holstein cows. Journal of Dairy Science 103, 690–701.

- Mecitoglu, Z.S., Kara, C., Akgul, G., Uzabaci, E., Atashi, H., 2016. Prepartum urine pH as a predictor of left displacement of abomasum. The Journal of Animal & Plant Sciences 26, 320–324.

- Melendez, P., 2024. The transition dairy cow. Cambridge Scholar Publishing, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK

- Melendez, P., Poock, S., 2017. A Dairy Herd Case Investigation with Very Low Dietary Cation-Anion Difference in Prepartum Dairy Cows. Frontiers in Nutrition 4, 26.

- Melendez, P., Zaror, V., Gaul, P., Poock, S.E., Goff, J.P., 2019. Effect of diets containing sulfate or chloride-based anionic salts, fed to grazing prepartum dairy cows, on concentrations of Ca in plasma, disease incidence and milk yield. New Zealand Veterinary Journal 67, 79–85.

- Melendez, P., Bartolome, J., Roeschmann, C., Soto, B., Arevalo, A., Moller, J., Coarsey, M., 2021a. The association of prepartum urine pH, plasma total calcium concentration at calving and postpartum diseases in Holstein dairy cattle. Animal 15, 100148.

- Melendez, P., Roeschman, C., Arevalo, A., Moller, J., 2021b. The effect of oral calcium boluses at parturition on blood metabolites and milk yield in grazing Holstein cattle. Livestock Science 248, 104510.

- Melendez, P., Lopez, F., Lama, J., Leon, B., 2022a. Prevalence of subclinical hypocalcemia and hypomagnesemia at calving and 7 days postpartum in grazing Holstein cows with spring parturitions in southern Chile. Journal of Dairy Science 105 (suppl. 1), 40.

- Melendez, P., Chelikani, P.K., Patel, D., Garbarino, E., 2022b. Effect of a very low negative dietary cation-anion difference (DCAD) diet on plasma and urine metabolomics of prepartum Holstein cows. Journal of Dairy Science Communications 3, 59–65.

- Neves, R.C., Leno, B.M., Bach, K.D., McArt, J.A.A., 2018. Epidemiology of subclinical hypocalcemia in early-lactation Holstein dairy cows: The temporal associations of plasma calcium concentration in the first 4 days in milk with disease and milk production. Journal of Dairy Science 101, 9321–9331.

- Overton, T.R., McArt, J.A.A., Nydam, D.V., 2017. A 100-Year Review: Metabolic health indicators and management of dairy cattle. Journal of Dairy Science 100, 10398–10417.

- Ramos-Nieves, J.M., Thering, B.J., Waldron, M.R., Jardon, P.W., Overton, T.R., 2009. Effects of anion supplementation to low-potassium prepartum diets on micromineral status and performance of periparturient dairy cows. Journal of Dairy Science 92, 5677–691.

- Reinhardt, T.A., Lippolis, J.D., McCluskey, B.J., Goff, J.P., Horst, R.L., 2011. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. Veterinary Journal 188, 122–124.

- Rodríguez, E.M., Arís, A., Bach, A., 2017. Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. Journal of Dairy Science 100, 7427–7434.

- Santos, J.E.P., Lean, I.J., Golder, H., Block, E., 2019. Meta-analysis of the effects of prepartum dietary cation-anion difference on performance and health of dairy cows. Journal of Dairy Science 102, 2134–2154.

- Tsiamadis, V., Banos, G., Panousis, N., Kritsepi-Konstantinou, M., Arsenos, G. Valergakis, G.E., 2016. Genetic parameters of subclinical micromineral disorders and major clinical diseases in postparturient Holstein cows. Journal of Dairy Sciences 99, 8901–8914.

- Tsiamadis, V., Panousis, N., Siachos, N., Gelasakis, A.I., Banos, G., Kougioumtzis, A., Arsenos, G., Valergakis, G.E., 2021. Subclinical hypocalcaemia follows specific time-related and severity patterns in post-partum Holstein cows. Animal 15, 1000172.

- Vieira-Neto, A., Zimpel, R., Lopes Jr., F.R., Scheffler, T.L., Block, E., Thatcher, W.W., Santos, J.E.P., 2021. Duration and degree of diet-induced metabolic acidosis prepartum alter tissue responses to insulin in dairy cows. Journal of Dairy Science 104, 1660–1679.

- Wilkens, M.R., Nelson, C.D., Hernandez, L.L., McArt, J.A.A., 2020. Symposium review: Transition cow calcium homeostasis-Health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. Journal of Dairy Science 103, 2909–2927.

- Wu, Z., Bernard, J.K., Zanzalari, K.P., Chapman, J.D., 2014. Effect of feeding a negative dietary cation-anion difference diet for an extended time prepartum on postpartum serum and urine metabolites and performance. Journal of Dairy Science 97, 7133–7143.

- Zhang, X., Glosson, K.M., Bascom, S.S., Rowson, A.D., Wang, Z., Drackley, J.K., 2022. Metabolic and blood acid-base responses to prepartum dietary cation-anion difference and calcium content in transition dairy cows. Journal of Dairy Science 105, 1199–1210.

- Zimpel, R., Poindexter, M.B., Vieira-Neto, A., Block, E., Nelson, C.D., Staples, C.R., Thatcher, W.W., Santos, J.E.P., 2018. Effect of dietary cation-anion difference on acid-base status and dry matter intake in dry pregnant cows. Journal of Dairy Science 101, 8461–8475.

- Zimpel, R., Nehme Marinho, M., Almeida, K.V., Revilla Ruiz, A., Perdomo, M.C., Poindexter, M.V., Vieira-Neto, A., Arshad, U., Husnain, A., Nelson, C.D., Santos, J. E.P., 2021. Prepartum level of dietary cation-anion difference fed to nulliparous cows: Acid-base balance, mineral metabolism, and health responses. Journal of Dairy Science 104, 12580–12599.

FIEBRE AFTOSA, SITUACIÓN Y RIESGOS PARA ESPAÑA

Dr. Germán Cáceres Garrido.

Jefe de Área de Epidemiología. Subdirección General de Sanidad e Higiene Animal y Trazabilidad, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

La Fiebre Aftosa (FA) es una enfermedad vírica, Familia Picornaviridae, que afecta a animales ungulados tanto domésticos como silvestres. No afecta al hombre, aunque se han descrito casos de lesiones en manos leves y autolimitantes en personas muy expuestas al virus. Las FA es una enfermedad vesicular que se presenta de forma explosiva en las explotaciones, con cuadros febriles y vesiculares que afectan de forma más grave al ganado vacuno y porcino, cursando de forma más leve en los pequeños rumiantes, donde la infección podría pasar desapercibida.

La FA es endémica en muchas zonas del mundo, y estuvo endémica en la UE hasta los años 80, después ha habido brotes epizoóticos en la UE en el Reino Unido en 2001 y 2007, el brote de 2001 afectando a otros países de la UE, en 2011 apareció en Bulgaria, y finalmente ha emergido en Alemania el 10 de enero de 2025 después de muchos años libre, con el consiguiente riesgo para el resto de EEMM de la UE, incluyendo a España.

Es la enfermedad de sanidad animal de mayor impacto porque afecta a varias spp animales (sectores productivos) tales como vacuno, ovino, caprino y porcino, y por su alta trasmisibilidad, siendo una de las enfermedades más trasmisibles en sanidad animal, llegando a poder se trasmitida por vía aerógena a largas distancias.

Este impacto es mayor en países previamente libre con vocación exportadora, como es el caso de España, ya que produce un doble impacto, directo debido al efecto de la enfermedad en los animales, e indirectos asociado a los enormes gastos que hay que hacer para su control y erradicación, así como indirecto motivad principalmente por las restricciones comerciales impuestas a los países afectados por parte de los países terceros en relación al comercio de animales susceptibles vivos y productos derivados de ellos.

El reciente foco en Alemania no ha hecho más que recordarnos que el riesgo de FA debe considerarse siempre presente ya que varios y diferentes serotipos y topotipos del virus circulan en los países vecinos de la UE. La situación en muchos de estos países lejos de mejorar está inlcuso empeorando por la circulación regular de nuevos serotipos/topotipos a veces con origen en zonas muy lejanas, todo ellos motivado por diferentes factores tales como movimientos ilegales, mejores vías de comunicación e intensificación de las relaciones comerciales entre países afectados.

Para la gestión del riesgo asociado a la FA la UE y España aplican medidas de mitigación de riesgo que tienen el objetivo de prevenir la entrada, o en caso de entrada, contribuir a la detección temprana de la enfermedad, y a su control y erradicación lo antes posible en caso de incursión, todo ello para para tratar de reducir el impacto al mínimo posible.

Es en particular extremadamente importante que los veterinarios privados se involucren en estas medidas de prevención, vigilancia y control, ya que existe la posibilidad de que los servicios veterinarios oficiales se pudieran ver desbordados en la gestión de un hipotético foco de esta enfermedad.

Entre los objetivos de esta charla, destaco los siguientes:

- Informar sobre la situación a nivel mundial de la FA con espacial atención a la situación en los países vecinos de la UE y al foco detectado el 10 de enero 2025 en Alemania, en el distrito de Berlín.

- Concienciar a los asistentes sobre la importancia de la FA como la enfermedad con mayor impacto en sanidad animal y para la que nunca podemos bajar la guardia porque el riesgo está siempre presente.

- Resaltar a los asistentes la importancia, en particular para la FA dada su alta trasmisibilidad, de la aplicación de correctas medidas de bioseguridad en las explotaciones y por parte de las personas que entran en contacto con animales susceptibles, siendo la bioseguridad un elemento esencial en el marco de las medidas preventivas frente a esta enfermedad.

- Resaltar la importancia del correcto funcionamiento de la vigilancia pasiva, para lo cual resulta imprescindible que veterinarios y ganaderos sepan reconocer los signos de la enfermedad y que tengan presente la importancia de una comunicación de sospechas inmediata a los SVO de la CA correspondiente.

- Describir las medidas aplicadas en la UE y en España para la prevención de entrada, y para el control y erradicación en caso de foco.

- Resaltar el papel fundamental que los veterinarios privados podrían tener en materia de gestión de un hipotético foco, debido a que los servicios veterinarios oficiales se podrían ver desabordados debido a la esperable explosión de focos en caso de incursión.

- Describir los pros y los cons de la utilización de la vacunación de urgencia frente a la FA, lo cual hace que la decisión sobre si emplearla, o no, resulte controvertida, y que, por lo tanto, requiera una decisión compartida con los agentes involucrados, principalmente sectores ganaderos, tanto de animales vivos como exportadores.

PLAN DE ACCIÓN INTEGRAL PARA LA GESTIÓN SANITARIA Y DE LA RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS

C.Ortega [1] J.Ortega [2,]; M.Espada [1]; M.Enguita [2]; M.Fernandez [3]

1- (UNIZAR)

2- (Agro&al S,A. Alagón. Zaragoza)

3- (ConsuVet)

El análisis de las características y resultados de los sistemas productivos de vacuno pone de manifiesto que el cebo de terneros representa uno de los puntos críticos para la ganadería debido a las repercusiones económicas y sanitarias que lleva asociadas y que condicionan, en gran medida, las intervenciones veterinarias. Son varios los elementos que hacen que, en muchos casos, esas intervenciones se deban centrar más en el control de brotes que en su prevención.

Entre esos elementos destacan algunas características fisiológicas de los terneros que les hacen extremadamente vulnerables a algunas patologías, especialmente a las de tipo digestivo y respiratorio. Así, aspectos como el momento de transición de la alimentación con leche a la alimentación con pienso o la escasa eficiencia de su aparato respiratorio, poco funcional al nacimiento y a veces insuficiente para la gran masa muscular de un animal en cebo, generan situaciones de debilidad que aprovechan los microorganismos (algunos de ellos ubicuos) para desencadenar procesos patológicos como la Enfermedad Respiratoria Bovina (ERB) o las Diarreas Neonatales de los terneros.

A aquellos problemas hay que añadir el propio entorno productivo del cebo ya que resulta muy estresante (movimientos, mezcla de animales, transporte a largas distancias, nuevo alojamiento, manejo…) contribuyendo en el bloqueo de un sistema inmunológico que ya de por es poco funcional durante las primeras semanas de vida.

Ante la aparición de algún brote, la intervención sanitaria suele apoyarse, entre otras medidas, en el uso de antibióticos, ya sea a nivel individual para tratar un caso de enfermedad o a nivel colectivo como estrategia de metafilaxia para prevenir brotes y reducir el nivel de infección. Asociado a su uso, la efectividad de los antibióticos ha ido reduciéndose y como consecuencia ha progresado la aparición de cepas con resistencia a múltiples antibióticos, lo que ha hecho que el arsenal de antibióticos disponible para el veterinario sea cada vez más reducido lo que a su vez está contribuyendo en la reemergencia de algunas patologías que estaban olvidadas gracias a algunos de aquellos antibióticos.

La necesidad de encontrar alternativas que eviten esos brotes y que suponen que el ganadero deba asumir como normal valores de mortalidad más elevadas, constituye uno de los grandes desafíos a los que se enfrenta la profesión veterinaria, tanto desde la perspectiva de la Sanidad Animal como de la Salud Pública. Además, el uso de antibióticos y las implicaciones legales que lleva consigo su prescripción, se han traducido en la aplicación de una reglamentación muy restrictiva en lo que a su uso respecta (RD 666/2023 de 18 de julio).

Por ello, se ha comenzado a trabajar en la búsqueda de alternativas que ayuden al veterinario a orientar sus intervenciones desde una perspectiva más preventiva y un uso de antibióticos de una forma más

eficiente y segura. Para ello, se propone un plan de acción pensado para la gestión de riesgos y la alerta precoz y diseñada aprovechando la reglamentación que define la figura del veterinario de explotación y sus funciones. Aunque la última modificación aprobada en Consejo de ministros del 23 de diciembre de 2024 (que afectan a las normativas R(EU)2016/429 y RD 364/2023 de 16 de mayo) deja la figura del veterinario de explotación como VOLUNTARIA, mantiene la obligatoriedad de disponer en cada explotación, de un plan sanitario integral y un programa de visitas zoosanitarias a realizar por el veterinario, visitas cuya frecuencia va ligada al riesgo existente (inicialmente aplicable desde el 1 de junio de 2025).

Aprovechando esas visitas zoosanitarias y la propia figura del veterinario, llámese de explotación o de cualquier otro modo, y que cada explotación tiene características y problemas que la hacen única ("*cada explotación es un mundo*"), se ha diseñado un "PLAN DE ACCIÓN SANITARIO" que sirva de herramienta de apoyo para la gestión preventiva e individualizada de cada explotación. El plan se basa en el análisis de la interfaz animal, microorganismo, entorno (medio) y su manejo para minimizar riesgos y responder de forma precoz ante emergencias sanitarias. Para ello, el plan se ha estructurado en tres actuaciones diferentes:

1-Definir el nivel de riesgo sanitario y de factores que afectan al uso de antibióticos. Para ello se propone utilizar una herramienta de evaluación de riesgos que permite al veterinario medir el nivel de riesgo de la explotación a partir de datos relacionados con las características de los animales, el manejo productivo, las instalaciones o la bioseguridad y las intervenciones sanitarias. Esta evaluación de riesgos la realiza "*in situ*" el propio veterinario mediante el uso de la aplicación de teléfono móvil "**XalocVetRisk**" (diseñada específicamente para ello). La app permite realizar una evaluación del riesgo global de la explotación, identificar los factores de riesgo que hacen más vulnerable a la población y simular correcciones de algunos de esos factores para valorar su efecto sobre el riesgo final de la explotación (Se explica en una segunda ponencia).

2- Desarrollar el mapa epidemiológico y la vigilancia microbiológica de las explotaciones. Se basa en la identificación de los microrganismos circulantes en la explotación y sus patrones de resistencia a antibióticos (en el caso de bacterias). El análisis de la información de estos mapas a lo largo del tiempo permite seguir la evolución de los microrganismos en función de las medidas aplicadas y valorar como cambia la susceptibilidad a los antibióticos en función de su uso. Esta información, constituye el soporte para que el veterinario tome decisiones en casos de emergencia. El mapa se elabora con los resultados obtenidos a partir de muestras tomados a animales y ambiente y obtenidas en las sucesivas visitas zoosanitarias del veterinario a la explotación.

El protocolo de vigilancia sanitaria para la elaboración del mapa de microorganismos circulantes en la granja es el siguiente:

- Muestreo para diagnóstico microbiológico, dos veces al año como mínimo y coincidiendo con las visitas zoosanitarias, de un grupo de animales (tamaño del grupo definido por representatividad estadística) que incluya sospechosos de patología y sanos.
- A cada animal se les realiza la toma de temperatura y recogida de muestras de secreciones por hisopado o lavado bronquio-alveolar para el aparato respiratorio e hisopado de heces para digestivo. Además, se toman muestras del entorno tales como comedero, y material de trabajo y calzado del ganadero.
- Envío al laboratorio, aislamiento e identificación de microorganismos.

- Test de resistencia y susceptibilidad a antibióticos (se testan los antibióticos usados habitualmente en cada explotación de forma individual y un bloque de antibióticos de común para todas las explotaciones.

Las bacterias de interés para el seguimiento son aquellas habituales en procesos respiratorios o digestivos, especialmente importantes aquellas ubicuas con factores de virulencia que las convierten en patógenas o las que poseen patrones de resistencia a múltiples antibióticos junto con la capacidad de liberar plásmidos de resistencia al medio facilitando la propagación de la resistencia entre los microorganismos circulantes de ese entorno. Estos datos representan una importante herramienta para decisión en la elección del antibiótico a utilizar en la respuesta temprana ante brotes de enfermedad o en el abordaje metafiláctico de situaciones de alto riesgo.

El mapa se completa con el seguimiento de virus circulantes en cada granja con el fin de valorar la efectividad de los programas vacunales. La muestra en este caso es de sangre a partir de la que se establece el título de anticuerpos (respuesta inmune). La toma de muestras se realiza de forma seriada a los mismos animales (al menos dos veces en el ciclo de cebo del animal) para diseñar el perfil serológico de la colectividad.

3- Diseño y adaptación de una estrategia de medicina preventiva específica para cada explotación en función de los niveles de riesgo estimados y los factores de riesgo identificados en el punto 1, y la interpretación del mapa epidemiológico. La base del plan sanitario es el componente "PREVENTIVO" lo que reitera la importancia de identificar los factores de riesgo para su gestión. Las propuestas sanitarias planteadas deben demostrar su eficacia y flexibilidad, razones por las que el plan sanitario propuesto y sus resultados forman parte, a su vez, de los factores que se evalúan en la acción 1 y sus implicaciones sanitarias se analizan en la acción 2.

El rediseño de las estrategias de prevención vuelve a apoyarse en el uso de la herramienta XalocVetRisk, en este caso la función de simulación o corrección de los factores de riesgo identificados, especialmente aquellos asociados a la bioseguridad y el manejo productivo de cada explotación.

Además, la reorganización de los planes vacunales y actuaciones de metafilaxia se realiza tras el estudio de la distribución y evolución de los microorganismos circulantes lo cual evidencia la importancia de la información de los puntos 1 y 2. En caso de virus, las propuestas del plan se centran en la adaptación de los programas de vacunación según los perfiles serológicos de cada explotación.

La información y datos se gestionan a través de una base de datos informática de carácter universal para almacenamiento de los datos (hojas de cálculo Excel) y un soporte para trabajo de campo que adaptada a formato de app de teléfono móvil parte de esa base de datos facilitando el manejo y operatividad a la hora de evaluar situaciones sanitarias concretas. Ambas herramientas informáticas se han creado para su distribución sin ánimo de lucro, principalmente entre los veterinarios que trabajan en condiciones de campo, y se han gestionado bajo licencia de Creative commons.

Con esta propuesta global de plan sanitario, el veterinario dispone de una valiosa información que le facilita la toma de decisiones y le permite disponer de un historial de apoyo para justificar sus intervenciones cumpliendo con los objetivos establecidos por la reglamentación (artículo 12 del R(UE) 2016/429): "*poner medidas para evitar entrada y difusión de enfermedades y concienciar sobre sanidad y resistencia a antibióticos".*

El plan se completa con un soporte de documentación de enseñanza que utilizar por el veterinario en su estrategia de formación al ganadero, soporte del que extraer instrucciones concretas e individuales para cada caso o explotación concreta, siempre atendiendo a la información que se obtiene de la evaluación de riesgos. Poner en marcha esta propuesta global requiere del compromiso formal de todos los implicados: veterinarios, ganaderos, administración y laboratorios. De allí la importancia de la etapa de formación.

La aplicación del plan debería permitir alcanzar dos grandes objetivos a medio plazo:

- Lograr una reducción significativa, hasta el mínimo posible, en el uso de los antibióticos de manera que resulten más eficientes y seguros para la Sanidad Animal y la Salud Pública, adelantándose a su utilización mediante la evaluación y gestión de riesgos
- Disponer permanentemente de la información necesaria para ir adaptando las medidas de prevención de riesgos y las estrategias de respuesta precoz frente a las principales infecciones circulantes en las explotaciones.

LA EVALUACIÓN DE RIESGOS DENTRO DEL PLAN SANITARIO INTEGRAL: EL MODELO XALOCVETRISK

J.Ortega [1, 2], C.Ortega [1]; M.Espada [2]; M.Enguita [1]; M.Fernandez [3]; J.Alcazar [4]

1- (Agro&al S,A. Alagón. Zaragoza)

2- (UNIZAR)

3- (ConsuVet)

4- (Cargill)

Tal y como se ha indicado anteriormente, el artículo 25 del Reglamento (UE) 2016/429 plantea la responsabilidad que tienen los ganaderos de cumplir con la realización, por parte de su veterinario, de una serie de visitas zoosanitarias cuyos objetivos fundamentales serán: "*prevención de enfermedades, asesoramiento en bioprotección, detección de sintomatología*", visitas que se realizarán a lo largo del año, estableciendo además que la frecuencia de estas visitas se determine dependiendo del nivel de riesgo de cada explotación.

A pesar de que la normativa habla por primera vez de evaluación de riesgos, no especifica los indicadores concretos con los que llevar a cabo esa estimación de riesgo, solo sugiere que se haga "*según tipo de producción, especie, situación epidemiológica, etc*", limitándose a especificar que el nivel de riesgo se establecerá con un criterio cualitativo entre cuatro niveles diferentes: alto, medio, bajo, muy bajo, siendo la autoridad sanitaria competente quien, según su propio criterio, indique en qué nivel situar a cada explotación.

Partiendo de esta condición que establece la normativa y asumiendo que en el campo la vulnerabilidad y susceptibilidad de una población a las enfermedades de naturaleza infecciosa dependen, en gran medida, de factores predisponentes tanto propios del animal como de su entorno ("factores de riesgo"), para el establecimiento de medidas de tipo preventivo eficientes es necesaria una evaluación de riesgos.

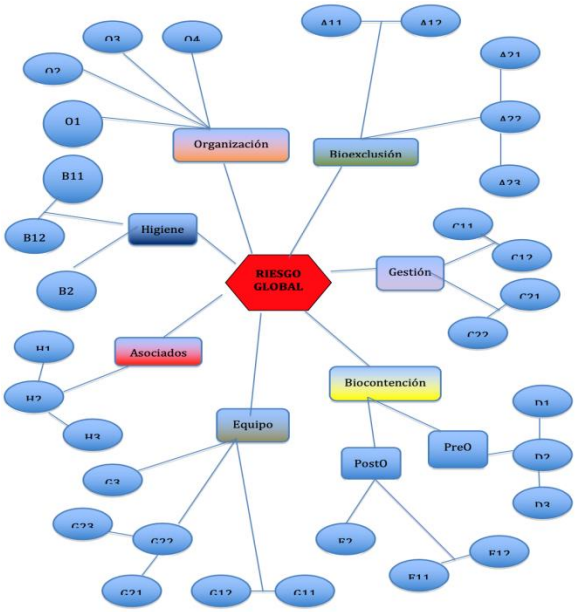
Con el fin de facilitar el trabajo del veterinario en ese área, se ha diseñado un modelo informático de apoyo a la realización de evaluaciones de riesgo directamente en la explotación ("*in situ*") de forma ágil y sencilla, algo que, aplicado sistemáticamente a lo largo del tiempo, permite conocer la evolución temporal del riesgo en cada explotación y con ello poder trabajar con un enfoque predictivo las medidas preventivas a aplicar (adaptarlas a la evolución esperada).

Desde la perspectiva metodológica, el modelo se ha construido en tres etapas:

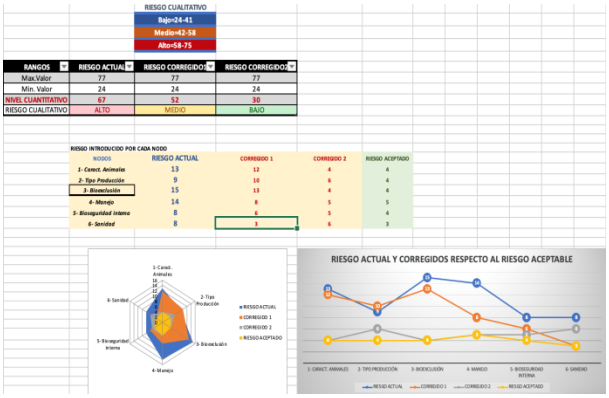
En la primera etapa se ha seleccionado la información a utilizar en el modelo partiendo de la recogida de datos mediante una revisión bibliográfica previa de la que se extrae un primer grupo de factores (potenciales factores de riesgo) que se han asociado en diferentes estudios con el aumento de la vulnerabilidad de las poblaciones. Estos factores han variado en función del tipo de producción para la que se estudiasen de manera que se generan dos grupos diferentes de factores, uno para producción de carne y otro para producción de leche.

A continuación, la lista de hipotéticos factores de riesgo de cada tipo de producción se ha validado y completado mediante la opinión y experiencia profesional de cuatro veterinarios en contacto permanente con el campo, dos de bovino de cebo y dos de bovino de leche. Finalmente, a partir de esta validación se han definido los factores de riesgo que definitivamente forman parte del modelo y que constituyen el cuerpo de la información a recopilar en cada explotación.

En una segunda etapa del diseño del modelo, los diferentes factores de riesgo se organizan en bloques o grupos de riesgo que en el contexto de análisis y de interpretación de los resultados se han denominado "*nodos de riesgo*" (ej. características de producción, de bioseguridad, de higiene,..). De esta forma, el modelo permite, no solo conocer el nivel de riesgo global de la explotación, sino también desglosarlo en los niveles de riesgo de los diferentes nodos. Con el conjunto de nodos y los factores de riesgo incluidos en cada nodo, se ha elaborado la estructura completa que da forma al modelo para cada tipo de producción (siguiendo una estructura del estilo de la presentada en la siguiente imagen:)



La tercera etapa del diseño ha consistido en definir para cada factor de riesgo las posibles opciones que se pueden presentar en las diferentes explotaciones (ej: factor-raza: opciones-Angus, Parda, …). A cada condición del factor se le ha asociado un valor cuantitativo que equivale al valor de riesgo que se identifica para esa condición (generalmente un valor comprendido entre 1 y 4, equivalente a una gradación creciente del riesgo). Con esos valores cuantitativos del riesgo asignados a cada condición de cada factor y mediante operaciones con un algoritmo matemático, se calcula el valor numérico del riesgo total de la granja y el riesgo de cada nodo de agrupamiento de factores. Finalmente, el modelo transforma el valor cuantitativo del riesgo calculado que posee una distribución continúa (pudiendo resultar cualquier valor entre un máximo y un mínimo), en una aproximación cualitativa de cuatro opciones generadas mediante la división en rangos de los valores cuantitativos: alto, medio, bajo, muy bajo. Esta calificación de los niveles de riesgo coincide con las clasificaciones propuestas por el reglamento.



El modelo permite, además de evaluar el riesgo existente en cada momento, llevar a cabo la simulación del impacto que tendrían, sobre ese nivel de riesgo calculado para la explotación, las correcciones que el veterinario propone aplicar sobre algunos de los factores identificados en el proceso de evaluación del riesgo (ensayo de hipotéticas correcciones).

Para la construcción del modelo se ha utilizado como soporte de trabajo una base de datos de almacenamiento de información y para la generación de operaciones una estructura de hojas de cálculo Excel. Una vez creada toda la estructura en dicho soporte y tras una primera validación interna, se ha transformado y adatado al formato de app para teléfono móvil con el fin de facilitar su manejo "i*n situ*" en la propia explotación, disponiendo del resultado de forma inmediata.



Los resultados de las evaluaciones de riesgo realizadas mediante la app de móvil son transferibles directamente a la base de datos de Excel además de permitir la elaboración de informes directamente en formato pdf o htlm.



En la base de datos generada los resultados se completan con una representación gráfica de la distribución del riesgo entre los diferentes nodos, la evolución temporal del riesgo global de la explotación, y las diferencias con las hipotéticas correcciones propuestas.

Para la interpretación final del riesgo estimado en cada explotación se parte de que “riesgo 0 no existe” y por tanto existen un nivel de riesgo que hay que asumir. Por ello, el modelo parte de un análisis previo, denominado fase 0, en la que se define el riesgo “*aceptable*” y que equivale a la parte del riesgo que hay que asumir (no es gestionable) así como sus consecuencias. Este nivel de riesgo se establece a partir de estándares según las características de los animales, la estructura productiva y el manejo. Comparando los resultados de la evaluación de riesgos realizada con el resultado de esta fase 0 de riesgo aceptado, el veterinario identifica que parte del riesgo es gestionable y qué impacto tendrá.

GRIPE AVIAR H5N1: LA HISTORIA DEL VIRUS QUE SALIÓ DE LAS AVES DE CORRAL Y LLEGÓ A LAS VACAS

Elisa Pérez-Ramírez

Centro de Investigación en Sanidad Animal CISA-INIA, CSIC

Valdeolmos, Madrid

La influenza o gripe aviar de alta patogenicidad (GAAP) es una de las enfermedades más devastadoras en sanidad animal y supone una amenaza constante para la industria avícola y para la fauna silvestre. Su incidencia en aves domésticas ha incrementado de forma alarmante en los últimos 20 años, con brotes cada vez más frecuentes, más graves y con mayor extensión geográfica. Las olas epidémicas más importantes se han producido en 2005-2007, 2015-2017 y la más reciente que comenzó a finales de 2020. En ese momento, el subtipo que causaba el mayor número de brotes era H5N8, pero a partir de 2021 el subtipo H5N1, perteneciente al clado genético 2.3.4.4b, se hizo predominante en todo el mundo y así se ha mantenido hasta la actualidad. Entre 2021 y 2024 este virus ha provocado la muerte (por enfermedad o sacrificio) de más de 311 millones de aves de corral, con un pico sin precedentes de 141 millones de aves en 2022 (OMSA, 2024). En total, más de 100 países se han visto afectados.

A continuación, se describen los cambios epidemiológicos que ha sufrido el subtipo H5N1 y que explican el enorme impacto de esta panzootía.

1. Expansión global

El virus H5N1 ha alcanzado una distribución mundial en apenas tres años. A fecha de marzo de 2025 el virus está presente en todos los continentes excepto en Oceanía. A finales del 2021 el virus cruzó el océano Atlántico y llegó a Norteamérica causando estragos en el sector avícola y en las aves silvestres en Canadá, Estados Unidos y México. Desde allí, el virus siguió extendiéndose hasta el sur del continente afectando a prácticamente todos los países sudamericanos, desde Perú hasta el extremo más austral de Chile y Argentina.

Además, el virus ha sido capaz de llegar a los lugares más recónditos del planeta, como la Antártida. Un equipo de científicos españoles liderados por Antonio Alcamí confirmó por primera vez la presencia del virus en fauna antártica en febrero de 2024. En la expedición de 2025 se ha detectado el virus en casi 200 animales de 13 especies diferentes (aves y mamíferos marinos) lo que confirma una gran extensión e incidencia del virus en el continente helado (CSIC, 2025).

2. Impacto devastador en las aves silvestres

Históricamente, la GAAP ha afectado casi exclusivamente a las aves de corral. Los brotes en aves silvestres eran muy poco frecuentes y se limitaban a algunas especies altamente susceptibles. Sin embargo, el subtipo H5N1 ha conseguido replicarse masivamente en aves silvestres, provocando

mortalidades sin precedentes en una enorme variedad de especies. El virus se ha detectado en 406 especies, aunque las más afectadas han sido las aves coloniales marinas, las rapaces y las carroñeras (Lambertucci et al., 2025). El impacto sobre la avifauna silvestre ha sido enorme en muchos países, pero se puede destacar el caso de Perú donde unas 220.000 aves silvestres sucumbieron a la enfermedad entre octubre de 2022 y marzo de 2023. El virus provocó en 5 meses la muerte del 20% de todos los pelícanos del país (Gamarra-Toledo et al., 2023). En Reino Unido el virus fue letal para más de 20.000 aves marinas en 2022, muchas de ellas pollos, lo cual tiene un enorme impacto en la supervivencia de estas especies, que ya de por sí se enfrentan a otros grandes retos como la contaminación y la pérdida de hábitats de cría. Además, hay que tener en cuenta que la mortalidad en el caso de la fauna silvestre siempre es una infraestimación porque la mayoría de los cadáveres nunca se encuentran o no se notifican. Varios estudios científicos alertan de que la mortalidad que ha provocado el virus en las aves silvestres es mucho más cercana a millones de individuos que a decenas de miles como en muchos casos se ha reportado (Lisovski et al., 2024).

3. Saltos cada vez más frecuentes a mamíferos

3.1. Mamíferos silvestres

En el pasado se habían producido contagios esporádicos de mamíferos silvestres (sobre todo zorros y focas) tras contacto estrecho con aves enfermas o muertas. Sin embargo, desde 2021 el virus ha incrementado de manera alarmante su rango de hospedadores, llegando a infectar a 51 especies de mamíferos, desde osos, nutrias o mofetas hasta elefantes marinos, delfines y morsas. La distribución geográfica de los brotes en mamíferos también se ha ampliado enormemente, pasando de 10 países con casos declarados entre 2003 y 2019 a 26 países entre 2020 y 2023 (Plaza et al., 2024). Aunque Europa y Estados Unidos han sufrido numerosos brotes en mamíferos silvestres, la región más afectada ha sido Sudamérica, especialmente Perú, Chile y Argentina donde han muerto decenas de miles de leones y elefantes marinos. Uno de los brotes de mortalidad que mejor ilustran el impacto catastrófico de la enfermedad es el que se produjo en la costa patagónica de Argentina entre octubre y noviembre de 2023. En dos meses murieron unas 17.400 crías de elefante marino, lo que supone un 96% del total de la población de ese año en la región (Campagna et al., 2023). La vía de contagio más probable en los mamíferos marinos es el contacto estrecho con aves infectadas, pero posteriormente el virus se ha adaptado a la transmisión horizontal entre ellos, especialmente en los grandes brotes en leones y elefantes marinos (Peacock et al., 2024).

3.2. Brotes en granjas peleteras

En octubre de 2022 se declaró un brote de H5N1 en una granja peletera en Galicia que obligó a sacrificar a los 50.000 visones americanos que se alojaban en ella. En este brote no sólo se produjo el salto del virus de aves silvestres a mamíferos, sino que el virus consiguió adaptarse en tiempo récord a la transmisión entre visones. Esta fue la primera evidencia en todo el mundo de que un virus de GAAP podía transmitirse de forma eficaz entre mamíferos (Agüero et al., 2023).

En el verano de 2023 se produjeron nuevos brotes de en granjas peleteras en Finlandia. En un primer informe se notificaron brotes en 20 explotaciones (Lindh et al., 2023), pero cuando los programas de vigilancia virológica se extendieron a todo el país, se acabó confirmando la presencia del virus y/o de

anticuerpos específicos en 71 granjas. La especie más afectada fue el visón americano, pero también hubo casos en zorro ártico y perro mapache. Como en el caso de España, la fuente de contagio fue el contacto estrecho con aves silvestres infectadas que, por la baja bioseguridad de este tipo de explotaciones, pueden acceder hasta la zona donde está la comida de los animales. Ante esta situación, Finlandia decidió iniciar, por primera vez en Europa, una campaña de vacunación frente a H5 entre los trabajadores de las granjas peleteras, considerados como población de alto riesgo (Nohynek & Helve, 2024).

3.3. Gatos domésticos

En el pasado se habían producido algunos casos aislados de gripe aviar en gatos domésticos y grandes felinos en zoológicos por tener contacto estrecho o ingerir aves enfermas o muertas. Sin embargo, hasta el verano de 2023 nunca se había notificado un brote masivo en gatos. En el mes de junio se empezaron a producir muertes inusuales de gatos domésticos en distintas regiones de Polonia y pronto se confirmó que el brote se debía al virus H5N1. El análisis genómico de los virus aislados en los gatos confirmó que todos pertenecían al clado 2.3.4.4b y que presentaban una homología muy alta, lo que era compatible con una fuente común de contagio (Domańska-Blicharz et al., 2023). Además, los virus presentaban dos mutaciones en el gen de la proteína PB2 que son indicadoras de adaptación a mamíferos. Los gatos afectados presentaron síntomas neurológicos y respiratorios muy graves que, en la mayoría de los casos, provocaron la muerte de los animales. Tanto los datos genéticos como epidemiológicos apuntan a una fuente común de alimento contaminado. De hecho, investigadores polacos consiguieron aislar el virus a partir de una muestra de pollo crudo congelado procedente de uno de los domicilios afectados (Rabalski et al., 2023).

También en verano de 2023 se produjeron en Corea del Sur dos brotes en refugios para gatos en Seúl (Kim et al., 2023). En ambos casos, la tasa de mortalidad fue muy elevada y la sintomatología muy similar a la descrita en Polonia. En uno de los refugios se confirmó que el origen del contagio fue un alimento comercial para gatos preparado a base de carne cruda de pato que estaba contaminada con el virus.

En Estados Unidos también se han notificado brotes de enfermedad en gatos. Desde 2022, la infección se ha confirmado en más de 100 gatos. La mayoría de los casos se han producido en el entorno de granjas de vacuno, tras el consumo de leche cruda contaminada con el virus (Burrough et al., 2024).

3.4. Un escenario inesperado: gripe aviar en vacuno de leche

En enero de 2024 varios ganaderos de Texas empezaron a notar que algunas de sus vacas estaban produciendo menos leche. Durante más de dos meses se analizaron decenas de muestras para intentar encontrar la causa de las mastitis. Tras descartar la presencia de los patógenos que más frecuentemente afectan al ganado bovino, finalmente, el 25 de marzo de 2024 se confirmó que el virus GAAP H5N1 estaba detrás de estos brotes en vacas. La muerte de varios gatos y la presencia de aves silvestres enfermas en algunas de estas granjas fueron dos pistas clave que ayudaron a enfocar el diagnóstico.

Los estudios genómicos de los virus aislados en las vacas apuntan a que se produjo una única introducción desde las aves silvestres al ganado vacuno en Texas y desde allí el virus se extendió por

todo el país.

El virus tiene un tropismo muy marcado por el tejido mamario donde se replica intensamente, mientras que la transmisión por vía respiratoria es poco relevante (Halwe et al., 2024). En lo relativo al contagio entre vacas, los equipos de ordeño parecen tener un papel importante por la gran cantidad de virus presente en la leche (Rodríguez et al., 2024).

A fecha de marzo de 2025, el virus se ha extendido por casi todo el país, con un total de 989 explotaciones de vacuno afectadas en 17 estados. La situación es especialmente preocupante en California, donde más de la mitad de las granjas han sufrido brotes de la enfermedad.

Esta es la primera vez que se ha detectado transmisión masiva del virus de gripe aviar en rumiantes. El impacto que el virus está teniendo en la ganadería de EEUU, tanto a nivel sanitario como económico, es enorme, pero, además, supone también un gran riesgo para la salud pública, pues se han notificado ya 41 casos de infección en humanos por contacto estrecho con vacas infectadas.

Estamos, por tanto, ante una alerta sanitaria de primer orden que requiere la aplicación de planes de vigilancia, prevención y control diseñados con perspectiva *One Health* (Una Salud) que promuevan una colaboración eficaz entre los expertos en sanidad animal, salud pública y medio ambiente.

Referencias

- Agüero M., Monne I., Sánchez A. et al. (2023). Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus infection in farmed minks, Spain, October 2022. Euro Surveill 28(3):2300001. https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2023.28.3.2300001

- Burrough E.R., Magstadt D.R., Petersen et al. (2024). Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) clade 2.3.4.4b virus infection in domestic dairy cattle and cats, United States. Emerg. Infect. Dis. https://doi.org/10.3201/eid3007.240508

- Campagna C., Uhart M., Falabella V. et al. (2024). Catastrophic mortality of southern elephant seals caused by H5N1 avian influenza. Marine Mammal Sci. https://doi.org/10.1111/mms.13101

- Domańska-Blicharz K., Świętoń E., Świątalska A. et al. (2023). Outbreak of highly pathogenic avian influenza A (H5N1) clade 2.3.4.4b virus in cats, Poland, June to July 2023. EuroSurveill. 28(31):2300366. https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2023.28.31.2300366

- CSIC (2025). El virus de la gripe aviar en la Antártida: cerca de 200 animales infectados en 24 localizaciones de la península antártica.

- Gamarra-Toledo V., Plaza P.I., Angulo F. et al. (2023). Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) strongly impacts wild birds in Peru. Biol. Conserv., 286, 110272. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110272

- Halwe N.J., Cool K., Breithaupt A. et al. (2024). H5N1 clade 2.3.4.4b dynamics in experimentally infected calves and cows. Nature https://doi.org/10.1038/s41586-024-08063-y

- Kim Y., Fournié G., Métras R. et al. (2023). Lessons for cross-species viral transmission surveillance from highly pathogenic avian influenza Korean cat shelter outbreaks. Nat. Commun., 14(1):6958. https://doi.org/10.1038/s41467-023-42738-w

- Lambertucci S.A., Santangeli A., Plaza P.I. (2025). The threat of avian influenza H5N1 looms over global biodiversity. Nat. Rev. Biodivers. 1, 7-9. https://doi.org/10.1038/s44358-024-00008-7

- Lindh E., Lounela H., Ikonen N. et al. (2023). Highly pathogenic avian influenza A (H5N1) virus infection on multiple fur farms in the South and Central Ostrobothnia regions of Finland, July 2023. Euro Surveill 28(31):2300400. https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2023.28.31.2300400

- Lisovski S, Günther A, Dewar M. et al. (2024). Unexpected delayed incursion of Highly Pathogenic Avian Influenza H5N1 (clade 2.3.4.4b) into the Antarctic region. Influenza Other Respir Viruses. 18(10):e70010. https://doi.org/10.1111/irv.70010.

- Nohynek H, Helve OM. (2024). One health, many interpretations: vaccinating risk groups against H5 avian influenza in Finland. Euro Surveill. 29(25):2400383. https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2024.29.25.2400383.

- Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA). (2024). https://www.woah.org/en/disease/avian-influenza/

- Peacock T., Moncla L., Dudas G. et al. (2024). The global H5N1 influenza panzootic in mammals. Nature https://doi.org/10.1038/s41586-024-08054-z.

- Plaza P.I., Gamarra-Toledo V., Euguí J.R., Lambertucci S.A. (2024). Recent changes in patterns of mammal infection with Highly Pathogenic Avian Influenza A (H5N1) virus worldwide. Emerg. Infect. Dis., 30(3):444-452. https://doi.org/10.3201/eid3003.231098

- Rabalski L., Milewska A., Pohlmann A. et al. (2023). Emergence and potential transmission route of avian influenza A (H5N1) virus in domestic cats in Poland, June 2023. Euro Surveill 28(31):2300390. https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2023.28.31.2300390

- Rodríguez Z, Picasso-Risso C, O'Connor A, Ruegg PL. (2024). Hot topic: Epidemiological and clinical aspects of highly pathogenic avian influenza H5N1 in dairy cattle. JDS Commun. 5(Suppl 1): S8-S12. https://doi.org/10.3168/jdsc.2024-0650

GRIPE AVIAR EN GANADO VACUNO DE LECHE: IMPACTO EN SANIDAD ANIMAL Y SALUD PÚBLICA

Elisa Pérez-Ramírez

Centro de Investigación en Sanidad Animal CISA-INIA, CSIC

Valdeolmos, Madrid

En enero de 2024 varios ganaderos de Texas empezaron a notar que algunas de sus vacas estaban produciendo menos leche y que ésta era más densa y de color amarillento, con aspecto similar al calostro. Las vacas también presentaban fiebre, letargia, inapetencia, deshidratación y alteraciones de la rumia. Durante más de dos meses se analizaron decenas de muestras en busca del agente patógeno que estaba causando las mastitis y el resto del cuadro clínico. Finalmente, el 25 de marzo de 2024 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) confirmó que el virus de la gripe aviar H5N1 era el causante de la enfermedad en las vacas. Se trataba de un hallazgo muy relevante porque nunca antes se había detectado gripe aviar en ganado bovino.

El virus se extendió con rapidez entre las granjas y un año después de la primera detección, el virus ha sido identificado en 989 explotaciones de vacuno en 17 estados del país.

Los estudios genómicos de los virus aislados en las vacas confirmaron que todas las cepas analizadas eran muy similares y se agrupaban en un mismo genotipo, llamado B3.13 (Owusu & Sanad, 2025). Esto indica que es muy probable que se produjera una única introducción del virus desde las aves silvestres al ganado vacuno en Texas a finales de 2024 y desde allí el virus se extendió por todo el país por el transporte de vacas infectadas.

Sin embargo, en febrero de 2025 se detectó una nueva variante del virus en vacas en el estado de Nevada. En este caso, el virus pertenecía al genotipo D1.1 que es el que circula en aves silvestres y domésticas en el país (APHIS, 2025). Este hecho indica que el salto de la gripe aviar de aves a vacas no es algo tan excepcional, sino que podría ocurrir con más frecuencia de la esperada, con el riesgo que eso supone para la producción ganadera.

Uno de los hallazgos más llamativos de la infección en las vacas ha sido el tropismo del virus por el tejido mamario. De hecho, aunque el virus se ha detectado en hisopos orales y en casos muy esporádicos en heces y sangre de las vacas afectadas, es la leche la que contiene altísimas concentraciones de virus que pueden llegar hasta 10^8 TCID/ml (Caserta et al., 2024). Es, por tanto, la leche la principal fuente de infección y también la muestra de elección para el diagnóstico.

A diferencia de lo que ocurre con la infección por virus de gripe aviar de alta patogenicidad en otras especies, en vacas la transmisión por vía respiratoria tiene un papel poco relevante. El contagio entre vacas se produce fundamentalmente a través de los equipos de ordeño (Halwe et al., 2024) aunque es probable que existan otras vías de contagio. De hecho, hay muchas cuestiones relativas a la epidemiología del virus en las vacas que desconocemos, como las relacionadas con las vías de transmisión, el porcentaje de animales que pueden presentar infección asintomática, duración de la respuesta inmune, etc. Es urgente realizar investigaciones mucho más detalladas en las granjas para

aclarar cómo el virus se mantiene y transmite en y entre las explotaciones.

La información más rigurosa disponible hasta el momento proviene de diversas infecciones experimentales realizadas en laboratorios de alta seguridad biológica (NCB-3). Los principales resultados derivados de estos trabajos indican que:

- Las cepas europeas de H5N1 pueden provocar el mismo cuadro clínico en las vacas que la cepa americana (genotipo 3.13) cuando se inoculan por vía intramamaria. Por tanto, el hecho de que no se hayan producido brotes de gripe aviar en vacas fuera de Estados Unidos no se debe al virus en sí, sino a otros factores que por ahora se desconocen.

- Los primeros síntomas (letargia, fiebre, alteraciones de la rumia, disminución de la producción de leche) aparecen desde el día 1 post infección.

- La infección produce una bajada drástica en la producción lechera que alcanza su mínimo 4 días después de la inoculación (llegando al 30-40% de la producción inicial).

- Aunque la producción de leche se va recuperando lentamente a partir de la primera semana, nunca llega a alcanzar el nivel inicial. Dos meses después de la infección, la bajada en la producción se mantiene.

- El material genético del virus se puede detectar por PCR en leche hasta 3 semanas después de la inoculación, pero el virus es infectivo (contagioso) solo los primeros 7 días.

- Las vacas desarrollan anticuerpos a partir del día 6 post infección y son detectables tanto en leche como en sangre.

El impacto de estos brotes está siendo muy importante a nivel sanitario y económico, pero además también tiene graves repercusiones en seguridad alimentaria y salud pública. El USDA ha comprobado que la pasteurización inactiva el virus presente en la leche, aunque se pueden seguir detectando fragmentos del genoma por PCR. Sin embargo, la leche cruda de vaca supone un enorme riesgo ya que se ha confirmado experimentalmente que ratones que ingieren esta leche desarrollan infección sistémica y el virus se puede detectar en muchos de sus órganos, incluyendo las glándulas mamarias (Guan et al., 2024). En otros modelos animales más próximos a los humanos, como los macacos, la vía orogástrica resultó menos eficaz pero sí que provocó infección subclínica y seroconversión (Rosenke et al., 2025).

Es importante tener en cuenta que el consumo de leche cruda no es tan infrecuente en la población estadounidense. Según un estudio reciente, el 4,4% de los adultos afirmó haberla consumido al menos una vez en el último año y un 1,6% al menos una vez al mes (Lando et al., 2022).

Hasta el momento no se ha declarado ningún caso en personas por consumo de leche cruda de vaca, pero sí por contacto con vacas enfermas. La infección por H5N1 se ha confirmado en 41 trabajadores de granjas de vacuno de Estados Unidos (de los cuales, 36 en California). Afortunadamente, los casos han sido leves: la mayoría desarrollaron conjuntivitis y en menor medida, síntomas respiratorios leves (Uyeki et al., 2024). Dado el alto número de granjas con infección confirmada en vacas, las escasas medidas de protección en los trabajadores y los síntomas leves que se han observado hasta ahora, es altamente probable que se hayan producido más casos que no se han llegado a diagnosticar. De hecho, un estudio

realizado en 115 trabajadores de granjas de vacas de Michigan y Colorado durante el verano de 2024 detectó una seroprevalencia del 7%. De los trabajadores que desarrollaron anticuerpos frente a H5N1, solo la mitad presentaron síntomas, lo que resalta la importancia de implementar planes de vigilancia activa en estas poblaciones altamente expuestas al virus (Mellis et al., 2024).

La intensa circulación del virus H5N1 en las explotaciones de vacuno está teniendo graves consecuencias también en otras especies. El virus bovino ha saltado desde las vacas a las aves de corral (provocando la muerte de más de 20 millones de aves en Estados Unidos), a los gatos y a la fauna silvestre en las cercanías de las granjas afectadas (Burrough et al., 2024). Los brotes en vacas ya no son solo un enorme problema para la industria láctea de Estados Unidos, sino que la epidemia está teniendo graves efectos en cascada (sanitarios y económicos) para otros animales y, por supuesto, para los humanos.

Es imprescindible evitar que el virus siga adaptándose a especies ganaderas que tienen un contacto estrecho con las personas. Para ello, es necesario llevar a cabo una vigilancia sanitaria mucho más intensa que incluya la detección vírica en leche de tanque, controles estrictos previos al movimiento de las vacas, cuarentenas de los animales afectados y mejora de la bioseguridad para limitar al máximo la interacción entre ganado y fauna silvestre. En este contexto, es muy importante que Europa se prepare ante la eventual detección del virus en rumiantes y que desarrolle protocolos eficaces siguiendo la estrategia *One Health* para facilitar la colaboración de todos los sectores implicados (ganadería, fauna silvestre, salud pública) y poder asi mitigar el impacto devastador de este virus.

Referencias

- Burrough, E.R., Magstadt, D.R., Petersen et al. (2024). Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) clade 2.3.4.4b virus infection in domestic dairy cattle and cats, United States. Emerg. Infect. Dis. https://doi.org/10.3201/eid3007.240508

- Caserta, L.C., Frye, E.A., Butt, S.L. et al. (2024). Spillover of highly pathogenic avian influenza H5N1 virus to dairy cattle. Nature 634, 669–676. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07849-4

- Guan, L., Eisfeld, A.J., Pattinson, D., Gu, C. et al. (2024). Cow's milk containing avian influenza A(H5N1) virus - heat inactivation and infectivity in mice. N. Engl. J. Med. https://doi.org/10.1056/nejmc2405495

- Halwe, N.J., Cool, K., Breithaupt, A. et al. (2024). H5N1 clade 2.3.4.4b dynamics in experimentally infected calves and cows. Nature https://doi.org/10.1038/s41586-024-08063-y

- Lando AM, Bazaco MC, Parker CC, Ferguson M. (2022). Characteristics of U.S. consumers reporting past year intake of raw (unpasteurized) milk: results from the 2016 food safety survey and 2019 food safety and nutrition survey. J Food Prot. 2022 Jul 1;85(7):1036-1043. https://doi.org/10.4315/JFP-21-407

- Martin, N.H., Trmcic, A., Alcaine, S.D. (2024). Hot topic: Avian influenza subtype H5N1 in US dairy-A preliminary dairy foods perspective. JDS Commun. 5(Suppl 1). https://doi.org/10.3168/jdsc.2024-0634

- Mellis AM, Coyle J, Marshall KE, Frutos AM, et al. (2025). Serologic evidence of recent infection with highly pathogenic avian influenza A (H5) virus among dairy workers - Michigan and Colorado, June-August 2024. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2024 Nov 7;73(44):1004-1009. https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7344a3

- Owusu, H., Sanad, Y.M. (2025). Comprehensive Insights into Highly Pathogenic Avian Influenza H5N1 in dairy cattle: transmission dynamics, milk-borne risks, public health implications, biosecurity recommendations, and One Health strategies for outbreak control. Pathogens 2025, 14, 278. https://doi.org/10.3390/pathogens14030278

- Rosenke, K., Griffin, A., Kaiser, F. et al. (2025). Pathogenesis of bovine H5N1 clade 2.3.4.4b infection in macaques. Nature https://doi.org/10.1038/s41586-025-08609-8

- Uyeki TM, Milton S, Abdul Hamid C. et al. (2024). Highly Pathogenic Avian Influenza A(H5N1) virus infection in a dairy farm worker. N Engl J Med. https://doi.org/10.1056/nejmc2405371

- APHIS, 2025. APHIS Confirms D1.1 Genotype in Dairy Cattle in Nevada

LA FARMACOVIGILANCIA VETERINARIA

Ramiro Casimiro Elena.

Jefe adjunto del Departamento de Medicamentos Veterinarios. Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios

Introducción

Los medicamentos veterinarios (MV) tienen una regulación en la UE de más de 40 años (Directivas CE 81/851 y 81/852), siguiendo un proceso de confluencia con la correspondiente legislación de los medicamentos de uso humano, hecho que se da también en la farmacovigilancia veterinaria (FV). Eso otorga a la legislación veterinaria unos estándares del máximo nivel y perfectamente equiparables a las legislaciones de los países más exigentes.

En la FV se ha producido un cambio profundo con la aprobación del Reglamento (UE) 2019/6, que entró en aplicación a finales de enero del 2022, al eliminarse algunas de las herramientas existentes (pe. los informes periódicos de seguridad) e incorporarse otras (pe. el proceso de gestión de señales) que ha supuesto una revolución tanto para los laboratorios titulares de autorizaciones de comercialización (TAC), los titulares de registros (TR) como para las autoridades competentes.

Otro cambio importante en España ha sido la aprobación del Real Decreto 1157/2021, que derogó el Real Decreto 1246/2008, y que ha supuesto en FV algunos cambios importantes como la obligación de los profesionales sanitarios de comunicar las sospechas de acontecimientos adversos (SAA) en un plazo máximo de 15 días desde que tienen conocimiento de ellas o que los TAC/TR tienen la obligación de comunicar las SAA de las que tengan conocimiento a través de las redes sociales.

Por tanto, nos encontramos en un momento de cambio normativo que confiamos ayude a mejorar los niveles de comunicación de SAA (la infra notificación es uno de sus problemas de base) y a mejorar los estándares de calidad y disminuyendo la carga administrativa.

Definición de FV y tipos de AA.

Hasta el Reglamento (UE) 2019/6 sobre medicamentos veterinarios no había una definición de FV. Esta norma lo define como: la ciencia y actividades vinculadas a la detección, la evaluación, la comprensión y la prevención de las SAA o cualquier otro problema relacionado con un medicamento.

En la FV están implicados los profesionales sanitarios, que son básicos en el sistema al ser los que prescriben, dispensan y, muchas veces, administran los medicamentos a los animales y por ellos pasa gran parte de las opciones de descubrir la presentación de un AA en la clínica diaria.

La legislación europea describe los tipos AA, que son los siguientes:

a) Reacción adversa, entendida como un efecto nocivo e involuntario en el animal al que se administra el medicamento o en un animal que está en contacto con el animal tratado. Es decir, es un problema de seguridad en los animales. Se incluyen tanto las ocurridas cuando el medicamento se administró conforme está autorizado como las ocurridas cuando el medicamento se administró desviándose en algo de la autorización (pe. se administró en cascada a una especie animal diferente).

b) Falta de la eficacia, es el otro gran grupo de AA, alcanzando unos niveles del 30-35% del total. Aquí pueden intervenir distintos factores, como, por ejemplo: desarrollo de resistencias al antibiótico, fallos en el programa vacunal (pe. porque la vacuna se administró a edad demasiado temprana), incompatibilidades entre medicamentos.

c) Problema relacionado con el tiempo de espera. Cuando se administra el MV, se respeta el tiempo de espera que tiene establecido y, sin embargo, aparecen niveles del metabolito del MV en el animal en cantidades superiores a los correspondientes límites máximos de residuos (LMR) para ese metabolito en ese tejido y en esa especie animal. Esto hace sospechar que quizás el tiempo de espera es insuficiente para que el animal consiga metabolizar el MV y reducir los metabolitos en sus tejidos por debajo de los LMR.

d) Posibles problemas medioambientales (pe. la muerte de aves carroñeras tras ingerir restos de animales a los que se les había administrado diclofenaco o flunexin meglumina).

e) Transmisión de un agente infeccioso con la administración del medicamento (pe. porque el medicamento está contaminado con un microorganismo).

f) Reacción adversa en animales a medicamentos de uso humano. Esta es la principal novedad del Reglamento (UE) 2019/6. La razón es que la legislación permite en determinadas circunstancias y sujeta a determinadas condiciones, la prescripción de un medicamento de uso humano en los animales y la legislación lo que busca es que esos casos no se escapen a la FV para poder identificar los riesgos y poder adoptar las medidas correctoras oportunas.

g) Reacción adversa en personas a medicamentos veterinarios (pe. debido a inyecciones accidentales).

Sistema Español de Farmacovigilancia de Medicamentos Veterinarios (SEF-VET).

El Real Decreto Legislativo 1/2015 en su art. 41 crea SEF-VET, que tiene por objeto la identificación, cuantificación, evaluación y prevención de los riesgos del uso de los MV y el seguimiento de los posibles acontecimientos o efectos adversos (efectos adversos es sinónimo de AA) de éstos en los animales, las personas o el medio ambiente, así como la presunta falta de eficacia y la detección de tiempos de espera inadecuados. Esta base constitutiva, debe ser desarrollada reglamentariamente (inicialmente a través del Real Decreto 1246/2008, que fue derogado por el actual Real Decreto 1157/2021), siendo coordinado por la AEMPS e integrará las actividades que las Administraciones sanitarias realicen para recoger y elaborar la información sobre AA en veterinaria. Finalmente, establece algo muy relevante, y es que los TAC/TR, los veterinarios, los farmacéuticos y demás profesionales sanitarios tienen el deber de comunicar a la AEMPS, de la manera que se determine reglamentariamente, las SAA de los que tengan conocimiento y que puedan haber sido causadas por MV. Por lo tanto, ya está estableciendo una obligación de comunicación de SAA a los profesionales sanitarios.

Por su parte, el Real Decreto 1157/2021 por el que se regulan los medicamentos veterinarios fabricados

industrialmente, en su art. 34, indica que el SEF-VET reunirá la información pertinente para la supervisión de estos medicamentos y evaluará científicamente las SAA.

El SEF-VET identifica las posibles fuentes de información del sistema:

a) Notificación de SAA por parte de veterinarios, médicos, farmacéuticos y demás profesionales sanitarios.

b) Notificación de SAA por parte de los TAC/TR.

c) Notificación de SAA por parte de propietarios o responsables de los animales, así como de particulares.

d) Estudios posautorización.

e) Bases de datos sanitarias.

f) Informes preclínicos de experimentación animal e informes de los ensayos clínicos de un medicamento o de una sustancia activa.

g) Informaciones relacionadas con la fabricación, conservación, distribución, prescripción, dispensación, venta, administración y hábitos de utilización en los animales de un MV o sustancia activa o de un medicamento de uso humano.

h) Publicaciones de la literatura científica.

i) Otras fuentes de información, tales como redes sociales, así como las relativas al uso incorrecto y abuso de los medicamentos que pueda repercutir sobre la evaluación de los beneficios y riesgos de los medicamentos.

j) El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), así como, otras autoridades y organismos nacionales e internacionales.

El SEF-VET define quienes son los “Agentes del sistema”, reconociendo tal condición a:

a) La AEMPS.

b) Las CCAA.

c) Los profesionales sanitarios.

Este último apartado refrenda la importancia de su participación en el SEF-VET.

A los profesionales sanitarios (veterinarios, médicos, farmacéuticos, etc.) les establece las siguientes obligaciones:

a) Colaborar en el SEF-VET.

b) Cooperar con los técnicos del SEF-VET, proporcionando la información necesaria que estos les soliciten para ampliar o completar la información sobre el AA.

c) Colaborar con la AEMPS, en calidad de expertos, en la evaluación de los problemas de eficacia y seguridad

de los medicamentos.

d) Notificar toda SAA, conforme se define en el Reglamento (UE) 2019/6, de la que tengan conocimiento y enviarla lo más rápidamente posible, y en todo caso, en un plazo máximo de 15 días a la AEMPS o al TAC/TR.

e) Conservar, durante al menos 5 años, la documentación clínica de las SAA a medicamentos, con el fin de completar o realizar el seguimiento, en caso necesario.

f) Mantenerse informados sobre los datos de eficacia y seguridad de los medicamentos que habitualmente prescriban, dispensen o administren, según los casos.

g) Colaborar con los responsables de FV de los TAC/TR, aportándoles la información que le soliciten, para su posterior notificación al SEF-VET.

Notificación de SAA y proceso de gestión de señales

La notificación de SAA a la AEMPS ya sea por los profesionales sanitarios, el público general (propietarios y responsables de los animales), el Ministerio de Agricultura, el Instituto Nacional de Toxicología y las CCAA puede hacerse de múltiples formas:

1) A través del formulario europeo de uso exclusivo por profesionales sanitarios conocido en España como TARJETA VERDE, disponible en la web de la AEMPS (www.aemps.gob.es), que puede descargarse (http://bit.ly/tarjeta_verde) y se debe enviar al Área de Farmacovigilancia Veterinaria (**fv_vet@aemps.es)**, por correo postal, carta o email.

2) Electrónicamente a través de NotificaVet, disponible igualmente en la web de la AEMPS (https://sinaem.aemps.es/fvvet/NotificaVet).

3) Se puede comunicar también mediante un escrito sin formato predefinido o por email a (**fv_vet@aemps.es)**.

4) Además, las plataformas de receta electrónica del Consejo General de Colegios Veterinarios (PRESCRIVET) y la del Consejo Andaluz de Colegios Veterinarios (RECEVET) permite a los veterinarios comunicar SAA.

En todos los casos, tras el envío de la SAA, se recibirá un código identificativo para consultas y poder enviar información adicional (pe. informes, resultados de pruebas diagnósticas, fallos detectados, etc.).

Desde la AEMPS se advierte la importancia de hacer la comunicación lo más completa posible, pues todos los campos del formulario son de interés para una correcta evaluación del caso. Asimismo, indicar que hay campos obligatorios: notificador, animal/persona que sufre el AA, medicamento/s administrado/s, síntomas observados y fechas de aparición del AA.

Una vez recibida una SAA, la AEMPS procede a validarla y evaluarla, solicitando, en su caso, información adicional. Por ello, es importante aportar los datos de contacto (tfno./email), que en ningún caso se

difundirán ya todos los datos personales se anonimizan antes del envío del AA a la UPhD.



Figura 1. Tarjeta Verde e icono de Notificavet

Tras su evaluación, los AA se registran en la base de datos de FV de la AEMPS (“VIGIA-VET”), y desde ella se envían electrónicamente a la UPhD, que reúne todos los AA a nivel mundial de todos los MV autorizados en la UE. El objetivo es poder analizar conjuntamente todos los AA de cada MV a través de un proceso de detección de señales que determine si el balance beneficio/riesgo del MV sigue siendo positivo o, si, por el contrario, es negativo y corresponde tomar alguna medida de mitigación de riesgos, entre las que están:

- Cambios en las condiciones de la autorización (pe. inclusión de nuevas advertencias o restricciones de uso en el RCP y prospecto;);
- Retirada de lotes del mercado;
- Suspensión o revocación de la autorización de comercialización o del registro.

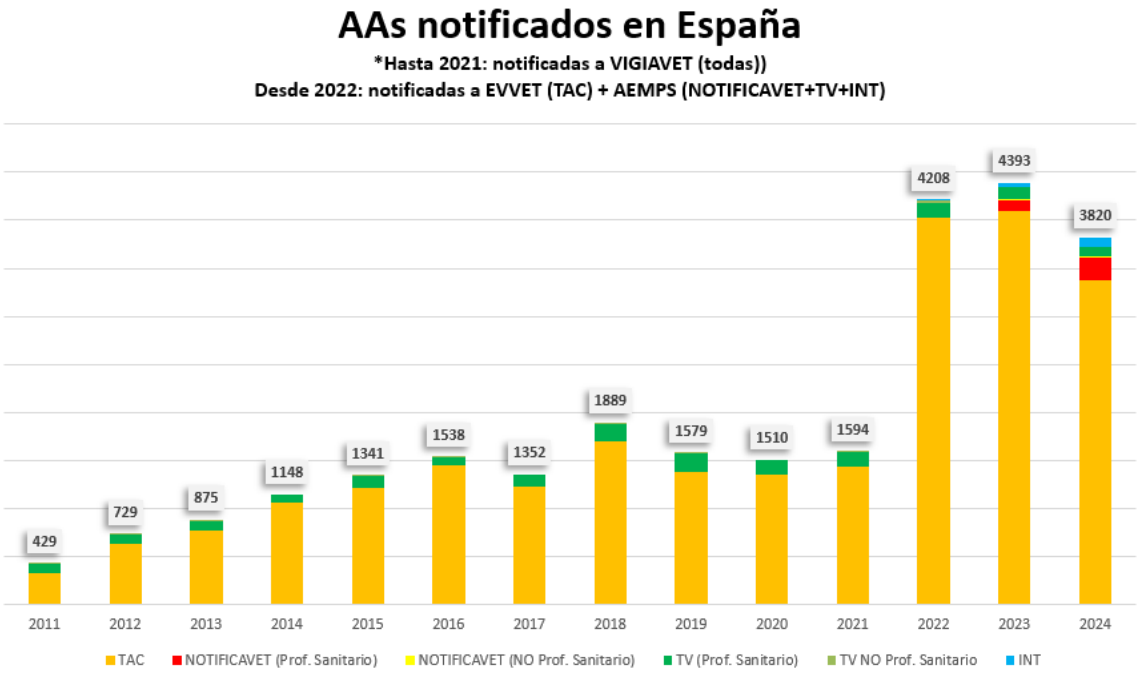
Estadísticas de FV en España

Datos de AA en España en 2024

La tendencia general de notificación de SAA en España desde hace 25 años es de un continuo aumento, habiéndose producido algunos picos puntuales debido a problemas concretos.

En 2024 se recibieron un total de 3.820 AA ocurridos en España, lo que supone un ligero descenso respecto de los casos notificados en el año anterior (Gráfica 1). No hay ninguna razón clara que explique este pequeño descenso, salvo, quizás, una reducción en el caso de anafilaxias en rumiantes respecto de los 2 últimos años.

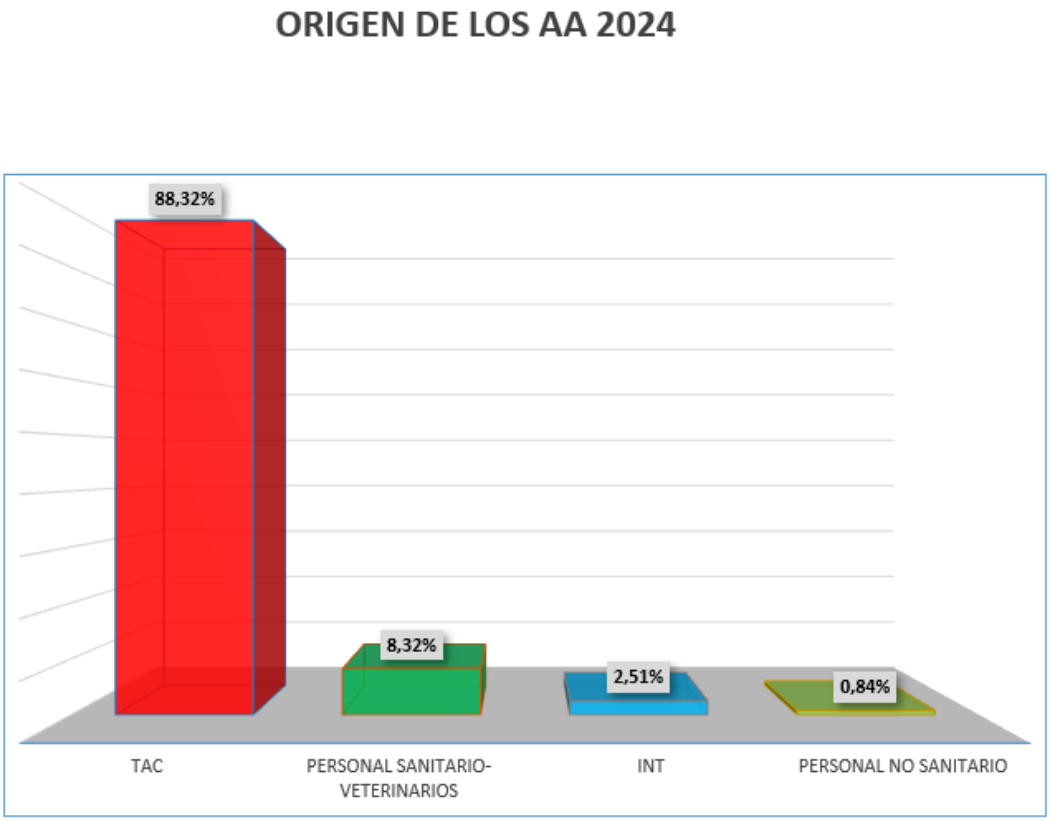
La escalada de AA del 2021 al 2022 se debió a la entrada en aplicación del Reglamento (UE) 2019/6, según el cual, los TAC / TR deben notificar a la UPhD todos los AA de los que tengan conocimiento y no como se hacía previamente, donde había obligación de notificar individualmente solo los AA graves en animales ocurridas en la UE, las AA ocurridas en personas a nivel mundial y los AA graves e inesperados en animales ocurridos en terceros países a la UE, por lo que este cambio legal en la notificación ha supuesto la notificación individual de los AA no graves, lo que da una imagen total de un aumento que no es real.



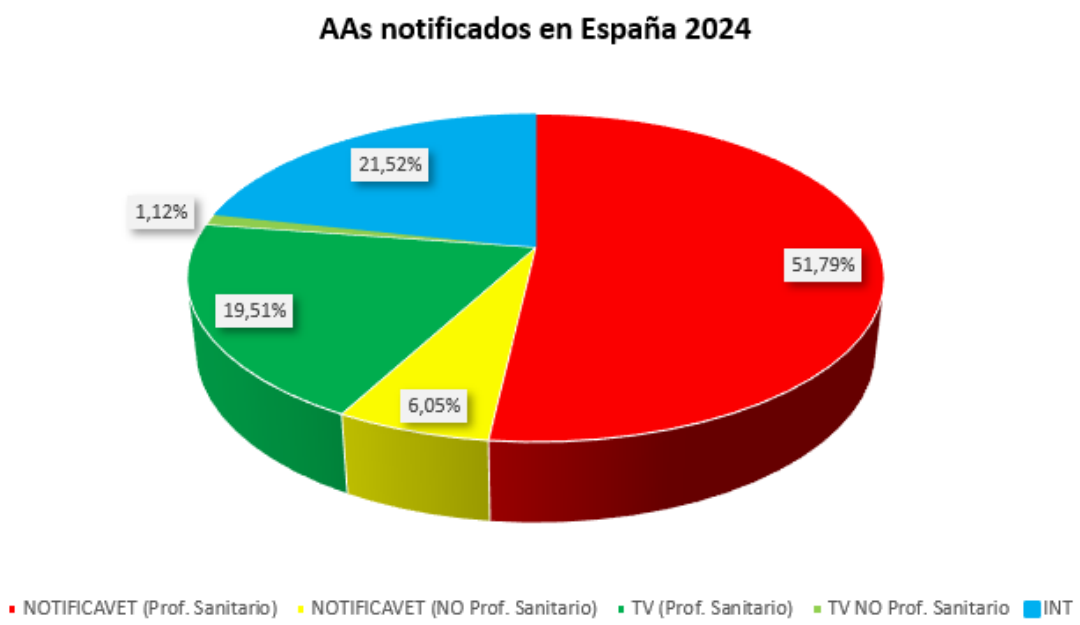
Gráfica 1. Notificaciones en España en el año 2024 (hasta 2021, notificadas a VIGIAVET, desde 2022, notificadas a EVVET (TAC)+ TV+NOTIFICAVET).

En cuanto al origen de las notificaciones recibidas en EVVET (Gráfica 2), en el 2024 la mayoría fueron remitidas por los TAC/TR (un 88,32%), puesto que la gran mayoría de los veterinarios les notifican

directamente las SAA de sus MV a los TAC / TR y no a la AEMPS. Únicamente el 11,68% de SAA se notificaron directamente a la AEMPS por los profesionales sanitarios, público general e Instituto Nacional de Toxicología-INT-), lo cual supone un avance con respecto al año anterior (en 2023, solo se notificaron a la AEMPS un 6’21% del total). De estos tres notificadores, la mayoría provienen de los profesionales sanitarios (71%), el 21’5% del INT, y el resto (7,17%) del público en general (propietarios de animales, ganaderos, etc.), datos que se muestran en la Gráfica 3.



Gráfica 2: Origen de las notificaciones (EVVET).



Gráfica 3: Origen de las notificaciones en España

Los datos del 2024 (Gráfica 4) muestran una mayoría de AA en animales de compañía (fundamentalmente perros). En el caso de animales productores de alimentos, somos conscientes de las dificultades añadidas en el marco del trabajo rural, y que no es igual de fácil disponer de los medios y del tiempo para notificar, pero las obligaciones legales y el interés por conocer la eficacia y seguridad de los medicamentos es la misma que para las demás especies.

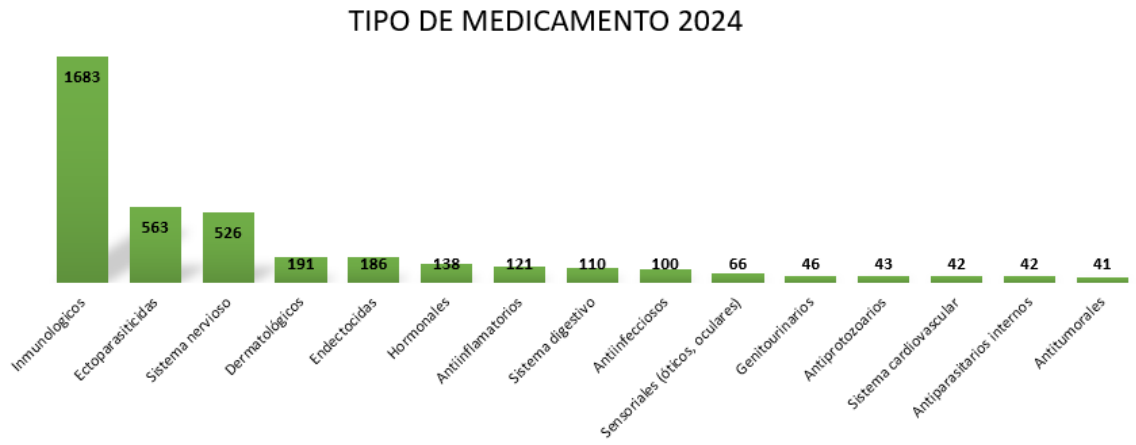


Gráfica 4. Notificaciones en España por especie en 2024

Otras especies (con menos de 5 notificaciones al año): aves de corral (4), abejas (4), peces (1), otras aves

(agapornis, flamenco, loro, buitre, 1 cada una) jerbo (1), león marino (1).

En cuanto a los tipos de MV con mayor número de AA en 2024 en España (Gráfica 5), fueron las vacunas, seguido de los ectoparasiticidas.



Gráfica 4: Notificaciones en España por tipo de medicamento en 2024.

Casos prácticos.

1) Vetersan mastitis lactación y Vetersan mastitis secado.

MV indicado para las mastitis en vacas en lactación. Se notificaron AA consistente en la existencia de residuos en leche superiores a los LMR a pesar de haber respetado el tiempo de espera.

La AEMPS ordenó la retirada de todos los lotes y se suspendió la autorización. Además, se solicitó al TAC un estudio de depleción de residuos* que, al no realizarlo, supuso la revocación definitiva de la autorización de comercialización.

*Estudio para conocer el tiempo de espera, realizando muestreos en distintos tiempos tras la administración del medicamento con la posología indicada para conocer cunado el nivel de residuos está por debajo de los correspondientes Límites Máximos de Residuos.

2) Transmisión de agentes infecciosos

En 2002 y 2003 tuvimos en España dos episodios de contaminación con *Clostridium sordelli* en vacunas policlostridiales multivalentes e inactivadas indicadas en ovino, caprino y bovino.

Los signos comunicados fueron inflamación en el punto de inyección, que se regionalizaba y en muchos casos causaban la muerte.

Las vacunas cumplían con los test de agentes extraños y habían sido fabricadas según las normas de correcta fabricación.

Se realizaron diversos estudios, observándose el crecimiento de un *Clostridium sordelli* parcialmente

inactivado que estaba contaminando las vacunas. Y tras ello, se impuso a los fabricantes la realización de los tests de agentes extraños alargando el tiempo de cultivo hasta un mínimo de 30 días.

3) Vacunas de Lengua Azul.

Especialmente los años 2008 a 2010 se recibieron multitud de comunicaciones tras vacunación con distintos serotipos. Los signos más frecuentes fueron:

- ✓ Abortos.
- ✓ Problemas anafilácticos.
- ✓ Disminución de la producción láctea.
- ✓ Signos Digestivos: anorexia, pérdida apetito y caquexia.
- ✓ Signos Nerviosos: temblores, convulsiones y ceguera.
- ✓ Signos generales: fiebre, letargia y muerte.

Se realizó un Estudios posautorización sin que arrojase luz al caso.

4) Kexxtone (Monensina). Se notifican casos de:

- ✓ Regurgitación, con la consiguiente falta de eficacia.
- ✓ No liberación de las pastillas, con la consiguiente falta de eficacia.
- ✓ Ingestión accidental de pastillas por perros, con casos de muerte.

Actualmente está suspendida su autorización ce comercialización.

5) Reacciones en personas.

Reacciones adversas en personas tras la inyección accidental de vacunas inactivadas.

Las vacunas inactivadas incluyen adyuvantes con el fin de prolongar la duración de la inmunidad a través de la formación de un depósito subcutáneo o intramuscular que se va liberando poco a poco. Los adyuvantes contienen aceites minerales, hidróxido de aluminio y/o saponinas, y pueden causar graves reacciones en personas, que precisaron en ocasiones de la amputación de falanges o dedos.

Ello motivó que se modificasen las autorizaciones y se introdujeran nuevas advertencias al usuario que administre las vacunas, así como para los médicos facultativos que tratan a estos pacientes.*"Este medicamento veterinario contiene aceite mineral. Su inyección accidental/autoinyección puede provocar un dolor agudo e inflamación, en particular si se inyecta en una articulación o un dedo, y en casos excepcionales podría provocar la pérdida del dedo afectado si no se proporciona atención médica urgente. (…)"*
Reacciones adversas tras la inyección accidental del MICOTIL 300.

Se produjeron dos casos mortales en estado Unidos de Norteamérica tras la inyección accidental. La Tilmicosina tiene en el hombre un efecto inotrópico negativo intenso produciendo una depresión de la contractilidad del miocardio.
Se modificó la autorización para reflejar establecer una medidas de gestión de riesgos y para dar instrucciones al personal sanitario que atendiera a un paciente con este problema.

6) Incidentes medioambientales

Los medicamentos a base de diclofenaco causaron graves problemas de toxicidad en aves carroñeras en países asiáticos (India y Pakistán).

En España se autorizaron los primeros MV a base de diclofenaco en el 2013 y desde el principio se incluyeron unas estrictas medidas de gestión de riesgos. A pesar de ello, en 2021 se comunicó la muerte de un buitre negro en los Pirineos, detectándose residuos en hígado y riñón. Ello motivo que se aumentasen las medidas de mitigación de riesgos.

Riesgos parecidos entraña el flunixin meglumina, y se han adoptado medidas similares a las del diclofenaco.

Se han comunicado también varios casos (en 2023 un quebrantahuesos y en 2024 varios buitres leonados) en los que tras el examen forense se detectó restos de pentobarbital.

Tras estos casos, se acordó en la UE la inclusión de advertencias en los MV que contienen pentobarbital para que los animales sacrificados no sean accesibles a las aves necrófagas (y fauna salvaje en general).

7) Enrofloxacina

La enrofloxacina es un antimicrobiano utilizado para el tratamiento de infecciones bacterianas del aparato respiratorio, digestivo y urinario, otitis externas, infecciones de la piel y heridas.

En 2008 se notificaron casos de ceguera en gatos en Estados Unidos. El TAC realizó un estudio posautorización, empleando dosificaciones de 0, 5, 20 y 50 mg/kg./día, durante 31 días.

Tras la evaluación de los resultados, se concluyó que se producían lesiones irreversibles en la retina a dosis iguales o superiores a 20 mg/kg/día, en duraciones de tratamiento de 3 semanas. Es decir, las lesiones tenían lugar con posologías muy superiores a la autorizada en la UE (5 mg/kg pv. y duración del tratamiento de 1 semana).

Finalmente, se decidió incluir en la sección 4.10 Sobredosificación del RCP, y la correspondiente del prospecto, la siguiente recomendación: “En gatos pueden ocurrir efectos retino-tóxicos incluyendo ceguera irreversible cuando las dosis recomendadas se exceden en 2-4 veces o más”. Con ello, se informa a los veterinarios de los riesgos que se asumen si se prescribe a esos regímenes posológicos.

Puntos clave:

1) Los profesionales sanitarios están obligados en España a comunicar toda SAA de la que tengan conocimiento y hacerlo en el plazo de 15 días. Cumplir con esta obligación es crítico en FV, pues sabemos que la inmensa mayoría de las SAA las identifica el profesional sanitario y de él depende que el sistema de FV pueda alimentarse.

2) El SEFVET no es un sistema para enjuiciar la actuación del profesional sanitarios, si ha hecho correctamente el diagnóstico, la prescripción, la dispensación o el uso del medicamento, sino que únicamente busca analizar la posible responsabilidad del medicamento en esa SAA y, a partir de ahí, si se derivan cambios en el balance beneficio / riesgo y la necesidad de adoptar medidas correctoras para prevenir o minimizar los posibles riesgos.

3) A través de la promoción de la farmacovigilancia por parte de las autoridades competentes, se pretenden aumentar las notificaciones de acontecimientos adversos por parte de los profesionales sanitarios y público en general; esto ofrecería las herramientas necesarias para poder conocer más profundamente los medicamentos, y hacerlos más seguros y eficaces.

GANADERÍA DE PRECISIÓN EN VACUNO DE CARNE: RETOS Y OPORTUNIDADES

F. Maroto Molina, M. J. García García, E. Padrón Tejera y M. P. Torralbo Muñoz

Departamento de Producción Animal, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, Universidad de Córdoba

El sector vacuno de carne representa en nuestro país aproximadamente el 15% de la producción final ganadera, siendo España el cuarto país de Europa en número de cabezas, solo por detrás de Francia, Irlanda y Alemania. Pese a su importancia económica, así como su papel en la provisión de otros servicios ecosistémicos de carácter medioambiental y social, el sector enfrenta numerosos retos, desde la percepción social de la actividad por parte de las sociedades urbanas hasta la necesidad de adaptación al cambio climático y a la inestabilidad de los mercados internacionales.

Por otro lado, cabe esperar un incremento de la demanda de carne de vacuno a nivel mundial en las próximas décadas. Esta situación puede suponer una oportunidad para el sector español, especialmente en los mercados de alto valor. En cualquier caso, es esperable que el potencial aumento de la producción provenga de un aumento de la eficiencia y de un incremento del tamaño de las explotaciones, no de la existencia de un mayor número de productores. En este contexto, que conlleva una menor capacidad de los ganaderos para la inspección audiovisual de los animales por parte de los ganaderos, es donde los sistemas de ganadería de precisión pueden ser importantes para mantener o mejorar la eficiencia productiva y asegurar el bienestar animal.

En esta ponencia se revisan las principales tecnologías de precisión, tanto disponibles comercialmente como en fase de desarrollo, para el sector vacuno de carne, diferenciando entre las soluciones para el sector de vacas nodrizas y para el sector de cebo.

En el primer caso, la producción animal se realiza casi exclusivamente en extensivo, lo cual conlleva una serie de condicionantes tecnológicos para el desarrollo de herramientas de ganadería de precisión, así como de los sistemas de apoyo a la decisión asociados a las mismas. La principal limitante tecnológica es la disponibilidad de redes de comunicación inalámbrica que permitan trasmitir los datos recogidos por las tecnologías en tiempo real. Se revisan tanto el estado actual de estas comunicaciones como los desarrollos en marcha para el futuro. En cuanto a las tecnologías, se repasan las herramientas de precisión basadas en sistemas de posicionamiento GPS/GNSS, que permiten monitorizar la relación espaciotemporal del ganado con su entorno, así como las principales utilidades asociadas a los datos proporcionados por estos dispositivos. Se pone especial énfasis en las utilidades asociadas a la gestión reproductiva y al manejo del pastoreo, en las que la Universidad de Córdoba ha trabajado extensamente durante los últimos años. Otras tecnologías con un nivel de adopción menor, como los sensores de proximidad, las básculas de paso o los sistemas de monitorización de la productividad y calidad del pasto también son analizados.

En cuanto al subsector vacuno de cebo, se revisan los sistemas de ganadería de precisión que permiten mejorar la toma de decisiones en el cebadero, fundamentalmente en lo relativo a la detección precoz de problemas sanitarios y a la determinación objetiva del momento óptimo de sacrificio desde un punto de vista económico. Otros aspectos, como la automatización de las decisiones o el uso de los datos

procedentes de las herramientas de ganadería de precisión para la mejora de la calidad y la trazabilidad alimentarias también se analizan en esta ponencia.

Por último, se presentan los condicionantes de adopción de nuevas tecnologías en el sector vacuno de cebo, destacando los factores que más afectan al retorno de la inversión en herramientas de ganadería de precisión.

TELEPASTOREO Y GANADERÍA LIGADA AL TERRITORIO.

David José Pérez del Molino Benzaquén

Los dispositivos de vallado virtual o de pastoreo telemático han aparecido en el mercado europeo recientemente y están teniendo una expansión comercial muy rápida.

¿Cómo funciona el sistema?

- Los animales que portan los collares ven limitado su movimiento en el interior del **redil invisible** que ha diseñado previamente el ganadero.
- Cuando uno de estos animales se acerca al límite del redil invisible **el collar le avisa con una melodía** para que no lo traspase. **El animal reconoce la melodía como una barrera invisible** gracias a un entrenamiento previo, similar al que se hace con un vallado físico de cercado eléctrico.
- En cualquier momento el pastor puede modificar los límites del redil invisible y así permitir el paso de los animales y dirigir el movimiento del rebaño donde estime oportuno.

Virtual fencing systems: balancing production and welfare outcomes. Tony Waterhouse, Emeritus Fellow, SRUC, Hill and Mountain Research Centre, Kirkton, Crianlarich, Perthshire, Scot land. 2023. MA Healthcare Ltd. Livestock | September/October 2023, Vol 28 No 5

Virtual Fencing for Livestock Management: Effects on Cattle Behavior, Welfare, and Productivity. Ishaya Gadzama. 2024. https://wikifarmer.com/library/en/article/virtual-fencing-for-livestock-management-effects-on-cattle-behavior-welfare-and-productivity



¿De qué elementos se compone el sistema y qué tecnologías están implicadas?

Un collar por animal y una App para manejar todos los collares.

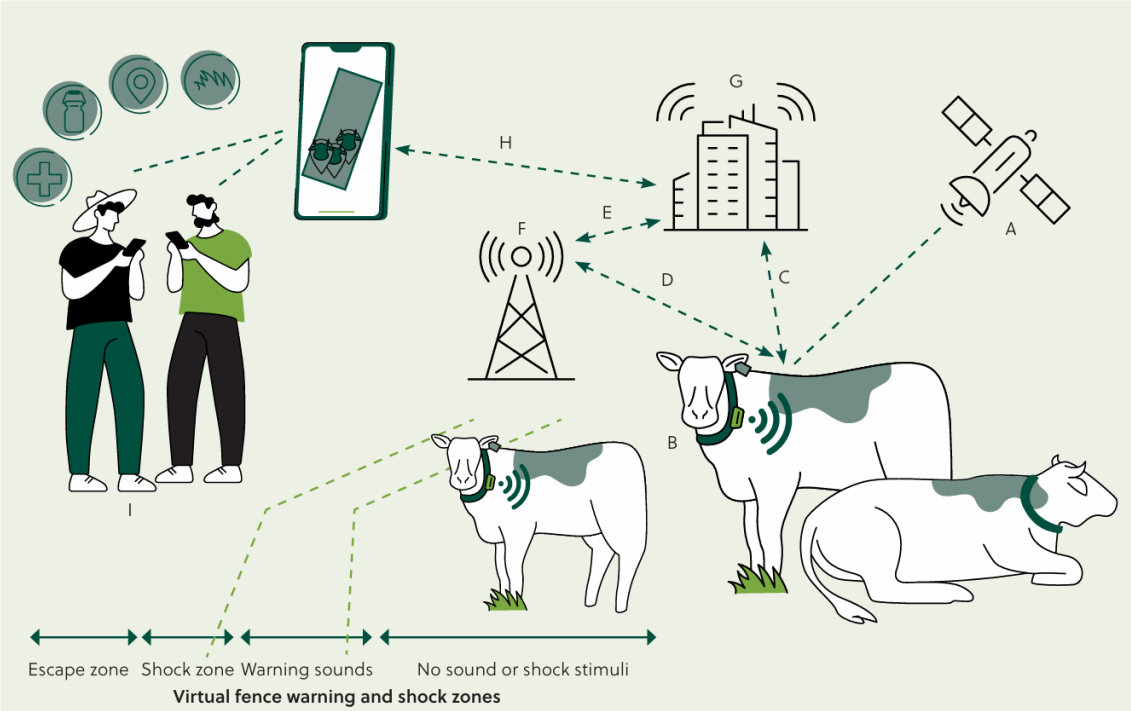
Los collares están numerados. Se le puede asignar un nombre o número de crotal a cada collar.

Los collares se recargan a través de placas solares, lo que les hace autónomos durante mucho tiempo.



La solución de pastoreo telemático combina el sistema de posicionamiento global satelital con un sistema de alertas sonoras y eventualmente pulsos eléctricos mediado por redes de comunicación inalámbrica. Es la evolución telemática del pastor eléctrico con cable y vallado material.

Se trata de dispositivos IoT (Internet de las cosas): Cada collar tiene una antena (o varias) de comunicaciones de red inalámbrica (SIM, Lora, Wifi, Bluetooth…) y una antena GPS.



Virtual fence warning and shock zones

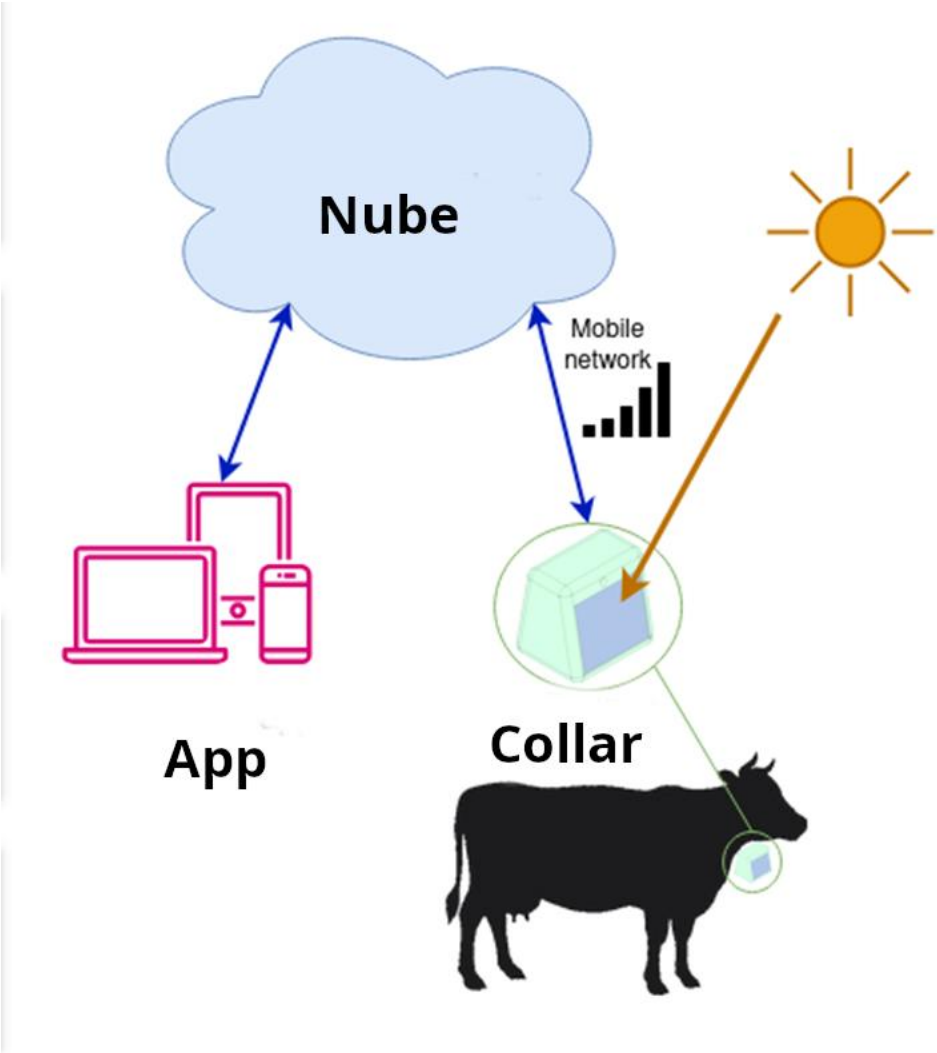
A – Arrays of GNSS satellite systems, GPS, BeiDou, GLONASS and Galileo
B – Livestock collar, solar powered, providing collar location from GNSS, sound/ vibration stimuli to inform animal, and electric shock if moves into shock or escape zones
C – direct two-way GSM communication between collar and provider 'back office' servers that feed data to end user and modify/update collar instructions (e.g. virtual fence lines)
Or D and E – local two-way communication by IoT route to local on-farm LPWAN gateway that sends data via Internet and/or GSM to provider 'back office' and then to user
F – local LPWAN gateway for some systems. Needs line of sight path to collars (up to several kms), power (some use solar power), connection to internet either on farm via ethernet or wi-fi, or GSM through various links to provider – acts as local two-way relay station

G – collar provider's 'back-office' servers, potentially using 'Cloud' services. These provide the communication hub, aggregate data for all collars, summarises, sends alerts and organises data for billing. Data repository to provide historical data for the day, week, or year etc
H – communication link to users' smartphones or laptop via internet, providing a link between users and collars via 'back office'. Users need to be connected to internet to communicate with servers
I – User smartphones or laptops with apps to manage the virtual boundaries and paddocks and automated movements and receive any alerts re virtual fence challenges or escapes and to get billing information. Real-time data can be retrieved from collars along with collated data from the 'back office' servers

De manera general estas soluciones incluyen:

- Aplicación para dispositivos móviles y web
- Servidores en la nube
- Red de telefonía móvil
- Características técnicas:
  - Baterías con carga solar y cargadores
  - Sistemas de comunicación por móvil
  - Conexión Bluetooth
  - Conexión Wifi
  - Resistencia IP67 (agua y objetos sólidos)

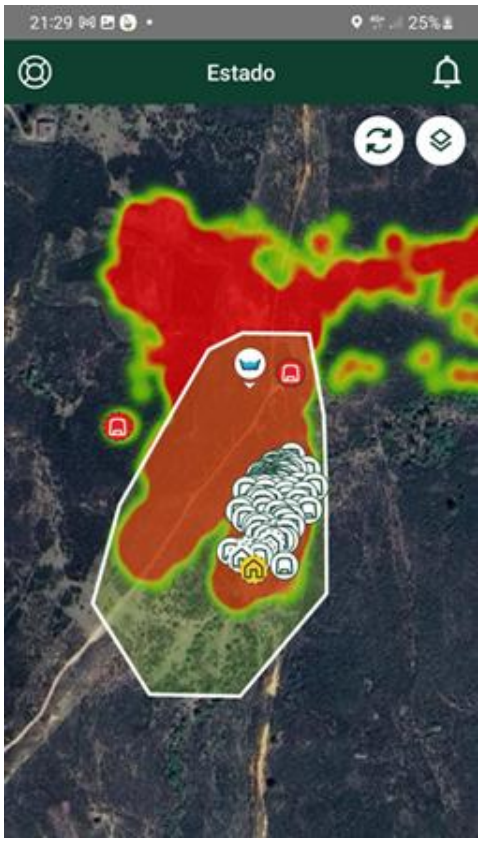
- Otras tecnologías de red inalámbricas como LoRa (long range, requiere instalación de antenas con hasta alcance de 15km) para localizaciones con poca cobertura móvil.



En la app se dibuja una zona de pastoreo sobre un mapa y a continuación se asignan los collares a esa zona.

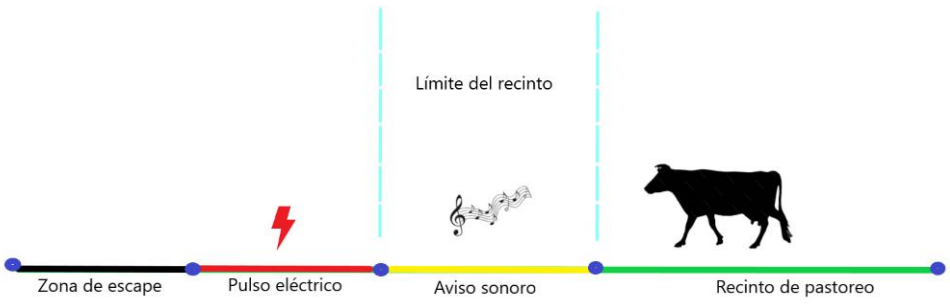
La zona de pastoreo se carga y se activa en cada collar a través de redes inalámbricas de datos, habitualmente gracias a las infraestructuras ya existentes de telefonía móvil.

Es posible excluir al pastoreo partes de la zona diseñada dibujando rediles de exclusión en su interior. En lugar de hacer varios vallados para evitar una zona, se puede hacer uno único con estas zonas de exclusión en su interior.





Gracias al GPS el collar detecta cuando se acerca a los límites de la zona de pastoreo activa y en ese momento reproduce la melodía que los animales interpretan como un límite.



¿Qué usos posibles tiene?

- Mediante el vallado invisible podemos telepastorear el rebaño cambiando la zona de pastoreo en cualquier momento y desde cualquier lugar.
- Es posible disponer distintos lotes de animales en zonas de pastoreo diferentes al mismo tiempo.
- Podemos mover los animales de un redil invisible a otro o modificar las dimensiones y la forma del redil en el que se encuentran.
- La posición geográfica de cada animal del rebaño se registra cada 15 minutos sobre el mapa.
- Conociendo los hábitos y necesidades de nuestro rebaño podemos anticipar sus movimientos y dirigirlos a nuestro antojo modificando los límites de la zona de pastoreo.
- Es posible diseñar zonas de exclusión al pastoreo para proteger zonas de cultivo, áreas de reserva de biodiversidad, zonas

Bienestar animal:

Pulso eléctrico: La potencia almacenada del collar para ganado vacuno es de 0,2 julios y un máximo de 3 kV. En comparación, un alambrado eléctrico convencional no puede superar una potencia de salida de 5 julios, según las normas de la UE.

Siendo más precisos la diferencia de potencial va a estar comprendida entre 1500 V (que es cuando se activa el GDT) y 3000 V. La energía almacenada va a ser entre 0.08J y 0.33J dependiendo de la tensión.

Conclusiones negativas:

Kearton T, Marini D, Cowley F et al (2019) The effect of virtual fencing stimuli on stress responses and behavior in sheep. Animals 9, 30.

Lee C, Fisher AD, Reed MT et al (2008) The effect of low energy electric shock on cortisol, beta-endorphin, heart rate and behaviour of cattle. Appl Anim Behav Sci 113:32–42.

Campbell DLM, Lea JM, Keshavarzi H et al (2019) Virtual fencing is comparable to electric tape fencing for cattle behavior and welfare. Front Vet Sci 6, 445. Animal The international journal of animal biosciences

Conclusiones positivas:

Lee, C., Colditz, I. G., & Campbell, D. L. (2018). A framework to assess the impact of new animal management technologies on welfare: A case study of virtual fencing. Frontiers in Veterinary Science, 5, 187.

Goats are able to adapt to virtual fencing; A field study in commercial goat herds on Norwegian farms. Silje Eftang * , Judit Vas, Øystein Holand, Knut Egil Bøe. Applied Animal Behaviour Science. 2022.

Heifers don’t care: no evidence of negative impact on animal welfare of growing heifers when using

virtual fences compared to physical fences for grazing *D. Hamidia,⁎, N.A. Grinnella, M. Komaindaa, F. Rieschа,c, J. Horna, S. Ammerb, I. Traulsenb, R. Palmed, M. Hamidie, J. Isselsteina,*c 2022.

Wilms, L., Komainda, M., Hamidi, D., Riesch, F., Horn, J., & Isselstein, J. (2024). How do grazing beef and dairy cattle respond to virtual fences? A review. Journal of Animal Science, skae108.

Los sistemas de pastoreo telemático son muy interesantes cuando **consideramos el papel ecológico fundamental que tiene el ganado en el funcionamiento equilibrado de los ecosistemas terrestres abiertos,** a parte de **su como proveedor de alimentos saludables para el ser humano.**

Desde el punto de vista económico el pastoreo telemático es rentable en un manejo en extensivo con aprovechamiento de los recursos locales, es decir, un manejo íntimamente ligado al territorio que minimiza o prescinde de insumos externos y apunta en la dirección de un ecosistema autótrofo.

Rebaño en movimiento

- Para sacar el máximo provecho de esta tecnología la clave es emplearla para hacer un **pastoreo dirigido** de manera que el suelo y la vegetación tengan periodos de reposo óptimos y puedan así **regenerarse** en todo su potencial.
- La clave es el **movimiento controlado del rebaño**, es decir, volver al pastoreo tradicional que prioriza el aprovechamiento de los pastos del terreno.
- Si somos capaces de manejar adecuadamente los periodos de tiempo que pasa el rebaño pastando en cada porción del terreno incrementaremos la calidad nutritiva de los pastos y su productividad, mejorando la rentabilidad del negocio.
- La **ganadería ligada al territorio e integrada en el ecosistema** de esta manera deviene en una actividad sostenible ambientalmente.

Mirada al pasado del planeta:

En el último periodo interglacial antes del actual (es decir con un clima global parecido al actual) y antes de la aparición sobre la Tierra del *homo sapiens* (hace entre 129.000-115.000 años), más del 50% de los biomas terrestres en las zonas templadas de lo que hoy es el continente europeo correspondían a paisajes abiertos, pastizales y pastos con arbolado, modelados por los rebaños de grandes herbívoros silvestres.

Substantial light woodland and open vegetation characterized the temperate forest biome before Homo sapiens. *Elena A. Pearce et al.* 2023. https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adi9135



Los ecosistemas de pastizal se caracterizan por asociaciones simbióticas entre grandes rumiantes y otros herbívoros y las plantas herbáceas tolerantes a la herbivoría, y más en concreto entre grandes herbívoros gregarios y migratorios y especies pascícolas C3 y C4 con ecofisiologías específicamente adaptadas a distintos climas y factores abióticos.

A medida que tenía lugar la **extinción de las grandes manadas de herbívoros silvestres** de la mano del *homo sapiens,* una ganadería incipiente tomó el relevo con rebaños de herbívoros domésticos, que seguramente seguían las mismas rutas migratorias que las primeras. **En Europa, concretamente, la sustitución funcional de las manadas de herbívoros silvestres por rebaños de ganado domestico fue completa.**

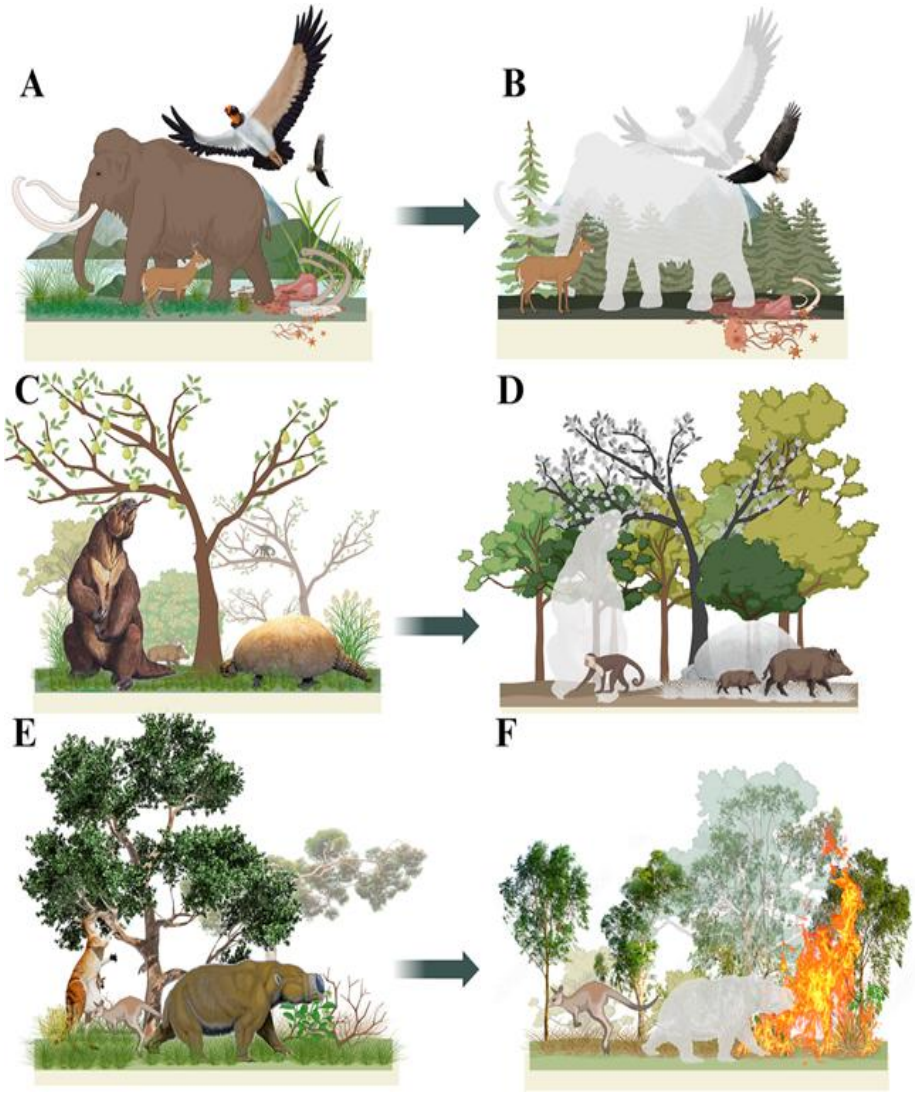


The late-Quaternary megafauna extinctions: Patterns, causes, ecological consequences and implications for ecosystem management in the Anthropocene Published online by Cambridge University Press: 22 March 2024. https://www.cambridge.org/core/journals/cambridge-prisms-extinction/article/latequaternary-megafauna-extinctions-patterns-causes-ecological-consequences-and-implications-for-ecosystem-management-in-the-anthropocene/E885D8C5C90424254C1C75A61DE9D087



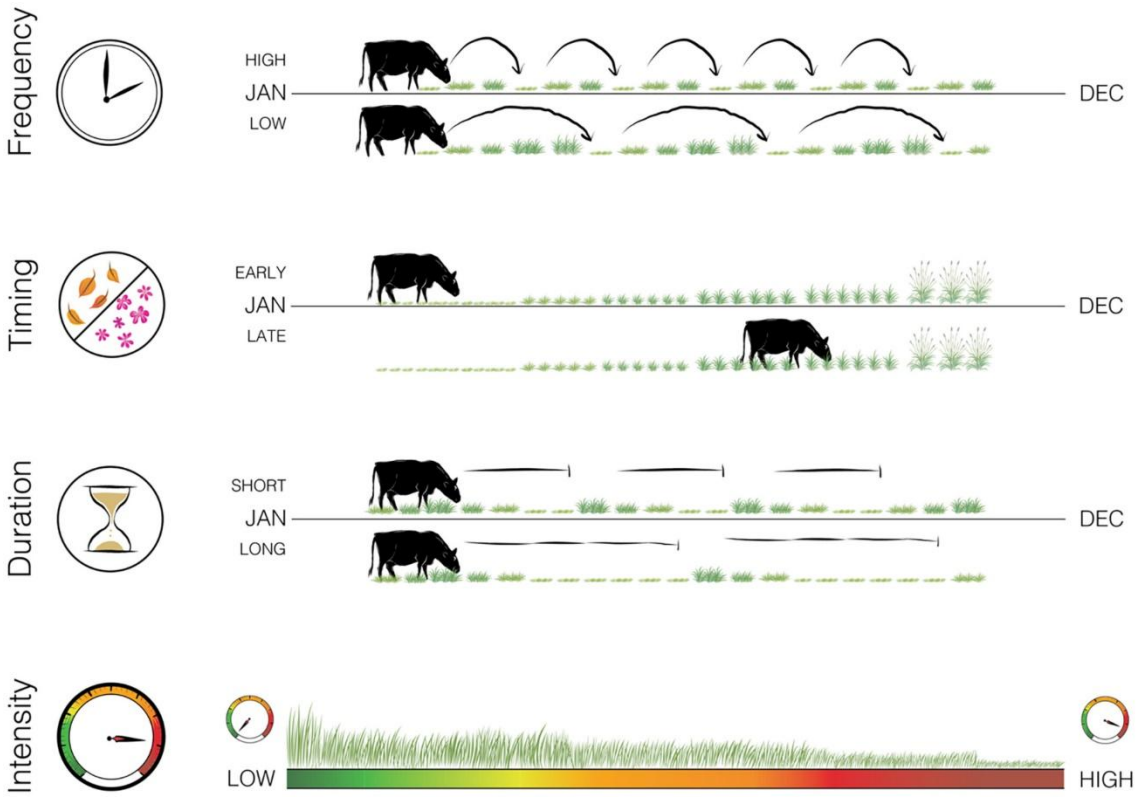
Allí donde la desaparición de manadas de herbívoros silvestres ocurrió sin la sustitución por rebaños de herbívoros domésticos tienen lugar grandes cambios en la estructura de la vegetación, perdida de su heterogeneidad, alteración de los regímenes de incendios naturales, reducción de la complejidad de las redes tróficas y multitud de otras alteraciones ecosistémicas. (De la estepa de los Mamuts a la actual tundra forestal y musgo de Siberia)

Más recientemente, los paisajes tradicionalmente pastoreados que se abandonan acarrean consecuencias ecológicas radicales y profundas transformaciones: matorralizaciones en estados estables alternativos a los ecosistemas precedentes, ahora gestionados por el fuego.



Emular la relación pasto-herbívoro en sistemas bloqueados a las migraciones regulares.

El telepastoreo puede ser una herramienta útil para evitar el pastoreo continuo en sistemas cerrados con movimientos limitados del ganado. El pastoreo continuo acarrea tanto el sobrepastoreo de unas zonas como el infrapastoreo de otras y por ende la degradación del pasto. Con el telepastoreo se pretende emular el movimiento de los animales, como lo han sido las migraciones de manadas de herbívoros silvestres o la trashumancia de rebaños de ganado.



El pastoreo con una frecuencia, calendarización, intensidad y duración adecuadas mejora la calidad de los suelos y de los pastos:

1- La defoliación de tejidos vegetales maduros estimula el crecimiento de hojas tiernas rica en N, reduciendo la proporción C:N de las mismas y mejorando la calidad de media en un 25% de la hojarasca. Una hojarasca de mayor calidad favorece el índice de descomposición microbiano de la misma en el suelo y la eficiencia del uso del carbono por parte de los microorganismos.

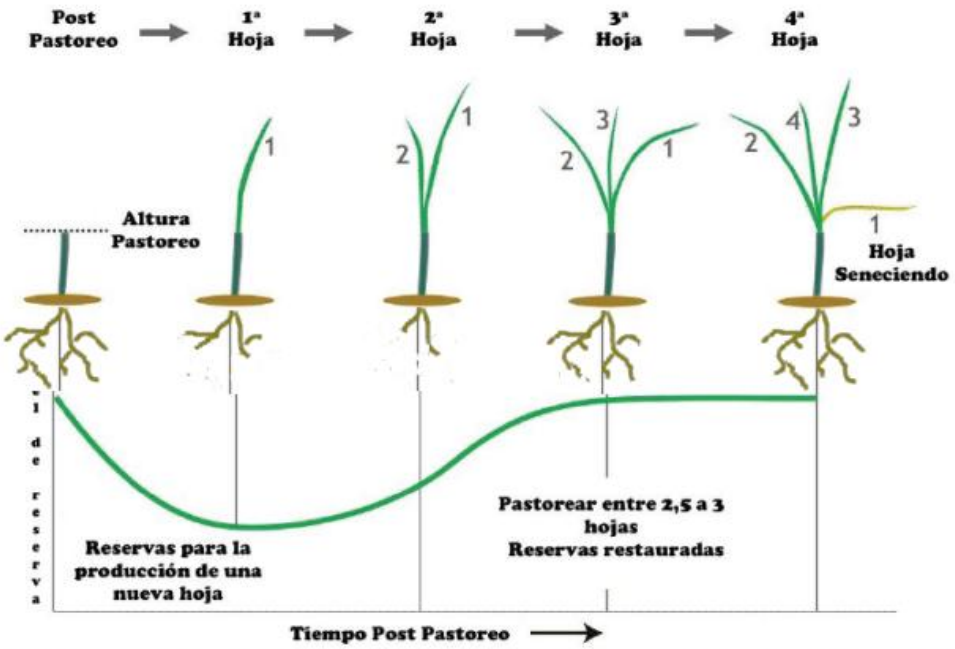
2- El ganado transforma parte del pasto en estiércol y lo devuelve al suelo. El pasto de calidad genera estiércol de calidad con una proporción C:N mejor para el suelo.

3- La defoliación mediante la siega a diente y el consecuente rebrote durante la fase vegetativa aplaza la senescencia de la planta y consigue ampliar el periodo de tiempo durante el cual la planta aporta nutrientes de buena calidad al suelo.

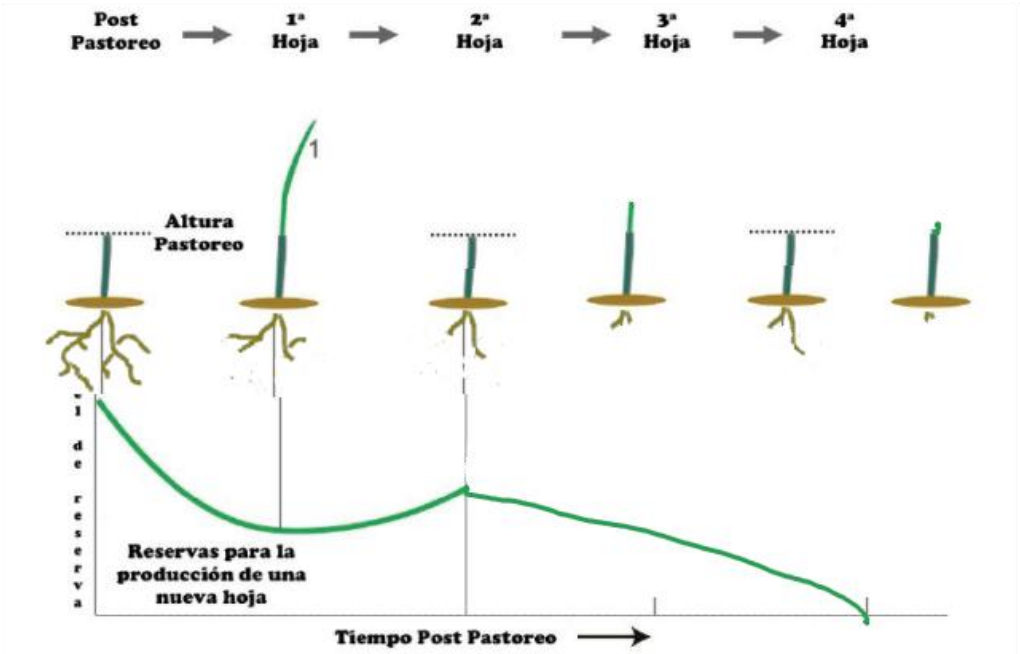
En pastoreo continuo y errático el ganado defolia constantemente las plantas más palatables y las que se encuentran cerca de las zonas de abrevado y de descanso. El pastoreo continuo acaba agotando las reservas de la base de los tallos y de las raíces de las especies perennes, que acaban por desaparecer, favoreciendo la aparición de suelo desnudo, la erosión, la compactación y la pérdida de nutrientes.

Un pastoreo en tiempo y forma adecuadas estimulan el rebrote foliar a partir de las reservas de la planta. Tras la defoliación, las raíces producen exudados y otras rizodeposiciones de alta calidad de manera que la microbiota exo y endoradicular se ve a su vez estimulada. En plantas C4 una defoliación intensa estimula aún más la producción de exudados, no así en C3 que, a largo plazo, se ven más favorecidas

por defoliaciones menos agresivas y sobre todo tiempos de reposo más largos.

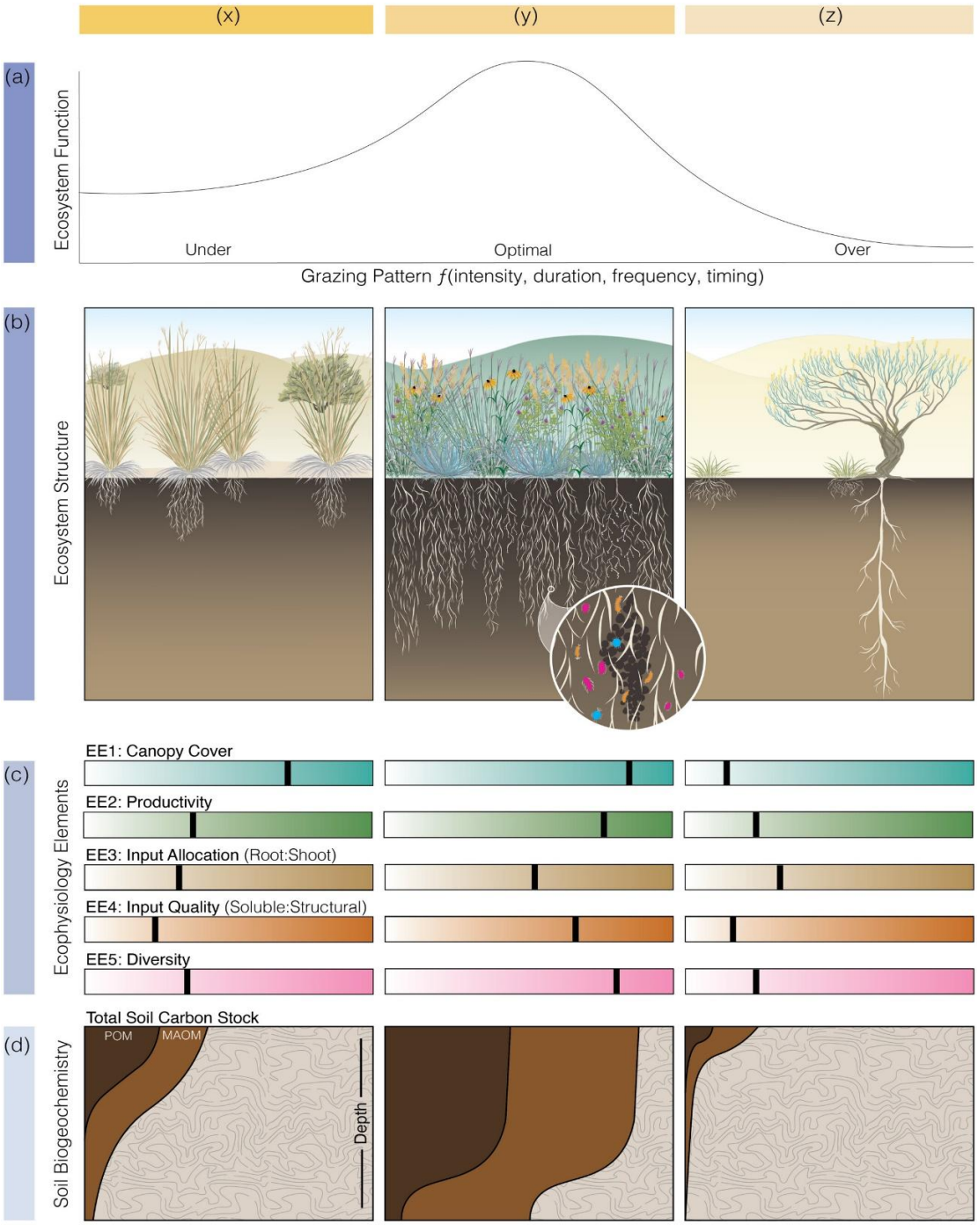


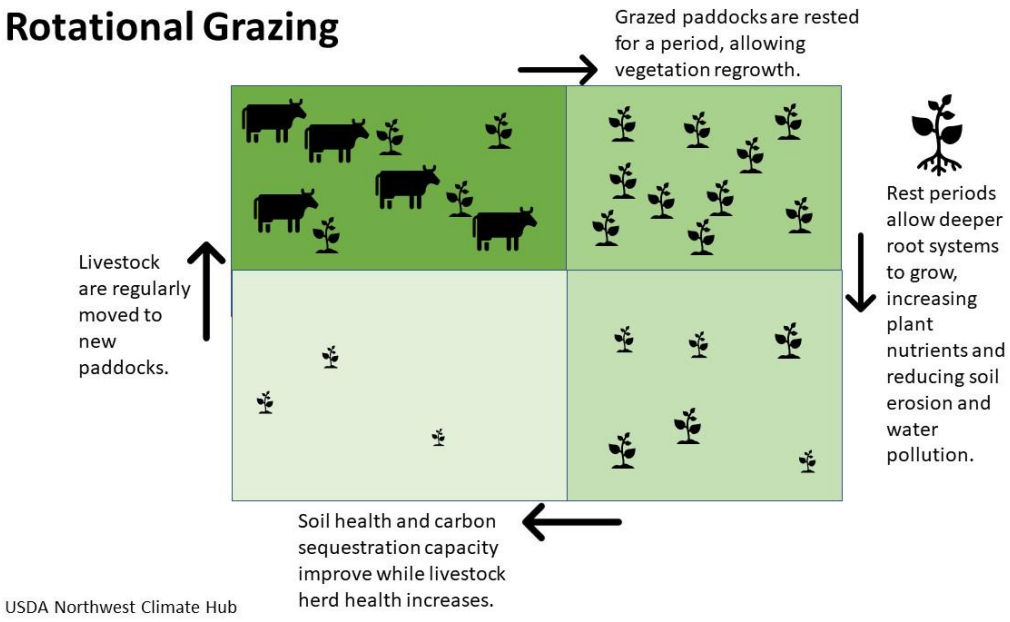
El pastoreo debe realizarse cuando la ballica ha alcanzando las 2,5 hojas. Si se realiza antes, las reservas de la planta no estarán restauradas por lo que tardará mucho más en rebrotar. **Crédito:** Gentileza Barenbrug Chile



Un pastoreo equilibrado mantiene el pasto joven y de buena calidad (con un contenido proteico más alto) para la microbiota ruminal y del suelo.

Las decisiones sobre el **plan de pastoreo** deben adoptarse teniendo en cuenta distintas variables: fenología, estacionalidad, condiciones de crecimiento y vulnerabilidad de las distintas especies vegetales a las perturbaciones.





Stanley, P. L., Wilson, C., Patterson, E., Machmuller, M. B., & Cotrufo, M. F. (2024). Ruminating on soil carbon: Applying current understanding to inform grazing management. *Global Change Biology*, 30, e17223. https://doi.org/10.1111/gcb.17223

Ventajas del telepastoreo dirigido:

Conciliación de la actividad ganadera con la vida familiar.



Económicas:

- Acceso a pastos en zonas en donde no es viable el control del rebaño ya que no existen vallados físicos o no es posible instalarlos por limitaciones de la normativa o porque son de difícil acceso o presentan una orografía complicada, etc..
- Posibilidad de rentabilizar servicios ecosistémicos como el mantenimiento de fajas cortafuegos con pastoreo de precisión.
- Reducción de la necesidad de suplementación con piensos y forrajes comprados por mejor aprovechamiento de los pastos disponibles y regeneración de pastizales degradados. En nuestro caso 0 suplementación.
- Ahorro en combustible. En todo momento sabemos dónde está cada animal. No tenemos que transportar forraje o pienso.
- Economizar tiempos a la hora de compatibilizar labores propiamente ganaderas con tareas administrativas, la actividad comercial y la transformación de los productos.
- Reducción de gastos veterinarios e incremento de la productividad por mejora de la salud del rebaño.
- Mayor productividad primaria neta de los pastos.



Bienestar animal:

- Seguimiento continuo por geolocalización (animales heridos, hembras paridas o terneros extraviados…). Notificaciones a partir de patrones de movimiento.
- Ritmos del rebaño no supeditados a los del ganadero: **Autoregulación del rebaño** de los tiempos de **alimentación, rumia y reposo** con acceso constante a pastos de calidad, aumentando la oferta de especies botánicas en las raciones y mejora de su equilibrio nutricional. Esto hace que se reduzcan los niveles de estrés del rebaño y mejore la condición corporal de los animales.
- La rotación constante de las zonas de pastoreo, de pernocta y descanso reduce la trasmisión de ecto y endoparásitos y la prevalencia de enfermedades infectocontagiosas dentro del rebaño.
- Reducción de ataques de grandes carnívoros.


MADRID Agroasesor iMiDRA INFORMA

Nº 9 (agosto 2023)

David José Pérez del Molino Benzaquen y Esther Herradón García
madridagroasesor@madrid.org

CONVIVENCIA DEL GANADO Y EL LOBO IBÉRICO

MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL GANADO PARA LA CONVIVENCIA CON EL LOBO IBÉRICO

La prevención más eficaz contra los ataques de lobo se logra con perros seleccionados y preferentemente de raza mastín de línea ganadera, nacidos y criados entre el rebaño. La combinación de esta medida con los cercados físicos o virtuales aumenta su eficacia.

La medida preventiva de ataques de lobo más eficaz es el empleo de perros de protección de ganado debidamente seleccionados y preferentemente de raza mastín de línea ganadera, nacidos y criados entre el rebaño. La presencia de mastines tranquiliza a los rebaños mientras pastan y reduce las pérdidas por estrés en rumiantes tras un ataque de lobos o cánidos asilvestrados.

Ley 7/2023, de 28 de marzo, de protección de los derechos y el bienestar de los animales.

Artículo 25. *Prohibiciones* generales con respecto a los ***animales de compañía*** [...]

d) Dejar animales ***sueltos*** o en condiciones de causar daños en ***lugares públicos o privados de acceso público*** especialmente en los parques nacionales, ***cañadas donde pastan rebaños*** o animales u otros espacios naturales protegidos donde puedan causar daños a las personas, al ganado o al medio natural.

Artículo 3. *Quedan excluidos* del ámbito de aplicación de esta ley: [...]

e) Los animales utilizados en actividades específicas (las deportivas reconocidas por el Consejo Superior de Deportes, las aves de cetrería, los ***perros pastores y de guarda del ganado***)...


MADRID Agroasesor iMiDRA INFORMA

Nº 11 (Diciembre 2023)

David Pérez del Molino Benzaquén
madridagroasesor@madrid.org

RUMIANTES

Manejos recomendados 2023

CONTROL DE PARÁSITOS INTERNOS EN EL MANEJO RESPONSABLE DE LOS PASTOS

Descripción de métodos de control y prevención integrados de infestaciones

INTRODUCCIÓN

Las parasitosis digestivas y pulmonares en pequeños rumiantes y en el ganado bovino son de gran transcendencia económica en las explotaciones agropecuarias que aprovechan los pastos locales de la Comunidad de Madrid. Producen síntomas muy diferentes como la falta de apetito, pérdida de peso, diarrea, disminución de la condición corporal, debilidad y, en el peor de los casos, incluso pueden provocar la muerte. Por este motivo es de uso común el empleo de sustancias antiparasitarias, habitualmente indicadas por el personal veterinario responsable de la explotación y en general aplicadas periódicamente y de manera preventiva y sistemática.

No obstante, el uso sistemático de productos de síntesis química antihelmínticos puede suponer un grave problema en el equilibrio de los ecosistemas de los que depende la ganadería para su desarrollo saludable.

La resistencia a los antiparasitarios constituye un desafío importante en todo el mundo, incluidas todas las regiones de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Este tipo de resistencia representa una amenaza importante para la sanidad y el bienestar de los animales. También puede generar pérdidas de producción en las especies animales destinadas a la alimentación, convirtiéndose en un desafío para la seguridad alimentaria. En la actualidad, no existen directrices o normas de la OIE sobre agentes antiparasitarios (1).

Por todo ello, el uso responsable y prudente de las sustancias químicas con efecto antiparasitario es una práctica que repercute directa y positivamente en el desempeño de las actividades agropecuarias y en la producción ganadera.

Medio ambiente:

- La **eliminación de barreras físicas** permite volver a conectar poblaciones de fauna y flora silvestres.
- No deja residuos en los montes.
- Facilita la labor de **conservación** en zonas con figuras de protección de la naturaleza gracias a las áreas de exclusión al pastoreo allí donde se considere necesario.
- Es una herramienta muy potente para **la regeneración de ecosistemas**:

- **Mayor secuestro de carbono de los pastizales.** Entre las opciones para la eliminación del CO2 atmosférico, el secuestro del carbono orgánico del suelo (SOC: POM y MAOM) a través de una mejor gestión del pastoreo es una oportunidad poco común porque es escalable a lo largo de millones de hectáreas de pastoreo en todo el mundo, tiene un bajo costo y un alto potencial técnico.

- **Mejora de la capacidad retención de agua del suelo.**

- Promoción de la biodiversidad por restauración de pastizales y fauna asociada. El incremento de la diversidad vegetal y la mayor cobertura del suelo mantienen la temperatura del suelo de manera estable. *Huang, Yuanyuan et al.* (2023). Enhanced stability of grassland soil temperature by plant diversity. Nature Geoscience. 17. 10.1038/s41561-023-01338-5.

- **Control de la matorralización de especies pirófilas y reducción del riesgo de incendios forestales.**

Mayee Chen, Junping Shi. Effect of rotational grazing on plant and animal production. Mathematical Biosciences & Engineering, 2018, 15(2): 393-406. doi: 10.3934/mbe.2018017

Xabier Díaz de Ot´ alora et al. 2021. Regenerative rotational grazing management of dairy sheep increases springtime grass production and topsoil carbon storage. Ecological Indicators 125 (2021) 107484

Galindo, F.S.; Delate, K.; Heins, B.; Phillips, H.; Smith, A.; Pagliari, P.H. Cropping System and Rotational Grazing Effects on Soil Fertility and Enzymatic Activity in an Integrated Organic Crop-Livestock System. Agronomy 2020, 10, 803. https://doi.org/10.3390/agronomy10060803

Matthew W. Jordon, Kathy J. Willis, Paul-Christian Bürkner, Gillian Petrokofsky, Rotational grazing and multispecies herbal leys increase productivity in temperate pastoral systems – A meta-analysis, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 337,2022, 108075, ISSN 0167-8809, https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108075.

Ping Ge et al Intensive rotational grazing has positive effects on productivity of rangeland, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 384,025,109558,ISSN0167-8809,https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109558. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880925000908)

Rachel Lawrence, R.D.B. Whalley, Nick Reid, Romina Rader, Short-duration rotational grazing leads to improvements in landscape functionality and increased perennial herbaceous plant cover,Agriculture, Ecosystems & Environment,Volume 281,2019,Pages 134-144,ISSN 0167-8809,https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.031.(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880919301185)



La humanidad encara hoy una tarea enorme para lograr mitigar del cambio climático, centrada principalmente en la eliminación del CO2 atmosférico. *El secuestro del carbono orgánico del suelo a través de una mejor gestión del pastoreo es una oportunidad excelente porque es escalable a lo largo de millones de hectáreas de pastoreo en todo el mundo, tiene un bajo costo y tiene un alto potencial técnico.*

Las innovaciones tecnológicas que ayuden en este sentido pueden multiplicar nuestros esfuerzos de manera significativa, más aún en sociedades en las que el relevo generacional en el campo es un gran problema y que trae aparejada una enorme brecha de conocimientos tradicionales sobre gestión de manejos de ecosistemas agrosilvopastorales.

JUEVES

LA GENÓMICA Y LA REPRODUCCIÓN: BIOLOGÍA, GESTIÓN Y RENTABILIDAD DE BOVINOS CON DIFERENTE POTENCIAL GENÉTICO PARA LA FERTILIDAD

Julio Giordano[1] y Emily Sitko[2]

[1]Departamento de Ciencias Animales, Cornell University, Ithaca, NY 14853

[2]Teagasc, Centro de Investigación e Innovación de Animales y Pastizales, Moorepark, Fermoy, Co. Cork, Ireland

INTRODUCCIÓN

El rendimiento reproductivo del ganado lechero lactante ha mejorado en los últimos años, como lo demuestran las mejoras constantes en los resultados reproductivos a nivel de cada vaca individual y de los rebaños. Esta evolución favorable puede atribuirse, al menos en parte, a los avances y a la adopción generalizada de tecnologías reproductivas, a los esfuerzos sustanciales para mejorar la gestión reproductiva y a varias mejoras en otras áreas de la gestión del ganado lechero que repercuten positivamente en su rendimiento reproductivo. Cada vez hay más pruebas que respaldan el papel de la genética en la fisiología reproductiva y en el rendimiento de las vacas lecheras. Se han observado correlaciones sólidas en cuanto a las capacidades de transmisión predichas genómicamente mejoradas para la fertilidad y los resultados reproductivos (Lima et al., 2020; Chebel y Veronese, 2020; Sitko et al., 2023a). Esto ha llevado a un creciente interés en explorar las relaciones entre el mérito genético sobre la fertilidad y los resultados del rendimiento fisiológico y reproductivo. Además, partiendo de la base de que las vacas con diferentes méritos genéticos en cuanto a fertilidad podrían responder de manera diferente a diversos tipos de manejo reproductivo dirigido (en sus siglas en inglés **TRM** - Targeted Reproductive Management) (Giordano et al., 2022) basados en el potencial genético de fertilidad y se han explorado sus consecuencias en el rendimiento y la economía. Con este fin, este texto pretende resumir las correlaciones conocidas entre el mérito genético para la fertilidad y los resultados biológicos reproductivos de interés, así como el rendimiento reproductivo y las consecuencias económicas de la variabilidad fisiológica por motivos genéticos. También se exploran los efectos de los programas de TRM diseñados para optimizar la gestión o el rendimiento de las vacas agrupadas en función de su potencial genético.

La relación entre el mérito genético para la fertilidad y los resultados fisiológicos

Nuestro trabajo previo y el de otros proporcionaron pruebas convincentes de que los resultados reproductivos son notablemente peores en vacas con un mérito genético bajo que en vacas con un mérito genético alto para la fertilidad a pesar de los diversos rasgos o métodos utilizados para evaluar la relación entre el mérito genético y los resultados reproductivos (Lima et al., 2020; Chebel y Veronese,

2020; Sitko et al., 2023a). En un experimento reciente (Sitko et al., 2024a,b), exploramos las relaciones entre el mérito genético para la fertilidad representado por la tasa de preñez de las hijas genómicas (por sus siglas en inglés **gDPR**) y varios resultados fisiológicos que se sabe que afectan al rendimiento reproductivo de las vacas lecheras lactantes. Evaluamos las relaciones entre el mérito genómico para la fertilidad y los indicadores del estado metabólico y de inflamación, la salud uterina, el estado endocrino reproductivo, la respuesta a la sincronización y los resultados de los eventos de celo en la lactancia temprana antes del momento en que muchas vacas terminan su período de espera voluntario (en sus siglas en inglés **VWP**). Además, evaluamos las relaciones entre el mérito genómico para la fertilidad y la función ovárica, la dinámica endocrina y el comportamiento estral de las vacas lactantes durante un ciclo estral completo no manipulado hormonalmente, en el momento aproximado en que se realiza la primera inseminación en muchos rebaños.

Las relaciones observadas durante la lactancia temprana en vacas Holstein divididas en grupos de fertilidad alta (gDPR > 0,6), media (gDPR 0,6 ≥ gDPR ≥ -1,3) y baja (gDPR <-1,3) basados en terciles de gDPR, respaldaron la idea de que las vacas con un alto mérito genómico para la fertilidad tienen una salud uterina y una capacidad ovulatoria modestamente mejoradas, así como condiciones endocrinas más favorables durante la sincronización del estro y la ovulación. Las diferencias más notables fueron una tendencia a que hubiera un menor número de vacas con endometritis a los 33-36 días postparto en el grupo de baja fertilidad que en el de alta fertilidad. También observamos una mayor probabilidad de ovulación, y que hubiera un CL funcional y una mayor P4 circulante en momentos clave durante la sincronización del estro y la ovulación para las vacas del grupo de alta fertilidad que para las del grupo de baja fertilidad.

Del mismo modo, nuestros datos respaldaron la existencia de relaciones entre el potencial de fertilidad basado en predicciones genómicas y el fenotipo ovárico y hormonal de las vacas lecheras durante el ciclo estral. La manifestación más notable de las diferencias entre vacas con un mérito genómico para la fertilidad superior e inferior fueron las diferencias constantes y sustanciales en las concentraciones circulantes de progesterona (**P4**) durante la fase lútea (**Figura 1**). Las vacas de los grupos de fertilidad alta y media tenían, de media, entre un 15 y un 20 % más de concentraciones circulantes de P4 que las vacas del grupo de fertilidad baja. Nuestras observaciones podrían explicarse, al menos en parte, por el aumento del 10 % en el volumen del cuerpo lúteo (CL) observado entre los días 4 y 13 en las vacas de los grupos de fertilidad alta y media. También observamos que el tamaño del folículo ovulatorio del que se originó el CL del ciclo estral espontáneo era, por término medio, un 7 % mayor en las vacas del grupo de fertilidad alta que en las del grupo de fertilidad baja (16,1 mm frente a 15,0 mm el día de la GnRH), lo que sugiere que las diferencias en el volumen del CL se debían, en cierta medida, al tamaño del folículo ovulatorio. En conjunto, estas observaciones de la dinámica de la P4 son relevantes porque se ha demostrado que el aumento de las concentraciones circulantes de P4 durante la fase lútea media a tardía está asociado a una mayor fertilidad (Rivera et al., 2011) y, por lo tanto, puede contribuir a las diferencias en el rendimiento reproductivo entre vacas de mérito genómico para la fertilidad superior e inferior. Las mayores concentraciones circulantes de P4 también podrían explicar en parte la menor probabilidad de doble ovulación observada en las vacas del grupo de fertilidad alta y media, ya que se ha demostrado que las concentraciones de P4 afectan a las tasas de doble ovulación (Stevenson et al., 2007; Cerri et al., 2011). También observamos concentraciones circulantes de P4 entre un 15 % y un 25 % mayores para el grupo de fertilidad alta y media que para el grupo bajo durante los 3 días anteriores al inicio de la luteólisis.

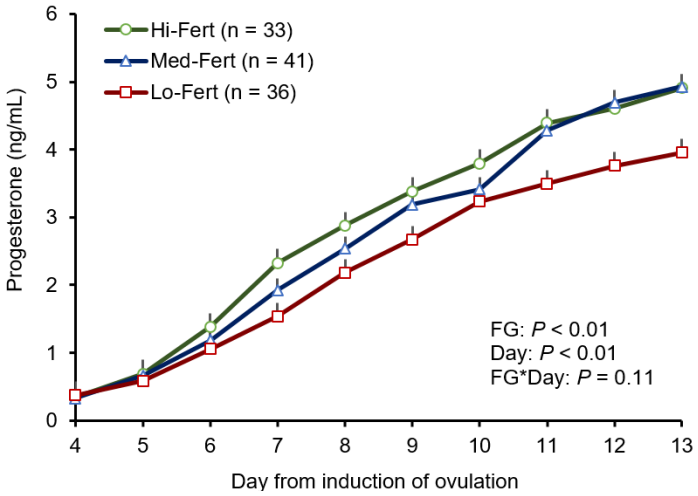


Figura 1. Las concentraciones de progesterona de 4 a 13 días después de la inducción de la ovulación durante un ciclo estral espontáneo, no manipulado hormonalmente, para vacas lecheras lactantes clasificadas en diferentes grupos de fertilidad (**FG**): alta [**Hi-Fert**; tasa de preñez genómica de las hijas (gDPR) > 0,6], media (**Med-Fert**; 0,6 ≥ gDPR ≥ -1,3) y baja fertilidad (**Lo-Fert**; gDPR < -1,3). Los valores se presentan como LSM ± SEM.

Las concentraciones elevadas de P4 durante la fase lútea tardía de la onda ovulatoria se han asociado con una mejora de la calidad de los ovocitos (Rivera et al., 2011) y de la tasa de preñez (Bisinotto et al., 2013; Pereira et al., 2017).

Otro hallazgo no tan fuertemente respaldado por correlaciones estadísticamente significativas, pero con valiosas implicaciones para la comprensión de las correlaciones entre el valor genético para la fertilidad y la función reproductiva, fue la frecuencia con la que se expresaban fenotipos fisiológicos y endocrinos anómalos en cada grupo. Aunque no es estadísticamente significativo, la frecuencia general de ciclos estrales atípicos observada fue tres veces mayor en vacas con un mérito genómico inferior que en vacas con un mérito genómico superior para la fertilidad (**Tabla 1**). La baja incidencia de ciclos estrales típicos con 3 ondas foliculares en el grupo de baja fertilidad no se debió a un predominio de ciclos con 2 ondas foliculares sobre los de 3, sino más bien a la expresión de fenotipos anómalos del ciclo estral en la gran mayoría de las vacas que no tuvieron un ciclo típico de 2 ondas foliculares. En conjunto, estos datos sugieren que las vacas con un mérito genómico inferior para la fertilidad tienen un ciclo estral típico de dos ondas foliculares o un ciclo estral anormal caracterizado por luteólisis prematura o tardía, anovulación, anestro o combinaciones de estos.

Aunque la incidencia de ciclos estrales atípicos se acercaba más a la del grupo de baja fertilidad, la proporción de vacas con un ciclo estral atípico en el grupo medio fue intermedia, en consonancia con la jerarquía de los grupos de fertilidad (**Tabla 1**). Tales hallazgos, que deben confirmarse en estudios futuros, sugieren una relación entre el mérito genético para la fertilidad y la incidencia de ciclos estrales atípicos. Además, especulamos que una mayor incidencia (~20 % adicional de vacas) de ciclos estrales atípicos podría explicar, al menos en parte, la reducción observada en el rendimiento reproductivo de las vacas de baja fertilidad en ganaderías comerciales, según se ha señalado en investigaciones anteriores (Lima et al., 2020; Chebel y Veronese, 2020; Sitko et al., 2023a). En última instancia, se esperaría que la combinación de múltiples anomalías durante el ciclo estral redujera la eficiencia

reproductiva. La tasa de servicio se ve afectada negativamente por la luteólisis tardía y el anestro, las preñeces por inseminación artificial (**P/AI**) se reducen por la luteólisis prematura, la anovulación y las concentraciones circulantes subóptimas de P4, y el riesgo de pérdida de preñez aumenta en las vacas con doble ovulación.

Tabla 1. Características del ciclo estral durante un ciclo estral espontáneo, no manipulado hormonalmente, para vacas clasificadas como de fertilidad alta [**Hi-Fert**; tasa de preñez genómica de las hijas (**gDPR**) > 0,6; n = 32], media (**Med-Fert**; 0,6 ≥ gDPR ≥ -1,3; n = 42) y baja (**Lo-Fert**; gDPR < -1,3; n = 35).

	Grupo de fertilidad			
Item[1]	Hi-Fert	Med-Fert	Lo-Fert	*P*-value[2]
Todas las vacas				
≤ 2 ondas, %	79,0 [58,5-90,1]	81,7 [64,8-91,6]	92,9 [78,9-97,8]	0,21
≥ 3 ondas, %	21,0 [9,0-41,5]	18,3 [8,4-35,2]	8,4 [2,7-23,1]	0,21
Ciclo estral atípico, %	7,2 [1,7-25,8]	20,4 [9,8-37,6]	24,0 [9,8-37,6]	0,26
Ciclo estral típico solamente				
2 ondas, %	73,0 [52,3-86,9]	73,9 [56,8-85,9]	76,0 [57,2-88,3]	0,96
3 ondas, %	18,8 [8,6-36,2]	9,5 [3,6-23,0]	2,9 [0,4-18,1]	0,15

[1]Los valores para los resultados binomiales se presentan como LSM e intervalo de confianza del 95 % (superior) y proporciones brutas (inferior).

No observamos asociaciones significativas entre el grupo de fertilidad y la actividad física, el tiempo de rumia y las características del estro (probabilidad de estro, duración e intensidad). Por el contrario, Veronese et al. (2019) observaron una mayor duración del estro en las novillas del cuartil más alto de gDPR en comparación con las novillas del cuartil más bajo de gDPR para el estro sincronizado, pero no en el caso del estro espontáneo. Otros estudios con vacas Holstein de EE. UU. (Chebel y Veronese, 2020) y vacas Holstein Frisonas en Irlanda (Cummins et al., 2012) y Nueva Zelanda (Reed et al., 2022) también informaron de un aumento de la duración e intensidad del estro en vacas con un alto mérito genómico respecto a la fertilidad en comparación con vacas con un bajo mérito genómico respecto a la fertilidad. La discrepancia entre nuestro estudio y otros 3 estudios puede explicarse por las diferencias en el diseño del estudio y del entorno experimental. Nuestras observaciones no descartan una asociación entre el mérito genético de la fertilidad y el comportamiento estral, sino que sugieren que las diferencias pueden ser de una magnitud que no se identifica fácilmente con ciertos métodos de

detección del estro o con diseños de estudio que no controlan completamente otros factores conocidos por afectar el comportamiento estral, como la producción de leche.

Observamos algunas diferencias menos consistentes y moderadas en la dinámica de la onda folicular entre vacas en los extremos del mérito genómico para la fertilidad. Sin embargo, debido al tipo y la magnitud de las diferencias observadas en la función folicular, la contribución potencial de las diferencias en la dinámica de la onda folicular en los resultados del rendimiento reproductivo es menos evidente que la de la dinámica de las concentraciones de P4 y las características del ciclo estral.

En conjunto, estos datos recientes sugieren que existen fenotipos fisiológicos y endocrinos durante el ciclo estral asociados al mérito genómico para la fertilidad que podrían ayudar a explicar parte de las diferencias observadas en el rendimiento reproductivo entre vacas con un mérito genómico para la fertilidad superior e inferior. Lo más notable es que las vacas con un mérito genómico inferior fueron más propensas a presentar concentraciones circulantes de P4 consistentemente y sustancialmente más bajas durante la fase lútea y algunos fenotipos ováricos y hormonales alterados asociados con la expresión de ciclos estrales atípicos.

La relación entre el mérito genómico para la fertilidad y los resultados reproductivos

Se han descrito varias relaciones relevantes sobre los valores de genómica para la fertilidad (por ejemplo, gDPR, gCCR, RI) y los resultados reproductivos (Lima et al., 2020; Chebel y Veronese, 2020; Sitko et al., 2023a). Por ejemplo, Lima et al. (2020) informaron que las vacas Holstein lactantes gestionadas mediante el protocolo Presynch-Ovsynch en el cuartil más alto de gDPR tenían mayores probabilidades de recibir inseminación al detectar el celo (AIE), tenían menos días hasta la primera inseminación y un mayor número de P/AI con la primera inseminación, quedaban preñadas antes y más vacas estaban preñadas al final de la lactancia en comparación con las vacas en el cuartil más bajo de gDPR. En otro estudio, se reportaron correlaciones positivas entre la gDPR con el riesgo del primer estro después del parto, el número de eventos de estro antes de 62 DEL, y un menor número de días hasta la preñez en vacas Holstein en un sistema de confinamiento (Chebel y Veronese, 2020). Un estudio reciente de nuestro grupo (Sitko et al., 2023a), observamos que las vacas primíparas lactantes en el cuartil más alto de gDPR es seis rebaños comerciales de Nueva York tenían un mejor rendimiento reproductivo que las vacas en el cuartil más bajo. A diferencia de los estudios anteriores de Lima et al. (2020) y Chebel y Veronese (2020), las vacas de nuestro estudio fueron manejadas con programas reproductivos que generaron condiciones fisiológicas y dinámicas de inseminación muy diferentes. La mitad de las vacas se manejaron con un programa que daba prioridad a la inseminación al detectar el celo (AIE) y tenía un VWP corto (es decir, 50 días), mientras que la otra mitad se gestionó con un programa que se basaba más en la TAI mediante programas de fertilidad, y tenía un VWP más largo (es decir, 84 días) y un protocolo de resincronización más agresivo. Curiosamente, el grupo de fertilidad alta tuvo un P/AI mayor a la primera inseminación independientemente del programa de gestión (**Tabla 2**), quedó preñado antes durante la lactación [Hazard ratio (HR) 1,4; 95% CI 1,2 a 1,5; $P < 0,05$], y tendió a tener más vacas preñadas a los 200 DIM (91,1 vs. 86,9% para el cuartil más alto vs. más bajo de gDPR; $P = 0,06$). Además, un menor número de vacas en el cuartil más bajo (65,5%) que en el más alto (74,5%) de gDPR recibieron inseminación a celo detectado (AIE) con el programa que priorizaba la detección del celo frente a la TAI. Conforme a lo esperado, las vacas de los cuartiles medios obtuvieron un rendimiento intermedio en la mayoría de los resultados.

En conjunto, todos estos estudios demostraron relaciones coherentes entre el rendimiento reproductivo

y las predicciones genómicas en una amplia gama de condiciones de gestión de explotaciones comerciales y programas AIE o TAI. Así pues, las predicciones genómicas de la fertilidad utilizadas solas o en combinación con otros predictores podrían ser una herramienta adecuada para identificar subgrupos de vacas susceptibles de TRM.

	Grupo cuartil				
Artículo[1]	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	*P*
P/IA General[2]	58,7^{A}	57,3^{AB}	52,4^{B}	45,4^{C}	<0,01
	(618)	(685)	(602)	(629)	
P/IA solo para AIE[2]	54,2^{A}	49,0^{A}	48,3^{A}	36,4^{B}	<0,01
	(233)	(265)	(240)	(222)	
P/IA solo para TAI[3]	58,9^{A}	60,0^{AB}	52,6^{BC}	48,2^{C}	0,03
	(385)	(420)	(362)	(407)	

Tabla 2. Relación entre el grupo de fertilidad basado en los cuartiles (**Q**) de la tasa de preñez de las hijas genómica (**gDPR**) y las preñeces por AI 32 días después de la AI del primer servicio para vacas Holstein primíparas en lactación (Giordano et al., 2022).

[1]Los valores son LSM y SEM.
[2]Evaluado 32 días después de la AI.
[3]Evaluado para vacas AIE para el primer servicio en el tratamiento P-AIE+TAI únicamente.
[4]Evaluado para vacas TAI para primer servicio.

Los efectos de los programas de manejo reproductivo dirigidos (TRM) basados en predicciones genómicas en el rendimiento del rebaño y los resultados de la gestión.

Basándose en las conocidas relaciones entre el mérito genético para la fertilidad y el rendimiento reproductivo, también se ha explorado el uso de predicciones genómicas para crear subgrupos de vacas para someterlas a la TRM. En un experimento con vacas Holstein primíparas lactantes de seis granjas comerciales de Nueva York (Sitko et al., 2023a), testeamos la hipótesis de que las vacas con diferente mérito genético para la fertilidad tendrían diferentes respuestas a un programa de gestión reproductiva que priorizara la IA a celo detectado (**P-AIE**) frente a uno que priorizara la IA programada (**P-TAI**) para todos los servicios (**Figura 2**). Más concretamente, nuestra hipótesis era que las vacas con un mérito genético superior para la fertilidad tendrían un rendimiento reproductivo similar cuando se gestionaran con el programa P-AIE o P-TAI, mientras que las vacas con un potencial de fertilidad inferior tendrían un rendimiento reproductivo mejorado si se gestionaban con el programa P-TAI. La idea detrás de esta hipótesis era que las vacas de alta fertilidad mostrarían un buen rendimiento independientemente del tipo de gestión, mientras que las vacas de baja fertilidad se beneficiarían de un uso agresivo de la TAI

(IATF). Para probar esta hipótesis, se asignó el tratamiento P-AIE o P-TAI a vacas clasificadas en un grupo de fertilidad alta (**Hi-Fert**), media (**Med-Fert**) o baja (**Lo-Fert**) en función de un valor del índice de reproducción (**RI**) calculado a partir de varios rasgos genómicos proporcionados por la prueba Clarifide (Zoetis Inc.). Los valores medios del RI, que eran una predicción de los días abiertos, eran 95, 99 y 104 (SEM; error standard de la media ± 0,4 para todos) para los grupos Hi-, Med- y Lo-Fert, respectivamente. Dado que el gDPR es un componente significativo del RI, los grupos de fertilidad presentaron las diferencias esperadas en el gDPR (Hi-Fert = 2,49, Med-Fert = 1,22, Lo-Fert = -0,02; SEM ± 0,12 para todos).

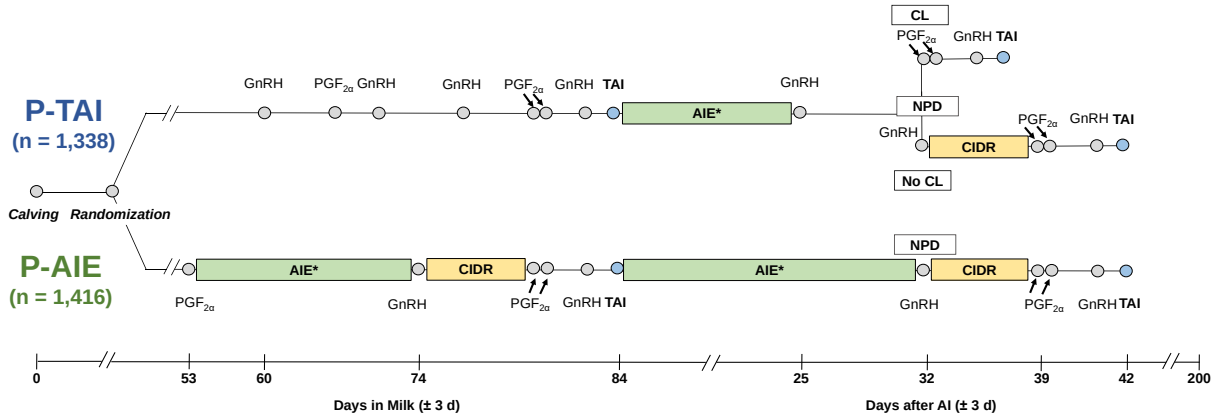


Figura 2. Las vacas en el P-TAI fueron inseminadas artificialmente a tiempo fijo (**TAI**) a los 84 ±3 DIM después de Doble-Ovsynch. A partir de entonces, las vacas recibieron la AI en el momento del celo detectado (**AIE**) en cualquier momento o la **TAI** si no había AIE. Las vacas no gestantes con un cuerpo lúteo ≥ 15 mm y un folículo ovárico ≥ 10 mm recibieron un protocolo D25-Resynch con dos tratamientos de PGF2α. Las vacas que no cumplían estos criterios recibieron un protocolo Ovsynch-56 modificado con dos tratamientos de PGF2α y suplementos de progesterona (P4-Ovsynch). Las vacas en el P-AIE eran candidatas a la AIE tras un tratamiento con PGF2α a los 53±3 DIM. Las vacas no aptas para AIE después de 74 ± 3 DIM fueron sometidas a la AI a tiempo fijo después de P4-Ovsynch. A partir de entonces, las vacas podían someterse a una inseminación al detectar el celo (AIE) en cualquier momento. Las vacas no gestantes en el momento del diagnóstico de gestación a los 32 ± 3 días después de la AI recibieron P4-Ovsynch para una TAI a los 42 ± 3 d después de la AI. AIE* = vacas AIE durante la sincronización de la ovulación (Sitko et al. 2023a).

Los datos corroboraron parcialmente nuestra hipótesis, ya que las vacas de los distintos grupos de fertilidad tuvieron una respuesta diferente a los tratamientos, pero sólo para algunos de los resultados evaluados. Además, algunos resultados no estuvieron de acuerdo con nuestras expectativas.

Para el primer servicio, el tratamiento P-TAI aumentó el P/AI para las vacas de todos los grupos de fertilidad (**Tabla 3**). Esto concuerda con la idea de que el grupo Lo-Fert se beneficiaría de la combinación de un VWP más largo y el uso de un protocolo de fertilidad (Double-Ovsynch). Así, estas dos estrategias combinadas podrían utilizarse para aumentar la fertilidad del grupo Lo-Fert cuando el objetivo principal es maximizar el P/AI del primer servicio. Alternativamente, los datos también mostraron que el programa P-AIE, que podría ser más simple, más barato de aplicar, y que minimiza el uso de la TAI, muy probablemente reduciría la P/AI para las vacas de baja fertilidad (**Tabla 3**).

Curiosamente, las vacas del grupo Hi-Fert y Med-Fert en el tratamiento P-TAI presentaron un aumento de P/AI, y el aumento fue de una magnitud similar al de las vacas del grupo Lo-Fert. Por lo tanto, nuestra hipótesis de que las vacas de mérito genético superior para la fertilidad tendrían una respuesta similar a los programas P-AIE y P-TAI no se vio corroborada. Los datos sugieren que, o bien los mecanismos por los que la genética mejora la fertilidad son diferentes pero sinérgicos con los potenciados por el protocolo de fertilidad y un VWP más largo, o bien estos últimos potencian los mecanismos fisiológicos controlados genéticamente que causan diferencias en la fertilidad. Independientemente de la causa, los resultados avalan múltiples escenarios de gestión de rebaño para vacas de potencial de fertilidad superior y potencialmente para vacas de potencial de fertilidad intermedio.

Tabla 3. Los efectos del grupo de fertilidad y del tratamiento en el número de preñeces por IA y en la pérdida de preñez en vacas clasificadas en un grupo de fertilidad alta (**Hi-Fert**), media (**Med-Fert**) y baja (**Lo-Fert**) en función de un Índice de Reproducción (**RI**) y asignadas a un programa que priorizaba la inseminación al detectar el celo (**P-AIE**) frente a otro que priorizaba la TAI (**P-TAI**) para todos los servicios de AI hasta 200 DIM (Sitko et al., 2023a).

	Grupo de fertilidad (FG) basado en el Índice de								
	Alta		Media		Baja		P-value[2]		
Artículo[1]	P-AIE	P-TAI	P-AIE	P-TAI	P-AIE	P-TAI	Trt	GF	Trt×GF
P/AI primer test, (n)	$55,0^{Aa}$ (387)	$64,3^{Ab}$ (379)	$47,8^{Ba}$ (524)	$59,4^{Bb}$ (466)	$43,4^{Ca}$ (423)	$52,0^{Cb}$ (386)	<0,01	<0,01	0,81
P/AI confirm., (n)	$53,8^{Aa}$ (387)	$61,5^{Ab}$ (379)	$45,4^{Ba}$ (524)	$55,8^{Bb}$ (466)	$41,1^{Ca}$ (423)	$48,4^{Cb}$ (386)	<0,01	<0,01	0,79
Perdida prenez, (n)	2,0 (207)	4,3 (239)	5,0 (247)	6,0 (273)	5,5 (185)	6,8 (201)	0,14	0,10	0,68

[1]Primer test de preñez a los 32 ± 3 d después de la AI. Confirmación de la preñez entre 56 y 72 días después de la AI según la explotación. Pérdida preñez = pérdida de preñez entre los dos tests de preñez.

[2]Trt = tratamiento, FG = Grupo de fertilidad, Trt x FG = tratamiento por interacción de fertilidad.

[A,B,C] Los diferentes superíndices dentro de una fila indican ($P \leq 0,05$) entre grupos de fertilidad o tratamiento por interacción de fertilidad.

[a,b,c] Los diferentes superíndices dentro de una fila indican ($P \leq 0,05$) entre grupos de tratamiento

Si el objetivo es maximizar el P/AI del primer servicio y la implantación de un protocolo de fertilidad complejo como Double-Ovsynch con dos tratamientos de PGF2α y un VWP extendido, no es un problema. Esto también podría utilizarse para maximizar el P/AI de las vacas con mayor potencial de fertilidad (Hi- y Med-Fert). Estas vacas pueden ser candidatas para un sistema de TRM como la AI con semen sexado, semen muy costoso de toros de alto mérito genético, un VWP más largo u otras

estrategias que se beneficien del mayor grado posible de concepción en la primera inseminación. Alternativamente, si el objetivo principal es simplificar la gestión o reducir el uso de la TAI, se puede contar con que las vacas de mérito genético superior para la fertilidad tengan un valor de P/AI razonablemente alto con un programa que prioriza la AIE (por ejemplo, un 53,7% de P/AI a los 32 ± 3 días con el programa P-AIE en este experimento). Por lo tanto, si las dificultades de gestión son más importantes que maximizar la fertilidad en el primer servicio de todas las vacas, los programas que dan prioridad a AIE podrían aplicarse a las vacas con un potencial de fertilidad superior. Por otro lado, las vacas de fertilidad inferior podrían gestionarse con un programa que priorice la TAI con un protocolo de fertilidad y un VWP ampliado.

Al igual que para los resultados de la primera inseminación, los datos de la tasa de preñez a los 200 DIM respaldaron parcialmente la hipótesis de que las vacas de diferente mérito genético para la fertilidad responderían de forma diferente a los programas P-AIE y P-TAI. Observamos diferencias en algunos resultados, pero no en todos, y en la mayoría de los casos las diferencias se debían al diferente VWP y al patrón de inseminación causado por los protocolos de sincronización.

Las vacas del grupo Hi-Fert en el tratamiento P-AIE (**Figura 3A**) tuvieron una mayor tasa de preñez tras el parto, lo que redujo el tiempo hasta la preñez, resultando en un mayor número de vacas preñadas a los 100 DIM (66,8 vs 61,2%; P < 0,05). La reinseminación más precoz debido a un VWP más corto y un mayor número de vacas AIE antes del NPD compensaron el menor P/AI del primer servicio que en el grupo P-TAI.

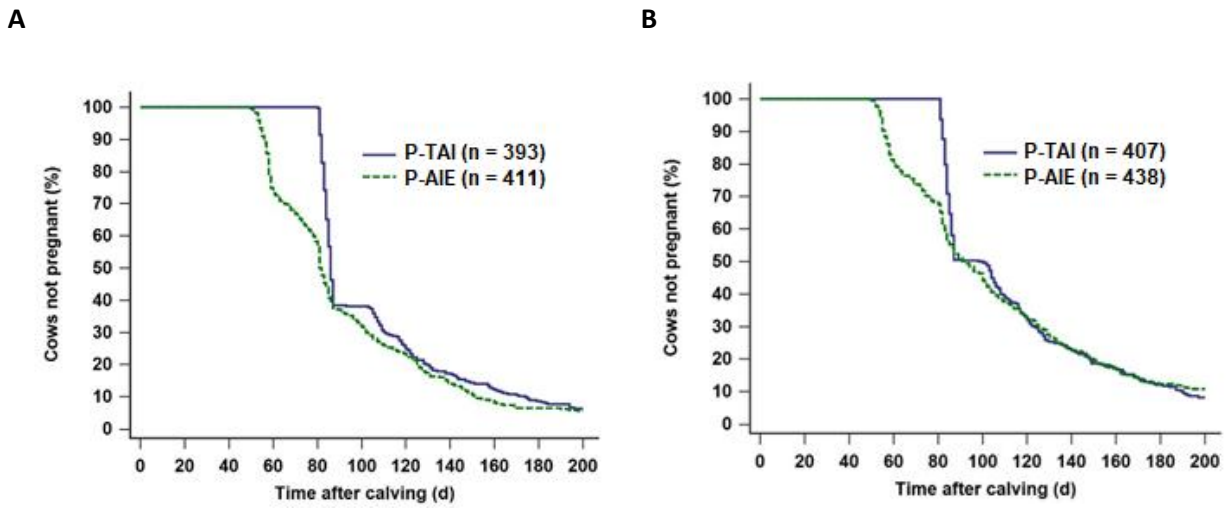


Figura 3. (A) Efecto de los tratamientos en el tiempo a la preñez para el grupo de alta fertilidad. El riesgo de preñez fue mayor (*P* < 0,01) para el tratamiento P-AIE que para el P-TAI (HR = 1,4; CI 95%: 1,2, 1,6). La media y la mediana de días hasta la preñez fueron 94 y 81 para el tratamiento con P-AIE y 107 y 86 para el tratamiento con P-TAI, respectivamente. (B) Efecto de los tratamientos en el tiempo hasta la preñez para el grupo de baja fertilidad. No se observaron diferencias entre los tratamientos P-AIE y P-TAI (HR = 1,1; CI 95%: 1,0, 1,3). La media y la mediana de días hasta la preñez fueron 106 y 92 para el tratamiento con P-AIE y 114 y 100 para el tratamiento con P-TAI, respectivamente (Sitko et al. 2023a).

A pesar de estos beneficios iniciales de la lactancia para el tratamiento P-AIE, la proporción de vacas preñadas a los 200 DIM fue la misma en los tratamientos P-AIE y P-TAI (91,2 frente a 91,3%; *P* >

0,05). En el grupo Lo-Fert, no hubo diferencias en la tasa de preñez (**Figura 3B**) ni en las vacas preñadas con los tratamientos P-AIE y P-TAI a los 100 (53,7 vs 47,8%; P > 0,05) o 200 DIM (85,6 vs 85,9%; *P* > 0,05). Probablemente, esto se debió a un menor porcentaje de vacas con AIE (solo durante la estación cálida) y de P/AI en los primeros servicios de la AIE para el programa P-AIE. El menor número de preñeces generadas por la inseminación al detectar el celo (AIE) hizo que más vacas necesitaran reinseminación, lo que contrarrestó las ventajas de un VWP más corto.

En conjunto, nuestros resultados indicaron que los grupos Hi- y Med-Fert (datos no mostrados) presentaron mayores diferencias en la tasa de preñez después del parto que el grupo Lo-Fert cuando se les administró el tratamiento P-AIE o P-TAI. Sin embargo, los efectos sólo fueron evidentes al principio de la lactación, con diferencias marginales o nulas después de 100 DIM. Por lo tanto, si se basa la elección del programa de gestión reproductiva para vacas Holstein primíparas lactantes únicamente en la reducción del tiempo hasta la preñez después del parto, las vacas de mérito genético superior para la fertilidad (basado en RI o similar) podrían beneficiarse de programas como el P-AIE en este experimento. Por otro lado, las vacas de inferior mérito genético para la fertilidad podrían gestionarse con programas que prioricen la AIE o la IATF como los utilizados en este experimento, ya que no deberían esperarse diferencias importantes en el rendimiento.

En resumen, el efecto de la gestión selectiva basada en el mérito genético para la fertilidad dependió del resultado reproductivo específico o de los conjuntos de resultados evaluados. Desde el punto de vista del rendimiento reproductivo, la ventaja potencial de adaptar la gestión en función del mérito genético para la fertilidad dependería principalmente del beneficio de inseminar más vacas mediante la inseminación al detectar el celo (AIE) frente a la TAI, maximizando la fertilidad de los servicios de AI, reduciendo o aumentando los días hasta la preñez, o una combinación de todos ellos. Del mismo modo, el valor de la TRM basado en el mérito genético para la fertilidad podría estar mejorando la gestión del rebaño en lugar del rendimiento. Por ejemplo, las explotaciones podrían simplificar la implantación de programas reproductivos o reducir la dependencia de las intervenciones hormonales sin comprometer el rendimiento reproductivo. En última instancia, la elección del resultado o del conjunto de resultados a optimizar depende de la explotación.

Aspectos económicos de bovinos con diferentes méritos genéticos para la fertilidad

Aunque las diferencias bien documentadas en el rendimiento reproductivo de vacas con diferente mérito genético para la fertilidad podrían justificar un mayor énfasis en la selección genética para la fertilidad y el uso de un manejo reproductivo personalizado basado en el potencial de fertilidad, deben tenerse en cuenta los efectos sobre la rentabilidad del rebaño lechero antes de su implementación en una explotación. Las decisiones en materia de la selección genética deben tener en cuenta los posibles efectos negativos de favorecer una alta fertilidad en la rentabilidad del rebaño, y la implementación de la TRM basada en la genómica debe planificarse teniendo en cuenta las interacciones complejas entre la gestión reproductiva y la rentabilidad de las vacas que tienen diferentes méritos genéticos para la fertilidad.

Con este fin, utilizando datos del experimento de Sitko et al. (2023a), exploramos la relación entre el mérito genético para la fertilidad y la rentabilidad de las vacas (Sitko et al. 2023b). Estimamos el flujo de caja total por vaca durante dos intervalos de parto (**CI** - calving intervals) sucesivos y durante un período fijo de 28 meses después del parto en la primera lactancia. Planteamos la hipótesis de que las diferencias en el rendimiento reproductivo observadas entre vacas con diferente mérito genético

para la fertilidad generarían diferencias en la rentabilidad, independientemente de la estrategia de gestión reproductiva utilizada (es decir, predominio de AIE o predominio de TAI).

Las grandes y constantes diferencias en los resultados reproductivos entre vacas de diferente mérito genético para la fertilidad se tradujeron en grandes diferencias en el flujo de caja. Las vacas del grupo Lo-Fert, que eran las que más leche producían, generaban más flujo de caja que las vacas del grupo Hi-Fert (es decir, las que menos leche producían) en todas las comparaciones. Las diferencias en el flujo de caja oscilaron entre 198 dólares por vaca para dos intervalos de parto (CI) y hasta 427 dólares por plaza durante 28 meses (**Tabla 4**). Como era de esperar, la mayoría de los resultados del grupo Med-Fert fueron intermedios.

Curiosamente, las diferencias observadas en el flujo de caja general se debieron exclusivamente a un mayor IOFC (ingreso sobre el costo de alimentación) para las vacas con menor potencial de fertilidad, que compensó su menor valor de los becerros nacidos y sus mayores costos de reproducción y reposición. Un intervalo de parto (CI) más largo debido a una preñez más tardía en la primera lactancia solo explico parcialmente la diferencia en el IOFC (Ingresos respecto al coste de alimentación) de la leche, ya que la mayor producción de leche en general en las dos primeras lactancias causo la mayor parte de la diferencia.

Nuestros resultados, que concuerdan con la conocida relación antagónica entre el potencial genético de fertilidad y la producción de leche (Berry et al., 2016; Lima et al., 2020), demostraron que los efectos perjudiciales en la rentabilidad de un bajo rendimiento reproductivo de las vacas con un bajo mérito genético para la fertilidad pueden verse compensados por su potencial de producción de leche sustancialmente mayor. En conjunto, las pérdidas debidas al menor valor de los terneros nacidos y a los mayores costes de reproducción y reposición fueron de menor magnitud que las ganancias sustanciales en el IOFC observadas en hasta dos CI completos y hasta 28 meses después del parto en la primera lactancia. Por lo tanto, es poco probable que las pérdidas debidas a un potencial reproductivo deficiente superen los beneficios del aumento de la producción de leche en vacas con bajo potencial de fertilidad, al menos hasta 28 meses después del parto en la primera lactancia.

Tabla 4. El efecto del grupo de fertilidad en los ingresos y gastos por vaca durante los 28 meses posteriores al parto en la lactancia experimental.

	Grupo de fertilidad			
Artículo[1]	Alta (n = 798)	Media (n = 1.029)	Baja (n = 838)	P-value[2]
Leche IOFC[3] ($/vaca)	4.806 ± 86[A]	5.015 ± 84[A]	5.281 ±87[B]	<0,01
Valor del ternero ($/vaca)	141 ± 2,6[A]	136 ± 2,3[A]	128 ± 2.6[B]	<0,01
Coste reproductivo ($/vaca)	151 ± 3,7[A]	159 ± 3,4[A]	170 ± 3.3[B]	<0,01

Valor de mercado, coste de reposición[4] ($/vaca)	148 ± 20	164 ± 19	173 ± 20	0,32
Valor de cría, coste de reposición[5] ($/vaca)	711 ± 63^{A}	795 ± 60^{AB}	873 ± 63^{B}	0,01
Flujo de caja (valor de mercado de reposición; $/vaca)	1.862 ± 81^{A}	2.046 ± 79^{B}	2.289 ± 82^{C}	<0,01
Flujo de caja (valor de reposición cría; $/vaca)	1.326 ± 83^{A}	1.446 ± 77^{A}	1.630 ± 82^{B}	<0,01

[1]Los valores de los resultados se presentan como LSM y SEM.

[2]FG = Grupo de fertilidad. Término de interacción Trt x FG no significativo conservado en los modelos finales.

^{A,B,C} Los diferentes superíndices dentro de una fila indican diferencias significativas (P < 0,05) entre grupos de fertilidad.

Además del efecto directo de la producción de leche en el flujo de caja, las diferencias en la producción de leche entre los grupos de fertilidad también podrían haber afectado a la dinámica de salida del rebaño. En concreto, especulamos que, en el caso del grupo Lo-Fert, el mayor riesgo de remplazo debido al retraso en la preñez en la primera lactancia se compenso con una mayor producción de leche. De hecho, las probabilidades de salida del rebaño durante la primera lactancia fueron 13 y 7 veces menores para las vacas de los grupos de producción de leche alta que para las de los grupos de producción de leche baja y media, respectivamente, y, en promedio, las vacas con mayor producción de leche abandonaron los rebaños más tarde en la lactancia (Sitko et al., 2023b). Este efecto protector de la producción de leche en vacas con menor potencial de fertilidad probablemente se vio agravado por el efecto protector de la preñez temprana (es decir, en comparación con las vacas más viejas) y la primera paridad en la tasa de rechazos (DeVries et al., 2010).

En particular, nuestros resultados demostraron que la rentabilidad de las vacas estaba claramente relacionada de forma negativa con un mejor mérito genético para la fertilidad. Aunque la no consideración de los efectos de la salud en el flujo de caja fue una limitación, es poco probable que las posibles diferencias en los costes sanitarios entre los grupos de fertilidad compensaran las diferencias observadas en el flujo de caja. Por lo tanto, nuestros datos respaldaron la idea de que la selección para mejorar la fertilidad no debería ser el único criterio para la selección genética, a pesar de las importantes consecuencias que tiene un bajo potencial de fertilidad en el rendimiento reproductivo y los costos de producción. Más bien, un enfoque equilibrado de selección genética centrado en mejoras concomitantes de la fertilidad y la productividad podría ser el más adecuado para optimizar la rentabilidad general del rebaño.

Aspectos económicos de los programas TRM (manejo reproductivo dirigido) basados en el mérito genómico para la fertilidad

Cuando se evaluaron los efectos de los programas que priorizaban la AIE o la TAI en el flujo de caja de vacas con diferente potencial de fertilidad, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el flujo de caja general a pesar de algunas diferencias numéricas sustanciales y de los efectos del tratamiento en los resultados reproductivos, en la salida del rebaño y en el rendimiento durante la primera lactancia. Estas observaciones no coincidieron con nuestra expectativa de que las vacas con diferentes méritos genéticos para la fertilidad responderían de manera distinta a los tratamientos desde el punto de vista económico. Probablemente, los factores que contribuyeron a la falta de diferencias fueron la gran variación en el flujo de caja de cada vaca individual y la compensación entre grupos en las lactancias posteriores. Como demostramos anteriormente en otros estudios (Stangaferro et al., 2018, 2019), la gran variación en el flujo de caja entre vacas se explica principalmente por la variación en la producción de leche entre las vacas. Además, se observan valores extremos de costes de reposición para vacas o grupos con distinto riesgo de remplazo (Stangaferro et al., 2018, 2019).

Para el grupo Hi-Fert (**Tabla 5**), que tuvo el menor rendimiento de leche, las primeras lactancias más largas debido al retraso de la preñez por el tratamiento con P-TAI dieron como resultado un mayor rendimiento de leche (+674 kg), lo que aumentó el IOFC de la leche (+152 $) para los dos CI. Esta ganancia durante la primera lactancia se compensó parcialmente con una mayor producción de leche (+339 kg) en la segunda lactancia y otros resultados favorables derivados del tratamiento P-AIE. En última instancia, la compensación entre múltiples ingresos y gastos redujo considerablemente las ganancias iniciales para el tratamiento P-TAI, lo que dio lugar a diferencias generales en el flujo de caja de 61 y 86 dólares correspondientes al coste de mercado y de cría de novillas de reemplazo, respectivamente. Del mismo modo, el flujo de caja por vaca durante 28 meses fue favorable para el tratamiento P-TAI, pero solo en 13 $ y 47 $ correspondientes al coste de mercado y de cría de la novilla de reemplazo, respectivamente. En este caso, las diferencias en la producción de leche a favor del tratamiento con P-TAI en la primera lactancia se compensaron aún más con el tratamiento con P-AIE. Esto era de esperar porque, cuando se comparan las franjas durante un período fijo para vacas con diferente duración de la primera lactancia, el mayor rendimiento lácteo debido a una primera lactancia más larga se ve compensado en gran medida por el inicio más temprano de las lactancias posteriores en vacas con un CI más corto.

A pesar de la falta de diferencias estadísticamente significativas en el flujo de caja, el grado de consenso general entre los múltiples métodos de estimación sugiere que una dinámica de preñez y salida del rebaño similar a la del tratamiento P-TAI de nuestro experimento podría generar modestas ganancias económicas en el caso de vacas con un mérito genético superior en cuanto a fertilidad. Los efectos beneficiosos dependerían principalmente de la posibilidad de prolongar la primera lactancia para aumentar la producción de leche sin aumentar los costes de reposición y otros. Además, los efectos beneficiosos de los tratamientos reproductivos durante la primera lactancia podrían quedar enmascarados debido a la compensación de las lactancias posteriores.

Para las vacas del grupo Lo-Fert (**Tabla 5**), que tuvieron el peor rendimiento reproductivo y el mayor rendimiento de leche, el tratamiento P-AIE generó diferencias modestas, pero no estadísticamente significativas en el flujo de caja. Las diferencias en el flujo de caja para los dos CI fueron de 58 y 47 dólares correspondientes al valor de mercado y de cría de las novillas, respectivamente, y para el análisis de 28 meses las diferencias fueron de 77 y 19 dólares correspondientes a los valores de mercado y de cría de las novillas, respectivamente. En general, los efectos de los tratamientos siguieron las mismas líneas que en las vacas del grupo Hi-Fert, pero las diferencias fueron de menor magnitud. Por lo tanto, la falta de diferencias significativas entre el tratamiento P-AIE y P-TAI para el grupo de baja

fertilidad se debió a diferencias mínimas en los resultados de rendimiento reproductivo, de salida del rebaño y de producción durante la primera lactancia. Aunque en nuestro experimento se observaron ligeras ganancias positivas en la producción de leche en vacas de menor fertilidad gestionadas con programas reproductivos como el tratamiento P-AIE, la posibilidad de generar diferencias en la rentabilidad en comparación con programas como el P-TAI podría ser limitada.

En consonancia con los efectos mixtos de los tratamientos en la mayoría de los resultados reproductivos y no reproductivos de las vacas del grupo Med-Fert (**Tabla 5**), la tendencia y la magnitud de las diferencias en el flujo de caja y en los ingresos y gastos individuales fueron inconsistentes.

Basándonos en estos datos, concluimos que la magnitud de los efectos sobre el rendimiento de un programa reproductivo que prioriza la AIE frente a uno que prioriza la TAI, combinado con otras interacciones complejas de la dinámica del rebaño y factores económicos, impidió identificar la estrategia de gestión reproductiva más favorables económicamente para las vacas en diferentes terciles de mérito genético para la fertilidad. La magnitud de los efectos de los tratamientos en los resultados de la dinámica reproductiva y del rebaño para las vacas de un grupo específico con potencial genético de fertilidad fue insuficiente para generar diferencias de flujo de caja que justificaran claramente la elección de un tipo de estrategia de gestión reproductiva.

Tabla 5. Efectos de programas de gestión reproductiva (P-TAI frente a P-AIE) y del grupo de fertilidad en los ingresos y gastos por vaca durante los 28 meses posteriores al parto de la primer lactancia.

	Grupo de fertilidad								
	Alta		Media		Baja		P-value[2]		
Artículo[1]	P-AIE	P-TAI	P-AIE	P-TAI	P-AIE	P-TAI	Trt	GF	Trt×GF
IOFC[3] ($/stall)	4.785[a]	4.826[a]	5.020[a]	5.009[a]	5.314[b]	5.248[b]	0.74	<0,01	0,49
Valor del ternero ($/stall)	143[a]	138[a]	141[a]	130[a]	130[b]	126[b]	0,01	<0,01	0.39
Coste reproductivo ($/stall)	148[a]	153[a]	156[a]	161[a]	172[b]	1685[b]	0,61	<0,01	0,32
Valor de mercado, coste de reposición ($/vaca)	138[a]	157[a]	179[a]	150[a]	170	177	0,90	0,32	0,22
Valor de cría, coste de	717[a]	704[a]	789[ab]	801[ab]	895[b]	849[b]	0,68	0,01	0,81

reposición ($/vaca)									
Flujo de caja (valor de mercado de reposición; $/stall)	1.855[a]	1.868[a]	2.046[b]	2.046[b]	2.328[c]	2.251[c]	0,59	<0,01	0,61
Flujo de caja (valor de reposición cría; $/stall)	1.302[a]	1.349[a]	1.464[a]	1.427[a]	1.639[b]	1.620[b]	0,95	<0,01	0,82

[1]Los valores para resultados binarios se presentan como LSM.

[2]Trt = tratamiento, GF = fertilidad, Trt x FG = tratamiento por interacción de fertilidad. Término de interacción Trt x FG no significativo conservado en los modelos finales.

[3]Leche IOFC = ingresos respecto al coste de la alimentación.

[A,B,C] Los diferentes superíndices dentro de una fila indican diferencias ($P \leq 0,05$) entre grupos Trt x FG.

[a,b,c] Los diferentes superíndices dentro de una fila indican diferencias ($P \leq 0,05$) entre grupos de fertilidad.

RECONOCIMIENTOS

El trabajo de los autores fue apoyado por el USDA National Institute of Food and Agriculture, Animal Health Program Project # 2017-67015-26772, Hatch project NYC-2020-21-255, y Multistate project 1021189. Las opiniones, resultados, conclusiones o recomendaciones expresados en esta publicación son del autor o autores y no reflejan necesariamente la opinión del National Institute of Food and Agriculture (NIFA) o del United States Department of Agriculture (USDA). Asimismo, hacemos extensiva nuestra gratitud a Zoetis, Inc. por apoyar la investigación presentada en este documento.

BIBLIOGRAFÍA

Berry, D. P., N. C. Friggens, M. Luzy, and J. R. Roche. 2016. Milk production and fertility in cattle. Annu. Rev. Anim. Biosci. 4:269–290. https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021815-111406.

Bisinotto, R. S., E. S. Ribeiro, F. S. Lima, N. Martinez, L. F. Greco, L. F. S. P. Barbosa, P. P. Bueno, L. F. S. Scagion, W. W. Thatcher, and J. E. P. Santos. 2013. Targeted progesterone supplementation improves fertility in lactating dairy cows without a corpus luteum at the initiation of the timed artificial insemination protocol. J. Dairy Sci. 96:2214–2225.

Cerri, R. L. A., R. C. Chebel, F. Rivera, C. D. Narciso, R. A. Oliveira, W. W. Thatcher, and J. E. P. Santos. 2011. Concentration of progesterone during the development of the ovulatory follicle: I. Ovarian and embryonic responses. J. Dairy Sci. 94:3342–3351

Chebel, R. C., and A. Veronese. 2020. Associations between genomic merit for daughter pregnancy rate of Holstein cows and metabolites postpartum and estrus characteristics. J. Dairy Sci. 103:10754–10768. https://doi.org/10.3168/jds.2020-18207.

Cummins, S. B., P. Lonergan, A. C. O. Evans, and S. T. Butler. 2012. Genetic merit for fertility traits in Holstein cows: II. Ovarian follicular and corpus luteum dynamics, reproductive hormones, and estrus behavior. J. Dairy Sci. 95:3698–3710. https://doi.org/10.3168/jds.2011-4976.

De Vries, A., J. D. Olson, and P. J. Pinedo. 2010. Reproductive risk factors for culling and productive life in large dairy herds in the eastern United States between 2001 and 2006. J. Dairy Sci. 93:613–623. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2573.

Giordano, J. O., E. M. Sitko, C. Rial, M. M. Pérez, and G. E. Granados. 2022. Symposium review: Use of multiple biological, management, and performance data for the design of targeted reproductive management strategies for dairy cows. J. Dairy Sci. 105:4669–4678. https://doi.org/10.3168/jds.2021-21476.

Lima, F. S., F. T. Silvestre, F. Penagaricano, and W. W. Thatcher. 2020. Early genomic prediction of daughter pregnancy rate is associated with improved reproductive performance in Holstein dairy cows. J Dairy Sci. 103:3312-3324. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17488.

Pereira, M. H. C., C. P. Sanches Jr., T. G. Guida, M. C. Wiltbank, and J. L. M. Vasconcelos. 2017. Comparison of fertility following use of one versus two intravaginal progesterone inserts in dairy cows without a CL during a synchronization protocol before timed AI or timed embryo transfer. Theriogenology 89:72–78. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.10.006

Reed, C. B., B. Kuhn-Sherlock, C. R. Burke, and S. Meier. 2022. Estrous activity in lactating cows with divergent genetic merit for fertility traits. J. Dairy Sci. 105:1674-1686. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20811.

Rivera, F. A., L. G. Mendonca, G. Lopes Jr., J. E. P. Santos, R. V. Perez, M. Amstalden, A. Correa-Calderon, and R. C. Chebel. 2011. Reduced progesterone concentration during growth of the first follicular wave affects embryo quality but has no effect on embryo survival post transfer in lactating dairy cows. Reproduction 141:333–342

Sitko, E.M., Laplacette, A., Duhatschek, D., Rial, C., Perez, M.M., Tompkins, S., Kerwin, A.L., Domingues, R.R., Wiltbank, M.C. and Giordano, J.O., 2024a. Ovarian function and endocrine phenotypes of lactating dairy cows during the estrous cycle are associated with genomic-enhanced predictions of fertility potential. *Journal of Dairy Science*, *107*(9), pp.7352-7370.

Sitko, E.M., Laplacette, A., Duhatschek, D., Rial, C., Perez, M.M., Tompkins, S., Kerwin, A.L. and Giordano, J.O., 2024b. Reproductive physiological outcomes of dairy cows with different genomic merit for fertility: Biomarkers, uterine health, endocrine status, estrus features, and response to ovarian synchronization. *Journal of Dairy Science*, *107*(10), pp.8670-8687.

Sitko, E. M., M. M. Perez, G. E. Granados, M. Masello, F. Sosa Hernandez, E. M. Cabrera, E. M. Schilkowsky, F.

A. Di Croce, A. K. McNeel, D. J. Weigel, and J. O. Giordano. 2023a. Effect of reproductive management programs that prioritized artificial insemination at detected estrus or timed artificial insemination on the reproductive performance of primiparous Holstein cows of different genetic merit for fertility. J. Dairy Sci. 106:6476-6494. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22673.

Sitko, E.M., Di Croce, F.A., McNeel, A.K., Weigel, D.J. and Giordano, J.O., 2023b. Effect of reproductive management programs that prioritized artificial insemination at detected estrus or timed artificial insemination on the economic performance of primiparous Holstein cows of different genetic merit for fertility. *Journal of dairy science*, *106*(9), pp.6495-6514.

Stangaferro, M. L., R. Wijma, and J. O. Giordano. 2019. Profitability of dairy cows submitted to the first service with the Presynch-Ovsynch or Double-Ovsynch protocol and different duration of the voluntary waiting period. J. Dairy Sci. 102:4546–4562. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15567.

Stangaferro, M. L., R. Wijma, M. Masello, M. J. Thomas, and J. O. Giordano. 2018. Economic performance of lactating dairy cows submitted for first service timed artificial insemination after a voluntary waiting period of 60 or 88 days. J. Dairy Sci. 101:7500–7516. https://doi.org/10.3168/jds.2018-14484.

Stevenson, J. S., M. A. Portaluppi, and D. E. Tenhouse. 2007. Factors influencing upfront single-and multiple-ovulation incidence, progesterone, and luteolysis before a timed insemination resynchronization protocol. J. Dairy Sci. 90:5542–5551. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0475

Veronese, A., O. Marques, R. Moreira, A. L. Belli, R. S. Bisinotto, T. R. Bilby, F. Peñagaricano, and R. C. Chebel. 2019. Genomic merit for reproductive traits. I: Estrous characteristics and fertility in Holstein heifers. J. Dairy Sci. 102:6624–6638. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15205.

DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LOS PROGRAMAS DE REINSEMINACIÓN: COMBINANDO BIOLOGÍA Y GESTIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO REPRODUCTIVO

Julio Giordano

Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY 14853

INTRODUCCIÓN

Los programas de reproducción exitosos para vacas lecheras incluyen una estrategia de reinseminación que minimiza el intervalo entre servicios (en sus siglas en inglés **IBI**) y maximiza los embarazos por AI (**P/AI**). Con este fin, maximizar la reinseminación de las vacas después de detectar el celo debería ser el objetivo de la mayoría de las explotaciones que consiguen detectar una alta proporción de vacas previamente inseminadas en celo, alcanzando una alta fertilidad con estas inseminaciones. Esto se debe a que no existe un método más fácil, rápido y barato para volver a inseminar a las vacas. La reinseminación del mayor número posible de vacas en celo también podría ser el objetivo de las explotaciones que utilizan sistemas de detección automática del celo (**AED**) o prefieren reducir su dependencia de los programas de inseminación artificial programada (**TAI**).

Sin embargo, existen desafíos específicos para los programas de reinseminación que priorizan la inseminación durante el estro detectado (**AIE**). Entre ellas se incluyen la gran variabilidad en el momento de la vuelta al estro debido a los efectos de la pérdida temprana del embarazo (**PL**) y la gran variabilidad biológica de la función ovárica (Wijma et al. 2016; Wijma et al., 2017; Domingues et al., 2024; Sitko et al., 2024). Las vacas que ven interrumpido su embarazo en torno al periodo de reconocimiento materno de la preñez (Wijma et al., 2016; Domingues et al., 2024) y las vacas con ciclos estrales prolongados (Sartori et al., 2004; Sitko et al., 2024) corren el riesgo de tener un IBI largo que retrasa el embarazo y, por tanto, el rendimiento reproductivo general del rebaño. Las pérdidas gestacionales y la gran variabilidad biológica en el intervalo intermenstrual también tienen consecuencias negativas directas en la eficacia de las intervenciones hormonales para resincronizar la ovulación (Wijma et al., 2017; 2018; Pérez et al., 2020).

Se sabe desde hace tiempo que el retraso en la regresión del cuerpo lúteo (**CL**) contribuye en gran medida a la variabilidad en el retorno al estro en vacas previamente inseminadas. Más recientemente, los nuevos métodos para monitorizar con más detalle los marcadores del desarrollo temprano del conceptus (**ISG**; genes estimulados por interferón, **PAG**; glicoproteínas asociadas al embarazo) y los métodos para caracterizar la dinámica de la CL y de la onda folicular han permitido una caracterización más completa de la función ovárica de las vacas con y sin PL en el periodo de "rescate" del CL (también conocido como reconocimiento material de la gestación). Mediante una mejor comprensión de la función ovárica y el desarrollo de combinaciones más eficaces de la AI y de intervenciones hormonales, se desarrollaron y probaron nuevos programas que incluyen la detección activa del estro y la resincronización de los protocolos de ovulación adaptados al estado ovárico de las vacas en el momento del diagnóstico de no gestación (**NPD**). Trabajos recientes han demostrado una mejora en el rendimiento reproductivo y en los resultados de gestión, incluyendo un mayor número de

vacas reinseminadas durante el estro, un IBI más corto, una mayor P/AI y un menor número de días abiertos (Giordano et al., 2015; Wijma et al., 2017; 2018; Pérez et al., 2020; Masello et al., 2020). Sin embargo, aún falta optimizar estos novedosos programas de reinseminación. El progreso aún se ve limitado por la prevención de la expresión del estro debido a la resincronización precoz, las respuestas subóptimas a intervenciones hormonales clave y el gran número de intervenciones necesarias para lograr buenos resultados. Por lo tanto, se debe desarrollar un conjunto mejorado de programas destinados a optimizar la AIE, la fertilidad o ambas para acortar el IBI y mejorar al mismo tiempo el P/AI. Las vías para la mejora continua incluyen métodos novedosos para identificar a las vacas afectadas por la pérdida de preñez (PL), predecir la aparición del estro, predecir la etapa del ciclo estral y determinar la función del CL y la respuesta a la PGF2α.

Este estudio se centra en la biología de las vacas previamente inseminadas y en las estrategias desarrolladas recientemente para mejorar el rendimiento reproductivo y los resultados de gestión de la reinseminación de vacas lecheras lactantes. También se examinan las estrategias para la investigación y el desarrollo futuros.

Problemas debidos a la alteración de la función ovárica en vacas previamente inseminadas

En el ganado lechero, hay dos factores clave que determinan la variabilidad de la probabilidad y el momento de la reanudación del celo después de una inseminación previa (**Figura 1**). La mayor parte de esta variabilidad se explica por el efecto de la pérdida del embarazo sobre la función ovárica (Wijma et al., 2016; Domingues et al., 2024) y la variabilidad biológica esperada (no asociada a la pérdida del embarazo) en el momento de la luteólisis y en la dinámica de la onda folicular (Sartori et al., 2004; Sitko et al., 2024). Ambos son importantes para la gestión y el éxito reproductivo del rebaño lechero, ya que estos fenómenos afectan a la probabilidad y al patrón de retorno al estro y a la ovulación, así como a las respuestas individuales y generales a las intervenciones hormonales para la resincronización de la ovulación (**Figura 1**). Por lo tanto, comprender los factores que impulsan esta variabilidad y predecir y controlar la función ovárica de las vacas previamente inseminadas es fundamental para el éxito de los programas de reinseminación. Esto es particularmente importante para las explotaciones que buscan optimizar el rendimiento reproductivo mediante la combinación de la AI y la TAI.

La pérdida de la preñez durante el periodo embrionario de gestación (es decir, hasta 42 días después de la AI) es una de las principales causas del bajo rendimiento reproductivo de las vacas lecheras lactantes. Sin lugar a dudas, el mayor obstáculo al rendimiento reproductivo de las vacas es la pérdida de embriones. Sin embargo, las vacas que pierden su preñez también pueden presentar alteraciones en la función ovárica que conducen a una expresión tardía del estro y a un retraso en la reinseminación (Wijma et al., 2016; 2017; Domingues et al., 2024). La pérdida de la preñez también puede ser responsable, al menos en parte, de la mala respuesta a la sincronización del estro y a los tratamientos de ovulación utilizados para vacas no preñadas previamente inseminadas.

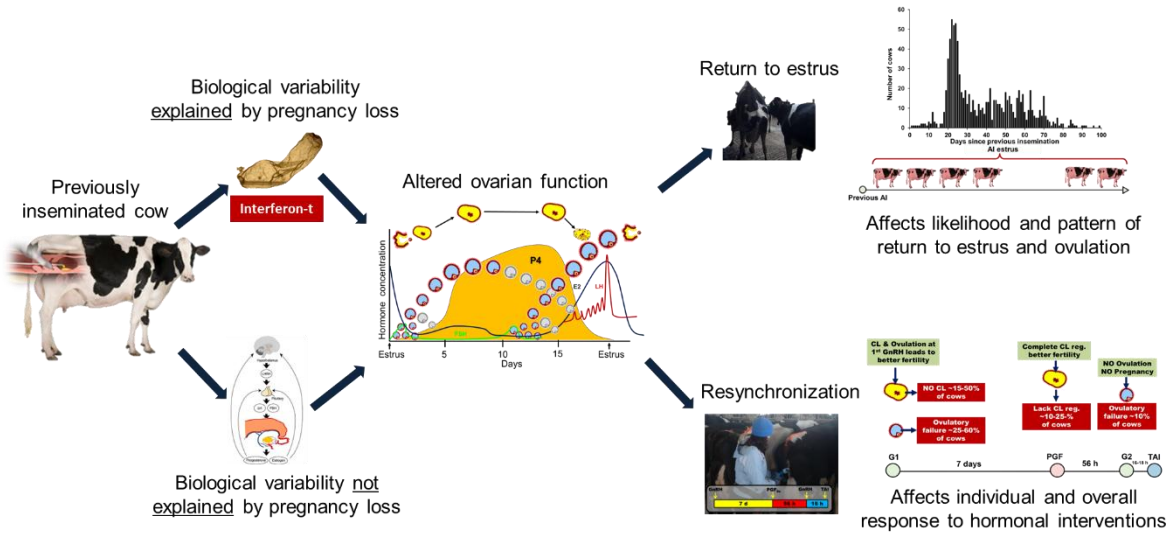


Figura 1. Representación esquemática de las alteraciones de la función ovárica de vacas previamente inseminadas y las consecuencias sobre los programas de reinseminación que tienen como objetivo someter a las vacas a la AI durante el estro detectado y la resincronización de la ovulación.

El momento de la muerte del embrión es crítico, ya que puede afectar a la función ovárica de diferentes maneras. De hecho, en un estudio en el que caracterizamos en detalle la función ovárica de vacas Holstein lactantes con pérdida de embarazo, observamos una variación sustancial en el momento de la regresión lútea completa entre las vacas con mortalidad embrionaria (**EM**), determinada por una combinación de expresión de ISG, niveles de PAG y exámenes ecográficos diarios (Wijma et al., 2016). En general, las vacas con EM presentaron regresión del CL entre 18 y 40 días después de la inseminación artificial, y aproximadamente el 30 % de las vacas no presentaron regresión lútea completa al final del período de observación, 42 días después de la inseminación artificial. Como especulamos que la función ovárica podría verse afectada de manera diferente según el momento de la EM, las vacas con evidencia de EM se separaron en grupos de EM temprana (<22 días después de la AI) y tardía (≥22 días después de la AI). En apoyo de nuestra hipótesis, observamos que solo las vacas que sufrieron una EM tardía eran menos propensas a sufrir una regresión lútea completa, tenían una regresión lútea retrasada y tenían intervalos interovulatorios más largos que las vacas cíclicas no inseminadas y las vacas sin EM (Figura 2). Por el contrario, las vacas en el grupo de EM temprana mostraron patrones de regresión del CL y ovulación similares a los de las vacas cíclicas no inseminadas y las vacas sin EM (**Figura 2**). Basándonos en estas observaciones, propusimos que, en las vacas lecheras lactantes, el desarrollo del embrión debe continuar más allá de los 22 días de gestación para prevenir eficazmente la luteólisis y prolongar sustancialmente la fase lútea.

Otra cuestión importante sobre la función ovárica de las vacas previamente inseminadas es si la pérdida del embarazo afecta a la dinámica de la onda folicular. Curiosamente, no observamos alteraciones sustanciales de la dinámica folicular desde el momento aproximado del inicio de la regresión lútea hasta la ovulación en vacas con EM (Wijma et al., 2016).

En conjunto, los resultados de la dinámica lútea, el desarrollo folicular, el estro y la ovulación en vacas lecheras lactantes que sufrieron EM en torno al período de rescate del CL por interferón-tau (**IFNT**)

sugirieron que las alteraciones de la función ovárica se deben principalmente a una regresión lútea tardía y no a alteraciones importantes de la dinámica de la onda folicular o de la función folicular (al menos después de la luteólisis).

Entre las consecuencias prácticas más relevantes de las alteraciones de la función ovárica de las vacas con pérdida de gestación, se encuentran el retraso en el retorno al estro y la ovulación después de la AI. Esto es un problema para las explotaciones que pretenden volver a inseminar al mayor número posible de vacas en celo, ya que la probabilidad y el momento de la expresión del celo se ven afectados negativamente. Por otro lado, esto también es problemático para las explotaciones que utilizan la TAI para la reinseminación, ya que la eficacia de la resincronización de los protocolos de ovulación se reduce drásticamente. Como la mayoría de las explotaciones inician protocolos de resincronización en días fijos después de una inseminación previa, la fase del ciclo estral en la que se inscriben las vacas en los protocolos para sincronizar la ovulación puede variar mucho, lo que afecta negativamente a las respuestas al protocolo y a la fertilidad de los servicios de TAI.

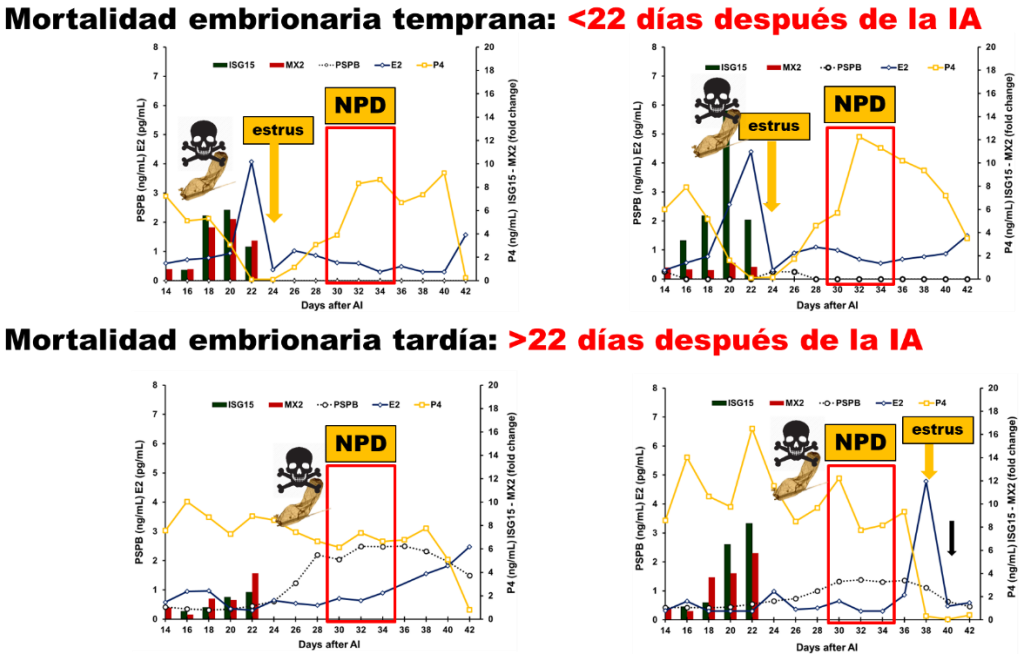


Figura 2. Perfiles individuales de progesterona, estradiol y proteína B específica del embarazo (es decir, una forma de PAG) desde el día 14 hasta el 42 después de la AI, y cambio de la expresión del mRNA de ISG15 y MX2 (ISG15 y MX2 son ISG producidos en respuesta a la secreción de INFT por el embrión) desde el día 14 hasta el 22 después de la AI para dos vacas representativas con mortalidad embrionaria temprana (<22 días después de la AI; arriba) o mortalidad embrionaria tardía (>22 d después de la AI) (abajo), respectivamente. P4 = progesterona, E2 = estradiol y PSPB = proteína B específica del embarazo. Las flechas negras indican el día de la ovulación. Obsérvese que las vacas con mortalidad embrionaria temprana mostraban indicios de la presencia de un embrión según los ISG, pero presentaban un retorno normal al estro (24 días después de la AI) y a la ovulación. Por el contrario, las vacas con evidencia de mortalidad embrionaria tardía presentaron retraso en la regresión lútea o en el retorno al estro y a la ovulación, o ambos. Ninguna de las vacas tenía un embrión detectable en el periodo de diagnóstico de

no gestación (NPD) con ecografía transrectal entre 29 y 25 días después de la AI.

Además de la variabilidad esperada en el retorno al estro debido a la pérdida del embarazo, existe una variabilidad biológica en la duración del ciclo estral no relacionada con la pérdida del embarazo. Esto se debe principalmente a la aparición de ciclos estrales atípicos. Las razones comunes de estos ciclos atípicos incluyen una luteólisis tardía, una ovulación tardía después de la luteólisis y el retorno a la anovulación en vacas previamente cíclicas (Sartori et al., 2004; Sitko et al., 2024). Otra fuente importante de variabilidad es la dinámica de la onda folicular, ya que las vacas con tres ondas foliculares (media de 26,2 con una desviación estándar de 2,7 d) tienen intervalos interovulatorios sustancialmente más largos y variables que las vacas con dos (media de 21,5 con una desviación estándar de 1,7 d) (Sitko et al., 2024). Estas variaciones observadas en la duración del ciclo estral no asociadas a la pérdida del embarazo son evidentes cuando el intervalo de días para volver al estro (media ± 1 desviación estándar) se superpone con el patrón de reinseminación en explotaciones comerciales (**Figura 3**). Las vacas con ciclos estrales atípicos y las vacas con más de dos ondas foliculares tienen ciclos estrales más largos y variables. Esto genera los mismos problemas descritos para las vacas con alteración de la función ovárica por pérdida de la preñez.

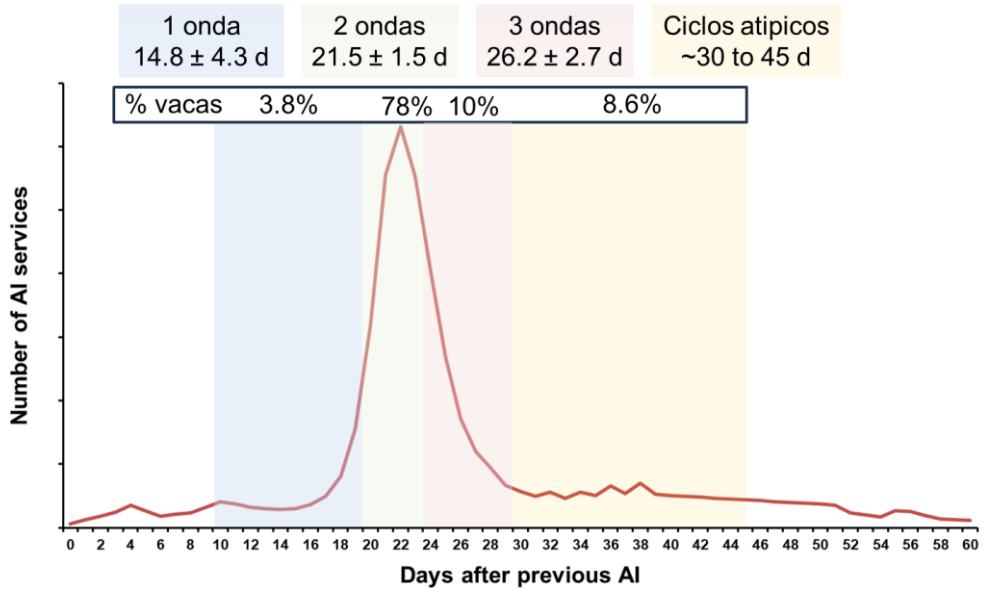


Figura 3. Proporción de vacas con una, dos y tres ondas foliculares y vacas con un ciclo estral atípico y número de días para volver al estro y a la ovulación para cada grupo (media y 1 desviación estándar). Las casillas de colores sombreados indican el intervalo de días hasta el retorno al estro y la ovulación (media y una desviación estándar) para los ciclos estrales agrupados en función del número de ondas foliculares y para los ciclos estrales atípicos. La línea roja indica la distribución de 127.618 reinseminaciones en 76 granjas lecheras comerciales de Nueva York para ilustrar las observaciones del IBI real en explotaciones comerciales.

Oportunidades para identificar vacas con diferente función ovárica para un manejo reproductivo dirigido

El concepto de manejo reproductivo dirigido (**TRM**, por sus siglas en inglés) consiste en identificar

grupos de vacas dentro de un rebaño que comparten características similares o un rendimiento previsto y que, por lo tanto, podrían beneficiarse de estrategias o intervenciones de manejo a medida (Giordano et al. 2022). En principio, el TRM debería optimizar el rendimiento reproductivo, la gestión, la rentabilidad o todo ello en mayor medida que si toda la manada se gestionara con un único programa reproductivo. La identificación de subgrupos de vacas para someterlos al TRM después de una inseminación previa es, por lo tanto, una gran oportunidad para mejorar la gestión y el rendimiento del rebaño. La identificación de subgrupos de vacas con diferente potencial reproductivo puede ayudar a maximizar la inseminación de las vacas en celo, minimizando al mismo tiempo el intervalo entre servicios mediante protocolos de resincronización agresivos, adaptándose a las limitaciones de gestión del rebaño. En este sentido, los recientes avances en la comprensión de la función ovárica y la biología del embarazo (Wijma et al. 2016; Ricci et al. 2017; Domingues et al. 2024), brindaron la oportunidad de utilizar la ecografía para aproximarse al estado fisiológico ovárico de las vacas (Wijma et al., 2017) y permitir el desarrollo y la implementación de protocolos dirigidos de sincronización de la ovulación ante un diagnóstico de no gestación (NPD).

Por ejemplo, estudios recientes que caracterizaron en detalle la onda folicular y la dinámica de crecimiento y regresión de la CL en vacas con y sin pérdida de embarazo ayudaron a identificar subgrupos de vacas con un estado ovárico diferente en el momento típico en que se utiliza la ecografía en modo B para la detección de la preñez en muchas explotaciones lecheras (Wijma et al. 2016; Ricci et al. 2017; Wijma et al. 2017). Entre 29 y 35 días después de una AI, aproximadamente entre el 70 y el 75 % de las vacas no preñadas tenían un CL funcional que respondía a uno o dos tratamientos con PGF2α y al menos un folículo en fase de crecimiento o estático (Wijma et al. 2017; Wijma et al. 2018; Perez et al. 2020). En la mayoría de estas vacas, el folículo también era lo suficientemente grande (es decir, ≥10 mm) como para crecer hasta alcanzar el tamaño preovulatorio y ovular después de la GnRH en un plazo de 3 a 4 días tras la inducción de la luteólisis en el momento de un diagnostico de no gestación (NPD). Por otro lado, el 25-30 % restante de las vacas o bien no tenían un CL funcional que respondiera a la PGF o bien tenían un folículo demasiado pequeño para crecer hasta alcanzar el tamaño preovulatorio o se encontraba en una etapa de desarrollo en la que no respondería a la inducción de la ovulación en los 3-4 días posteriores a la inducción de la luteólisis en el momento del NPD. Por lo tanto, estos dos grupos distintos de vacas se consideraron buenas candidatas para recibir protocolos de sincronización del estro u ovulación adaptados a su estado ovárico específico en el momento del NPD. El grupo CL incluye todas las vacas con un diámetro de CL ≥15 mm (se ignora la cavidad CL al medir el diámetro) y al menos un folículo de ≥10 mm de diámetro **(Figura 4**; grupo superior). Tenga en cuenta que este grupo se denomina simplemente «grupo CL», pero todas las vacas también deben tener un folículo de ≥10 mm de diámetro. Nos referimos a él como el grupo CL (es más fácil) porque en los estudios de investigación, >95 % de las vacas con un CL ≥ 15 mm de diámetro también tenían un folículo > 10 mm de diámetro. Todas las vacas que no cumplen los criterios para ser incluidas en el grupo CL se incluyen en el grupo NoCL (**Figura 4**; grupo inferior). Esto incluye vacas con tejido lúteo presente pero de <15 mm de diámetro, vacas sin tejido lúteo en absoluto, vacas con un CL >15 mm pero un folículo <10 mm (muy pocas vacas) y vacas con quistes foliculares o lúteos.

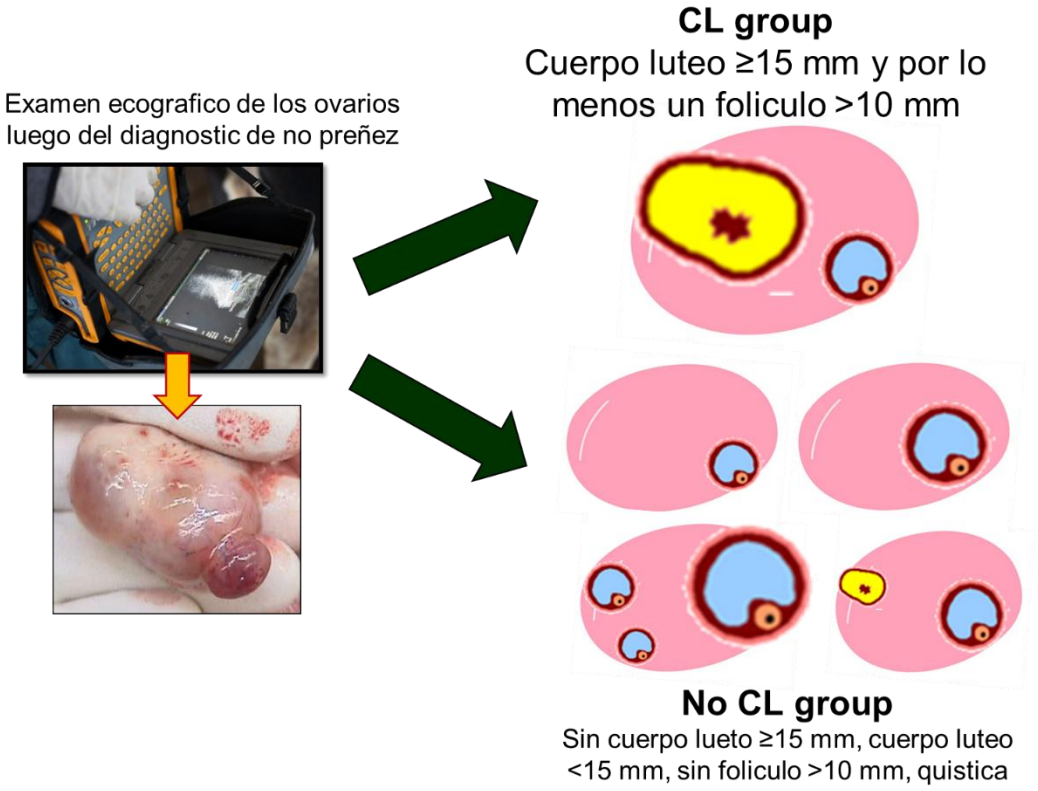


Figura 4. En el diagnóstico de no gestación a los 29-35 días después de la AI, las vacas pueden dividirse en un grupo CL y un grupo NoCL en función de las estructuras ováricas presentes. El grupo CL incluye todas las vacas con un diámetro de CL ≥15 mm y al menos un folículo de ≥10 mm de diámetro (grupo superior). Todas las vacas que no cumplen los criterios para ser incluidas en el grupo CL, se incluyen en el grupo NoCL (grupo inferior).

Uno de los retos de utilizar la presencia y el tamaño de las estructuras ováricas, determinados por la ecografía en modo B, para incluir a las vacas en los grupos CL y NoCL, es que el tamaño del cuerpo lúteo y el tamaño del folículo están poco relacionados con la funcionalidad o la etapa de desarrollo. Por lo tanto, el uso de métodos novedosos para determinar el estado fisiológico ovárico de las vacas puede conducir a mayores ganancias en el rendimiento a través de una mejor clasificación de las vacas en el grupo CL o NoCL y, potencialmente, la creación de más de estos dos grupos. Métodos como la ultrasonografía Doppler, pruebas junto a la vaca, en línea en la leche o análisis de laboratorio en la granja para la detección y medición de marcadores de la función del cuerpo lúteo y del folículo podrían utilizarse para identificar subgrupos de vacas para intervenciones específicas en el manejo reproductivo Una predicción mejorada de la función ovárica podría permitir el desarrollo y perfeccionamiento de nuevos programas para reducir el intervalo entre servicios y optimizar la fertilidad de las vacas previamente inseminadas más allá de lo que es posible con los programas y métodos existentes (es decir, clasificar las vacas en grupos CL y NoCL mediante ecografía en modo B). Por ejemplo, la capacidad de determinar la funcionalidad del CL en una sola observación en el momento del NPD mediante ecografía Doppler podría mejorar la clasificación de las vacas en el grupo CL o NoCL.

Con este fin, en un estudio con vacas Holstein lactantes, exploramos la relación entre la

funcionalidad del cuerpo lúteo (CL) mediante ecografía en modo B (US) y el flujo sanguíneo lúteo (BF) durante el protocolo Ovsynch (Elmetwally y Giordano, 2015). La evaluación de la funcionalidad del CL en el momento de la inducción de la luteólisis mediante el Ovsynch proporciona un indicador del momento de la detección del NPD en las granjas lecheras en las que las vacas reciben GnRH una semana antes del examen. Este momento también podría reflejar el estado ovárico de las vacas no tratadas previamente con GnRH, ya que no todas las vacas sincronizadas con Ovsynch tienen dos CL en el momento de la PGF. Como era de esperar, las métricas de flujo sanguíneo del CL fueron más efectivas que las métricas de la ecografía en modo B para diferenciar el tejido funcional del no funcional del CL. Esto se debe a que los cambios son más drásticos para las métricas relacionadas con el flujo sanguíneo que para los indicadores del tamaño del CL, como el diámetro y el área (**Figura 5**). Además, las mediciones del flujo sanguíneo se parecían más al patrón de concentraciones de P4 antes y después de la inducción de la luteólisis y se correlacionaban mejor con la funcionalidad del CL basada en los niveles de P4 (**Figura 5**).

Más importante aún, cuando se utilizaron para predecir la funcionalidad del CL con una sola observación, las métricas del flujo sanguíneo del CL fueron más precisas a la hora de diferenciar el tejido funcional del no funcional (**Tabla 1**). Por ejemplo, utilizando un valor de corte del 11 % del área total del CL con flujo sanguíneo, fue posible diferenciar el tejido del CL funcional del no funcional con una Se del 82 % y una Sp del 97 %. Además, el uso del porcentaje de tejido del CL con flujo sanguíneo en lugar de una medición del área con flujo sanguíneo es más fácil de realizar en la práctica porque el facultativo puede estimar aproximadamente el porcentaje del CL con flujo sanguíneo mediante una inspección visual del CL.

Otra posibilidad de mejorar el rendimiento de los programas de reinseminación basados en el estado ovárico de las vacas en el momento del NPD es mejorar la predicción de la función folicular, ya que el tamaño del folículo es un mal indicador de la etapa de desarrollo del folículo. Aunque es más difícil debido a la relación menos conocida entre el flujo sanguíneo y la función folicular, y a las complejidades de definir el flujo sanguíneo folicular en la explotación, predecir la etapa de desarrollo folicular basándose en la ecografía Doppler podría ayudar a optimizar la resincronización individualizada de los protocolos de ovulación y estro.

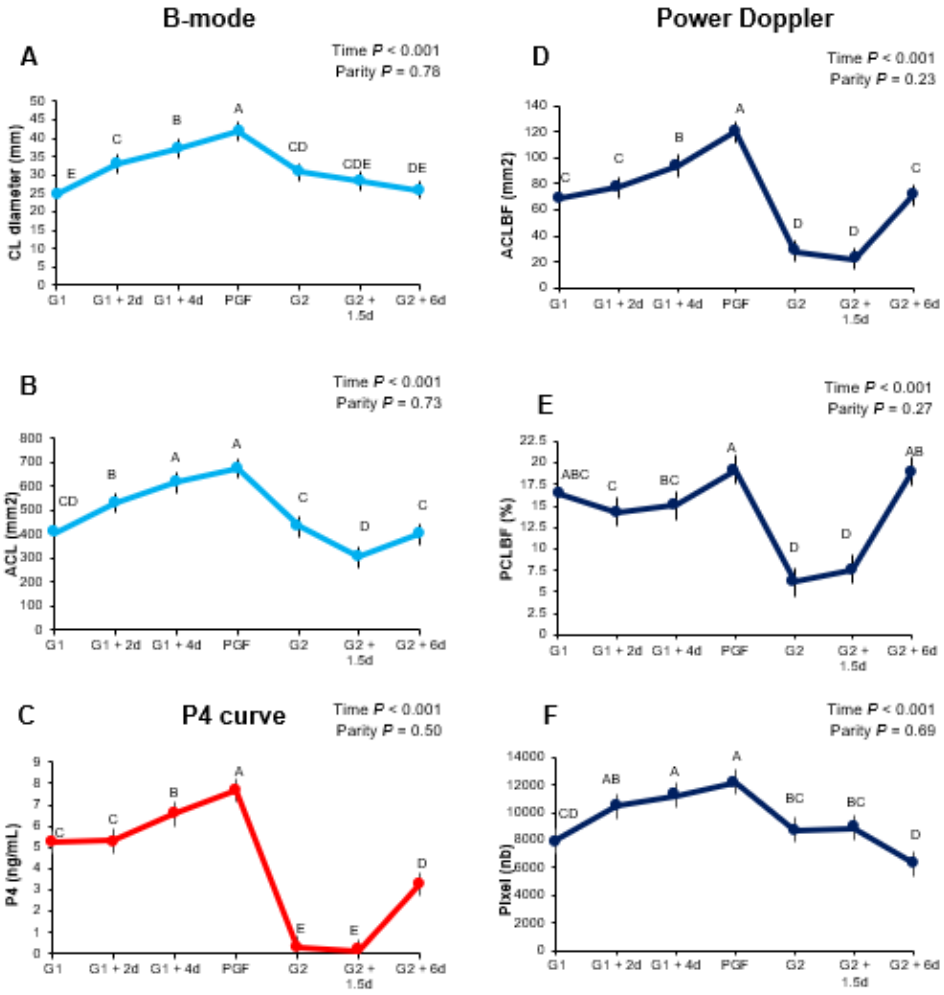


Figura 5. Dinámica de los parámetros del cuerpo lúteo medidos mediante ecografía en modo B o Doppler de potencia durante un protocolo de ovulación sincronizada y 6 días después de la ovulación mediante la última GnRH del protocolo. CL = cuerpo lúteo, ACL = área total del CL, P4 = concentraciones de progesterona en plasma, ACBLF = área del CL con flujo sanguíneo, PCBLF = porcentaje del área total del CL con flujo sanguíneo y píxel = número de píxeles del área del CL con flujo sanguíneo. Obsérvese que las diferencias más acusadas en el ACBLF y el PCBLF que en el diámetro CL y el ACL se producen entre el momento de la luteólisis inducida con PGF y la G2.

Tabla 1. Análisis de la curva operativa del receptor (ROC) para los parámetros de interés del modo B y del Doppler de potencia con tejido del CL funcional o no funcional.

Parámetro	AUC[1]	95% CI[2]	Rel. criterio	Se[3] (%)	Sp[4] (%)	*P*-valor
Diámetro CL	0,52 ± 0,08	0,39 - 0,65	≤ 20	5,9	62,1	0,82

ACL[5] (mm^2)	0,56 ± 0,08	0,43 - 0,68	> 325	85,3	44,8	0,48
ACLBF[6] (mm^2)	0.92 ± 0.04	0,82 - 0,97	> 36	97,1	75,9	< 0.001
PCLBF[7] (%)	0.93 ± 0.03	0,84 - 0,98	> 11	82,4	96,6	< 0.001
CLPIX[8] (nb)	0.55 ± 0.08	0,42 - 0,67	≤ 8.567	82,4	55,2	0,54

[1]AUC: Área bajo la curva, [2]Se: Sensibilidad, [3]Sp: Especificidad, [4]CI: intervalo de confianza, [5]ACL: área del cuerpo lúteo, [6]ACLBF: flujo sanguíneo del cuerpo lúteo, [7]PCLBF: Porcentaje de área lútea con flujo sanguíneo, [8]CLPIX: píxeles del cuerpo lúteo

Aunque estos resultados son prometedores, queda por determinar si el uso de la ecografía Doppler ayuda a clasificar a las vacas en el grupo CL o NoCL con mayor precisión y, por lo tanto, a mejorar el rendimiento reproductivo o los resultados de gestión.

La optimización de la gestión y el rendimiento del rebaño mediante la determinación del estado ovárico en el diagnóstico de no gestación.

Recientemente, se han desarrollado y evaluado en el momento del NPD estrategias de TRM diseñadas para adaptar la terapia hormonal a vacas con diferentes estados fisiológicos ováricos. Estas estrategias tienen como objetivo aumentar la AI durante el estro y la fertilidad hasta la TAI, reduciendo al mismo tiempo el intervalo entre servicios, pero sin interrumpir la expresión espontánea del estro. Desde una perspectiva de gestión, volver a inseminar a más vacas en celo resulta atractivo para algunas explotaciones, ya que se requieren un menor número de intervenciones y manipulación de las vacas a la hora de aplicar tratamientos hormonales y realizar pruebas de embarazo.

El Short-Resynch plus P4-Ovsynch (Wijma et al., 2017) es un programa desarrollado específicamente para optimizar el rendimiento y la gestión reproductiva mediante el aumento de la AI en el estro, un intervalo de servicio corto y el uso específico de la TAI para las vacas que realmente necesitan sincronización y suplementación hormonal. Basándose en la evidencia de que la mayoría de las vacas con un CL ≥ 15 mm y un folículo >10 mm (grupo CL) en el momento del NPD 32 ± 3 d después de la AI pueden sincronizarse y tener una P/AI aceptable sin la primera GnRH de Ovsynch, se aplica el protocolo Short-Resynch (FSH-24 h después-FSH-32 h después-GnRH-16 a 18 h después TAI; **Figura 6**) a estas vacas. El intervalo de entrecruzamiento TAI para los grupos CL, que representan entre el 70 y el 75 % de las vacas no preñadas, es de 35 ± 3 días. Esto es una semana entera menos que si estas vacas estuvieran sujetas al protocolo Ovsynch en el momento del NPD. Por otro lado, para el 25-30 % de las vacas que no tienen tejido lúteo, un CL <15 mm o un folículo >10 mm en el momento de la detección de la gestación (grupo NoCL), se utiliza el protocolo P4-Ovsynch (**Figura 6**). Estas vacas se benefician del uso dirigido de suplementos de P4 y dos tratamientos de PGF2α. El P4 extra optimiza el entorno endocrino durante el crecimiento del folículo. El tratamiento adicional con PGF2α asegura una regresión lútea completa en un grupo de vacas que, debido a la alta respuesta ovulatoria a la GnRH (Giordano et al., 2016), es probable que tengan una sola CL de siete días algo refractaria a un único tratamiento con PGF en el momento de la inducción de la luteólisis. En última instancia, el objetivo general del programa Short-Resynch plus P4-Ovsynch es combinar una serie de beneficios. Estos incluyen maximizar la AI

durante el estro antes del NPD, reducir el intervalo de servicio para las vacas CL y optimizar la fertilidad de las vacas NoCL.

Los experimentos en explotaciones comerciales confirmaron los efectos positivos previstos de este programa en los resultados de la gestión del rebaño y demostraron una mejora del rendimiento del rebaño en comparación con el protocolo D32-Resynch utilizado habitualmente (GnRH-7d más tarde-PGF2α-56 h más tarde GnRH-16 a 18 h más tarde TAI). El programa Short-Resynch plus P4-Ovsynch aumentó el riesgo de embarazo en un ~20 %, redujo los días hasta el embarazo en 11 días y redujo la proporción de vacas no preñadas al final de la lactancia en ~7 puntos porcentuales (Wijma et al. 2018). Cabe destacar que estos efectos positivos se lograron sin interrumpir la inseminación durante el estro antes del NPD, lo que no solo contribuye a lograr excelentes tasas de preñez, sino que también reduce el número de tratamientos hormonales (es decir, solo las vacas que necesitan la TAI reciben tratamientos hormonales) y las pruebas de preñez necesarias.

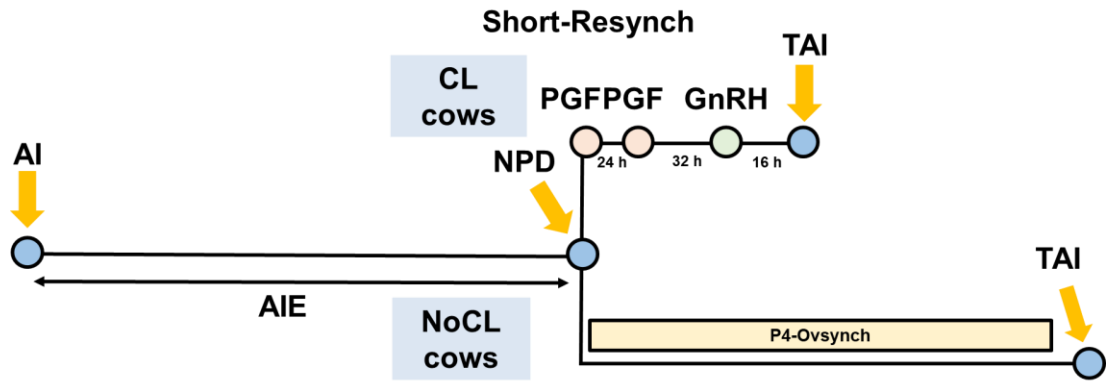


Figura 6. Protocolo Short-Resynch plus P4-Ovsynch para la reinseminación de vacas lecheras lactantes. Ver texto para más detalles.

Algunas de las ventajas del protocolo de Short-Resynch plus P4-Ovsynch para la gestión del rebaño también son evidentes cuando se comparan con el protocolo alternativo de D25-Resynch (25 ± 3 d después de la AI GnRH-7 d después NPD y PGF2α-24 h después PGF2α-32 h después GnRH-16 a 18 h después TAI) para vacas CL y programa P4-Ovsynch para vacas NoCL (**Figura 7**). En este programa, todas las vacas previamente inseminadas reciben un tratamiento de GnRH para iniciar una nueva onda folicular 7 días antes del NPD. Como era de esperar, la inclusión del tratamiento con GnRH aumenta el porcentaje de vacas CL en el momento del NPD (~10 puntos porcentuales) y su P/AI (~6 a 9 puntos porcentuales). Sin embargo, se reinsemina a un menor número de vacas en celo antes del NPD (10 puntos porcentuales), un mayor número de vacas requieren NPD y sincronización, y el intervalo de servicio para las vacas CL es más largo que con Short-Resynch porque estas vacas se ven obligadas a someterse a la TAI. En particular, el aumento de la P/AI para las vacas CL que reciben GnRH no redujo los días de gestación ni aumentó el porcentaje de vacas preñadas al final de la lactancia, ya que la inseminación de un mayor número de vacas en celo y el intervalo de servicio global más corto obtenido con el programa Short-Resynch plus P4-Ovsych compensaron plenamente la diferencia respecto al P/AI (Pérez et al. 2020). Desde una perspectiva de gestión, una advertencia importante a la hora de incluir el tratamiento con GnRH antes del NPD es que todas las vacas inseminadas previamente deben recibir la inyección. Esto provoca la aplicación innecesaria de una dosis extra de GnRH a todas las vacas preñadas,

lo que aumenta los costes y altera las rutinas de gestión de las vacas y de la granja.

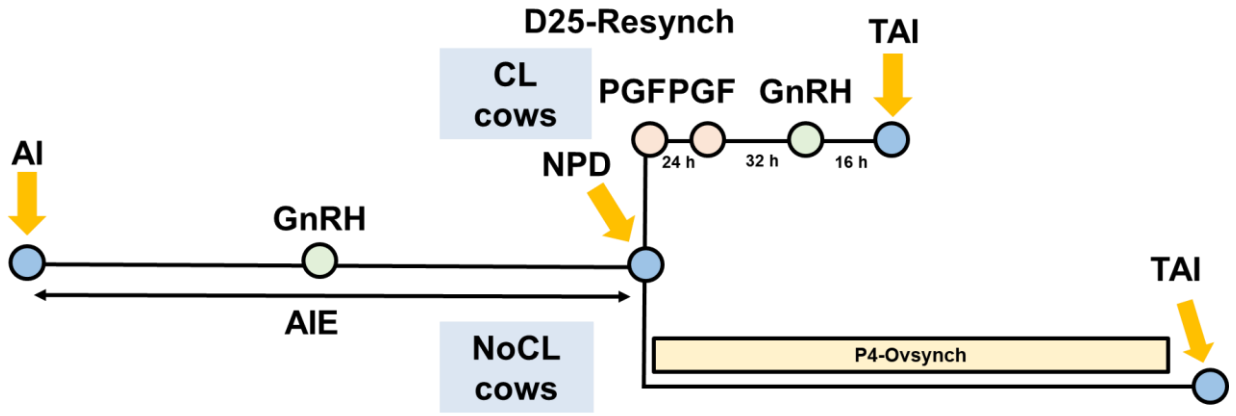


Figura 7. Protocolo D25-Resynch plus P4-Ovsynch para la reinseminación de vacas lecheras lactantes. Ver texto para más detalles.

En conjunto, las pruebas de múltiples experimentos (Wijma et al. 2017; Wijma et al. 2018; Perez et al. 2020) y las pruebas anecdóticas de explotaciones comerciales sugieren que el programa Short-Resynch plus P4-Ovsynch podría ser una estrategia valiosa no solo para lograr un rendimiento reproductivo óptimo, sino también para cumplir los objetivos de gestión del rebaño, como la AI de un mayor número de vacas en celo, la reducción de las intervenciones hormonales y de la dependencia de la TAI, la reducción de las necesidades de pruebas de gestación y la reducción de la manipulación y las molestias a las vacas. Este programa, que no debe esperarse que maximice el P/AI de las vacas CL, debe considerarse como una opción para las explotaciones lecheras que tienen éxito en la reinseminación de una buena proporción de vacas en celo antes del NPD (≥60 %) y tienen un buen P/AI mediante la AI durante el celo detectado (+35 % P/AI). Por el contrario, para las explotaciones que tienen dificultades para detectar el estro antes del NPD o que obtienen malos resultados con la AIE, es probable que administrar la GnRH a los 25 ± 3 días sea una estrategia más eficaz. Este tipo de explotación se beneficia de un uso más agresivo de la TAI.

Por último, otro tipo de programa TRM que tiene como objetivo reducir el intervalo entre servicios maximizando la reinseminación de las vacas durante el celo detectado consiste en administrar PGF2α al grupo CL y P4-Ovsynch al grupo NoCL en el día 32 ± 3 d después de la AI (**Figura 8**; Giordano et al. 2015; Masello et al. 2020). El tratamiento con PGF2α favorece la expresión del estro, lo que permite reinseminar a una proporción sustancial de vacas inmediatamente después del NPD. Las vacas que no se inseminen durante el estro en un plazo de 7 a 11 días después de la NPD se someten al protocolo P4-Ovsynch para recibir la TAI lo antes posible. Este programa, que también puede ayudar a reducir la dependencia de la TAI, resulta especialmente atractivo para las granjas que consiguen una alta detección de celo con métodos tradicionales o para el creciente número de explotaciones que utilizan la detección automatizada del celo.

La asignación de vacas a diferentes protocolos basados en las estructuras ováricas en el momento del NPD aumenta la eficiencia y la fertilidad de subgrupos de vacas porque la PGF2α solo se aplica a las vacas que probablemente expresen celo en respuesta al tratamiento. Por otro lado, el

protocolo P4-Ovsynch se utiliza para vacas que no se espera que respondan a la PGF2α y que se sabe que tienen una mayor fertilidad con este protocolo (Wijma et al., 2018).

Los experimentos que evaluaron la dinámica de reinseminación de vacas lecheras lactantes gestionadas con este tipo de programa (Giordano et al., 2015; Masello et al., 2020) demostraron un rendimiento similar en comparación con la inclusión de todas las vacas en protocolos similares a Ovsynch cuando al menos el 40 % de las vacas del grupo CL reciben AIE después del NPD. Dado que ni el P/AI global ni el tiempo hasta el embarazo mejoran con estos programas en comparación con protocolos de resincronización alternativos, su mayor valor es aumentar la reinseminación de las vacas durante el estro detectado en lugar de hacerlo mediante la TAI. En última instancia, las explotaciones pueden esperar una reducción en el número de intervenciones hormonales para la TAI (Giordano et al., 2015; Masello et al., 2020).

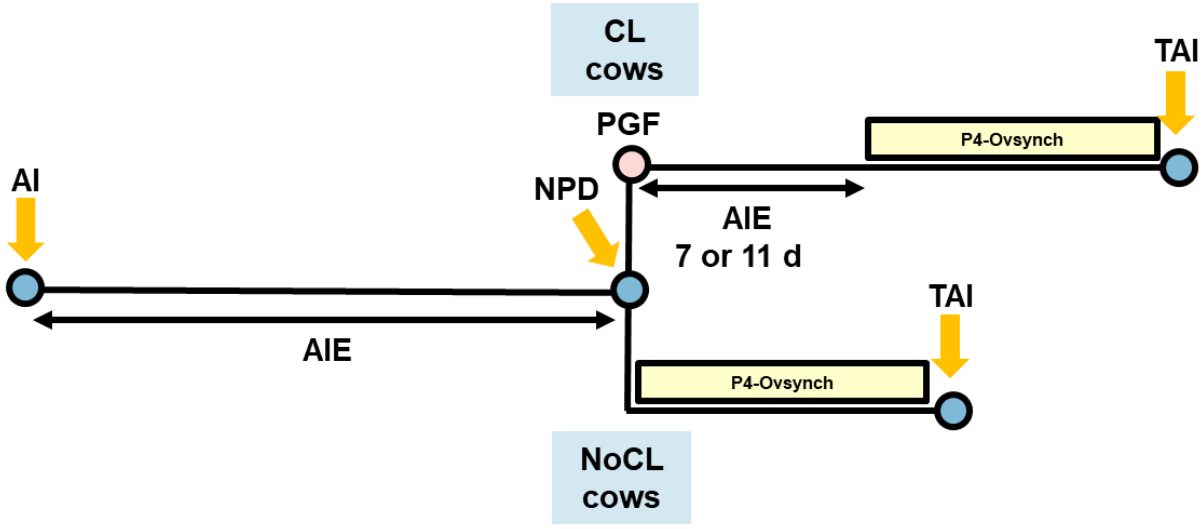


Figura 8. Inducción del estro con PGF para el grupo CL más P4-Ovsynch para el grupo NoCL. Ver texto para más detalles.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Una mejor comprensión de los efectos de la pérdida de la preñez y de la variabilidad biológica no asociada a la pérdida de la preñez en la función ovárica de las vacas previamente inseminadas permitió el desarrollo de nuevas estrategias de reinseminación. Estos programas, que combinan la inseminación de vacas durante el estro detectado y la resincronización dirigida de la ovulación, pueden permitir la máxima expresión y detección del estro, acortar el intervalo entre inseminaciones y optimizar la fertilidad de subgrupos de vacas en función de su estado ovárico en el momento de la detección del estro. La elección del programa depende del interés de la explotación por optimizar aspectos de la gestión del rebaño, el rendimiento, o ambos, y la capacidad de reinseminar con éxito a las vacas durante el estro detectado.

RECONOCIMIENTOS

El trabajo de los autores fue apoyado por el USDA National Institute of Food and Agriculture,

Animal Health Program Project # 2017-67015-26772, Hatch project NYC-2020-21-255, y Multistate project 1021189. Las opiniones, resultados, conclusiones o recomendaciones expresados en esta publicación son del autor o autores y no reflejan necesariamente la opinión del National Institute of Food and Agriculture (NIFA) o del United States Department of Agriculture (USDA).

BIBLIOGRAFÍA

Domingues, RR, Andrade, JPN, Cunha, TO, Madureira, G, Hoppman, AS, Teixeira, NN, Monteiro, PLJ, Gomez-Leon, VH, Martins, JPN, and Wiltbank, MC (2024) Profiles of interferon-stimulated genes in multiple tissues and circulating pregnancy-associated glycoproteins and their association with pregnancy loss in dairy cows. Biol Reprod 110(3), 558-568

ElMetwally M., and J. O. Giordano. 2015. Prediction of corpus luteum function with B-mode and Power Doppler sonography during the Ovsynch protocol in lactating dairy cows. Reprod Dom Anim 50(Suppl 1). 48th Annual Conference of Physiology and Pathology of Reproduction. Zurich, Switzerland.

Giordano, J, Stangaferro, M, Wijma, R, Chandler, W, and Watters, R (2015) Reproductive performance of dairy cows managed with a program aimed at increasing insemination of cows in estrus based on increased physical activity and fertility of timed artificial inseminations. Journal of Dairy Science 98(4), 2488-2501

Giordano, J, Thomas, M, Catucuamba, G, Curler, M, Masello, M, Stangaferro, M, and Wijma, R (2016) Reproductive management strategies to improve the fertility of cows with a suboptimal response to resynchronization of ovulation. Journal of dairy science 99(4), 2967-2978

Giordano, J. O., E. M. Sitko, C. Rial, M. M. Pérez, and G. E. Granados. 2022. Symposium review: Use of multiple biological, management, and performance data for the design of targeted reproductive management strategies for dairy cows. J. Dairy Sci. 105:4669–4678.

Masello, M, Ceglowski, B, Thomas, M, and Giordano, J (2020) A reproductive management program aimed at increasing reinsemination of nonpregnant dairy cows at detected estrus resulted in similar reproductive performance to a program that favored timed artificial insemination. Journal of dairy science 103(4), 3719-3729

Perez, MM, Wijma, R, Scarbolo, M, Cabrera, E, Sosa, F, Sitko, EM, and Giordano, JO (2020) Lactating dairy cows managed for second and greater artificial insemination services with the short-resynch or day 25 resynch program had similar reproductive performance. J Dairy Sci 103(11), 10769-10783

Ricci, A, Carvalho, PD, Amundson, MC, and Fricke, PM (2017) Characterization of luteal dynamics in lactating Holstein cows for 32 days after synchronization of ovulation and timed artificial insemination. J Dairy Sci 100(12), 9851-9860

Sartori, R., Haughian, J. M., Shaver, R. D., Rosa, G. J. M., & Wiltbank, M. C. (2004). Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. *Journal of dairy science*, *87*(4), 905-920.

Sitko, E.M., Laplacette, A., Duhatschek, D., Rial, C., Perez, M.M., Tompkins, S., Kerwin, A.L., Domingues, R.R., Wiltbank, M.C. and Giordano, J.O., 2024. Ovarian function and endocrine phenotypes of lactating dairy cows during the estrous cycle are associated with genomic-enhanced predictions of fertility

potential. *Journal of Dairy Science*, *107*(9), pp.7352-7370.

Wijma, R, Stangaferro, ML, Kamat, MM, Vasudevan, S, Ott, TL, and Giordano, JO (2016) Embryo mortality around the period of maintenance of the corpus luteum causes alterations to the ovarian function of lactating dairy cows. Biol Reprod 95(5), 112

Wijma, R, Stangaferro, ML, Masello, M, Granados, GE, and Giordano, JO (2017) Resynchronization of ovulation protocols for dairy cows including or not including gonadotropin-releasing hormone to induce a new follicular wave: Effects on re-insemination pattern, ovarian responses, and pregnancy outcomes. J Dairy Sci 100(9), 7613-7625

Wijma, R, Perez, MM, Masello, M, Stangaferro, ML, and Giordano, JO (2018) A resynchronization of ovulation program based on ovarian structures present at nonpregnancy diagnosis reduced time to pregnancy in lactating dairy cows. J Dairy Sci 101(2), 1697-1707

ESTRATEGIAS DE GESTIÓN REPRODUCTIVA Y EL CICLO DE ALTA FERTILIDAD EN VACAS LECHERAS

Roberto Sartori y Carlos Eduardo Cardoso Consentini

[A]Departamento de Ciencia Animal, Escuela Sup. de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)

Universidad de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP 13418-900, Brasil.

Resumen La eficiencia reproductiva está relacionada con la economía de los rebaños lecheros, y en este aspecto, es importante conseguir altas tasas de preñez a 21 días, reduciendo el intervalo entre partos y los días en leche del rebaño, mejorando así su rentabilidad. Para lograr altas tasas de preñez a los 21 días, se debe aumentar la tasa de servicio y preñez por inseminación artificial (por sus siglas en inglés **P/AI**). Actualmente, existen ajustes en los protocolos de inseminación artificial programada (por sus siglas en inglés **TAI**) y en el uso de estrategias de presincronización que son capaces de aumentar la P/AI, y la implantación de un programa reproductivo sistematizado que combine el uso de la TAI con una detección eficiente del celo puede resultar en altos índices reproductivos asociados a una alta producción de leche, manteniendo la mayoría de las vacas dentro del «Ciclo de Alta Fertilidad», que es un concepto por el cual las vacas consiguen intervalos de parto cortos.

Keywords: vacuno, fertilidad, IA programada, vacas lecheras, gestión, herramientas reproductivas

Introducción

La selección genética con vistas a la producción de leche se ha asociado a una menor fertilidad o a un menor rendimiento reproductivo, dependiendo de la gestión de las vacas desde el punto de vista del confort, la nutrición, el estado de salud y la reproducción. Sin embargo, con una gestión adecuada destinada a optimizar las condiciones ambientales y de confort, asociada a programas reproductivos correctamente ejecutados que garanticen la probabilidad de que las vacas queden preñadas al principio de la lactación, los rebaños de alta producción lechera pueden alcanzar altos rendimientos reproductivos. Para obtener índices reproductivos satisfactorios se requiere una visión holística dentro de un rebaño, considerando los factores clave que impactan en la reproducción, además de la gestión reproductiva.

El objetivo general de la gestión reproductiva es generar altas tasas de preñez a los 21 días (**21d-PR**) y un intervalo ideal entre partos (por sus siglas en inglés **CI**) dependiendo del rebaño. La 21d-PR se calcula en función de la tasa de servicio (Service Rate - **SR**) y de la preñez por inseminación artificial (**P/AI**), en la que los rebaños deben tener como objetivo maximizar la eficacia en la inseminación de las vacas aptas y aumentar la probabilidad de que las vacas inseminadas queden preñadas.

Los protocolos de IA programada (**TAI**) se vienen utilizando con mayor frecuencia en la gestión

reproductiva del ganado lechero (Wiltbank y Pursley, 2014). Al principio, el impacto de la TAI se debió sobre todo al aumento de la SR, ya que en los primeros tiempos, la fertilidad de los programas Ovsynch tradicionales era similar a la obtenida cuando las vacas eran inseminadas tras la detección del celo (Pursley et al., 1997; Rabiee et al., 2005). Unos años después del desarrollo de Ovsynch, se crearon protocolos de TAI conocidos como protocolos basados en estradiol (**E2**) y progesterona (**P4**) (Barros et al., 2000; Bó et al., 2000; Bó et al., 2003 Baruselli et al., 2004).

En las dos últimas décadas, se han estudiado ampliamente los programas TAI por parte de muchos grupos de investigación de todo el mundo, y se han establecido ajustes para mejorar el P/AI. Además, se crearon programas de fertilidad, que incluyen una presincronización previa a los protocolos de cría iniciados con la hormona liberadora de gonadotropina (**GnRH**), y que mejoran el medio hormonal durante el desarrollo del folículo preovulatorio sincronizado y aumentan la P/AI (Moreira et al., 2001; Bello et al., 2006; Souza et al., 2008; Santos et al., 2017). Además del uso de estos programas de fertilidad para la primera AI posparto, se deben emplear estrategias «agresivas» de gestión reproductiva para las reinseminaciones con el objetivo de maximizar el número de vacas preñadas al principio de la lactación.

Junto a los programas reproductivos, hay otros muchos factores que influyen en la fertilidad, como la forma de gestionar el periodo de transición. El éxito relacionado con las cuestiones de salud (Santos et al., 2010; Carvalho et al., 2019), el equilibrio entre aspectos energéticos y la puntuación de la condición corporal (por sus siglas en inglés **BCS**) (Carvalho et al., 2014; Barletta et al., 2017) refleja la probabilidad de que las vacas queden preñadas al principio de la lactación. Basándose en datos recientes, el impacto del cambio de BCS y los problemas de salud durante el periodo de transición sobre la fertilidad son extremadamente relevantes, y el concepto de «Ciclo de Alta Fertilidad» ha sido analizado a fondo por Middleton et al. (2019).

La importancia de lograr un alto rendimiento reproductivo

La decisión acerca de qué método de gestión reproductiva se va a emplear en un rebaño concreto depende de varios factores, como la intensidad del uso del TAI, la SR, la P/AI en el celo o en el TAI, el cumplimiento de los procedimientos y las estrategias para la detección del celo (Giordano et al., 2011, 2012a; Kalantari y Cabrera, 2012; Ricci et al., 2020). Sin embargo, un concepto esencial es que una mayor 21d-PR se asocia con una reducción de los días abiertos, de la CI y del promedio de días en leche (DIM) del rebaño (Giordano et al., 2012a), lo que es económicamente positivo, ya que las vacas en el primer tercio de la lactación proporcionan mayores ingresos sobre el coste de alimentación en comparación con las vacas en la mitad o al final de la lactación (Ribeiro et al., 2012).

Por lo tanto, uno de los principales objetivos de la gestión reproductiva en un rebaño lechero es maximizar el número de vacas preñadas al principio de la lactación. La reducción de los días abiertos está asociada a una reducción de la CI, lo que reduce el número de días del período seco, cuando las vacas no producen leche en el rebaño. Un CI más corto se asocia a una mayor producción de leche al día y durante toda la lactación. Por ejemplo, Ribeiro et al. (2012) indicaron que una reducción de la CI de ~60 d aumentaba la producción de leche por día (1,51 y 1,11 kg/d) y durante toda la lactancia (~498 y ~366 kg/lactancia) en rebaños de alta producción (12.500 kg en 305 d de lactancia) o de producción moderada (9.000 kg en 305 d de lactancia), respectivamente.

Otro beneficio importante de la alta eficiencia reproductiva está relacionado con la tasa de eliminación selectiva y el perfil de los rebaños lecheros. En 2018, de los 1.035.647 sacrificios notificados en rebaños estadounidenses, los problemas reproductivos representaron el 15,3% (DHIA, 2018). Cuanto mayor sea el 21d-PR, antes quedarán preñadas las vacas y mayor será la proporción de vacas preñadas dentro del rebaño. Por lo tanto, disminuyen los sacrificios relacionados con la reproducción y, lo que es más importante, aumentan los sacrificios voluntarios relacionados con una menor producción de leche, problemas de ubre, genética, patas y pezuñas u otros problemas. Esto sucede porque hay un mayor número de vacas preñadas en el rebaño y aumenta el número de novillas/primíparas que entran en reproducción y lactación.

¿Qué es importante que ocurra durante los programas TAI para optimizar la fertilidad?

Los protocolos para la TAI pueden dividirse en dos fundamentos farmacológicos: 1) Los protocolos de tipo Ovsynch, y 2) los protocolos basados en E2 más P4. Independientemente de las combinaciones hormonales utilizadas en un protocolo concreto, los objetivos fisiológicos de las mismas son sincronizar la aparición de una nueva onda folicular, controlar las concentraciones circulantes de P4 durante el tiempo de desarrollo del folículo preovulatorio y cerca del momento de la AI, reducir eficazmente un CL en un momento adecuado, inducir una ovulación sincronizada de un folículo con el tamaño y la edad adecuados, y producir una cantidad adecuada de E2 al final del protocolo.

Un periodo prolongado de dominancia puede reducir la fertilidad debido a un efecto negativo sobre la calidad y viabilidad de los ovocitos (Revah y Butler, 1996). Por ejemplo, Cerri et al. (2009) informaron de aproximadamente un 80% de embriones de grado 1 y 2 (viables) en vacas con 5,5 a 6,0 d de dominancia folicular. Por otra parte, sólo el 45% de los embriones se clasificaron como viables en las vacas con dominancia folicular prolongada (8,5 a 11,5 d). Es importante mencionar que la fertilización no se vio afectada por la edad del folículo (Cerri et al., 2009). En un estudio que incluyó la dinámica ovárica durante un protocolo de TAI E2/P4, las vacas en las que no se produjo la emergencia de la onda folicular al principio (ovulando folículos persistentes al final) tuvieron una menor P/AI en comparación con las vacas en las que se sincronizó la emergencia de la onda folicular (21 vs. 43%; Monteiro et al., 2015). Por el contrario, Vasconcelos et al. (2001), en el intento de caracterizar el efecto del período de dominancia folicular sobre la fertilidad, aspiraron folículos de vacas lecheras en los días 3 a 4 después de la primera GnRH del Ovsynch con el fin de producir un folículo ovulatorio más joven y más pequeño. De hecho, los folículos de las vacas sometidas a aspiración eran más pequeños que los de las vacas de control (11,5 frente a 14,5 mm). Sin embargo, la fertilidad de las vacas que ovularon folículos más jóvenes fue mucho menor en comparación con las vacas sometidas a Ovsynch sin aspiración en el día 3-4 (14,3% frente a 47,6%). Los autores señalaron que esta menor fertilidad pudo deberse a las menores concentraciones circulantes de E2 durante el periodo preovulatorio de estas vacas, y a la menor concentración circulante de P4 tras la AI, relacionada con un menor CL. Otros autores han correlacionado un mayor tamaño del folículo ovulatorio con una mayor E2 circulante antes de la AI y con un mayor tamaño del CL y mas P4 circulante después de la AI (Sartori et al., 2002; Bello et al., 2006). Para establecer una correlación entre el tamaño del folículo ovulatorio y la fertilidad, Souza et al. (2007) evaluaron el efecto del tamaño del folículo ovulatorio sobre el P/AI, que fue mayor en las vacas que ovularon folículos de tamaño intermedio (15-19 mm, 47%) en comparación con las que ovularon folículos más pequeños (< 14 mm, 36%) o más grandes (> 20 mm, 38%). Por lo tanto, las estrategias utilizadas para iniciar los programas de TAI deben ser eficaces a la hora de promover la aparición de una nueva onda folicular al

principio, con el fin de ovular al final un folículo de una edad/tamaño ideal (ni demasiado viejo, ni demasiado joven).

Un factor bien conocido que influye en la fertilidad de las vacas lecheras de alta producción es la concentración circulante de P4 durante el desarrollo del folículo preovulatorio. Una menor P4 circulante durante el crecimiento folicular, ya sea debido a una condición anovulatoria (Chebel et al., 2010) o debido al mayor catabolismo de esta hormona en vacas de alta producción (Sangsritavong et al., 2002; Sartori et al., 2002) se asocia con una mayor pulsatilidad de la LH, lo que puede resultar en la reanudación prematura de la meiosis de los ovocitos y la ruptura de las vesículas germinales, disminuyendo la calidad de los ovocitos y, en consecuencia, de la fertilidad (Revah y Butler, 1996). Un estudio (Rivera et al., 2011) señaló que las vacas con producción de leche superior a 40 kg/día y que fueron superovuladas durante la primera onda folicular tenían un mayor porcentaje de embriones degenerados (23,5%) en comparación con las vacas superovuladas durante la primera onda folicular pero con suplementación de P4 (7,1%) o las superovuladas durante la segunda onda folicular (3,9%). Además, el porcentaje de embriones transferibles fue mucho mayor tras la superovulación durante la segunda onda folicular (88,5%) y la primera onda con suplemento de P4 (78,6%) en comparación con la superovulación durante la primera onda folicular (55,9%). Un estudio elegante evaluó el efecto de la concentración de P4 circulante en la calidad embrionaria de vacas sincronizadas y con ovulación única (Wiltbank et al., 2011), en las que el folículo ovulatorio se desarrolló bajo un medio de P4 circulante mayor o menor. Aunque la fecundación fue similar (78% de media), el porcentaje de embriones de grado 1 y 2 (embriones de alta calidad) fue mayor en las vacas que ovularon folículos que se desarrollaron con un P4 más alto (86,5%) que en los folículos que se desarrollaron con un P4 más bajo (61,5%). Asimismo, las vacas con mayor P4 circulante tenían menos embriones degenerados (8,1%) que las vacas con menor P4 circulante (34,6%). Muchos estudios han descrito una mayor P/AI cuando las vacas fueron sometidas a programas de TAI en los que estaba presente un CL y/o el medio P4 durante el desarrollo del folículo era alto (Bisinotto et al., 2013, 2015a; Melo et al., 2016). En una recopilación de datos de estudios de nuestro laboratorio, la presencia de CL al principio de los protocolos de TAI y/o en el momento de la PGF aumentó la P/AI en un 15-24%, y la mejor fertilidad se consiguió cuando la CL estaba presente en ambos momentos del protocolo.

Otro aspecto importante de la concentración de P4 circulante durante los programas de TAI está relacionado con la ovulación doble/múltiple y la gemelación. La doble ovulación es más frecuente cuando hay una baja P4 circulante durante el protocolo (Martins et al., 2018; Carvalho et al., 2019) y en vacas con mayor producción de leche (Fricke y Wiltbank et al., 1999; Lopez et al., 2005). Otro factor que influye en la doble ovulación es la paridad, ya que se ha descrito que las ovulaciones múltiples son más frecuentes en las vacas multíparas en comparación con las primíparas (Macmillan et al., 2018), y esto puede explicarse por la mayor producción de leche en las vacas multíparas. La doble ovulación en vacas lecheras no es deseable porque aumenta la incidencia de gestaciones gemelares (Fricke et al., 2001), que se asocian a problemas de parto, mortalidad de terneros, Freemartin y problemas de desarrollo de los terneros. Además, la gemelaridad se asocia con una mayor pérdida de gestación después de 30 d de gestación (López-Gatius et al., 2002; Silva del Río et al., 2009). Por lo tanto, las estrategias hormonales en los programas de TAI deben asegurar una P4 circulante adecuada durante el desarrollo del folículo preovulatorio, con el objetivo de aumentar la P/AI y reducir las pérdidas de embarazo.

Muchos estudios presentaron resultados sobre la relación entre las concentraciones circulantes de P4 cerca de la TAI y la ovulación o la fertilidad (Souza et al, 2007; Brusveen et al., 2009; Lopes et al., 2013; Carvalho et al., 2015; Monteiro et al., 2015; Colazo et al., 2017). Todos ellos señalaron un

dramático impacto negativo en la fertilidad por el P4 residual cerca del momento de la segunda GnRH del Ovsynch o en el momento de la AI. Por ejemplo, en un gran conjunto de datos compilado por Carvalho et al. (2018), hubo una disminución relativa del 66% de la P/AI en vacas con una P4 ≥ 0,4 ng/mL (14%; 161/435) que en vacas con una P4 < 0,4 ng/mL (41%; 1.125/2.713) en el momento del segundo tratamiento GnRH (G2) durante el protocolo Ovsynch. Esta P4 residual cercana a la IA se debe a una falta de luteólisis completa tras el tratamiento con PGF durante los protocolos, que puede ocurrir en el 13 al 44% de las vacas (Heidari et al., 2017; Barletta et al., 2018), y es más problemática cuando hay CL jóvenes en el momento de la PGF, debido a su menor capacidad de respuesta a un único tratamiento con PGF (Nascimento et al., 2014). Por lo tanto, se han utilizado nuevas estrategias en los programas de TAI para superar el problema de la regresión incompleta de la CL al final del protocolo.

Los programas para la TAI se desarrollaron para evitar la necesidad de detectar el celo antes de la AI, pero la expresión del celo al final de los protocolos de la TAI se asocia con una mayor P/AI y una menor PL. En general, las vacas que expresan celo para cuando se realiza la TAI logran mayor P/AI, tanto en protocolos de tipo Ovsynch (Bisinotto et al., 2015b) o basados en E2/P4 (Pereira et al., 2016). Otro efecto positivo de la expresión del celo es la disminución de la PL, como se informó, por ejemplo, en un estudio con 5.430 vacas, en el que las vacas que expresaban el celo tenían ~ 28% menos de PL (Pereira et al., 2016). La expresión del celo puede aumentar la fertilidad debido a una mayor incidencia de la ovulación, incluso cuando se utilizan protocolos de TAI (Galvão et al., 2004). Además, el celo está relacionado con la E2 circulante, que es mayor cuando las vacas tienen folículos de mayor tamaño al final de los protocolos (Souza et al., 2007), y una mayor E2 circulante antes de la AI también está asociada a una mayor fertilidad (Bello et al., 2006). Un nivel adecuado de E2 circulante antes de la AI se asocia a una expresión diferenciada de genes en el endometrio y el conceptus, favorable al embarazo (Davoodi et al., 2016), y a una actividad y transporte adecuados de los gametos (Cascieri et al., 1976). Por lo tanto, un aspecto que se debe considerar en los programas de TAI es la expresión del estro al final de los protocolos, y esto está relacionado con la estrategia que se utiliza para inducir la ovulación final.

Existen dos estrategias principales para iniciar los protocolos de TAI y sincronizar la aparición de una nueva onda folicular. La primera tiene por objeto sincronizar la aparición de una nueva onda provocando la atresia de los folículos presentes en los ovarios debido a una retroalimentación negativa de la hormona foliculoestimulante (por sus siglas en inglés **FSH**) y de la hormona luteinizante (por sus siglas en inglés **LH**), promovida por una combinación del aumento de E2 circulante (a partir de un éster de E2) y de P4 circulante (a partir de implantes intravaginales de P4, **IVP**). Esta es la base del inicio de los protocolos basados en E2-P4. La segunda estrategia, que es la base de los protocolos de tipo Ovsynch, promueve la aparición de una nueva onda folicular tras la ovulación de un folículo dominante que responde a un tratamiento con GnRH exógena.

El éster de E2 más utilizado junto con los implantes de P4 en el d0 de los protocolos de TAI es el benzoato de estradiol (por sus siglas en inglés **EB**) con una dosis de 2 mg. Sin embargo, esta estrategia no sincronizó correctamente la aparición de una nueva onda folicular en más del 25% de las vacas lecheras lactantes (Monteiro et al., 2015). De hecho, Melo et al. (2018) señalaron que el 35% de las vacas ovulaban folículos persistentes al final de un protocolo que comenzaba con EB y un implante de P4. Así pues, este problema puede perjudicar la fertilidad teniendo en cuenta que los folículos más viejos/persistentes pueden ovular ovocitos sobreestimulados y, por lo tanto, dar lugar a un desarrollo embrionario más pobre en las vacas lecheras lactantes. Otro problema potencial de los protocolos basados en E2/P4 es que el tratamiento con EB al inicio se relaciona con una mayor incidencia de regresión de CL entre el d0 y el momento del tratamiento con PGF, disminuyendo el porcentaje de vacas

con CL y el número de CL en el momento de la PGF, lo que se relaciona con una menor P4 circulante durante el desarrollo del folículo preovulatorio (Melo et al., 2016; Consentini et al., 2018, 2020), comprometiendo así la fertilidad. Alrededor del ~40% de las vacas con CL presente en el d0 sufrieron regresión de CL entre el d0 y el PGF cuando recibieron EB al inicio (Monteiro et al., 2015; Melo et al., 2016; Consentini et al., 2020).

Cuando el protocolo TAI se inicia con GnRH, el objetivo es inducir la ovulación, que da lugar a la aparición de una nueva onda folicular y un nuevo CL durante el protocolo, aumentando la P4 circulante durante el crecimiento del folículo. De hecho, la ovulación después del d0 hizo aumentar la P4 circulante en el momento de la PGF en muchos estudios (Carvalho et al., 2015; Giordano et al., 2013; Melo et al., 2018), así como la P/AI (Giordano et al., 2013). La ovulación después del d0 afecta principalmente a la P/AI en vacas que inician el protocolo sin CL o con un nivel bajo de P4 circulante (Giordano et al., 2013; Consentini et al., 2020). Dado que la ovulación después del d0 se asocia con un mayor nivel de P4 circulante durante el desarrollo del folículo y un mayor P/AI, el objetivo de los programas de IAT debe ser maximizar esta respuesta. Una estrategia es el uso de la presincronización. El otro enfoque para aumentar la ovulación tras el d0 de un protocolo de TAI está relacionado con la dosis y el análogo de GnRH. Cuando Giordano et al. (2012b) aumentaron la dosis de acetato de gonadorelina de 100 a 200 µg, se produjo un mayor pico de LH, y esa estrategia fue más pronunciada cuando las vacas tenían un mayor nivel de P4 circulante, debido al efecto inhibidor de la P4 sobre el pico de LH inducido por la GnRH. De hecho, en un estudio realizado con vacas Holstein no lactantes, la dosis de 100 µg de Gonadorelina promovió el 58,1% de la ovulación en vacas con CL de 7 días de edad, en comparación con el 95,5% de la ovulación en vacas sin CL (Silva et al., 2023). Al comparar dos análogos de GnRH, unos estudios realizados en nuestro laboratorio (Silva et al., 2024) han demostrado que 100 µg de acetato de gonadorelina produjeron un pico de LH inferior en comparación con 10 µg de acetato de buserelina en novillas Nelore (*Bos indicus*) (5,4 vs. 11,7 ng/mL) y vacas (3,4 vs. 6,9 ng/mL) el día 7 del ciclo estral. Cuando se duplicó la dosis de esos dos análogos, la buserelina aumentó el pico de LH en las novillas (11,7 frente a 23,2 ng/mL) y en las vacas (6,9 frente a 13,2 ng/mL), mientras que la dosis doble de gonadorelina sólo aumentó el pico de LH en las vacas (3,4 frente a 6,3 ng/mL) pero no en las novillas (5,4 frente a 5,2 ng/mL). Considerando los efectos principales del estudio, la buserelina indujo un mayor pico de LH y de la ovulación en comparación con la gonadorelina (Silva et al., 2024). Otros estudios han señalado una mayor eficacia de la buserelina y la lecirelina en comparación con la gonadorelina (Chenault et al., 1990; Picard-Hagen et al., 2015). Por lo tanto, se recomienda iniciar los protocolos de TAI con GnRH en lugar de EB. Más aún, se debe considerar duplicar la dosis de GnRH para maximizar la respuesta ovulatoria al inicio de un protocolo TAI, especialmente en vacas que se espera tengan CL el d0.

Cuando se considera el uso de la IVP, es porque los implantes de P4 no inducen a las vacas a tener la P4 circulante tan alta como cuando tienen un CL activo. Por ejemplo, en el estudio de Sartori et al. (2004), la P4 circulante en los días 7 y 14 de un ciclo estral en vacas lecheras lactantes fue de 2,1 y 4,2 ng/mL, respectivamente. Por el contrario, en un estudio de nuestro laboratorio, al comparar dos dispositivos comerciales de P4 (1,9 y 2,0 g de P4) en vacas posparto sin CL y que producían 40 kg de leche al día, se produjo un pico de P4 circulante similar entre dispositivos (1,6 ng/mL) y la media de P4 durante el día 9 de inserción fue de 0,85 ng/mL (resultados no publicados). Bisinotto et al. (2013, 2015a) observaron una mayor P4 circulante en vacas con CL durante el protocolo en comparación con aquellas sin CL pero suplementadas con uno o dos dispositivos de P4 (1,38 g), a pesar de que la suplementación con P4 aumentaba la P4 circulante a 1,5-1,9 ng/mL. Por lo tanto, es fundamental garantizar que una proporción elevada de vacas inicien los protocolos TAI con CL, ya sea disminuyendo las condiciones anovulatorias o utilizando programas de presincronización. Un estudio (Bisinotto et al., 2015a), con más

de 600 vacas por grupo, comparó las vacas que iniciaban Ovsynch con CL con vacas sin CL, suplementadas o no con dos implantes de P4 con 1,38 g de P4, cada uno. Las vacas sin CL al inicio del protocolo presentaron la fertilidad más baja (31,3%), pero la P/AI al día 32 no difirió entre las vacas con CL y las vacas sin CL y suplementación con P4 (38,4 y 42,2%, respectivamente). En un estudio con ~160 vacas por grupo, utilizando protocolos de TAI basados en E2/P4, dos implantes de P4 durante el protocolo tendieron a aumentar la P/AI al d60 de las vacas ovuladas en comparación con un implante (48,1 frente a 37,7%; Pereira et al., 2017).

Ya se ha comentado la importancia de una luteólisis completa al final de un protocolo de TAI para optimizar la fertilidad. Para lograr este objetivo, se han utilizado dos estrategias: 1) El aumento de la dosis de PGF (Giordano et al., 2013; Barletta et al., 2018), y 2) La adición de un segundo tratamiento de PGF, en general, 24 h después del primero (Brusveen et al., 2009; Carvalho et al., 2015; Wiltbank et al., 2015; Santos et al., 2016; Heidari et al., 2017; Barletta et al., 2018). El aumento de la dosis de cloprostenol sódico de 500 a 750 µg durante un programa Double-Ovsynch aumentó el porcentaje de vacas multíparas con luteolisis completa (87,7 frente a 79,2%) pero no el de vacas primíparas (92,8 frente a 89,7%) en un estudio de Giordano et al. (2013). Curiosamente, duplicar la dosis de dinoprost trometamina de 25 a 50 mg durante el protocolo Ovsynch (Barletta et al., 2018) no incrementó el porcentaje de vacas con luteólisis completa (88 vs. 88%) y no mejoró el P/AI (30,2 vs. 32,4%). Sin embargo, dos tratamientos con PGF con 24 h de intervalo aumentaron la proporción de vacas con luteólisis completa (88 vs. 94%) y elevaron el P/AI (30,7 vs. 35,4%).

La ovulación sincronizada del folículo dominante al final de los protocolos de TAI es un aspecto particular que puede influir en la fertilidad en los programas TAI, y puede inducirse con ésteres de E2, como EB o cipionato de E2 (EC; Melo et al., 2016), o con GnRH, como en el Ovsynch (Pursley et al., 1995). El uso de EC es conveniente porque puede administrarse al mismo tiempo que el PGF final del protocolo y/o a la retirada del implante de P4 (Melo et al., 2016). Sin embargo, el momento de la ovulación inducida por EC varía más que cuando se utiliza GnRH (Pancarci et al., 2002; Souza et al., 2009). Por otro lado, cuando la GnRH se utiliza al final de los protocolos TAI, para conseguir los mejores resultados de fertilidad, es necesario manipular a las vacas otra vez y se reduce la expresión del celo, lo que podría comprometer la fertilidad. Aunque el uso de EC 48 h antes de la TAI como inductor de la ovulación resulta en más vacas en estro antes de la AI en comparación con la GnRH administrada 16 h antes de la AI, estas estrategias tradicionales, en general, proporcionan una fertilidad global buena y similar y pueden ser escogidas por las explotaciones lecheras en función de la gestión y los costes.

¿Cómo mejorar el rendimiento de los rebaños lecheros de alta producción mediante programas reproductivos?

Es importante que las explotaciones lecheras implanten una gestión reproductiva que aumente la probabilidad de que las vacas queden preñadas pronto, y que utilicen programas de TAI que aumenten la fertilidad. Teniendo esto en cuenta, una estrategia interesante es inseminar a las vacas la primera vez utilizando la TAI, especialmente porque la tasa de servicio se incrementa debido a la inseminación de vacas que, de otra manera, no se detectarían en celo o porque son vacas anovulares. Por lo tanto, casi todas las vacas tienen la primera oportunidad de concebir justo después de finalizar el periodo de espera voluntario (por sus siglas en inglés **VWP**). Además, los programas de fertilidad desarrollados en los últimos años, en su mayoría utilizados para el primer TAI, que incluyen la presincronización previa a los

protocolos de cría promueven una fertilidad superior en comparación con las estrategias que se basan en inseminar a las vacas durante el estro (Santos et al., 2017; Carvalho et al., 2018).

Cuando las vacas no quedan preñadas en el primer servicio postparto, deben ser rápidamente identificadas como no preñadas y reinseminadas. Por lo tanto, para acortar el intervalo de entrecruzamiento, en los rebaños se puede detectar el celo para los segundos servicios y siguientes, aunque el éxito de esta estrategia depende de la tasa de servicios y de la eficacia para detectar el celo en el rebaño. Alternativamente, la inseminación de vacas no gestantes se puede realizar después de la resincronización de la ovulación utilizando protocolos de TAI (comúnmente denominado Resynch), por lo general iniciado en el momento o antes del diagnóstico de no preñez (por sus siglas en inglés **NPD**; Lopes et al., 2013; Giordano et al., 2016; Wijma et al., 2017).

El uso de la estrategia de detección de celo y/o de la TAI depende de muchos factores como la eficiencia para detectar el celo y lograr altas tasas de servicio, el uso de monitores de actividad u otras herramientas como pintura en la cola o parches, la producción de leche, la ciclicidad de las vacas, el cumplimiento de los programas de detección de celo o de la TAI, y el criterio intrínseco de los propietarios para elegir las estrategias de gestión reproductiva.

Los programas reproductivos para la primera AI postparto pueden basarse en el uso de una estrategia de presincronización para asegurar que la mayoría de las vacas inician el protocolo de reproducción (iniciado con GnRH) en una fase ideal del ciclo estral (6-8 d), en la que las vacas tienen un CL de ~7 d y un folículo que responde a la primera GnRH, mejorando así el milieu P4 durante el desarrollo del folículo preovulatorio, la sincronización global y la fertilidad. Uno de estos programas es el G6G o G7G. Comúnmente, las vacas reciben un tratamiento con PGF y 2 días después un tratamiento con GnRH, 6 o 7 días antes de iniciar el protocolo Ovsynch. Por lo tanto, el G6G/G7G debería ser eficiente en lograr tener más vacas en la etapa ideal del ciclo estral para iniciar el Ovsynch ya que desde la ovulación a la presincronización es inducida y controlada por el tratamiento con GnRH. Además, el uso de la GnRH durante la presincronización puede beneficiar a las vacas anovulares. El G6G/G7G se utiliza comúnmente en rebaños lecheros comerciales y varios estudios han sometido esta estrategia a prueba (Peters y Pursley, 2002; Yousuf et al., 2016; Heidari et al., 2017). Bello et al. (2006) observaron una mayor ovulación con la primera GnRH (85 vs. 54%), una mejor respuesta a PGF (96 vs. 69%), tasa de sincronización (92 vs. 69%) y mayor P/AI (50 vs. 27%) en vacas sometidas a G6G en comparación con el Ovsynch iniciado en días aleatorios del ciclo estral. Otro programa de fertilidad es el Double-Ovsynch (**DO**, Souza et al., 2008). La DO se desarrolló pensando en optimizar la respuesta a los tratamientos hormonales Ovsynch, la sincronización global, y el milieu hormonal durante el desarrollo del folículo. En el estudio original de Souza et al. (2008), en comparación con la Presynch-Ovsynch (**PO**; Moreira et al., 2001), la DO redujo el porcentaje de vacas con P4 < 1,0 ng/mL (9,4 vs. 33,3%) en el momento de la primera GnRH de la Ovsynch, aumentó la P4 circulante durante la PGF (4,2 vs. 3,2 ng/mL) y aumentó la P/AI (49,7 vs. 41,7%). En un estudio cuyo objetivo era comparar la DO con la PO en relación con las concentraciones circulantes de P4 y la ovulación con los tratamientos con GnRH (Ayres et al., 2013), el 94% de las vacas con DO tenían el CL en el momento de la primera GnRH en comparación con el 68% en el programa PO. Además, la ovulación con la primera GnRH fue mayor con la DO (80%) en comparación con la PO (69,9%), y el porcentaje de vacas con P4 ≥ 1,0 ng/mL en el momento de la PGF fue mayor con la DO que con la PO (88 vs. 76%).

Experimentos recientes de nuestro laboratorio han utilizado una estrategia de presincronización previa a los protocolos de cría que se inician con GnRH (Consentini et al., 2019). La presincronización se

basó en la E2 y la P4, iniciándose con un implante de P4 que se retiró 7 d después, coincidiendo con tratamientos con PGF y EC para inducir el celo y la ovulación. Entre 8 y 10 días después, las vacas fueron tratadas con GnRH para iniciar el primer protocolo de TAI posparto y se les colocó un implante intravaginal de P4 que se mantuvo durante 7 u 8 d. Un día antes y en el momento de la retirada del implante de P4, se administraron tratamientos con PGF. La ovulación al final del protocolo se sincronizó con la EC (administrada en el momento de la retirada del implante P4), la GnRH (administrada 16 h antes de la TAI), o ambas. La ratio P/AI varió del 32 al 58% entre seis explotaciones, con una P/AI global del 43%. En comparación con los protocolos TAI normales que se iniciaron en fases aleatorias del ciclo estral, el programa de fertilidad aumentó significativamente la P/AI (datos no publicados).

Por lo tanto, para mejorar el primer servicio postparto con el objetivo de maximizar la SR y aumentar la probabilidad de que las vacas queden preñadas precozmente en el postparto, parece obligatorio, en la mayoría de los casos utilizar la TAI. Además, el uso de los llamados programas de fertilidad aumenta las probabilidades de que las vacas conciban en la primera AI posparto, debido a una mayor respuesta a los tratamientos hormonales de los protocolos de cría y a la sincronización general, y a un mejor entorno hormonal durante el desarrollo de los folículos. La Figura 1 representa los programas de fertilidad que se han tratado en este artículo.

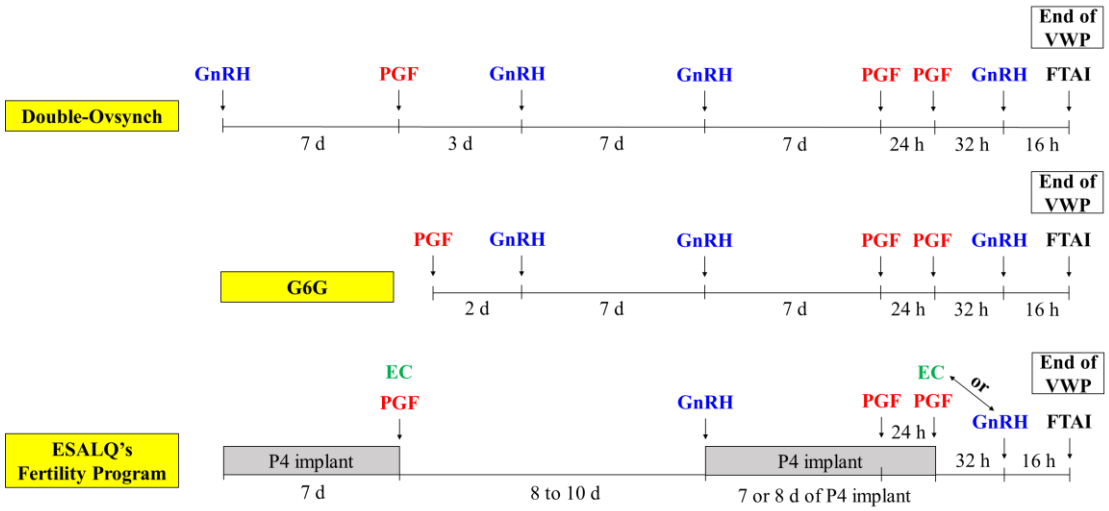


Figura 1. Tratamientos hormonales de los programas de fertilidad que pueden utilizarse para la primera inseminación artificial programada (TAI) posparto en vacas lecheras en lactación.

Abreviaturas: período de espera voluntario (VWP), hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), prostaglandina F2α (PGF), progesterona (P4) y cipionato de estradiol (EC).

Tras someter a las vacas a la primera AI posparto, es imperativo identificar cuanto antes a las vacas no gestantes y inseminarlas de nuevo lo antes posible. Las estrategias más comunes para reinseminar a las vacas no preñadas en los rebaños lecheros consisten en detectar el celo o inseminarlas

de una manera programada después de la NPD. Se desarrollaron varias estrategias para aumentar las tasas de reinseminación de las vacas mediante la detección del celo (Chebel et al., 2013; Bruno et al., 2014; Giordano et al., 2015). En general, se concluyó que, en rebaños con buenas tasas de detección del celo y buena fertilidad por AI por celo, el rendimiento reproductivo puede ser similar al rendimiento de los que utilizan o incluyen la TAI. Sin embargo, siempre se tendrá menos control del intervalo entre inseminaciones, que puede ser más largo que cuando se someten las vacas a programas de resincronización TAI.

En cuanto a la resincronización de la ovulación para reinseminar a las vacas mediante TAI, se realizaron muchos estudios en el pasado para comprender la fisiología o mejorar la eficacia de los programas de resincronización. Es habitual iniciar el protocolo de resincronización en el momento del NPD. Sin embargo, existen estrategias que inician el protocolo TAI antes del NPD, que incluyen presincronizaciones y/o utilizan suplementación de P4 (Fricke et al., 2003; Bisinotto et al., 2010; Giordano et al., 2012c; Bilby et al., 2013; Lopes et al., 2013; Carvalho et al., 2015; Wijma et al., 2017; Wijma et al., 2018; Sauls-Hiesterman et al., 2020).

Consideraciones finales

Este artículo pretende destacar aspectos importantes relacionados con la eficiencia reproductiva en los rebaños lecheros modernos, con el objetivo de maximizar el número de vacas preñadas al principio de la lactación. Antes de considerar estrategias de gestión reproductiva, es especialmente importante tener una visión holística de los factores que afectan al rendimiento reproductivo, centrándose en la importancia del periodo de transición por su impacto en los rendimientos productivos y reproductivos de las vacas lecheras de alta producción, así como en la probabilidad de que las vacas se encuentren en el «Ciclo de Alta Fertilidad». En este artículo se analizan los aspectos clave que son críticos durante los programas de TAI destinados a optimizar la fertilidad, así como las intervenciones hormonales, haciendo hincapié en la comparación de los tratamientos hormonales y los ajustes finos que se realizan durante los programas de TAI para optimizar la eficiencia reproductiva y la rentabilidad. Por último, se trataron aspectos específicos de la gestión reproductiva para el primer servicio, destacando el uso de programas de fertilidad que maximizan la SR así como la P/AI. Además, se expusieron unas estrategias de reinseminación, teniendo en cuenta la detección del celo y los programas de TAI para las vacas que no concibieron durante la AI anterior. Esperamos que los datos presentados y analizados en este artículo contribuyan a mejorar la eficiencia productiva y reproductiva de las explotaciones lecheras, así como a impulsar nuevas investigaciones en este apasionante campo de la ciencia.

Reconocimientos: Los autores recibieron becas del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq, Brasilia, Brasil), de la Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Enseñanza Superior (CAPES, Brasilia, Brasil) o de la Fundación de Investigación de São Paulo (FAPESP, São Paulo, Brasil). Algunos de los datos presentados en este texto proceden de estudios financiados por una subvención de la FAPESP (2018/03798-7).

Bibliografía

Ayres, H., Ferreira, R. M., Cunha, A. P., Araújo, R. R., & Wiltbank, M. C. (2013). Double-Ovsynch in high-producing dairy cows: effects on progesterone concentrations and ovulation to GnRH treatments. Theriogenology, 79(1), 159–164. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.001.

Barletta, R. V., Carvalho, P. D., Santos, V. G., Melo, L. F., Consentini, C. E., Netto, A. S., & Fricke, P. M. (2018). Effect of dose and timing of prostaglandin F2α treatments during a Resynch protocol on luteal regression and fertility to timed artificial insemination in lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science, 101(2), 1730–1736. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13628.

Barletta, R. V., Maturana Filho, M., Carvalho, P. D., Del Valle, T. A., Netto, A. S., Rennó, F. P., Mingoti, R. D., Gandra, J. R., Mourão, G. B., Fricke, P. M., Sartori, R., Madureira, E. H., & Wiltbank, M. C. (2017). Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein cows. Theriogenology, 104, 30–36. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.07.030

Barros, C. M., Moreira, M. B., Figueiredo, R. A., Teixeira, A. B., & Trinca, L. A. (2000). Synchronization of ovulation in beef cows (*Bos indicus*) using GnRH, PGF2alpha and estradiol benzoate. Theriogenology, 53(5), 1121–1134. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00257-0.

Baruselli, P. S., Reis, E. L., Marques, M. O., Nasser, L. F., & Bó, G. A. (2004). The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates. Animal Reproduction Science, 82-83, 479–486. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.025.

Bello, N. M., Steibel, J. P., & Pursley, J. R. (2006). Optimizing ovulation to first GnRH improved outcomes to each hormonal injection of ovsynch in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 89(9), 3413–3424. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72378-5.

Bilby, T. R., Bruno, R., Lager, K. J., Chebel, R. C., Moraes, J., Fricke, P. M., Lopes, G., Jr, Giordano, J. O., Santos, J., Lima, F. S., Stevenson, J. S., & Pulley, S. L. (2013). Supplemental progesterone and timing of resynchronization on pregnancy outcomes in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 96(11), 7032–7042. https://doi.org/10.3168/jds.2013-6960

Bisinotto, R. S., Castro, L. O., Pansani, M. B., Narciso, C. D., Martinez, N., Sinedino, L. D., Pinto, T. L., Van de Burgwal, N. S., Bosman, H. M., Surjus, R. S., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. (2015a). Progesterone supplementation to lactating dairy cows without a corpus luteum at initiation of the Ovsynch protocol. Journal of Dairy Science, 98(4), 2515–2528. https://doi.org/10.3168/jds.2014-9058.

Bisinotto, R. S., Pansani, M. B., Castro, L. O., Narciso, C. D., Sinedino, L. D., Martinez, N., Carneiro, P. E., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. (2015b). Effect of progesterone supplementation on fertility responses of lactating dairy cows with corpus luteum at the initiation of the Ovsynch protocol. Theriogenology, 83(2), 257–265. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.09.021.

Bisinotto, R. S., Ribeiro, E. S., Lima, F. S., Martinez, N., Greco, L. F., Barbosa, L., Bueno, P. P., Scagion, L., Thatcher, W. W., & Santos, J. (2013). Targeted progesterone supplementation improves fertility in lactating dairy cows without a corpus luteum at the initiation of the timed artificial insemination protocol. Journal of Dairy Science, 96(4), 2214–2225. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6038.

Bisinotto, R. S., Ribeiro, E. S., Martins, L. T., Marsola, R. S., Greco, L. F., Favoreto, M. G., Risco, C. A., Thatcher,

W. W., & Santos, J. E. (2010). Effect of interval between induction of ovulation and artificial insemination (AI) and supplemental progesterone for resynchronization on fertility of dairy cows subjected to a 5-d timed AI program. Journal of Dairy Science, 93(12), 5798–5808. https://doi.org/10.3168/jds.2010-3516

Bó, G. A., Baruselli, P. S., & Martínez, M. F. (2003). Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. Animal Reproduction Science, 78(3-4), 307–326. https://doi.org/10.1016/s0378-4320(03)00097-6.

Bo, G. A., Bergfelt, D. R., Brogliatti, G. M., Pierson, R. A., Adams, G. P., & Mapletoft, R. J. (2000). Local versus systemic effects of exogenous estradiol-17 beta on ovarian follicular dynamics in heifers with progestogen implants. Animal Reproduction Science, 59(3-4), 141–157. https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00140-8.

Bruno, R. G., Moraes, J. G., Hernández-Rivera, J. A., Lager, K. J., Silva, P. R., Scanavez, A. L., Mendonça, L. G., Chebel, R. C., & Bilby, T. R. (2014). Effect of an Ovsynch56 protocol initiated at different intervals after insemination with or without a presynchronizing injection of gonadotropin-releasing hormone on fertility in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 97(1), 185–194. https://doi.org/10.3168/jds.2013-6827.

Brusveen, D. J., Souza, A. H., & Wiltbank, M. C. (2009). Effects of additional prostaglandin F2alpha and estradiol-17beta during Ovsynch in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 92(4), 1412–1422. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1289.

Carvalho, M. R., Peñagaricano, F., Santos, J., DeVries, T. J., McBride, B. W., & Ribeiro, E. S. (2019a). Long-term effects of postpartum clinical disease on milk production, reproduction, and culling of dairy cows. Journal of Dairy Science, 102(12), 11701–11717. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17025.

Carvalho, P. D., Santos, V. G., Fricke, H. P., Hernandez, L. L., & Fricke, P. M. (2019b). Effect of manipulating progesterone before timed artificial insemination on reproductive and endocrine outcomes in high-producing multiparous Holstein cows. Journal of Dairy Science, 102(8), 7509–7521. https://doi.org/10.3168/jds.2019-16536.

Carvalho, P. D., Santos, V. G., Giordano, J. O., Wiltbank, M. C., & Fricke, P. M. (2018). Development of fertility programs to achieve high 21-day pregnancy rates in high-producing dairy cows. Theriogenology, 114, 165–172. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.03.037.

Carvalho, P. D., Souza, A. H., Amundson, M. C., Hackbart, K. S., Fuenzalida, M. J., Herlihy, M. M., Ayres, H., Dresch, A. R., Vieira, L. M., Guenther, J. N., Grummer, R. R., Fricke, P. M., Shaver, R. D., & Wiltbank, M. C. (2014). Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 97(6), 3666–3683. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7809.

Carvalho, P. D., Wiltbank, M. C., & Fricke, P. M. (2015). Manipulation of progesterone to increase ovulatory response to the first GnRH treatment of an Ovsynch protocol in lactating dairy cows receiving first timed artificial insemination. Journal of Dairy Science, 98(12), 8800–8813. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9968.

Cascieri M., Amann, R. P., & Hammerstedt, R. H. (1976). Adenine nucleotide changes at initiation of bull sperm motility. The Journal of Biological Chemistry, 251, 787-793.

Cerri, R. L., Rutigliano, H. M., Chebel, R. C., & Santos, J. E. (2009). Period of dominance of the ovulatory follicle influences embryo quality in lactating dairy cows. Reproduction (Cambridge, England), 137(5), 813–823. https://doi.org/10.1530/REP-08-0242.

Chebel, R. C., Al-Hassan, M. J., Fricke, P. M., Santos, J. E., Lima, J. R., Martel, C. A., Stevenson, J. S., Garcia, R., & Ax, R. L. (2010). Supplementation of progesterone via controlled internal drug release inserts during ovulation synchronization protocols in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 93(3), 922–931. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2301.

Chebel, R. C., Scanavez, A. A., Silva, P. R., Moraes, J. G., Mendonça, L. G., & Lopes, G., Jr (2013). Evaluation of presynchronized resynchronization protocols for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 96(2), 1009–1020. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5892.

Chenault J. R. (1990). Effect of fertirelin acetate or buserelin on conception rate at first or second insemination in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 73(3), 633–638. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78714-0.

Colazo, M. G., López Helguera, I., Behrouzi, A., Ambrose, D. J., & Mapletoft, R. J. (2017). Relationship between circulating progesterone at timed-AI and fertility in dairy cows subjected to GnRH-based protocols. Theriogenology, 94, 15–20. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.02.004.

Consentini, C. E. C., Melo, L. F., Motta, J. C. L., Alves, R. L. O. R., Silva, L. O., Madureira, G.; Wiltbank, M. C., Sartori, R. (2019). Strategies for induction of ovulation for first fixed-time AI postpartum in lactating dairy cows submitted to a novel presynchronization protocol. Animal Reproduction, 16, 557-557. (Abstract).

Consentini, C. E. C., Silva, L. O., Silva, T. J. B., Folchini, N. P., Gonzales, B., Gonzales, J., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2020). Fertility of lactating Holstein cows initiating the TAI protocol with estradiol benzoate or GnRH, and receiving or not GnRH 2 days later Animal Reproduction, 17, 5-5. (Abstract).

Davoodi, S., Cooke, R. F., Fernandes, A. C., Cappellozza, B. I., Vasconcelos, J. L., & Cerri, R. L. (2016). Expression of estrus modifies the gene expression profile in reproductive tissues on Day 19 of gestation in beef cows. Theriogenology, 85(4), 645–655. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.10.002.

Fricke, P. M. 2001. Review: Twinning in dairy cattle. The professional animal scientist, 17, 61–67. https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31599-0.

Fricke, P. M., & Wiltbank, M. C. (1999). Effect of milk production on the incidence of double ovulation in dairy cows. Theriogenology, 52(7), 1133–1143. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00205-8.

Fricke, P. M., Caraviello, D. Z., Weigel, K. A., & Welle, M. L. (2003). Fertility of dairy cows after resynchronization of ovulation at three intervals following first timed insemination. Journal of Dairy Science, 86(12), 3941–3950. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74003-X.

Galvão, K. N., Santos, J. E., Juchem, S. O., Cerri, R. L., Coscioni, A. C., & Villaseñor, M. (2004). Effect of addition of a progesterone intravaginal insert to a timed insemination protocol using estradiol cypionate on ovulation rate, pregnancy rate, and late embryonic loss in lactating dairy cows. Journal of Animal Science, 82(12), 3508–3517. https://doi.org/10.2527/2004.82123508x.

Giordano, J. O., Fricke, P. M., Guenther, J. N., Lopes, G., Jr, Herlihy, M. M., Nascimento, A. B., & Wiltbank, M. C. (2012b). Effect of progesterone on magnitude of the luteinizing hormone surge induced by two different doses of gonadotropin-releasing hormone in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 95(7), 3781–3793. https://doi.org/10.3168/jds.2011-5155.

Giordano, J. O., Fricke, P. M., Wiltbank, M. C., & Cabrera, V. E. (2011). An economic decision-making support system for selection of reproductive management programs on dairy farms. Journal of Dairy Science, 94(12), 6216–6232. https://doi.org/10.3168/jds.2011-4376.

Giordano, J. O., Kalantari, A. S., Fricke, P. M., Wiltbank, M. C., & Cabrera, V. E. (2012a). A daily herd Markov-chain model to study the reproductive and economic impact of reproductive programs combining timed artificial insemination and estrus detection. Journal of Dairy Science, 95(9), 5442–5460. https://doi.org/10.3168/jds.2011-4972.

Giordano, J. O., Stangaferro, M. L., Wijma, R., Chandler, W. C., & Watters, R. D. (2015). Reproductive performance of dairy cows managed with a program aimed at increasing insemination of cows in estrus based on increased physical activity and fertility of timed artificial inseminations. Journal of Dairy Science, 98(4), 2488–2501. https://doi.org/10.3168/jds.2014-8961.

Giordano, J. O., Thomas, M. J., Catucuamba, G., Curler, M. D., Masello, M., Stangaferro, M. L., & Wijma, R. (2016). Reproductive management strategies to improve the fertility of cows with a suboptimal response to resynchronization of ovulation. Journal of Dairy Science, 99(4), 2967–2978. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10223.

Giordano, J. O., Wiltbank, M. C., Fricke, P. M., Bas, S., Pawlisch, R., Guenther, J. N., & Nascimento, A. B. (2013). Effect of increasing GnRH and PGF2α dose during Double-Ovsynch on ovulatory response, luteal regression, and fertility of lactating dairy cows. Theriogenology, 80(7), 773–783. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.07.003.

Giordano, J. O., Wiltbank, M. C., Guenther, J. N., Pawlisch, R., Bas, S., Cunha, A. P., & Fricke, P. M. (2012c). Increased fertility in lactating dairy cows resynchronized with Double-Ovsynch compared with Ovsynch initiated 32 d after timed artificial insemination. Journal of Dairy Science, 95(2), 639–653. https://doi.org/10.3168/jds.2011-4418.

Heidari, F., Dirandeh, E., Ansari Pirsaraei, Z., & Colazo, M. G. (2017). Modifications of the G6G timed-AI protocol improved pregnancy per AI and reduced pregnancy loss in lactating dairy cows. Animal: an International Journal of Animal Bioscience, 11(11), 2002–2009. https://doi.org/10.1017/S1751731117000520.

Kalantari, A. S., & Cabrera, V. E. (2012). The effect of reproductive performance on the dairy cattle herd value assessed by integrating a daily dynamic programming model with a daily Markov chain model. Journal of Dairy Science, 95(10), 6160–6170. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5587.

Lopes, G., Jr, Giordano, J. O., Valenza, A., Herlihy, M. M., Guenther, J. N., Wiltbank, M. C., & Fricke, P. M. (2013). Effect of timing of initiation of resynchronization and presynchronization with gonadotropin-releasing hormone on fertility of resynchronized inseminations in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 96(6), 3788–3798. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6429.

Lopez, H., Caraviello, D. Z., Satter, L. D., Fricke, P. M., & Wiltbank, M. C. (2005). Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 88(8), 2783–2793. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72958-1.

López-Gatius, F., Santolaria, P., Yániz, J., Rutllant, J., & López-Béjar, M. (2002). Factors affecting pregnancy loss from gestation Day 38 to 90 in lactating dairy cows from a single herd. Theriogenology, 57(4), 1251–1261. https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00715-4.

Macmillan, K., Kastelic, J. P., & Colazo, M. G. (2018). Update on Multiple Ovulations in Dairy Cattle. Animals, 8(5), 62. https://doi.org/10.3390/ani8050062.

Martins, J., Wang, D., Mu, N., Rossi, G. F., Martini, A. P., Martins, V. R., & Pursley, J. R. (2018). Level of circulating concentrations of progesterone during ovulatory follicle development affects timing of pregnancy loss in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 101(11), 10505–10525. https://doi.org/10.3168/jds.2018-14410.

Melo, L. F., Monteiro, P., Jr, Nascimento, A. B., Drum, J. N., Spies, C., Prata, A. B., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2018). Follicular dynamics, circulating progesterone, and fertility in Holstein cows synchronized with reused intravaginal progesterone implants that were sanitized by autoclave or chemical disinfection. Journal of Dairy Science, 101(4), 3554–3567. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13570.

Melo, L. F., Monteiro, P., Jr, Surjus, R. S., Drum, J. N., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2016). Progesterone-based fixed-time artificial insemination protocols for dairy cows: Gonadotropin-releasing hormone versus estradiol benzoate at initiation and estradiol cypionate versus estradiol benzoate at the end. Journal of Dairy Science, 99(11), 9227–9237. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11220.

Middleton, E. L., Minela, T., & Pursley, J. R. (2019). The high-fertility cycle: How timely pregnancies in one lactation may lead to less body condition loss, fewer health issues, greater fertility, and reduced early pregnancy losses in the next lactation. Journal of Dairy Science, 102(6), 5577–5587. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15828.

Monteiro, P. L., Jr, Borsato, M., Silva, F. L., Prata, A. B., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2015). Increasing estradiol benzoate, pretreatment with gonadotropin-releasing hormone, and impediments for successful estradiol-based fixed-time artificial insemination protocols in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 98(6), 3826–3839. https://doi.org/10.3168/jds.2014-9040.

Moreira, F., Orlandi, C., Risco, C. A., Mattos, R., Lopes, F., & Thatcher, W. W. (2001). Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 84(7), 1646–1659. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74600-0.

Nascimento, A. B., Souza, A. H., Keskin, A., Sartori, R., & Wiltbank, M. C. (2014). Lack of complete regression of the Day 5 corpus luteum after one or two doses of PGF2α in nonlactating Holstein cows. Theriogenology, 81(3), 389–395. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.10.009.

Pancarci, S. M., Jordan, E. R., Risco, C. A., Schouten, M. J., Lopes, F. L., Moreira, F., & Thatcher, W. W. (2002). Use of estradiol cypionate in a presynchronized timed artificial insemination program for lactating dairy cattle. Journal of Dairy Science, 85(1), 122–131. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74060-5.

Pereira, M., Sanches, C. P., Jr, Guida, T. G., Wiltbank, M. C., & Vasconcelos, J. (2017). Comparison of fertility following use of one versus two intravaginal progesterone inserts in dairy cows without a CL during a synchronization protocol before timed AI or timed embryo transfer. Theriogenology, 89, 72–78. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.10.006.

Pereira, M., Wiltbank, M. C., & Vasconcelos, J. (2016). Expression of estrus improves fertility and decreases pregnancy losses in lactating dairy cows that receive artificial insemination or embryo transfer. Journal of Dairy Science, 99(3), 2237–2247. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9903.

Peters, M. W., & Pursley, J. R. (2002). Fertility of lactating dairy cows treated with Ovsynch after presynchronization injections of PGF2 alpha and GnRH. Journal of Dairy Science, 85(9), 2403–2406. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74322-1.

Picard-Hagen, N., Lhermie, G., Florentin, S., Merle, D., Frein, P., & Gayrard, V. (2015). Effect of gonadorelin, lecirelin, and buserelin on LH surge, ovulation, and progesterone in cattle. Theriogenology, 84(2), 177–183. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.004.

Pursley, J. R., Kosorok, M. R., & Wiltbank, M. C. (1997). Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. Journal of Dairy Science, 80(2), 301–306. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75938-1.

Pursley, J. R., Mee, M. O., & Wiltbank, M. C. (1995). Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2alpha and GnRH. Theriogenology, 44(7), 915–923. https://doi.org/10.1016/0093-691x(95)00279-h.

Rabiee, A. R., Lean, I. J., & Stevenson, M. A. (2005). Efficacy of Ovsynch program on reproductive performance in dairy cattle: a meta-analysis. Journal of Dairy Science, 88(8), 2754–2770. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72955-6.

Revah, I., & Butler, W. R. (1996). Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. Journal of Reproduction and Fertility, 106(1), 39–47. https://doi.org/10.1530/jrf.0.1060039.

Ribeiro, E. S., Galvão, K. N., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. P. (2012). Economic aspects of applying reproductive technologies to dairy herds. Animal Reproduction, 9, 370-387.

Ricci, A., Li, M., Fricke, P. M., & Cabrera, V. E. (2020). Short communication: Economic impact among 7 reproductive programs for lactating dairy cows, including a sensitivity analysis of the cost of hormonal treatments. Journal of Dairy Science, 103(6), 5654–5661. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17658.

Rivera, F. A., Mendonça, L. G., Lopes, G., Jr, Santos, J. E., Perez, R. V., Amstalden, M., Correa-Calderón, A., & Chebel, R. C. (2011). Reduced progesterone concentration during growth of the first follicular wave affects embryo quality but has no effect on embryo survival post transfer in lactating dairy cows. Reproduction (Cambridge, England), 141(3), 333–342. https://doi.org/10.1530/REP-10-0375.

Sangsritavong, S., Combs, D. K., Sartori, R., Armentano, L. E., & Wiltbank, M. C. (2002). High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17beta in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 85(11), 2831–2842. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74370-1.

Santos, J. E., Bisinotto, R. S., Ribeiro, E. S., Lima, F. S., Greco, L. F., Staples, C. R., & Thatcher, W. W. (2010).

Applying nutrition and physiology to improve reproduction in dairy cattle. Society of reproduction and rertility supplement, 67, 387–403. https://doi.org/10.7313/upo9781907284991.030.

Santos, V. G., Carvalho, P. D., Maia, C., Carneiro, B., Valenza, A., & Fricke, P. M. (2017). Fertility of lactating Holstein cows submitted to a Double-Ovsynch protocol and timed artificial insemination versus artificial insemination after synchronization of estrus at a similar day in milk range. Journal of Dairy Science, 100(10), 8507–8517. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13210.

Santos, V. G., Carvalho, P. D., Maia, C., Carneiro, B., Valenza, A., Crump, P. M., & Fricke, P. M. (2016). Adding a second prostaglandin F2α treatment to but not reducing the duration of a PRID-Synch protocol increases fertility after resynchronization of ovulation in lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science, 99(5), 3869–3879. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10557.

Sartori, R., Haughian, J. M., Shaver, R. D., Rosa, G. J., & Wiltbank, M. C. (2004). Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. Journal of Dairy Science, 87(4), 905–920. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73235-X.

Sartori, R., Rosa, G. J., & Wiltbank, M. C. (2002). Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. Journal of Dairy Science, 85(11), 2813–2822. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74368-3.

Sauls-Hiesterman, J. A., Voelz, B. E., & Stevenson, J. S. (2020). A shortened resynchronization treatment for dairy cows after a nonpregnancy diagnosis. Theriogenology, 141, 105–112. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.013.

Silva, L. O., Folchini, N. P., Alves, R. L. O. R., Madureira, G., Consentini, C. E. C., Motta, J. C. L., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2023). Effect of progesterone from corpus luteum, intravaginal implant, or both on luteinizing hormone release, ovulatory response, and subsequent luteal development after gonadotropin-releasing hormone treatment in cows. Journal of Dairy Sci. 106, 4413–4428. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22618.

Silva, L. O., Motta, J. C. L., Oliva, A. L., Madureira, G., Alves, R. L. O. R., Folchini, N. P., Silva, M. A., Silva, T. J. B., Consentini, C. E. C., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2024). Influence of GnRH analog and dose on LH release and ovulatory response in *Bos indicus* heifers and cows on day seven of the estrous cycle. Theriogenology 214, 215–223. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.10.015.

Silva-Del-Río, N., Colloton, J. D., & Fricke, P. M. (2009). Factors affecting pregnancy loss for single and twin pregnancies in a high-producing dairy herd. Theriogenology, 71(9), 1462–1471. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.01.013.

Souza, A. H., Ayres, H., Ferreira, R. M., & Wiltbank, M. C. (2008). A new presynchronization system (Double-Ovsynch) increases fertility at first postpartum timed AI in lactating dairy cows. Theriogenology, 70(2), 208–215. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.03.014.

Souza, A. H., Gümen, A., Silva, E. P., Cunha, A. P., Guenther, J. N., Peto, C. M., Caraviello, D. Z., & Wiltbank, M. C. (2007). Supplementation with estradiol-17beta before the last gonadotropin-releasing hormone injection of the Ovsynch protocol in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 90(10), 4623–4634. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0172.

Souza, A. H., Viechnieski, S., Lima, F. A., Silva, F. F., Araújo, R., Bó, G. A., Wiltbank, M. C., & Baruselli, P. S. (2009). Effects of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in a timed-AI protocol on reproductive responses in dairy cows. Theriogenology, 72(1), 10–21. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.12.025.

Vasconcelos, J. L., Sartori, R., Oliveira, H. N., Guenther, J. G., & Wiltbank, M. C. (2001). Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. Theriogenology, 56(2), 307–314. https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00565-9.

Wijma, R., Pérez, M. M., Masello, M., Stangaferro, M. L., & Giordano, J. O. (2018). A resynchronization of ovulation program based on ovarian structures present at nonpregnancy diagnosis reduced time to pregnancy in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 101(2), 1697–1707. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13489

Wijma, R., Stangaferro, M. L., Masello, M., Granados, G. E., & Giordano, J. O. (2017). Resynchronization of ovulation protocols for dairy cows including or not including gonadotropin-releasing hormone to induce a new follicular wave: Effects on re-insemination pattern, ovarian responses, and pregnancy outcomes. Journal of Dairy Science, 100(9), 7613–7625. https://doi.org/10.3168/jds.2017-12550

Wiltbank, M. C., & Pursley, J. R. (2014). The cow as an induced ovulator: timed AI after synchronization of ovulation. Theriogenology, 81(1), 170–185. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.017.

Wiltbank, M. C., Baez, G. M., Cochrane, F., Barletta, R. V., Trayford, C. R., & Joseph, R. T. (2015). Effect of a second treatment with prostaglandin F2α during the Ovsynch protocol on luteolysis and pregnancy in dairy cows. Journal of Dairy Science, 98(12), 8644–8654. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9353.

Wiltbank, M. C., Carvalho, P. D., Keskin, A., Sartori, R., Hackbart, K. S., Meschiatti, M. A., Bastos, M. R., Guenther, J. N., Nascimento, A. B., Herlihy, M. M., Amundson, M. C., Souza, A. H. (2011). Effect of progesterone concentration during follicle development on subsequent ovulation, fertilization, and early embryo development in lactating dairy cows. Biology of Reproduction, 85, 685-685. (Abstract).

Yousuf, M. R., Martins, J., Ahmad, N., Nobis, K., & Pursley, J. R. (2016). Presynchronization of lactating dairy cows with PGF2α and GnRH simultaneously, 7 days before Ovsynch have similar outcomes compared to G6G. Theriogenology, 86(6), 1607–1614. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.05.021.

MORTALIDAD EMBRIONARIA Y FETAL EN EL GANADO VACUNO

Roberto Sartori[1], Rodrigo Lemos Olivieri Rodrigues Alves[1], Lucas Oliveira e Silva[1], Taynara Jaqueline Barreiro da Silva[1], Leonardo de França e Melo[2], Carlos Eduardo Cardoso Consentini[1]

[1]Departamento de Ciencia Animal, Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, 13418-900, Brasil.

[2]Departamento de Ciencia Animal, Facultad de Veterinaria y Zootecnia, Universidad Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO, 74001-970, Brasil

Resumen

La eficiencia reproductiva es crucial para la rentabilidad de los sistemas de producción bovina, tanto de leche como de carne. Para lograr un alto rendimiento productivo, no sólo es necesario que las hembras queden preñadas en un plazo apropiado tras el parto, sino también que mantengan la preñez hasta el alumbramiento, con el resultado de un ternero sano y una lactancia productiva. En este contexto, uno de los principales retos que hay que abordar es la pérdida de preñez (por sus siglas en inglés **PL**), que repercute negativamente en la economía de los rebaños comerciales. La pérdida de preñez (PL) supone elevados costes para el sistema de producción, especialmente cuando tiene lugar en las últimas fases de la gestación. La PL puede clasificarse en la muerte embrionaria temprana, la muerte embrionaria tardía y la muerte fetal, dependiendo de la fase gestacional en la que se produzca. Los estudios han demostrado que la mayor incidencia de PL se produce durante el periodo embrionario temprano, incluso antes del primer diagnóstico de embarazo por ecografía o palpación rectal, lo que dificulta su detección y mitigación. La PL puede asociarse a varios factores, tanto en el ganado vacuno como en el lechero. Entre estos factores se encuentran los efectos genéticos, metabólicos, nutricionales y endocrinos, así como factores relacionados con el medio ambiente, la salud y la gestión del rebaño. El conocimiento de estos factores, así como una mejor comprensión de los mecanismos que pueden conducir a la PL son esenciales para desarrollar estrategias que mejoren la eficiencia reproductiva y, en consecuencia, la rentabilidad de los sistemas de producción. El objetivo de esta revisión es analizar la incidencia de la PL en el ganado vacuno, sus causas, los factores asociados y las posibles estrategias para reducirla.

Keywords: fertilidad, muerte embrionaria, muerte fetal, pérdida del embarazo, fallos reproductivos.

Introducción

El potencial productivo y la rentabilidad de los sistemas de producción de vacuno de leche y de carne están estrechamente ligados al rendimiento reproductivo del rebaño. Esto, a su vez, depende no sólo de la capacidad del sistema para fecundar con éxito a las hembras reproductivamente activas, sino también de la capacidad de estas hembras para mantener la preñez, dando lugar a un ternero sano y a una lactancia productiva. En este contexto, la pérdida de preñez (PL) es uno de los principales factores

que afectan negativamente tanto al potencial productivo como a la viabilidad económica (Diskin et al., 2012). Un análisis económico realizado en rebaños lecheros de EE.UU. (De Vries, 2006) estimó que cada nueva gestación contribuye, por término medio, 278 dólares a los ingresos totales del rebaño, con variaciones según el momento de la concepción durante el periodo de lactación. Las gestaciones más tempranas producen mayores beneficios económicos. Sin embargo, en los casos en que las vacas experimentaron una PL, el coste medio de la PL se estimó en 555 dólares, con pérdidas más elevadas cuando la gestación falló en fases gestacionales más avanzadas. En los rebaños de vacuno de carne, aunque la PL se detecta y cuantifica con menos frecuencia, un estudio sobre rebaños estadounidenses estimó una pérdida económica media de 6,25 dólares por hembra afectada por cada 1% de reducción en la tasa de preñez final del rebaño (Mercadante et al., 2020), lo que pone de manifiesto el importante impacto negativo de los fallos reproductivos también en los sistemas de producción de vacuno de carne.

La pérdida de la preñez en el ganado vacuno se clasifica convencionalmente en función de la fase de gestación en la que se produce. Durante el periodo embrionario, que abarca desde la fecundación hasta la finalización de la diferenciación celular embrionaria (~42 días), la PL se clasifica como pérdida embrionaria temprana (cuando ocurre antes del reconocimiento materno de la preñez) o pérdida embrionaria tardía (cuando ocurre después del reconocimiento materno de la preñez). En cambio, durante el periodo fetal (desde el final de la diferenciación celular hasta el parto), la PL se clasifica como mortalidad fetal (Gábor et al., 2016).

En hembras de vacuno de carne, novillas y vacas lecheras de baja producción, los estudios señalan una tasa de fertilización de aproximadamente el 90% tras la inseminación artificial (por sus siglas en inglés **AI**) o el apareamiento natural (Diskin et al., 2016). Sin embargo, en vacas lecheras de alta producción, la fecundación sólo se produce en aproximadamente el 78% de las hembras expuestas (Santos et al., 2004). Independientemente de la categoría, estos estudios demuestran una disminución progresiva del número de hembras que mantienen la preñez desde la fecundación hasta la gestación, lo que se traduce finalmente en una baja tasa de partos, que en algunos casos cae por debajo del 30%. Además, las revisiones bibliográficas que evalúan la PL en vacuno de carne (Reese et al., 2020) y de leche (Wiltbank et al., 2016) han informado de que la mayor incidencia de la PL se produce durante el desarrollo embrionario temprano, dentro de las primeras semanas de gestación. Dado que el primer diagnóstico de gestación suele realizarse unos 30 días después de la inseminación artificial (AI) o el apareamiento, la mayoría de los casos de la PL pasan desapercibidos, lo que dificulta medir su incidencia, identificar las posibles causas y aplicar estrategias de mitigación. Por otra parte, la mortalidad embrionaria tardía y la mortalidad fetal son más fáciles de detectar y cuantificar dentro de los sistemas de producción, aunque se siguen pasando por alto en gran medida. Por lo tanto, comprender los mecanismos y factores asociados a la PL en rebaños lecheros y de vacuno, así como las posibles estrategias para reducir su incidencia, es esencial para optimizar el rendimiento reproductivo y mejorar los resultados económicos de las explotaciones lecheras y de vacuno.

Existen numerosos factores que pueden comprometer el establecimiento y el mantenimiento del embarazo, desde la viabilidad de los gametos (ovocitos y espermatozoides), el transporte, la fecundación, el desarrollo embrionario y fetal y la viabilidad hasta el entorno endocrino y uterino y la capacidad de la madre para llevar el embarazo a término. Esta revisión pretende describir y discutir los resultados de diversos estudios que han analizado la incidencia de la PL en el ganado vacuno, así como sus posibles causas y las estrategias para reducirla.

El desarrollo embrionario inicial y las fases de la pérdida del embarazo

Las primeras fases del desarrollo embrionario son fundamentales para el establecimiento y el mantenimiento del embarazo. Tras la fecundación, el embrión pasa del oviducto al útero en la fase de 8 a 16 células (Grealy et al., 1996). En el día 5 o 6, el embrión alcanza la fase de 16 a 32 células, momento en el que las células empiezan a compactarse, formando una estructura esférica conocida como mórula. Es la primera fase crítica del embarazo, en la que el embrión empieza a funcionar como un organismo independiente. Hacia el día 7 u 8, comienza a formarse una cavidad llena de líquido (blastocele) y las células del blastocisto temprano se transforman en la masa celular interna, que se convertirá en el embrión, y en el trofectodermo, que dará lugar a la placenta (Sreenan et al., 2001). Entre los días 9 y 10, el blastocisto expandido eclosiona de la zona pelúcida y continúa expandiéndose antes de iniciar la elongación alrededor del día 13. Esta elongación se produce cerca del periodo de reconocimiento materno de la preñez y se caracteriza por un aumento de la actividad metabólica y de la secreción de interferón-tau (Thatcher et al., 2001). La implantación del embrión en el endometrio comienza alrededor del día 19 y se completa el día 42, lo que marca el final del periodo embrionario y la finalización de la diferenciación celular. La supervivencia del embrión y el establecimiento y mantenimiento del embarazo dependen de la comunicación activa y pasiva entre el embrión y el útero. Alrededor del día 15, la presencia y señalización del embrión dentro del útero activan los mecanismos luteoprotectores, inhibiendo temporalmente la síntesis y liberación de PGF2α por el endometrio (Geisert et al., 1994; Mann et al., 1999; Thatcher et al., 2001; Okuda et al., 2002). Esta inhibición impide la luteólisis, asegurando el mantenimiento del cuerpo lúteo (CL) y la producción continuada de progesterona (P4), esencial para el desarrollo del endometrio y el correcto desarrollo embrionario.

La mortalidad embrionaria puede deberse a defectos embrionarios inherentes, a un entorno materno inadecuado, a la asincronía entre el embrión y la madre o a que la madre no responda adecuadamente a las señales embrionarias (Hansen, 2002). Wiltbank et al. (2016) describieron cuatro periodos críticos de la PL en vacas lecheras (Tabla 1). El primer periodo (la primera semana tras la AI o el apareamiento) incluye los fallos a la hora de la fecundación o las alteraciones en el desarrollo embrionario temprano. El segundo periodo (entre los días 8 y 27 de gestación) abarca las pérdidas causadas por alteraciones del entorno uterino, fallos en la señalización embrionaria y el reconocimiento materno de la preñez, o deficiencias en los mecanismos que sostienen el CL gestacional. Durante el tercer periodo (días 28 a 60 de gestación), las pérdidas se deben principalmente a fallos en la placentación y al subdesarrollo embrionario/fetal. Por último, en el cuarto periodo (días 60 a 90 de gestación), las PL se asocian sobre todo a enfermedades y embarazos gemelares, en particular cuando se desarrollan dos fetos en el mismo cuerno uterino. Además, un quinto periodo incluye la mortalidad fetal después del día 90 de gestación, que suele estar relacionada con enfermedades infecciosas o graves trastornos nutricionales, ambientales o metabólicos.

Tabla 1. Pérdidas de la preñez (PL) durante el primer trimestre de gestación en hembras bovinas.

Tema	Fecundación fallida	0 a 7 días	8 a 28 días	29 a 60 días	61 a 90 días

PL	~10% (Frío) ~50% (Calor)	10 a 50%	~20%	5 a 20%	~2%
Causas	- Estrés por calor; - ↑ [P4] en la AI; - PMN en el útero.	- Problemas con ovocitos; - [P4] antes de la AI; - Problemas de salud; - Estrés por calor.	- Retraso de la elongación; - ↓ [P4] después de la AI; - Deficiencias histotróficas; - Problemas de salud; - Estrés por calor.	- Formación inadecuada del placentoma y vascularización.	- Embarazo gemelar

Aunque varios estudios señalan altas tasas de fecundación tras la AI o monta natural en ganado vacuno (Santos et al., 2004; Diskin et al., 2016), las tasas iniciales de confirmación de la preñez (normalmente realizadas a partir del día 28) indican una alta mortalidad embrionaria durante las primeras etapas de la gestación. Según Inskeep y Dailey (2005), la mayoría de las PL en vacas lecheras ocurren durante el periodo embrionario, entre la fecundación y la finalización de la diferenciación celular embrionaria, siendo las principales causas los fallos en el proceso de fecundación o los fallos en la elongación y el reconocimiento materno de la preñez (Franco et al., 2020). De forma similar, un metaanálisis realizado por Reese et al. (2020) registró un 47,9% de PL durante el periodo embrionario temprano (considerado en este estudio desde la fecundación hasta el día 32 de gestación), de las cuales el 28,4% se produjeron en la primera semana, el 3,9% entre los días 7 y 16 de gestación, y el 15,6% entre los días 16 y 32 post-fertilización.

Los modelos experimentales utilizados habitualmente para evaluar la mortalidad embrionaria temprana en el ganado vacuno consisten en sacrificar a las hembras en periodos específicos tras la AI para recoger embriones/ovocitos del oviducto o del útero, o en recoger embriones *in vivo* mediante lavado uterino (Boyd et al., 1969; Ayalon et al., 1978; Diskin y Sreenan, 1980; Roche et al., 1981; Maurer y Chenault, 1983; Sartori et al., 2002b). Más recientemente, hay nuevos estudios que se centran en la identificación y validación de posibles biomarcadores de la PL temprana, algunos de los cuales están relacionados con la medición de la longitud cráneo-rabadilla observada mediante la ecografía, las concentraciones circulantes de glicoproteínas asociadas a la gestación (PAGs; Pohler et al., 2016; Pursley et al., 2023; Santos et al., 2023), cambios en la expresión de mRNA y transcritos de genes estimulados por interferón-tau (ISGs), y concentraciones circulantes de P4 (Ealy y Seekford, 2019).

La Tabla 2 presenta una recopilación de los resultados de varios estudios sobre el desarrollo embrionario temprano y la supervivencia en hembras de carne, novillas lecheras y vacas lecheras no lactantes. En general, con la excepción de las vacas que ovularon folículos persistentes (Ahmad et al.,

1995), el porcentaje de embriones viables recogidos entre los días 3 y 16 post-AI fue elevado en la mayoría de los estudios (78% de media).

Tabla 2. Porcentaje de embriones viables recogidos de hembras bovinas no superovuladas (excluidas las vacas lecheras lactantes).

Referencia	Animal	Días post AI	Embriones viables; % (n/n)
Ahmad et al. (1995)	Vacas de carne	6	73,7% (14/19)
Ahmad et al. (1995)	Vacas de carne con folículos persistentes	6	14,3% (2/14)
Diskin y Sreenann (1980)	Novillas de carne	4 u 8	95,3% (61/64)
Diskin y Sreenann (1980)	Novillas de carne	12	56,0% (9/16)
Diskin y Sreenann (1980)	Novillas de carne	16	65,7% (23/35)
Dunne et al. (2000)	Novillas de carne	14	86,5% (32/37)
Roche et al. (1981)	Novillas de carne	3 u 8	82,2% (88/107)
Sartori et al. (2002b)	Vacas lecheras no lactantes (invierno)	6	82,3% (28/34)
Sartori et al. (2002b)	Novillas lecheras (verano)	6	71,9% (23/32)
Media	Todos	3 a 16	78,2% (280/358)

Por otra parte, los estudios que evaluaron la mortalidad embrionaria tardía (entre los días 25-28 y 42) y la mortalidad fetal temprana (entre los días 42 y 60-70) en bovinos mediante ultrasonografía transrectal comunicaron resultados muy distintos, que en general variaban en función del grupo genético, la edad o el estado nutricional de la madre, así como del origen y la calidad de los embriones (Tabla 3). La mayoría de los estudios indicaron pérdidas antes del periodo fetal. Pocos estudios que evaluaron la mortalidad durante la fase fetal temprana en vacas de carne o novillas lecheras describieron bajas incidencias de la PL (≤ 10%), excepto cuando las novillas y vacas eran receptoras de embriones producidos *in vitro* (Reis et al., 2004). En contraste con la menor PL en vacas de carne y novillas lecheras, los estudios que evaluaron vacas Holstein en lactación mostraron una mayor incidencia de mortalidad embrionaria tardía/ mortalidad fetal temprana. En general, los valores registrados mostraron una PL de entre el 15 y el 30% durante este periodo (Tabla 3), incluso cuando los embriones congelados producidos a partir de novillas de alta fertilidad se transfirieron a vacas lactantes (Sartori et al., 2003a). En

contraposición a los demás, el estudio de Silke et al. (2002) informó de bajas tasas de mortalidad entre los días 28 y 42 de gestación en vacas lactantes (2 a 3%). Una peculiaridad de este estudio, sin embargo, fue que las vacas vivían en un sistema basado en pastos, a diferencia de los otros estudios descritos en la Tabla 3. Estos resultados sugieren que la producción de leche y los factores metabólicos, nutricionales y de gestión pueden influir directa o indirectamente en la supervivencia embrionaria/fetal y en el mantenimiento de la gestación en el ganado vacuno.

Tabla 3. La pérdida de preñez (PL) en hembras bovinas entre ~30 y ~60 días.

Referencia	Animal	Periodo de PL (días de embarazo)	PL, % (n/n)
Beal et al. (1992)	Vacas de carne	25 a 45	6,5 (9/138)
Beal et al. (1992)	Vacas de carne	45 a 65	1,6 (2/129)
Chebel et al. (2003)	Vacas Holstein en lactación (AI)	28 a 42	19,5 (38/195)
Fricke et al. (2003)	Vacas Holstein en lactación (AI)	26-33 a 68	23,4 (67/286)
Lamb et al. (1997)	Novillas de carne	30-35 a 60-75	4,0 (17/420)
Panarace et al. (2007)	Novillas/vacas de carne (ET; Embriones producidos por NT)	30 a 60	40,5 (506/1248)
Reis et al. (2004)	Novillas/vacas de carne (ET; Embriones producidos *in vitro*)	30 a 60	15,5 (37/238)
Rivera et al. (Pers. com.)	Novillas lecheras (AI)	30 a 65-75	9,3 (19/205)
Rodrigues (1995)	Novillas de carne (ET; Embriones producidos *in vivo*)	28-32 a 55-65	5,5 (32/582)
Sartori et al. (2003a)	Vacas Holstein en lactación (AI)	25-32 a 60-66	18,6 (13/70)
Sartori et al. (2003a)	Vacas Holstein lactantes (ET; Embriones producidos *in vivo*)	25-32 a 60-66	26,2 (22/84)
Silke et al. (2002)	Novillas Holstein (AI)	28 a 42	1,5 (2/131)
Silke et al. (2002)	Novillas Holstein (AI)	42 a 56	2,3 (3/129)
Silke et al. (2002)	Vacas lecheras en pastoreo (AI)	28 a 42	3,2 (23/705)
Silke et al. (2002)	Vacas lecheras en pastoreo (AI)	42 a 56	2,0 (14/682)

Stevenson et al. (2003)	Vacas de carne en lactación (AI)	29-33 a 54-61	10,8 (24/223)
Vasconcelos et al. (1997)	Vacas Holstein en lactación (AI)	28 a 42	10,9 (56/512)
Vasconcelos et al. (1997)	Vacas Holstein en lactación (AI)	42 a 56	6,4 (29/456)
Zanenga and Pedroso (1995)	Novillas/vacas de carne (ET; Embriones producidos *in vivo*)	23-30 a 53-60	4,4 (10/229)

Factores asociados a la pérdida de la preñez en el ganado vacuno

Entre los diversos factores asociados a la PL en el ganado vacuno figuran el efecto del genoma paterno, el origen y la calidad de los embriones, el entorno endocrino y la respuesta de la hembra a los protocolos previos a la AI o a la transferencia de embriones (por sus siglas en inglés **ET**), así como el estado metabólico y nutricional, el grupo genético de la madre, la salud y la incidencia de enfermedades, y las condiciones ambientales, como el estrés térmico.

El genoma paterno está fuertemente implicado en el desarrollo del trofoblasto y, en consecuencia, en el desarrollo placentario. Según Wiltbank et al. (2016), el periodo comprendido entre el día 28 y el 60 de gestación, que incluye la fijación del conceptus y el desarrollo de los placentomas, es uno de los periodos críticos para la PL. Por lo tanto, durante este periodo, los fallos en el desarrollo y la vascularización de la placenta pueden dar lugar a un mayor riesgo de fracaso del embarazo. Como señalaron Pohler et al. (2016), las concentraciones circulantes de PAG están directamente relacionadas con la capacidad de mantener la preñez en el ganado vacuno. Teniendo en cuenta la importante contribución paterna a la formación de la placenta, Franco et al. (2018) evaluaron la concentración de PAG en vacas Nelore 30 días después de la inseminación artificial programada (por sus siglas en inglés **TAI**) con sementales Nelore o Angus con un historial conocido de probabilidad de PL (alta vs. baja), con el objetivo de identificar el efecto paterno sobre la PL. Las vacas inseminadas por sementales Nelore tuvieron una tasa de preñez por AI mayor (P/AI; 65,5% [154/235] vs. 50,9% [505/993]) y concentraciones circulantes de PAG más bajas (9,73 vs. 12,0 ng/mL) a los 30 días, lo que coincidió con una PL mayor entre los días 30 y 100 (10,4% [16/154] vs. 4,9% [25/505]), en comparación con las vacas inseminadas por sementales Angus. Además, las vacas inseminadas por sementales Angus de PL alto tenían 1,9 veces más probabilidades de sufrir una PL que las inseminadas por sementales de PL bajo.

Otro estudio evaluó a vacas Angus sometidas a TAI con semen de toros de la misma raza, clasificadas según su historial previo en cuanto a la probabilidad (baja frente a alta) de mortalidad embrionaria temprana (por sus siglas en inglés **EEM**) y mortalidad embrionaria tardía (por sus siglas en inglés **LEM**). Las vacas inseminadas por sementales con una alta EEM tenían 3,7 veces más posibilidades de sufrir una PL entre los días 24 y 31 en comparación con las vacas inseminadas por sementales con una baja EEM. Lo mismo se observó para los sementales con probabilidades altas o bajas de LEM (Franco et al., 2020). Estos resultados demuestran la importante contribución paterna y el efecto del semental en el mantenimiento de la gestación tras la TAI, lo que refuerza la necesidad de seleccionar los machos reproductores no sólo en función de la fertilidad inicial, sino también de su capacidad para contribuir a mantener la gestación.

Como ya se ha mencionado, la mortalidad embrionaria puede deberse a defectos intrínsecos del embrión, a la asincronía entre el embrión y el útero o a fallos en la señalización embrionaria durante el

periodo de reconocimiento materno de la preñez (Hansen, 2002). Con la irrupción de las nuevas biotecnologías, estos defectos y fallos potenciales se han hecho más evidentes y recurrentes. Los embriones producidos *in vitro* (por sus siglas en inglés **IVP**), ya procedan de ovocitos madurados y fecundados *in vitro* y/o mediante transferencia nuclear (por sus siglas en inglés **NT**), experimentan un desarrollo inicial en un entorno artificial, fuera del organismo materno. Por lo tanto, además de los factores mencionados anteriormente, la supervivencia de estos embriones también puede verse afectada por las condiciones ambientales durante el cultivo. El cigoto recién formado depende de los transcritos y proteínas almacenados en el ovocito hasta el estadio de 8 a 16 células, cuando se produce la transición materno-cigótica y se activa el genoma del embrión. Muchos embriones IVP no alcanzan el estadio de blastocisto y ven interrumpido su desarrollo en este periodo, lo que sugiere que el fracaso en la activación del genoma del embrión puede deberse a la incompetencia de los ovocitos utilizados. Sin embargo, otros factores, como la composición del medio de cultivo y la atmósfera gaseosa, también pueden afectar a la capacidad del embrión para desarrollarse *in vitro*. Con sistemas de cultivo establecidos, el promedio de producción de blastocistos reportado fue entre el 30 y el 50% (Hasler et al., 2000; Farin et al., 2001; Pereira et al., 2005; Corrêa et al., 2008). A pesar de los numerosos problemas derivados de la NT en el desarrollo embrionario posterior a la eclosión, las tasas de producción de blastocistos de embriones clonados son similares (Kato et al., 2000; Iguma et al., 2005; Moura et al., 2007) a las observadas en embriones IVP.

Varios informes en la literatura indican que el número de embarazos por transferencia embrionaria (por sus siglas en inglés **P/ET**) en hembras que recibieron embriones IVP fue inferior al obtenido con embriones producidos *in vivo* (Hasler et al., 2000; van Wagtendonk et al., 2000; Farin et al., 2001; Lane et al., 2003; Schmidt, 2007). Sin embargo, de forma similar a lo que ocurre con los embriones *in vivo*, la pérdida de embriones IVP es mayor durante los primeros 21 días de gestación, produciéndose la mayoría alrededor de los días 14 y 15, una semana después de la transferencia embrionaria (Farin et al., 1995; McMillan et al., 1997). Farin et al. (2001) informaron de que el 19% de los embriones IVP mostraban una degeneración al día 17 de gestación, lo que sugiere que estos embriones pueden presentar deficiencias en el inicio de los mecanismos esenciales para el reconocimiento materno de la preñez. Por otro lado, la PL en fases posteriores de la gestación (días 42 a 280), aunque menor que en el periodo inicial, sigue siendo mayor que la observada en embriones *in vivo*, oscilando entre el 7 y el 13% (Hasler et al., 2000; Van Wagtendonk et al., 2000). Además, cuando se transfirieron embriones clonados, las pérdidas notificadas fueron significativamente mayores, detectándose alrededor de un 60% o más de PL en el primer trimestre (Heyman et al., 2002), seguido de una PL menor pero constante hasta el octavo mes de gestación (Schmidt, 2007). Estos resultados fueron corroborados por otro estudio que describía 5 años de producción comercial de clones en tres países, evaluando un total de 3.374 embriones transferidos. En este estudio, la media de P/ET a los 30 días fue del 37%, a los 60 días del 22%, a los 90 días del 17%, y sólo el 11% llegó a término (Panarace et al., 2007). La hipótesis más aceptada para explicar estos resultados es un posible desarrollo anormal del trofoblasto en el embrión clonado, lo que provocaría fallos de placentación, una causa importante de PL temprana en el primer trimestre (Hill et al., 2000; De Sousa et al., 2001; Arnold et al., 2006; Yang et al., 2007). Además, las alteraciones en la reprogramación del núcleo donante pueden afectar al desarrollo de la placenta y el feto, causando problemas como la hidropesía y el síndrome del ternero grande. Aunque la causa de esta elevada tasa de fracaso debida a defectos intrínsecos en los embriones aún no se conoce del todo, el alcance y la regulación de la expresión génica alterada durante el desarrollo preimplantacional parecen ser fundamentales para el posterior desarrollo del conceptus (Rodríguez-Zas, 2008). Esto se ha demostrado en varios estudios que utilizan técnicas de microarrays para evaluar

simultáneamente la expresión de varios genes en embriones IVP y clonados (Corcoran et al., 2005; El-Sayed et al., 2006; Cui et al., 2007).

El efecto de las condiciones de cultivo sobre los patrones de expresión génica ha sido ampliamente reconocido y puede ser responsable de cambios epigenéticos perjudiciales para el desarrollo embrionario y fetal (Kang et al., 2001). Existen pruebas considerables de que el entorno de cultivo *in vitro* al que se exponen los embriones puede afectar a la expresión génica, lo que justifica las diferencias encontradas entre los embriones producidos *in vitro* e *in vivo* (Wrenzycki et al., 2005; Lonergan et al., 2006). Esto puede estar relacionado no sólo con la composición del medio, sino también con las condiciones de cultivo, como la tensión de oxígeno. Los defectos en los embriones clonados se manifiestan de forma más grave que en los embriones IVP, porque además de los efectos del cultivo in vitro, puede haber fallos en la reprogramación del núcleo donante que afecten al desarrollo y a la diferenciación, lo que provoca anomalías en la placenta, que es la principal responsable de la pérdida embrionaria en el caso de embriones clonados. Además de los cambios en la expresión génica, es importante mencionar que las anomalías cromosómicas también pueden dar lugar a la PL. Es frecuente encontrar células con anomalías cromosómicas en los embriones producidos *in vitro* (IVP) y clonados (Schmidt, 2007). La anomalía más frecuente es la mixoploidía, resultante de divisiones celulares anómalas que provocan poliploidía en una proporción variable de las células del embrión (Viuff et al., 1999).

El entorno endocrino durante el desarrollo folicular y después de la ovulación también es crucial para el establecimiento y el mantenimiento del embarazo. Los folículos que se desarrollan con bajas concentraciones circulantes de P4 están expuestos a una alta pulsatilidad de LH, que puede inducir la maduración temprana de los ovocitos, impactando negativamente en la calidad ovocitaria y posteriormente en la calidad embrionaria (Revah; Butler, 1996; Wiltbank et al., 2011). En un estudio con vacas Holstein lactantes, Rivera et al. (2011) reportaron un efecto negativo en la calidad embrionaria de vacas cuyo desarrollo de la onda folicular ovulatoria se produjo con bajas concentraciones circulantes de P4. Sin embargo, en este estudio no se observaron diferencias en cuanto a la P/ET. Ahmad et al. (1995) informaron de una tasa de fecundación similar tras la ovulación de folículos de una edad adecuada o de folículos persistentes (97%). Sin embargo, se desarrolló un menor número de embriones hasta la fase de 16 células en las vacas que ovularon folículos persistentes (14 frente a 86%). De forma similar, Cerri et al. (2009) observaron un mayor porcentaje de embriones degradados tras la ovulación de folículos persistentes, aunque la tasa de fecundación fue similar a la de las vacas con folículos en crecimiento.

Cerca del momento de la ovulación, el entorno endocrino también desempeña un papel crucial en el establecimiento y mantenimiento del embarazo. Se sabe que, en este punto, la presencia de un folículo preovulatorio de tamaño adecuado, que contenga un ovocito sano y una producción elevada de estradiol (E2), se asocia directamente con mayores probabilidades de éxito del embarazo (Wiltbank et al., 2011; Sá Filho et al., 2011; Sartori et al., 2023). En este sentido, un estudio reciente publicado por nuestro laboratorio (Consentini et al., 2023a) evaluó los datos de 2.039 vacas Nelore (*Bos indicus*) sometidas a TAI y registró una menor PL desde el primer diagnóstico (30 días post-TAI) hasta el parto en las vacas que expresaron el celo antes de la TAI en comparación con las que no lo expresaron antes de la TAI (9,7% [156/1617] vs. 13,5% [57/422]). En el mismo estudio, se observó una relación negativa entre el diámetro del folículo dominante en el momento de la AI y la probabilidad de preñez, según la cual los diámetros más pequeños se asociaron con una mayor probabilidad de PL (Consentini et al., 2023a). También se registraron resultados similares en vacas lecheras. Santos et al. (2024) describieron una

menor fertilidad y una mayor PL en situaciones en las que el periodo proestro era más corto o cuando se inducía la ovulación de folículos más pequeños (< 11 mm), en comparación con vacas que ovulaban espontáneamente. En este sentido, el estudio de Pereira et al. (2016) evaluó 5.430 vacas Holstein de alta producción sometidas a la AI y se observó una mayor P/AI a los 30 días (38,9% [1785/4584] vs. 25,5% [222/846]) y una menor PL entre los días 30 y 60 (14,4% [255/1785] vs. 20,1% [43/222]) en las vacas que expresaron el celo en comparación con las que no lo hicieron. Las concentraciones circulantes de E2 durante el proestro, responsables del comportamiento estral, actúan sobre el transporte de gametos y la preparación del entorno uterino para el embrión (Binelli et al., 2018; Perry et al., 2023). Así, las vacas que no expresan el celo pueden no estar adecuadamente preparadas para concebir y mantener la gestación. Curiosamente, los estudios han demostrado que la expresión del estro afectó positivamente a la fertilidad y redujo la PL no sólo en vacas sometidas a la TAI sino también en receptoras de embriones, tanto en vacuno de carne (Cedeño et al., 2020) como en vacuno de leche (Pereira et al., 2016). Estos resultados subrayan la importancia del entorno endocrino durante la sincronización, la ovulación y el establecimiento temprano de la gestación, no sólo con relación a la calidad de los ovocitos y el transporte de gametos, sino también a la preparación del entorno uterino para el proceso gestacional.

Tras la ovulación, las condiciones del entorno endocrino también son fundamentales para el correcto desarrollo del embrión y el éxito del embarazo. Además de intervenir en los procesos relacionados con el transporte de gametos hasta la fecundación, las hormonas esteroideas (E2 y P4) también desempeñan un papel importante en la regulación de los mecanismos relacionados con el desarrollo embrionario temprano y su transporte desde el oviducto hasta el entorno uterino. Los estudios sugieren que las proteínas secretoras dependientes de E2 parecen ser una parte esencial de un entorno tubárico apropiado para la capacitación espermática, la fertilización y el desarrollo embrionario temprano (King et al., 1994; DeSouza y Murray, 1995; Binelli et al., 1999). Las concentraciones reducidas de P4 tras la AI también se asocian a una menor fertilidad (Lukaszewska y Hansen, 1980; Mann et al., 1995; Ahmad et al., 1996; Larson et al., 1997), que se podría asociar a un retraso en el desarrollo embrionario (Mann et al., 1998; Mann y Lamming, 2001), y/o a fallos en el mantenimiento del CL gestacional (Mann y Lamming, 1995; Mann et al., 1995).

En base a los aspectos discutidos, la PL se ve afectada por el uso de programas de TAI o de transferencia de embriones programada (por sus siglas en inglés **TET**) que optimizan las tasas de sincronización y el entorno endocrino durante el desarrollo folicular. Un ejemplo de esto es el uso de programas de fertilidad para vacas lecheras. Estos programas incluyen una fase de presincronización destinada a inducir una ovulación previa, de modo que las vacas comiencen el protocolo TAI en el momento óptimo del ciclo estral (días 6-7 del ciclo). Esta estrategia aumenta el porcentaje de vacas con CL y una P4 alta durante el protocolo, la tasa de ovulación en respuesta a la GnRH administrada el Día 0, aumentando así la tasa de sincronización y optimizando el ambiente endocrino durante el protocolo de sincronización (Consentini et al., 2021). Los programas de fertilidad aumentan la P/AI y pueden reducir la PL, por ejemplo, reduciendo las ovulaciones múltiples y aumentando el porcentaje de vacas que ovulan folículos de tamaño adecuado y de buena calidad ovocitaria. Asimismo, para influir en la P/AI y la PL mediante programas de sincronización, los resultados mencionados anteriormente indicaron la necesidad de un tamaño adecuado del folículo ovulatorio y de concentraciones elevadas de E2 y bajas de P4 cerca del momento de la TAI. Respaldando los datos sobre el efecto positivo de la expresión del celo en la reducción de la PL, Consentini et al. (2021) informaron de una menor PL en vacas lecheras sometidas a protocolos de TAI en los que la estrategia final de inducción de la ovulación incluía cipionato de E2 en comparación con el tratamiento con GnRH únicamente (11,2% [21/188] vs. 19,8% [17/86]). El último punto en el protocolo de sincronización es asegurar la regresión lútea completa y la ausencia de

P4 residual cerca del momento de la TAI. Las vacas con P4 residual cerca del momento de la TAI tienen tasas de ovulación más bajas (Monteiro et al., 2015), así como tasas de fertilización más bajas y un desarrollo embrionario más pobre (Denis-Robichaud et al., 2022). Por lo tanto, se debe implantar el uso de dosis adecuadas de PGF o dos inyecciones (intervalo de 24 horas) en los programas de la TAI para aumentar la fertilidad (Borchardt et al., 2021).

Otros factores que influyen considerablemente en la PL son los intrínsecos al estado de la madre, como el estado metabólico, las condiciones nutricionales y la categoría de la hembra. En hembras de carne (Nelore), el estudio de Consentini et al. (2023) informó de una mayor PL en vacas primíparas en comparación con las multíparas (14,0% [77/550] frente a 8,9% [139/1557]), independientemente de la condición corporal. En otro estudio que evaluó la PL en 4.926 hembras Nelore según la categoría (Prado et al., 2024), se informó de una mayor incidencia de la PL entre el diagnóstico a los 30 días y el parto en novillas jóvenes (~12 meses) y novillas de 24 meses, en comparación con vacas primíparas y multíparas (28,4% [177/642] vs. 27,1% [167/645] vs. 16,4% [71/391] vs. 13,0% [64/486], respectivamente). En particular, en las hembras Nelore (*Bos indicus*), una mayor incidencia de la PL parece estar relacionada principalmente con la edad, el peso (directamente asociado a la madurez sexual en las novillas), así como con el estado nutricional de estas hembras. Las categorías más jóvenes y ligeras, o aquellas con mayores carencias nutricionales, muestran mayores probabilidades de sufrir una PL. En cuanto al efecto específico del grupo genético en las hembras de vacuno de carne, el metaanálisis realizado por Reese et al. (2020) mostraron que las hembras de *Bos indicus* presentaban una mayor pérdida embrionaria temprana en comparación con las de *Bos taurus*, pero no se encontraron diferencias en cuanto a la incidencia de pérdida embrionaria tardía/fetal.

En las hembras lecheras, los estudios señalan que el reto relacionado con la PL es aún más crítico. La Tabla 4 presenta los resultados de una recopilación de estudios que evaluaron el desarrollo embrionario temprano en vacas lecheras lactantes, demostrando tasas de supervivencia embrionaria reducidas entre los días 3 y 14, que contrastan con el número de embriones viables observado en hembras de carne y vacas lecheras no lactantes (Tabla 2). La recopilación de estudios que evaluaron la viabilidad embrionaria en vacas lactantes no superovuladas muestra que, por término medio, sólo el 51% de los embriones recogidos entre los días 3 y 14 se consideraron viables. Por lo tanto, en las vacas lecheras de alta producción, alrededor de la mitad de los embriones pueden ver comprometida su viabilidad antes del día 13 de gestación. Además, la mayoría de estos embriones parecen estar comprometidos incluso antes del día 7.

Tabla 4. Porcentaje de embriones viables recogidos de vacas lecheras no superovuladas.

Referencia	Animal	Días post AI	Embriones viables, % (n/n)
Cerri et al. (2004)	Vacas lecheras lactantes	5	62,3 (43/69)
Ryan et al. (1993)	Vacas lecheras lactantes (invierno)	6 o 7	51,6 (16/31)
Ryan et al. (1993)	Vacas lecheras lactantes (verano)	6 o 7	58,5 (24/41)

Ryan et al. (1993)	Vacas lecheras lactantes (invierno)	13 o 14	59,5 (25/42)
Ryan et al. (1993)	Vacas lecheras lactantes (verano)	13 o 14	27,1 (13/48)
Sartori et al. (2002b)	Vacas lecheras lactantes (invierno)	6	52,8 (19/36)
Sartori et al. (2002b)	Vacas lecheras lactantes (verano)	6	33,3 (7/21)
Wiebold (1988)	Vacas lecheras lactantes	7	48,0 (12/25)
Media	Todos	3 a 14	50,8 (159/313)

La mayor incidencia de mortalidad embrionaria/fetal y, en consecuencia, la menor eficiencia reproductiva en vacas lecheras de alta producción, en comparación con otras hembras bovinas, ha dado lugar a diversos estudios dirigidos a comprender mejor los posibles factores asociados a la PL en estas hembras. Un estudio reciente realizado por nuestro laboratorio evaluó la PL entre el primer diagnóstico de preñez y el parto en 24.022 novillas y 51.156 vacas lecheras de diferentes orígenes genéticos (*Bos taurus* - Holstein puro o cruces con *Bos indicus*) sometidas a la AI o ET (Vandresen et al., 2024). En general, la PL fue menor en las vacas que en las novillas, y mayor en las hembras sometidas a ET en comparación con las sometidas a AI (Novillas: IA = 18,7% [3493/18681] vs. TE = 35,7% [1907/5341]; Vacas: IA = 34,2% [14377/42036] vs. TE = 47,7% [4350/9120]). Curiosamente, cuando se analizaron los datos en función del grado de mestizaje de estas hembras, tanto entre las novillas como entre las vacas, las hembras con mayor composición de *Bos indicus* (≤ ½ Holstein) presentaron una menor incidencia de PL, en comparación con las de menor composición de *Bos indicus* (> ½ Holstein), observándose la mayor incidencia de PL en las hembras de raza pura (*Bos taurus*). Estos resultados también sugieren que el grupo genético materno influye en la capacidad de mantener el embarazo. Sin embargo, la mayor fertilidad observada en las novillas lecheras sugiere que cualquier componente genético relacionado con la menor fertilidad de las vacas lactantes probablemente interactúa con otros factores, como la lactancia, la nutrición, la paridad y las condiciones ambientales.

Diversos estudios han evaluado las posibles causas nutricionales de la baja fertilidad en hembras lecheras, incluyendo: el balance energético negativo evidenciado por la pérdida de la puntuación de condición corporal (Nebel y McGilliard, 1993; Ruegg y Milton, 1995; Domecq et al., 1997; Loeffler et al., 1999a,b; Moreira et al., 2000; Butler, 2001; López-Gatius et al., 2002), los efectos nocivos de los altos niveles de energía en la dieta (Dunne et al., 1999; Consentini et al., 2023b), los efectos tóxicos de la urea y el nitrógeno (Ferguson y Chalupa, 1989; Butler, 1998; Sinclair et al., 2000; Dawuda et al., 2002), y las deficiencias de vitaminas y/o minerales (Ingraham et al., 1987; Arechiga et al., 1994; 1998). Algunos péptidos, como la leptina y los factores de crecimiento (IGF1 e IGF2), cuyas concentraciones en circulación varían en función del estado metabólico del animal, especialmente durante el periodo posparto en las vacas lecheras, parecen estar implicados en la mediación de los efectos de la nutrición sobre la función reproductora (O'Callaghan y Boland, 1999; Boland et al., 2001; Lucy, 2001).

Otros factores que influyen significativamente en la aparición de la PL, especialmente en las hembras lecheras, son las condiciones ambientales. La exposición de las hembras bovinas a altas

temperaturas puede provocar pérdidas de fertilidad, sobre todo en vacas lecheras de alta producción. Las vacas lactantes tienen una capacidad reducida para responder a los aumentos de la temperatura ambiental u otras formas de estrés (Lucy et al., 1986; Sartori et al., 2002b). El estrés térmico puede afectar a los embriones bovinos, reduciendo las tasas de desarrollo (posiblemente debido a una reducción de la expresión de genes importantes para el desarrollo) y aumentando la tasa de apoptosis. Las razas cebuinas, en general, son más tolerantes al estrés térmico que las razas taurinas, como puede observarse en los embriones IVP sometidos a estrés térmico tras la fecundación, que sufren menos daños cuando proceden de ovocitos de vacas *Bos indicus* que de vacas *Bos taurus* (Silva et al., 2013).

Las vacas Holstein inseminadas durante las estaciones cálidas del año (de mayo a septiembre en el hemisferio norte) presentaron una PL tres veces mayor que las inseminadas durante el período más frío (García-Inspierto et al., 2006). Según Chebel et al. (2004), las vacas expuestas a estrés térmico entre 50 y 20 días antes de la AI presentaban una fertilidad más baja, lo que puede explicarse por el daño ovocitario causado por las altas temperaturas durante la foliculogénesis. Las vacas con embriones recogidos en los días 13 o 14 durante el invierno mostraron porcentajes similares de embriones viables en comparación con los recogidos en los días 6 o 7 (60%). Sin embargo, las vacas con embriones recogidos en los días 13 o 14 durante el verano presentaban un porcentaje aún más bajo de embriones viables (27%). Según el estudio de Sartori et al. (2002b), entre los embriones recogidos el día 6 tras la AI de vacas Holstein no superovuladas de alta producción, el 67% no eran viables durante el verano y el 52% no lo eran durante el invierno (Tabla 4). El mismo estudio reportó menores tasas de fertilización (55,3% [21/38] vs. 100% [32/32]) y un menor porcentaje de embriones viables (33,3% [7/21] vs. 71,9% [23/32]) obtenidos de vacas Holstein lactantes en comparación con novillas durante el verano. Por lo tanto, los embriones procedentes de ovocitos sometidos a estrés térmico pueden ser menos capaces de sobrevivir, y este efecto parece ser más pronunciado en las vacas lactantes que en las novillas.

La forma más eficaz de reducir los efectos negativos del estrés térmico es mejorar las estrategias de alojamiento y refrigeración de las vacas, especialmente en las zonas con mayores índices de calor y humedad. Algunas de las estrategias más comunes para refrescar a las vacas son los ventiladores, la sombra, la ventilación natural y los sistemas de refrigeración basados en el agua, como los sistemas de nebulización y aspersión. La duración del enfriamiento de las vacas y el lugar en el que se realiza pueden variar, ya que algunas explotaciones enfrían a las vacas en el corral de espera, en la línea de alimentación o en ambos lugares. Utilizando datos de rebaños de Israel (Flamenbaum y Galon, 2010), las vacas que no se enfriaron en comparación con las que sí se enfriaron durante 7,5 horas/día (corral de espera + línea de alimentación) o 4,5 horas/día (sólo corral de espera) mostraron mayores reducciones en la producción de leche durante el verano (3. 6, 1,6 y 0,6 kg/día, respectivamente), menor ratio de producción verano/invierno (90,7%, 96,1% y 98,5%, respectivamente) y menor P/AI durante la primera inseminación de verano (15%, 34% y 34%, respectivamente). También se ha estudiado la manipulación de la dieta para reducir el estrés calórico, como la inclusión de grasa en la dieta para satisfacer las demandas energéticas, la reducción de la cantidad de carbohidratos no fibrosos altamente fermentables en el rumen y de la producción de calor. Esta estrategia beneficia potencialmente a la reproducción por dos razones. De hecho, un estudio reciente informó de que las dietas con niveles más bajos de carbohidratos no fibrosos y almidón y una mayor inclusión de grasa dieron lugar a una mayor fertilidad y rendimiento reproductivo, medido por el porcentaje de vacas preñadas a los 150 días en leche (Consentini et al., 2023b). Además, puede haber un efecto directo de la inclusión de grasa y su fuente en los parámetros de salud y reproducción (Santos et al., 2008; Silvestre et al., 2011; Sinedino et al., 2017).

Al margen de los retos medioambientales, el estado de salud de las hembras también influye directamente en la capacidad de establecer y mantener el embarazo. Especialmente en vacas lecheras, la incidencia de problemas de salud posparto está directamente relacionada con una menor probabilidad de concepción y una mayor incidencia de la PL (Santos et al., 2010; Ribeiro et al., 2017). Según Ribeiro et al. (2017), las vacas lecheras afectadas por enfermedades inflamatorias en el periodo posparto presentaban tasas de fecundación más bajas, menor supervivencia embrionaria hasta la fase de mórula, la alteración del desarrollo embrionario durante el periodo de elongación y una menor secreción de interferón-Tau, lo que se traducía en una mayor PL y, en consecuencia, menores tasas de parto. Según Ribeiro et al. (2017), las vacas que sufren enfermedades durante el posparto son dos veces más propensas a sufrir una PL después de 45 días, y sus probabilidades de quedar preñadas después de la primera inseminación y llegar al parto son un 42% menores en comparación con las vacas sanas. Las vacas que sufrieron una enfermedad posparto tuvieron una mayor PL cuando se sometieron a la AI (21,3%) y a la TE (22,4%), en comparación con las vacas sanas (12,4% y 11,1%, respectivamente; Ribeiro et al., 2016). Por otra parte, la PL se asoció no sólo a enfermedades inflamatorias uterinas, sino también a enfermedades no uterinas, como la mastitis, los problemas de pezuñas y las enfermedades respiratorias y digestivas. Ambos tipos de enfermedades tienen un efecto nocivo sobre la fertilidad y aumentan las posibilidades de la PL, además de tener un efecto aditivo negativo; es decir, las vacas afectadas por ambos tipos de enfermedades tienen aún más probabilidades de sufrir fallos reproductivos (Ribeiro, 2015).

Consideraciones finales

La pérdida de preñez representa un reto importante para los sistemas ganaderos de vacuno de leche y de carne. No sólo por su importante repercusión en la productividad y la rentabilidad del rebaño, sino también por el hecho de que se ve afectada por múltiples factores. Dado que la mayor incidencia de la PL en el ganado vacuno se produce durante las primeras fases de la gestación, incluso antes de que convencionalmente identifiquemos a las hembras que están preñadas, la caracterización de esta PL se convierte en un factor limitante de primer orden que hay que entender dentro de cada rebaño. Por otro lado, identificar y medir la PL tardía puede ayudar a las explotaciones a comprender la situación de su rebaño. Por lo tanto, es esencial que los sistemas de producción presten atención a la aparición de estos eventos y tengan la capacidad de identificarlos y medirlos como herramienta para optimizar la toma de decisiones. Además, una mejor comprensión de los factores asociados a la PL, así como de los mecanismos de acción que pueden conducir a su aparición, permite adoptar estrategias destinadas a minimizar su incidencia. Por ejemplo, es crucial que las explotaciones presten atención a factores como la elección de los sementales, las estrategias de sincronización farmacológica, así como las estrategias de laboratorio para la producción de embriones y las condiciones de las hembras en el momento de la reproducción (tanto factores intrínsecos como ambientales). Conocer y controlar los factores asociados a la PL es probablemente la forma más eficaz de mitigar las pérdidas que ocasiona en los sistemas de producción.

Reconocimientos: Los autores recibieron becas del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq, Brasilia, Brasil), de la Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Enseñanza Superior (CAPES, Brasilia, Brasil) o de la Fundación de Investigación de São Paulo (FAPESP,

São Paulo, Brasil). Algunos de los datos presentados en este texto proceden de estudios financiados por una subvención de la FAPESP (2018/03798-7).

Bibliografía

Ahmad, N., Beam, W., Butler, W.R., Deaver, D.R., Duby, R.T., Elder, D.R., Fortune, J.E., Griel, L.C., Jones, L.S., Milvae, R.A., Pate, J.L., Revah, I., Schreiber, D.T., Townson, D.H., Tsang, P.C.W., Inskeep, E.K., 1996. Relationship of fertility to patterns of ovarian follicular development and associated hormonal profiles in dairy cows and heifers. Cooperative Regional Research Project. Journal of Animal Science, 74: 1943-52. https://doi.org/10.2527/1996.7481943x

Ahmad, N., Schrick, F.N., Butcher, R.L., Inskeep, E.K., 1995. Effect of persistent follicles on early embryonic losses in beef cows. Biology of Reproduction, 52:1129-35. https://doi.org/ 10.1095/biolreprod52.5.1129

Arechiga, C.F., Ortiz, O., Hansen, P.J., 1994. Effect of prepartum injection of vitamin-E and selenium on postpartum reproductive function of dairy-cattle. Theriogenology, 41: 1251-58. https://doi.org/10.1016/0093-691X(94)90482-X

Arechiga, C.F., Vazquez-Flores, S., Ortiz, O., Hernandez-Ceron, J., Porras, A., McDowell, L.R., Hansen, P.J., 1998. Effect of injection of beta-carotene or vitamin E and selenium on fertility of lactating dairy cows. Theriogenology, 50: 65-76. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00114-9

Arnold, D.R., Bordignon, V., Lefebvre, R., Murphy, B.D., & Smith, L.C., 2006. Somatic cell nuclear transfer alters peri-implantation trophoblast differentiation in bovine embryos. Reproduction, 132: 279-90. https://doi.org/10.1530/rep.1.01217

Ayalon, N., 1978. Review of embryonic mortality in cattle. Reproduction, 54: 483-93. https://doi.org/10.1530/jrf.0.0540483

Beal, W.E., Perry, R.C., Corah, L.R., 1992. The use of ultrasound in monitoring reproductive physiology of beef-cattle. Journal of Animal Science; 70: 924-29. https://doi.org/10.2527/1992.703924x

Binelli, M., Hampton, J., Buhi, W.C., Thatcher, W.W., 1999. Persistent dominant follicle alters pattern of oviductal secretory proteins from cows at estrus. Biology of Reprodcution, 61: 127-34. https://doi.org/10.1095/biolreprod61.1.127

Binelli, M., Gonella-Diaza, A.M., Mesquita, F.S., Membrive, C.M.B. 2018. Sex steroid-mediated control of oviductal function in cattle. Biology, 7:15. https://doi.org/10.3390/biology7010015

Boland, M.P., Lonergan, P., O'Callaghan, D., 2001. Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. Theriogenology, 55: 1323-40. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00485-X

Borchardt, S., Tippenhauer, C. M., Fricke, P. M., Heuwieser, W., 2021. Economic impact of adding a second prostaglandin $F_{2\alpha}$ treatment during an Ovsynch protocol using a meta-analytical assessment and a stochastic simulation model. Journal of dairy science, 104(11), 12153–12163. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20295

Boyd, H., Bacsich, P., Young, A., McCracken, J.A., 1969. Fertilization and embryonic survival in dairy cattle. British Veterinary Journal, 125: 87-97. https://doi.org/10.1016/S0007-1935(17)49112-3

Butler, W.R., 2001. Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in postpartum dairy cows. BSAP Occasional Publication, 26: 133-145. https://doi.org/10.1017/S0263967X00033644

Butler, W.R., 1998. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 81: 2533-39. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)70146-8

Cedeño, A., Tríbulo, A., Tríbulo, R.J., Andrada, S., Mapletoft, R.J., Bó, G.A., 2020. Effect of estrus expression or treatment with GnRH on pregnancies per embryo transfer and pregnancy losses in beef recipients synchronized with estradiol/progesterone-based protocols. Theriogenology, 157: 378-87. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.08.023.

Cerri, R.L.A., Bruno, R., Chebel, R.C., Galvão, K.N., Rutgliano, H., Thatcher, W.W., Luchini, D., Santos, J.E.P., 2004. Effect of source of fatty acids on fertilization rate and embryo quality in early postpartum high producing dairy cows. Journal of Dairy Science, 87(Suppl 1): 297. (Abstract).

Cerri, R.L.A., Rutigliano, H.M., Bruno, R.G.S., Santos, J.E.P., 2009. Period of dominance of the ovulatory follicle influences embryo quality in lactating dairy cows. Reproduction, 137(5): 813-23. https://doi.org/10.1530/REP-08-0242

Chebel, R.C., Santos, J.E.P., Cerri, R.L.A., Galvão, K.N., Juchem, S.O., Thatcher, W.W., 2003. Effect of resynchronization with GnRH on day 21 after artificial insemination on pregnancy rate and pregnancy loss in lactating dairy cows. Theriogenology, 60: 1389-99. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00117-1

Chebel, R.C., Santos, J.E.P., Cerri, R.L.A., Galvão, K.N., Juchem, S.O., Thatcher, W.W., 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. Animal Reproduction Science, 84(3-4): 239-55. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.012

Consentini, C.E.C.; Melo, L.F.; Motta, J.C.L.; Alves, R.L.O.R.; Silva, L.O.; Madureira, G.; Wiltbank, M.C.; Sartori, R., 2019. Strategies for induction of ovulation for first fixed-time AI postpartum in lactating dairy cows submitted to a novel presynchronization protocol. Animal Reproduction, v.16, n.3, p. 557 (Abstract).

Consentini, C. E. C., Wiltbank, M. C., Sartori, R., 2021. Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. Animals, 11:1-30. https://doi.org/10.3390/ani11020301

Consentini, C.E.C., Alves, R.L.O.R., Silva, M.A., Galindez, J.P.A., Madureira, G., Lima, L.G., Gonçalves, J.R.S., Wiltbank, M.C., Sartori, R., 2023a. What are the factors associated with pregnancy loss after timed-artificial insemination in Bos indicus cattle? Theriogenology, 196: 264-69. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.10.037

Consentini, C. E. C., Souza, A. H., Sartori, R., Carvalho, P. D., Shaver, R., Wiltbank, M. C., 2023b. Relationships among total mixed ration nutritional components and reproductive performance in high-producing dairy herds. JDS communications, 4:138–143. https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0265

Corcoran, D., Fair, T., Lonergan, P., 2005. Predicting embryo quality: mRNA expression and the preimplantation embryo. Reproductive biomedicine online, 11: 340-348. https://doi.org/10.1016/S1472-6483(10)60842-5

Corrêa, G.A., Rumpf, R., Mundim, T.C., Franco, M.M., Dode, M.A., 2008. Oxygen tension during in vitro culture of bovine embryos: Effect in production and expression of genes related to oxidative stress. Animal Reproduction Science, 104: 132-42. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.02.002

Cui, X.S., Li, X.Y., Shen, X.H., Bae, Y.J., Kang, J.J., Kim, N.H., 2007. Transcription profile in mouse four-cell, morula, and blastocyst: Genes implicated in compaction and blastocoel formation. Molecular Reproduction and Development, 74: 133-43. https://doi.org/10.1002/mrd.20483

Dawuda, P.M., Scaramuzzi, R.J., Leese, H.J., Hall, C.J., Peters, A.R., Drew, S.B., Wathes, D.C., 2002. Effect of timing of urea feeding on the yield and quality of embryos in lactating dairy cows. Theriogenology, 58: 1443-55. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)00973-1

De Vries, A., 2006. Economic value of pregnancy in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 89(10): 3876-88. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72430-4

DeSouza, M.M., Murray, M.K., 1995. An estrogen-dependent secretory protein, which shares identity with chitinases, is expressed in a temporally and regionally specific manner in the sheep oviduct at the time of fertilization and embryo development. Endocrinology, 136: 2485-96. https://doi.org/10.1210/en.136.6.2485

Denis-Robichaud, J., Fernandes, A. C. C., Santos, J. E. P., Cerri, R. L. A., 2022. Circulating progesterone at insemination and accessory spermatozoa are associated with fertilization and embryo quality five or six days post insemination in dairy cattle. Theriogenology, 189, 64–69. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.04.018

Diskin, M.G., Sreenan, J.M., 1980. Fertilization and embryonic mortality rates in beef heifers after artificial insemination. Journal of Reproduction and Fertility, 59: 463-68. https://doi.org/10.1530/jrf.0.0590463

Diskin, M.G., Sreenan, J.M., 2016. Pregnancy losses in cattle: potential for improvement. Reproduction, Fertility and Development, 28(1-2): 83-93. https://doi.org/10.1071/RD15366

Diskin, M.G., Parr, M.H., Morris, D.G., 2012. Embryo death in cattle: an update. Reproduction, Fertility and Development, 24(1): 244-51. https://doi.org/10.1071/RD11914

Domecq, J.J., Skidmore, A.L., Lloyd, J.W., Kaneene, J.B., 1997. Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. Journal of Dairy Science, 80: 113-20. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75918-6

Dunne, L.D., Diskin, M.G., Boland, M.P., O'Farrell, K.J., Sreenan, J.M., 1999. The effect of pre- and post-insemination plane of nutrition on embryo survival in beef heifers. Animal Science, 69: 411-17. https://doi.org/10.1017/S1357729800050980

Dunne, L.D., Diskin, M.G., Sreenan, J.M., 2000. Embryo and foetal loss in beef heifers between day 14 of gestation and full term. Animal Reproduction Science, 58: 39-44. https://doi.org/10.1016/s0378-

4320(99)00088-3

Ealy, A.D., Seekford, Z.K., 2019. Symposium review: Predicting pregnancy loss in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 102(12): 11798-804. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17176

El-Sayed, A., Hoelker, M., Rings, F., Salilew, D., Jennen, D., Tholen, E., Sirard, M.A., Schellander, K., Tesfaye, D., 2006. Large-scale transcriptional analysis of bovine embryo biopsies in relation to pregnancy success after transfer to recipients. Physiological Genomics, 28: 84-96. https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00111.2006

Farin, P.W., Crosier, A.E., Farin, C.E., 2001. Influence of in vitro systems on embryo survival and fetal development in cattle. Theriogenology, 55: 151-70. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00452-0

Farin, P.W., Farin, C.E., 1995. Transfer of bovine embryos produced in vivo or in vitro: survival and fetal development. Biology of Reproduction, 52: 676-82. https://doi.org/10.1095/biolreprod52.3.676

Flamenbaum, I., Galon, N., 2010. Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. The Journal of reproduction and development, 56:36–41. https://doi.org/10.1262/jrd.1056s36

Folman, Y., Kaim, M., Herz, Z., Rosenberg, M., 1990. Comparison of methods for the synchronization of estrous cycles in dairy cows. 2. Effects of progesterone and parity on conception. Journal of Dairy Science, 73: 2817-25. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78969-2

Franco, G.A., Lima, L.G., Rêgo, J.P., Oliveira, L.C., 2018. Sire contribution to pregnancy loss and pregnancy-associated glycoprotein production in Nelore cows. Journal of Animal Science, 96(2): 632-40. https://doi.org/10.1093/jas/sky015

Franco, G.A., Lima, L.G., Rêgo, J.P., Oliveira, L.C., 2020. Sire contribution to pregnancy loss in different periods of embryonic and fetal development of beef cows. Theriogenology, 154: 84-91. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.021

Fricke, P.M., Caraviello, D.Z., Weigel, K.A., Welle, M.L., 2003. Fertility of dairy cows after resynchronization of ovulation at three intervals following first timed insemination. Journal of Dairy Science, 86: 3941-50. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74003-X

Gábor, G., Kastelic, J.P., Abonyi-Tóth, Z., Gábor, P., Endrődi, T., Balogh, O.G., 2016. Pregnancy loss in dairy cattle: Relationship of ultrasound, blood pregnancy-specific protein B, progesterone and production variables. Reproduction in Domestic Animals, 51: 467-73.

https://doi.org/10.1111/rda.12703

García-Ispierto, I., López-Gatius, F., Santolaria, P., Pabon, M., Yániz, J., 2006. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. Theriogenology, 65(4): 799-807. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.06.011

Geisert, R.D., Short, E.C., Morgan, G.L., 1994. Establishment of pregnancy in domestic species. In: Geisert, R.D., Zavy, M.T. (eds.), Embryonic mortality in domestic species. Florida: CRC Press; 1994: 23-53.

Grealy, M., Diskin, M.G., Sreenan, J.M., 1996. Protein content of cattle oocytes and embryos from the two-

cell to the elongated blastocyst stage at day 16. Journal of Reproduction and Fertility, 107: 229-33. https://doi.org/10.1530/jrf.0.1070229

Hansen, P.J., 2002. Embryonic mortality in cattle from the embryo's perspective. Journal of Animal Science, 80: 33-44. https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E33x

Hasler, J.F., 2000. In vitro culture of bovine embryos in Ménézo's B2 medium with or without coculture and serum: the normalcy of pregnancies and calves resulting from transferred embryos. Animal Reproduction Science, 60-61: 81-91. https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00086-5

Heyman, Y., Chavatte-Palmer, P., LeBourhis, D., Camous, S., Vignon, X., Renard, J.P., 2002. Frequency and occurrence of late-gestation losses from cattle cloned embryos. Biology of Reproduction, 66: 6-13. https://doi.org/10.1095/biolreprod66.1.6

Hill, J.R., Burghardt, R.C., Jones, K., Long, C.R., Looney, C.R., Shin, T., Spencer, T.E., Thompson, J.A., Winger, Q.A., Westhusin, M.E., 2000. Evidence for placental abnormalities as the major cause of mortality in first trimester somatic cell cloned bovine fetuses. Biology of Reproduction, 63: 1787-94. https://doi.org/10.1095/biolreprod63.6.1787

Iguma, L.T., Lisauskas, S.F., Melo, E.O., Franco, M.M., Pivato, I., Vianna, G.R., Sousa, R.V., Dode, M.A., Aragão, F.J., Rech, E.L., Rumpf, R., 2005. Development of bovine embryos reconstructed by nuclear transfer of transfected and non-transfected adult fibroblast cells. Genetics and Molecular Research, 4: 55-66. https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/185653/1/gmr0142.pdf

Ingraham, R.H., Kappel, L.C., Morgan, E.B., Srikandakumar, A., 1987. Correction of subnormal fertility with copper and magnesium supplementation. Journal of Dairy Science, 70: 167-80. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)79991-3

Inskeep, E.K., Dailey, R.A., 2005. Embryonic death in cattle. Veterinary Clinics: Food Animal Practice, 21:437-61. https://doi:10.1016/j.cvfa.2005.02.002

Kang, Y.K., Koo, D.B., Park, J.S., Choi, Y.H., Chung, A.S., Lee, K.K., Han, Y.M., 2001. Aberrant methylation of donors genome in cloned bovine embryos. Nature Genetics, 28: 173-77. https://doi:10.1038/88903

Kato, Y., Tani, T., Tsunoda, Y., 2000. Cloning of calves from various somatic cell types of male and female adult, newborn, and fetal cows. Journal of Reproduction and Fertility, 120: 231-37. https://doi.org/10.1530/reprod/120.2.231

King, R.S., Anderson, S.H., Killian, G.J., 1994. Effect of bovine oviductal estrus-associated protein on the ability of sperm to capacitate and fertilize oocytes. Journal of Andrology, 15: 468-78. https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.1994.tb00482.x

Lamb, G.C., Miller, B.L., Traffas, V., Corah, L.R., 1997. Estrus detection, first service conception, and embryonic death in beef heifers synchronized with MGA and prostaglandin. Kansas AES Report of Progress, 783: 97. https://doi.org/10.4148/2378-5977.1954

Lane, M., Gardner, D.K., Hasler, M.J., Hasler, J.F., 2003. Use of G1.2/G2.2 media for commercial bovine embryo culture: equivalent development and pregnancy rates compared to co-culture. Theriogenology,

60: 407-19. https://doi.org/10.1016/s0093-691x(03)00030-x

Larson, S.F., Butler, W.R., Currie, W.B., 1997. Reduced fertility associated with low progesterone postbreeding and increased milk urea nitrogen in lactating cows. Journal of Dairy Science, 80: 1288-95. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76058-2

Loeffler, S.H., de Vries, M.J., Schukken, Y.H., de Zeeuw, A.C., Dijkhuizen, A.A., de Graaf, F.M., Brand, A., 1999a. Use of AI technician scores for body condition, uterine tone and uterine discharge in a model with disease and milk production parameters to predict pregnancy risk at first AI in Holstein dairy cows. Theriogenology, 51: 1267-84. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00071-0

Loeffler, S.H., de Vries, M.J., Schukken, Y.H., 1999b. The effects of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. Journal of Dairy Science, 82: 2589-604. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75514-1

Lonergan, P., Fair, T., Corcoran, D., Evans, A.C., 2006. Effect of culture environment on gene expression and developmental characteristics in IVF-derived embryos. Theriogenology, 65: 137-52. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.09.028

López-Gatius, F., Santolaria, P., Yaniz, J., Rutllant, J., López-Bejar, M., 2002. Factors affecting pregnancy loss from gestation Day 38 to 90 in lactating dairy cows from a single herd. Theriogenology, 57: 1251-61. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00715-4

Lucy, M.C., Stevenson, J.S., Call, E.P., 1986. Controlling 1st service and calving interval by prostaglandin F2-alpha, gonadotropin-releasing-hormone, and timed insemination. Journal of Dairy Science, 69: 2186-94. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80652-X

Lucy, M.C., 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? Journal of Dairy Science, 84: 1277-93. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0

Lukaszewska, J., Hansel, W., 1980. Corpus luteum maintenance during early pregnancy in the cow. Journal of Reproduction and Fertility, 59: 485-93. https://doi.org/10.1530/jrf.0.0590485

Mann, G.E., Lamming, G.E., Fray, M.D., 1995. Plasma estradiol and progesterone during early pregnancy in the cow and the effects of treatment with buserelin. Animal Reproduction Science, 37: 121-31. https://doi.org/10.1016/0378-4320(94)01325-G

Mann, G.E., Lamming, G.E., Robinson, R.S., Wathes, D.C., 1999. The regulation of interferon-t production and uterine hormone receptors during early pregnancy. Journal of Reproduction and Fertility (Suppl.), 317-28. https://www.biosciproceedings.org/bp/0004/pdf/bp0004rdr24.pdf

Mann, G.E., Lamming, G.E., 2001. Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. Reproduction, 121: 175-80. https://doi.org/10.1530/rep.0.1210175

Maurer, R.R., Chenault, J.R., 1983. Fertilization failure and embryonic mortality in parous and nonparous beef cattle. Journal of Animal Science, 56: 1186-89. https://doi.org/10.2527/jas1983.5651186x

McMillan, W.H., Peterson, A.J., Hall, D.R.H., Donnison, M.J., 1997. Embryo and recipient contributions to

embryo loss to day 60 in heifers receiving either one or two in vitro-produced embryos. Theriogenology, 47: 370. journal ISSN :0093-691X

Mercadante, V.R.G., Dias, N.W., Timlin, C.L., Pancini, S., 2020. Economic consequences of pregnancy loss in beef cattle. Journal of Animal Science, 98 Suppl. S4: 124. (Abstract).

Monteiro, P. L. J., Borsato, M., Silva, F. L., Prata, A. B., Wiltbank, M. C., Sartori, R., 2015. Increasing estradiol benzoate, pretreatment with gonadotropin-releasing hormone, and impediments for successful estradiol-based fixed-time artificial insemination protocols in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 98:3826-3839. https://doi.org/10.3168/jds.2014-9040

Moreira, F., Risco, C., Pires, M.F.A., Ambrose, J.D., Drost, M., DeLorenzo, M., Thatcher, W.W., 2000. Effect of body condition on reproductive efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. Theriogenology, 53: 1305-19. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00274-0

Moura, M.T., de Sousa, R.V., de Oliveira Leme, L., Rumpf, R., 2007. Analysis of actinomycin D treated cattle oocytes and their use for somatic cell nuclear transfer. Animal Reproduction Science, 107: 80-80. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.10.013

Nebel, R.L., McGilliard, M.L., 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science, 76: 3257-68. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77662-6

O'Callaghan, D., Boland, M.P., 1999. Nutritional effects on ovulation, embryo development and the establishment of pregnancy in ruminants. Animal Science, 68: 299-314. https://doi.org/10.1017/S1357729800050311

Okuda, K., Miyamoto, Y., Skarzynski, D.J., 2002. Regulation of endometrial prostaglandin F(2alpha) synthesis during luteolysis and early pregnancy in cattle. Domestic Animal Endocrinology, 23: 255-64. https://doi.org/10.1016/S0739-7240(02)00161-3

Panarace, M., Agüero, J.I., Garrote, M., Jauregui, G., Segovia, A., Cané, L., Gutiérrez, J., Marfil, M., Rigali, F., Pugliese, M., Young, S., Lagioia, J., Garnil, C., Forte Pontes, J.E., Ereno Junio, J.C., Mower, S., Medina, M., 2007. How healthy are clones and their progeny: 5 years of field experience. Theriogenology, 67: 142-51. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.09.036

Pereira, D.C., Dode, M.A., Rumpf, R., 2005. Evaluation of different culture systems on the in vitro production of bovine embryos. Theriogenology, 63: 1131-41. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.06.008

Pereira, M.H.C., Wiltbank, M.C., Vasconcelos, J.L.M., 2016. Expression of estrus improves fertility and decreases pregnancy losses in lactating dairy cows that receive artificial insemination or embryo transfer. Journal of Dairy Science, 99: 2237-2247. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9903

Perry, G.A., Ketchum, J.N., Quail, L.K., 2023. Importance of preovulatory estradiol on uterine receptivity and luteal function. Animal Reproduction, 20. https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0061

Pohler, K.G., Pereira, M.H.C., Lopes, F.R., Lawrence, J.C., Keisler, D.H., Smith, M.F., Vasconcelos, J.L.M., Green, J. A., 2016. Circulating concentrations of bovine pregnancy-associated glycoproteins and late

embryonic mortality in lactating dairy herds. Journal of Dairy Science, 99(2): 1584-94. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10192

Prado, C.P., Cooke, R.F., Munhoz, A.K., Munhoz, S.K., de Sousa, M.C.G., da Silva, V.M.P., Pohler, K.G., Vasconcelos, J.L.M., 2024. Characterizing pregnancy losses in Bos indicus beef females receiving a fixed-timed artificial insemination protocol. Theriogenology, 215: 144-150. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.11.013

Pursley, J. R., Santos, A., Minela, T., 2023. Review: Initial increase in pregnancy-specific protein B in maternal circulation after artificial insemination is a key indicator of embryonic survival in dairy cows. Animal : The international journal of animal biosciences, 17:100746. https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100746

Reese, S.T., Franco, G.A., Poole, R.K., Hood, R., Fernandez Montero, L., Oliveira Filho, R.V., Cooke, R.F., Pohler, K.G., 2020. Pregnancy loss in beef cattle: A meta-analysis. Animal Reproduction Science, 212: 106251. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106251

Reis, E.L., Nasser, L.F., Nichi, M., Baruselli, P.S., 2004. Embryonic mortality in recipients (Bos indicus x Bos taurus) superovulated with eCG. Acta Scientiae Veterinariae, 32: 198. (Abstract). https://www.ufrgs.br/actavet/32-suple/ANAIS%20SBTE-2004%20-%20Palestra-Resumos.pdf

Revah, I., Butler, W.R., 1996. Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. Journal of Reproduction and Fertility, 106: 39-47. https://doi.org/10.1530/jrf.0.1060039

Ribeiro, E.S., Gomes, G.C., Greco, L.F., Cerri, R.L.A., Vieira-Neto, A., Monteiro, P.L.J. Jr, Lima, F.S., Bisinotto, R.S., Thatcher, W.W., Santos, J.E.P., 2016. Carryover effect of postpartum inflammatory diseases on developmental biology and fertility in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 99: 2201-20. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10337

Ribeiro, E.S., 2015. Molecular features of reproductive biology associated with fertility in lactating dairy cows. PhD Dissertation, University of Florida, Gainesville, FL.

Ribeiro, E.S., Carvalho, M.R., 2017. Impact and mechanisms of inflammatory diseases on embryonic development and fertility in cattle. Animal Reproduction, 14: 589-600. http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR1002

Rivera, F.A., Mendonça, L.G.D., Lopes, G., Santos, J.E.P., Perez, R.V., Amstalden, M., Correa-Calderón, A., Chebel, R.C., 2011. Reduced progesterone concentration during growth of the first follicular wave affects embryo quality but has no effect on embryo survival post transfer in lactating dairy cows. Reproduction, 141: 333-342. https://doi.org/10.1530/REP-10-0375

Roche, J.F., Boland, M.P., McGeady, T.A., 1981. Reproductive wastage following artificial insemination of heifers. Veterinary Record, 109: 401-404. https://doi.org/10.1136/vr.109.18.401

Rodrigues, C.F.M., 1995. Ocorrência de mortalidade embrionária em programa de transferência de embriões. ARS Veterinaria, 11: 76-78.

Rodriguez-Zas, S.L., Schellander, K., Lewin, H.A., 2008. Biological interpretations of transcriptomic profiles in

mammalian oocytes and embryos. Reproduction, 135: 129-139. https://doi.org/10.1530/REP-07-0426

Ruegg, P.L., Milton, R.L., 1995. Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada - Relationships with yield, reproductive performance, and disease. Journal of Dairy Science, 78: 552-564. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76666-8

Ryan, D.P., Prichard, J.F., Kopel, E., Godke, R.A., 1993. Comparing early embryo mortality in dairy cows during hot and cool seasons of the year. Theriogenology, 39: 719-737. https://doi.org/10.1016/0093-691X(93)90257-6

Sá Filho, M.F.D., Santos, J.E.P., Ferreira, R.M., Sales, J.N.D.S., Baruselli, P.S., 2011. Importance of estrus on pregnancy per insemination in suckled Bos indicus cows submitted to estradiol/progesterone-based timed insemination protocols. Theriogenology, 76(3): 455-463. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.02.022

Santos, A., Minela, T., Branen, J., & Pursley, J. R., 2023. Time to increase in pregnancy-specific protein B following artificial insemination is a direct determinant of subsequent pregnancy loss in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, *106*(5), 3734–3747. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22553

Santos, J. E. P., Bilby, T. R., Thatcher, W. W., Staples, C. R., Silvestre, F. T., 2008. Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. Reproduction in Domestic Animals. 43:23–30. https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01139.x

Santos, J.E.P., Bisinotto, R.S., Ribeiro, E.S., Lima, F.S., Greco, L.F., Staples, C.R., Thatcher, W.W., 2010. Applying nutrition and physiology to improve reproduction in dairy cattle. Society of Reproduction and Fertility, Suppl, 67: 387-403. ISSN: 2045-872X

Santos, J.E.P., Thatcher, W.W., Chebel, R.C., Cerri, R.L.A., Galvão, K.N., 2004. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. Animal Reproduction Science, 82/83: 513-535. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.015

Sartori, R., Gümen, A., Guenther, J.N., Souza, A.H., Wiltbank, M.C., 2003a. Comparison of artificial insemination (AI) versus embryo transfer (ET) in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 86: 238-239 (Abstract).

Sartori, R., Rosa, G.J.M., Wiltbank, M.C., 2002a. Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. Journal of Dairy Science, 85: 2813-2822. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74368-3

Sartori, R., Sartor-Bergfelt, R., Mertens, S.A., Guenther, J.N., Parrish, J.J., Wiltbank, M.C., 2002b. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. Journal of Dairy Science, 85: 2803-12. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74367-1

Sartori, R., Suárez-Fernández, C.A., Monson, R.L., Guenther, J.N., Rosa, G.J.M., Wiltbank, M.C., 2003b. Improvement in recovery of embryos/ova using a shallow uterine horn flushing technique in superovulated Holstein heifers. Theriogenology, 60: 1319-30. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00147-X

Sartori, R., C.E.C. Consentini, R.L.O.R. Alves, L.O. Silva, and M.C. Wiltbank. 2023. Review: Sartori, R., Consentini, C.E.C., Alves, R.L.O.R., Silva, L.O., Wiltbank, M.C., 2023. Review: Manipulation of follicle development to improve fertility of cattle in timed-artificial insemination programs. Animal, 17. https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100769

Schmidt, M., 2007. Perinatal death associated with ET, IVP and cloning in cattle. Acta Veterinaria Scandinavica, 49:13. https://doi.org/10.1186/1751-0147-49-S1-S13

Silke, V., Diskin, M.G., Kenny, D.A., Boland, M.P., Dillon, P., Mee, J.F., Sreenan, J.M., 2002. Extent, pattern and factors associated with late embryonic loss in dairy cows. Animal Reproduction Science, 71: 1-12. https://doi.org/10.1016/S0378-4320(02)00016-7

Silva, C.F., Sartorelli, E.S., Castilho, A.C.S., Satrapa, R.A., Puelker, R.Z., Razza, E.M., Ticianelli, J.S., Eduardo, H.P., Loureiro, B., Barros, C.M., 2013. Effects of heat stress on development, quality and survival of Bos indicus and Bos taurus embryos produced in vitro. Theriogenology, 79(2): 351-57. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.003

Silvestre, F.T., Carvalho, T.S., Francisco, N., Santos, J.E., Staples, C.R., Jenkins T.C., Thatcher W.W., 2011. Effects of differential supplementation of fatty acids during the peripartum and breeding periods of Holstein cows: I. Uterine and metabolic responses, reproduction, and lactation. Journal of Dairy Science, 94:189–204. https://doi.org/10.3168/jds.2010-3370

Sinclair, K.D., Kuran, M., Gebbie, F.E., Webb, R., McEvoy, T.G., 2000. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: II. Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen. Journal of Animal Science, 78: 2670-80. https://doi.org/10.2527/2000.78102670x

Sinedino, L.D., Honda, P.M., Souza, L.R., Lock A.L., Boland, M.P., Staples, C.R., Thatcher, W.W., Santos, J. E., 2017. Effects of supplementation with docosahexaenoic acid on reproduction of dairy cows. Reproduction 153:707–723. https://doi.org/10.1530/REP-16-0642

Sreenan, J.M., Diskin, M.G., Morris, D.G., 2001. Embryo survival rate in cattle: a major limitation to the achievement of high fertility. BSAP Occasional Publication, 93-104. https://doi.org/10.1017/S0263967X00033619

Stevenson, J.S., Johnson, S.K., Medina-Britos, M.A., Richardson-Adams, A.M., Lamb, G.C., 2003. Resynchronization of estrus in cattle of unknown pregnancy status using estrogen, progesterone, or both. Journal of Animal Science, 81: 1681-92. https://doi.org/10.2527/2003.8171681x

Thatcher, W.W., Binelli, M., Arnold, D., Mattos, R., Badinga, L., Moreira, F., Staples, C.R., Guzeloglu, A., 2001. Endocrine and physiological events from ovulation to establishment of pregnancy in cattle. BSAP Occasional Publication, 26: 81-91. https://doi.org/10.1017/S0263967X00033607

Van Wagtendonk-de Leeuw, A.M., Mullaart, E., de Roos, A.P., Merton, J.S., den Daas, J.H., Kemp, B., de Ruigh, L., 2000. Effects of different reproduction techniques: AI, MOET or IVP, on health and welfare of bovine offspring. Theriogenology, 53: 575-97. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00259-9

Vandresen, C.C., Silva, L.O., Lopes, A.L.M., Stolf, R.L., Pontes, G.C.S., Sartori, R., 2024. Factors affecting efficiency of artificial insemination or transfer of in vitro produced embryos in dairy herds. Animal

Reproduction, 21(3): 81 (Abstract). https://www.animal-reproduction.org/article/66ab6dbea9539570a57bd825

Vasconcelos, J.L.M., Silcox, R.W., Lacerda, J.A., Pursley, J.R., Wiltbank, M.C., 1997. Pregnancy rate, pregnancy loss, and response to heat stress after AI at 2 different times from ovulation in dairy cows. Biology of Reproduction, 56: 140 (Abstract).

Viuff, D., Rickords, L., Offenberg, H., Hyttel, P., Avery, B., Greve, T., Olsaker, I., Williams, J.L., Callesen, H., Thomsen, P.D., 1999. A high proportion of bovine blastocysts produced in vitro are mixoploid. Biology of Reproduction, 60: 1273-78. https://doi.org/10.1095/biolreprod60.6.1273

Wiebold, J.L., 1988. Embryonic mortality and the uterine environment in first-service lactating dairy cows. Journal of Reproduction and Fertility, 84: 393-99. https://doi.org/10.1530/jrf.0.0840393

Wiltbank, M.C., Carvalho, P.D., Kaskin, A., Hackbart, K.S., Meschiatti, M.A., Bastos, M.R., Guenther, J.N., Nascimento, A.B., Herlihy, M.M., Amundson, M.C., Souza, A.H., 2011. Effect of progesterone concentration during follicle development on subsequent ovulation, fertilization, and early embryo development in lactating dairy cows. Biology of Reproduction, 85: 685. https://doi.org/10.1093/biolreprod/85.s1.685

Wiltbank, M.C., Baez, G.M., Garcia-Guerra, A., Toledo, M.Z., Monteiro, P.L.J., Melo, L.F., Ochoa, J.O., Santo, J.E.P., Sartori, R., 2016. Pivotal periods for pregnancy loss during the first trimester of gestation in lactating dairy cows. Theriogenology, 86(1): 239–53. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.037

Wrenzycki, C., Herrmann, D., Lucas-Hahn, A., Korsawe, K., Lemme, E., Niemann, H., 2005. Messenger RNA expression patterns in bovine embryos derived from in vitro procedures and their implications for development. Reproduction, Fertility and Development, 17: 23-35. https://doi.org/10.1071/RD04109

Yang, X., Smith, S.L., Tian, X.C., Lewin, H.A., Renard, J.P., Wakayama, T., 2007. Nuclear reprogramming of cloned embryos and its implications for therapeutic cloning. Nature Genetics, 39: 295-302. https://doi.org/10.1038/ng1973

Zanenga, C.A., Pedroso, M.F., 1995. Early pregnancy check by ultrasound scanning in bovine embryo transfer. ARS Veterinaria, 11: 151 (Abstract).

DESARROLLO Y USO DE HERRAMIENTAS PARA LA SUPERVISIÓN AUTOMATIZADA Y EN TIEMPO REAL DE LA RENTABILIDAD DE VACAS INDIVIDUALES Y GRUPOS

Julio Giordano, Angela George, y Martin Perez

Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY 14853

INTRODUCCIÓN

La buena toma de decisiones empresariales en la ganadería lechera depende de la disponibilidad de datos actualizados y de alta calidad sobre la rentabilidad de la unidad de producción empresarial: la vaca.

Cada día, los productores se enfrentan a decisiones importantes relacionadas con el sacrificio o el mantenimiento, la cría, la agrupación, el tratamiento y la alimentación de las vacas, entre muchas otras cuestiones. Por desgracia, a pesar de las numerosas tecnologías y datos disponibles en la actualidad, los productores del sector lácteo siguen careciendo de herramientas que proporcionen una idea precisa y detallada de la rentabilidad de cada vaca, con un esfuerzo mínimo y en tiempo real. Por lo tanto, gran parte de las decisiones sobre cada vaca se siguen tomando en función de promedios del rebaño o de grupos, parámetros que no reflejan realmente la rentabilidad de cada vaca y, en algunos casos, en función de una percepción o de la intuición.

MyCow$: una herramienta para la toma de decisiones de carácter económico

Para ayudar a los gerentes de granjas lecheras a superar esta barrera para la toma de buenas decisiones comerciales, nuestro grupo de investigación desarrolló la herramienta «MyCow$».

Esta herramienta de software aprovecha los datos de la explotación lechera para calcular automáticamente la rentabilidad de cada vaca en tiempo real. En condiciones ideales de disponibilidad de datos, una serie de algoritmos interconectados utilizan datos detallados de entrada y salida de cada vaca generados por tecnologías de precisión y eventos registrados en el software de gestión del rebaño lechero para estimar los costes e ingresos de los principales factores de rentabilidad de las vacas. Estos datos se integran con los precios de los insumos y productos clave para calcular el flujo de caja de cada vaca, de forma automática y en tiempo real.

En resumen, los ingresos diarios de una vaca se calculan sumando el valor de la leche producida, teniendo en cuenta el volumen y los componentes en cada ordeño, si se dispone de esos datos. Otros ingresos, incluidas las ventas de terneros y carne de vacuno, se estiman en función del sexo y la raza del ternero nacido y el peso corporal de la vaca vendida. Los costes clave de producción, como el coste del pienso, se calculan en función de estimaciones de la ingesta de pienso a partir de la producción de la vaca, el peso corporal y otros parámetros.

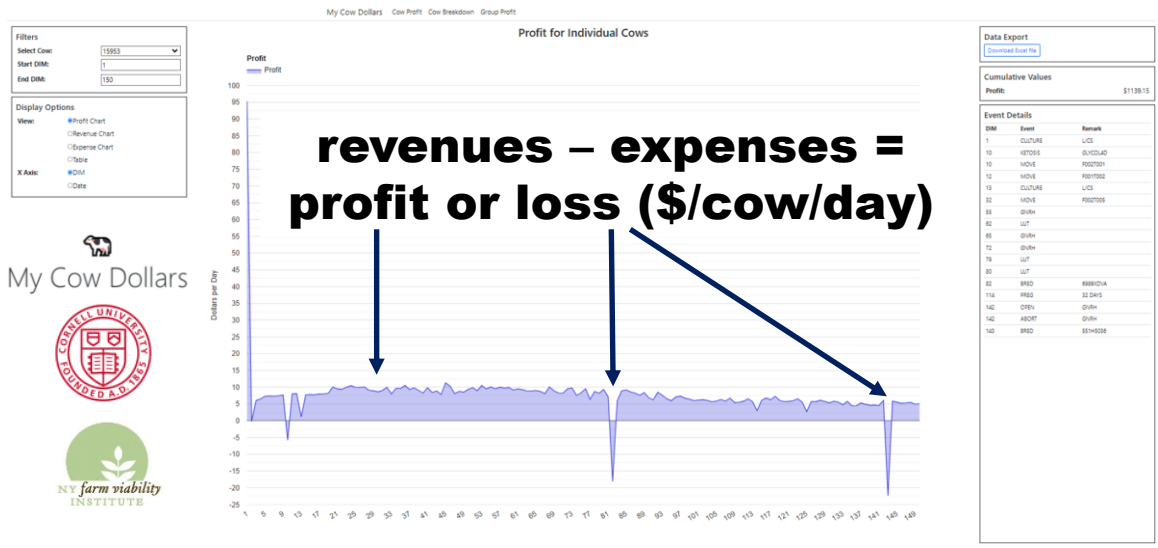


Figura 1. MyCow$ informa del flujo de caja diario de cada vaca de forma automática y en tiempo real. Los ingresos y gastos se estiman a partir de flujos de datos generados por tecnologías de precisión y software de gestión de rebaños lecheros.

Los cálculos detallados de los costes sanitarios y de cría se basan en eventos individuales y en los gastos incurridos con cada enfermedad y evento de cría. Por último, los costes de sustitución de las vacas que salen del rebaño por venta o muerte se calculan mediante la contabilidad de los costes de sustitución de las novillas.

Reconociendo que no todas las explotaciones lecheras tienen acceso a los mismos flujos de datos detallados procedentes de tecnologías de precisión, software de gestión de rebaños y datos financieros, MyCow$ dispone de cierta flexibilidad incorporada para trabajar en explotaciones lecheras que tienen acceso a diferentes tipos de datos. Aunque los cálculos no son tan precisos en esos casos, los valores siguen siendo representativos y permiten una comparación justa entre vacas, ya que todos los cálculos son iguales para todas las vacas.

Aunque los cálculos individuales por vaca son el núcleo de la herramienta, MyCow$ también puede informar de datos para grupos de vacas formados en función de sus características o de la concurrencia de eventos específicos en la vida de las vacas. Por ejemplo, los usuarios pueden evaluar los ingresos diarios y acumulados, los costes y el flujo de caja de las vacas agrupadas en función de la ubicación de su corral, el número de vacas en lactación o paridad, el estado reproductivo (por ejemplo, vacas preñadas frente a vacas abiertas), el mérito genético para los rasgos de interés, o podrían agruparse en función de si se ven afectadas por determinados trastornos de salud.

La herramienta también permite recopilar datos durante periodos específicos (por ejemplo, un día, una semana, los últimos 12 meses, los últimos dos meses) por fecha de calendario o por días de lactancia, lo que permite comparar los resultados diarios o acumulados para diferentes periodos de tiempo.

Debido a la variedad de los análisis que se pueden realizar, el valor potencial del uso de MyCow$ en la toma de decisiones en el sector lácteo es amplio y diverso. Entre muchos otros aspectos, los

productores pueden comparar los efectos de las prácticas de gestión, como las diferentes dietas o los programas de gestión reproductiva, el uso de tecnología y productos, o los efectos de eventos específicos como trastornos de salud o embarazo.

Como ejemplo sencillo, una granja lechera interesada en el efecto de los trastornos de salud en el rendimiento económico de la lactancia temprana podría comparar las vacas afectadas o no por enfermedades comúnmente observadas después del parto. Con este fin, utilizamos MyCow$ en una explotación lechera para estimar la diferencia en el flujo de caja durante los primeros 60 días de producción de leche para vacas que habían tenido o no metritis, mastitis clínica y cetosis clínica. Utilizando los precios medios de insumos y productos del mercado para 2023-2024 para esta explotación lechera, la diferencia en el flujo de caja para vacas con y sin metritis, mastitis y cetosis fue de 98, 125 y 109 dólares, respectivamente (tengan en cuenta que estas diferencias solo son relevantes para esta explotación lechera). Con esta información específica de la explotación, los ganaderos no solo podían tomar decisiones informadas sobre los tratamientos, sino también sobre el beneficio de las estrategias de gestión para prevenir estos trastornos.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Evidentemente, MyCow$ puede ser una herramienta poderosa, pero requiere datos de alta calidad que no todas las granjas lecheras tienen a su disposición hoy en día. Esperamos que herramientas como MyCow$ animen a las explotaciones lecheras a considerar la adopción o un mejor uso de tecnologías de precisión y prácticas de gestión de datos que puedan ayudarles en la toma de decisiones financieras y económicas.

RECONOCIMIENTOS

MyCow$ fue financiado y apoyado principalmente por la subvención FVI20032 del New York Farm Viability Institute y por el USDA National Institute of Food and Agriculture (Washington, D. C.) mediante el Proyecto 2017-67015-26772 del Programa de Salud Animal, Proyecto Hatch NYC-2020-21-255, Proyecto Multiestatal 1021189 y Proyecto 2023-77038-38865 del Farm of the Future Program (Programa Granja del Futuro).

GESTIÓN NUTRICIONAL DE REBAÑOS DE ORDEÑO ROBOTIZADO PARA OPTIMIZAR LA SALUD Y LA PRODUCCIÓN

Dr. Trevor DeVries, Universidad de Guelph, Ontario, Canadá

La adopción de sistemas de ordeño automatizados (robotizados) en la industria láctea sigue siendo fuerte.

Con ese tipo de gestión del ordeño, también tenemos un cambio en la gestión nutricional en esas granjas, con la división de la dieta en una ración mixta parcial (PMR) y algún tipo de provisión nutricional (a menudo en forma de pellet) en el AMS.

El alimento que se suministra en la AMS está diseñado principalmente para atraer a las vacas a la leche, sin embargo, también existe la posibilidad de variar la cantidad y la composición de ese alimento para satisfacer las necesidades nutricionales individuales de las vacas, optimizando así la salud y la producción.

La estrategia de alimentación en los rebaños con AMS debe tener en cuenta las necesidades de nutrientes asociadas a la fase de lactación y al nivel de producción, pero también las capacidades de comportamiento de las vacas lecheras. Está bien establecido que la estrategia de alimentación en la MGA tendrá un impacto en los niveles de consumo de ración mixta parcial (RMP), por lo que esto debe tenerse en cuenta al formular los planes dietéticos. Además, el fomento de la alimentación con PMR ayudará a impulsar la ingesta total y la actividad de ordeño.

El manejo nutricional de las vacas ordeñadas con AMS también puede utilizarse para optimizar la salud de la vaca al principio de la lactación. Como en todos los sistemas, el riesgo de un balance energético negativo excesivo al principio de la lactación puede suponer un reto para las vacas AMS.

Los investigadores han demostrado que la suplementación estratégica de las vacas AMS al principio de la lactación, especialmente con fuentes de energía alternativas y precursores gluconeogénicos, puede utilizarse para mejorar la salud metabólica de las vacas AMS al principio de la lactación, minimizar la pérdida de condición corporal y promover una mayor producción de leche.

En general, aunque el manejo nutricional de las vacas lecheras en AMS puede requerir un cambio en el manejo respecto a los sistemas convencionales, existen muchas oportunidades dentro de éste para optimizar la salud y la producción de estas vacas.

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA INMUNOLOGÍA Y LA VACUNOLOGÍA

Chris Chase DVM PhD ACVM

Universidad Estatal de Dakota del Sur, Brookings, SD EE.UU

INTRODUCCIÓN

La vacunología abarca la preparación y ensayo de vacunas, la respuesta inmunitaria del animal a la vacuna y el resultado frente a un desafío. Esta área de la medicina veterinaria, que resulta muy prometedora, se utiliza mal, se abusa de ella y, a menudo, se espera que prevenga todas las enfermedades. Por desgracia, no existe una «varita mágica», y los mitos de la vacunología superan a la realidad. Nuestros conocimientos sobre la respuesta inmunitaria se han ampliado enormemente en los últimos 15 años. Términos como «señales de peligro» y «células dendríticas» eran desconocidos en vacunología hasta hace unos 10-15 años. La respuesta inmunitaria innata es esencial para activar la respuesta inmunitaria primaria, una respuesta necesaria para proteger y eliminar las enfermedades infecciosas tras la vacunación.

LOS FUNDAMENTOS DE LA RESPUESTA INMUNITARIA A LAS VACUNAS

Respuestas inflamatorias innatas localizadas y sistémicas

La respuesta inflamatoria aguda localizada tras la administración de una vacuna implica la activación de los signos básicos clásicos de la inflamación: hinchazón, enrojecimiento, dolor, calor y pérdida de función.[1] Las células y los elementos humorales de la respuesta innata de las células intervienen, en particular, los macrófagos. Los macrófagos llegan entre 5 y 6 horas después del inicio de la respuesta y secretan tres citocinas proinflamatorias: la interleucina 1 beta (IL-B), la interleucina 6 (IL-6) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-alfa). Estas citocinas proinflamatorias producen un efecto local que da lugar a la liberación de otras citocinas y quimiocinas que reclutan y activan células adicionales, incluidos más macrófagos y células dendríticas que son importantes para la presentación de antígenos y la activación de la respuesta inmunitaria adquirida. Estas tres citocinas proinflamatorias también se absorben en la circulación sistémica, donde afectan al hipotálamo y a otros centros del cerebro, lo que provoca una respuesta febril, una reducción del apetito y la liberación de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH). También se dirigen a la médula ósea, donde provocan la liberación de factores que simulan colonias por parte de las células estromales y la producción de leucocitos adicionales necesarios para la respuesta inmunitaria. Por último, se dirigen al hígado por un efecto directo sobre el hígado e indirectamente por el cortisol que da lugar a la liberación de proteínas de fase aguda.[1] Ciertos adyuvantes y vacunas víricas vivas modificadas también inducirán el interferón alfa (α-INF) que no sólo induce un efecto antivírico sino que también induce la maduración de las células dendríticas para convertirlas en células inmunoestimuladoras que pueden activar las células T auxiliares CD4, lo que es esencial para la respuesta inmunitaria adquirida. La α-INF también activa otra célula inmunitaria innata, la célula asesina natural (por sus siglas en inglés **NK**), para que produzca interferón gamma, que da lugar a una respuesta vacunal de memoria T-helper 1.

Localización: ganglios linfáticos y folículos linfoides

Las respuestas inmunitarias primarias se producen donde hay agregados de tejido linfoide. Alrededor del 50% de las células T o B se encuentran en el ganglio linfático. Los folículos linfoides de las mucosas, las placas de Peyer, el tejido linfoide asociado al intestino, el tejido linfoide asociado a los bronquios, también son zonas linfoides importantes. Estos tejidos linfoides organizados son esenciales porque en ellos confluyen las células dendríticas, las células T y las células B. Dentro del ganglio linfático, hay dos zonas críticas para los linfocitos: una es la zona cortical donde se localizan los linfocitos T e interactúan con las células dendríticas y la otra es la zona medular que contiene folículos de células B, donde interactúan las células T y B. Una vez que se ha producido la respuesta inmunitaria primaria, las células T y B pueden entrar en el torrente sanguíneo y circular.

Paso 1 Activación y migración de las células dendríticas (células presentadoras de antígeno) al ganglio linfático

¿Cuáles son las principales células que afectan a la respuesta inmunitaria adquirida primaria? Las primeras son células presentadoras de antígeno que incluyen macrófagos y células dendríticas (CD). Las células dendríticas surgen del linaje de los macrófagos-monocitos. Un gran porcentaje de estos CD se encuentran en la piel o cerca de ella. En la piel hay células de Langerhans (una CD especializado) y CD dérmicas. Hay células dendríticas en la lámina propria y en la submucosa. Estas células no se encuentran en el músculo hasta que se produce la respuesta inflamatoria y entonces entran en la zona inflamada. El otro lugar donde se encuentran las CD es en el propio ganglio linfático, pero estas células dendríticas tienen una función diferente. Las CD de la epidermis, la dermis y el tejido subcutáneo son principalmente inmaduras. Actúan como un sistema de vigilancia. Una vez que las CD se activan y maduran, se desplazan al ganglio linfático (Figura 1). Para que esta CD inmadura madure y migre al ganglio linfático, tiene que pasar por una secuencia de procesos. Las CD inmaduras del tejido se encuentran en estado inactivo; entonces, las CD perciben una señal de peligro. La señal de peligro es necesaria para la activación de la respuesta inflamatoria con el fin de asegurar una buena respuesta inmunitaria adquirida, memoria y la duración de la inmunidad. Esta señal de peligro es desencadenada por moléculas producidas por organismos patógenos y/o células dañadas. Las moléculas patógenas se denominan patrones microbianos asociados a patógenos (por sus siglas en inglés **PAMPS**) y sólo las producen los patógenos. Estos PAMPS están presentes en una amplia gama de patógenos. Por ejemplo, un PAMP, el lipopolisacárido (LPS), está presente en todas las bacterias gramnegativas, mientras que otro PAMP, los nucleótidos CpG, están presentes en el ADN bacteriano. Los flagelos presentes en protozoos y bacterias y el ARN de doble cadena producido por los virus son otros dos PAMP reconocidos por el CD. Entre las señales de peligro no patógenas se encuentran los restos celulares de las células necróticas, las proteínas de choque térmico (HSP), los nucleótidos, los intermediarios reactivos del oxígeno y las citoquinas (por ejemplo, el interferón). Estos PAMPS son reconocidos por receptores denominados receptores de reconocimiento de patógenos (PRR o toll-like receptors) en las células inmunitarias innatas. Se han identificado al menos 10 grupos de estos PRR. Los adyuvantes no microbianos, como las emulsiones oleosas o las saponinas, también pueden ser reconocidos por los PRR u otros receptores de las células inmunitarias innatas. La señal de peligro cambia el carácter de la célula casi de inmediato. Entonces, la célula puede presentar el antígeno y producir señales de coestimulación para ayudar a las células T helper. La célula dendrítica inmadura tiene que pasar por la secuencia de peligro para activar la respuesta inmunitaria correctamente.

Paso 2 La interacción de la célula dendrítica y el linfocito T en el ganglio linfático (La colisión y el baile,

Parte 1)

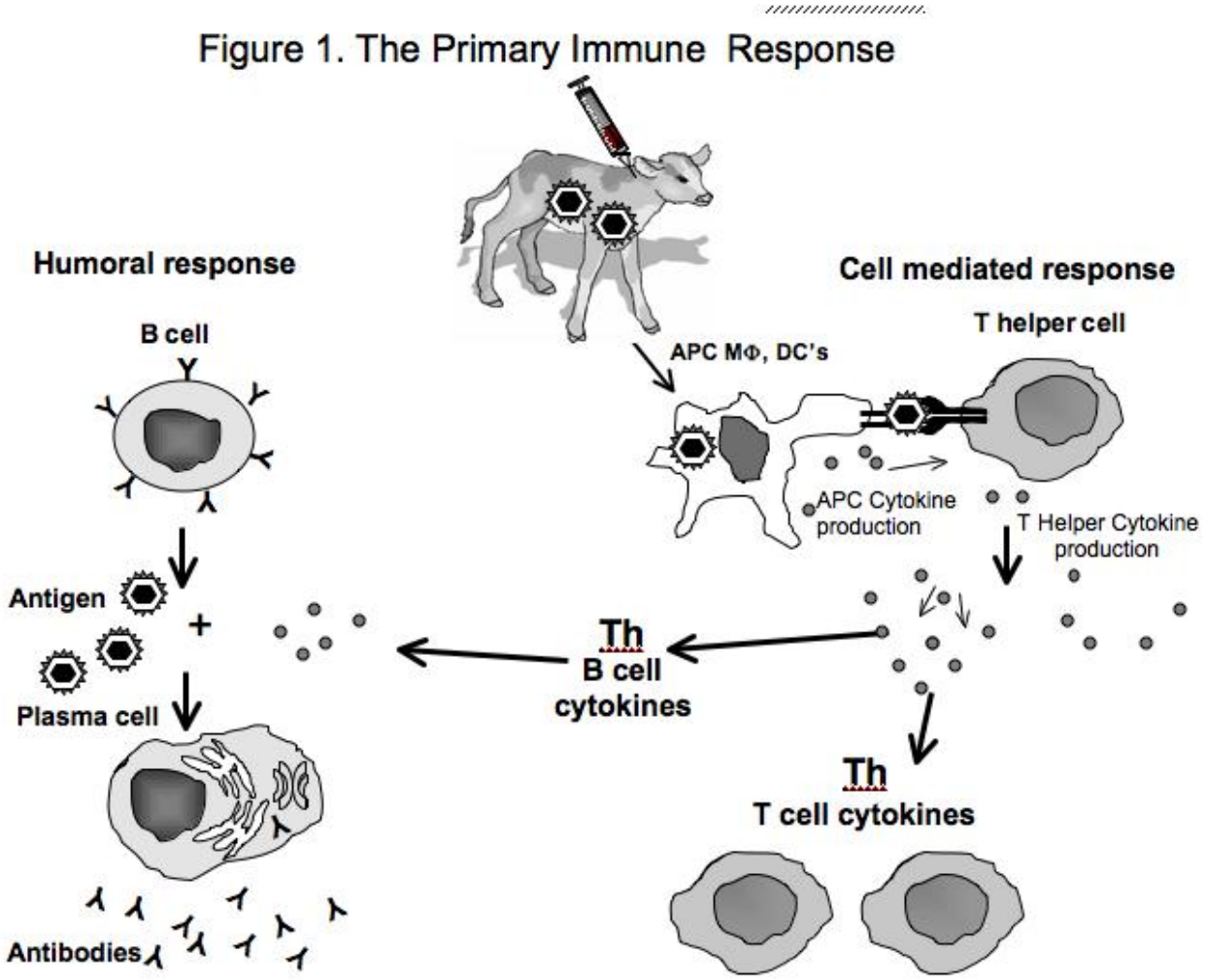
El paso más importante de la respuesta inmunitaria adquirida es la interacción de las células T con las CD. Esto es estrictamente un tema de números. ¿Cuál es la probabilidad de que una célula T reaccione con un CD que exprese su antígeno? Con las células T, el número de células específicas de antígeno es fijo. Entre una de cada 5.000 - 10.000 células reaccionará contra ese antígeno específico, por lo que esa célula que está circulando y actuando tiene que encontrarse con otra célula presentadora de antígeno que tenga ese antígeno en la superficie. La variable aquí es en realidad la CD o célula presentadora de antígeno. Si hay más células presentadoras de antígeno en el ganglio linfático que presenten el antígeno en la superficie, aumentan las posibilidades de que el linfocito «vea» su antígeno. Este aumento del número de células presentadoras de antígeno y de la cantidad de antígeno en su superficie es una de las claves de la capacidad de los adyuvantes para aumentar la eficacia de las vacunas.

Para desarrollar una respuesta inmunitaria adaptativa, estas células T y CD deben tener dos interacciones (Figura 1). Los dos conjuntos de interacciones, una colisión y una interacción, se producen en el ganglio linfático o en el folículo linfoide de la mucosa. Las células se mueven a diferentes velocidades. Las células T son rápidas; se mueven a 12 micras por segundo y las células dendríticas se mueven a aproximadamente tres micras por segundo. La colisión se produce entre la CD portadora del antígeno y la célula T ingenua. El segundo proceso se produce inmediatamente después de la colisión: la interacción (baile) en la que las células tienen que permanecer juntas durante cierto tiempo. Este «baile» puede durar desde unos segundos hasta un par de horas. Cuanto más tiempo puedan «bailar» juntos la CD y la célula T, más se activará la célula T, más se dividirá y producirá células T de memoria y mejor será la respuesta inmunitaria adaptativa.

¿Por qué es importante la duración de este baile? La serie de eventos de señalización o conversación cruzada entre las dos células no se produce rápidamente. Si observamos la superficie de una célula dendrítica, ésta tiene un antígeno presentado en una molécula MHC II; necesita interactuar con una célula T específica para ese antígeno. Aparece una célula T que reconocerá ese mismo antígeno. Otras moléculas de superficie también deben interactuar entre las células. Estas células acaban acoplándose. Ahora, una señal va del linfocito a la célula presentadora de antígeno y luego en la otra dirección; la señalización va en ambos sentidos. Se tarda unas horas. Entonces se expresan nuevos receptores, se envía otra señal y se expresan más receptores en la superficie y se liberan citocinas. Es mejor disponer de dos horas que de sólo dos minutos, porque cuantos más de estos eventos de señalización se produzcan, más específica y prolongada será la inmunidad adaptativa.

Paso 3 La interacción del linfocito T y el linfocito B en el ganglio linfático (La colisión y el baile, parte 2)

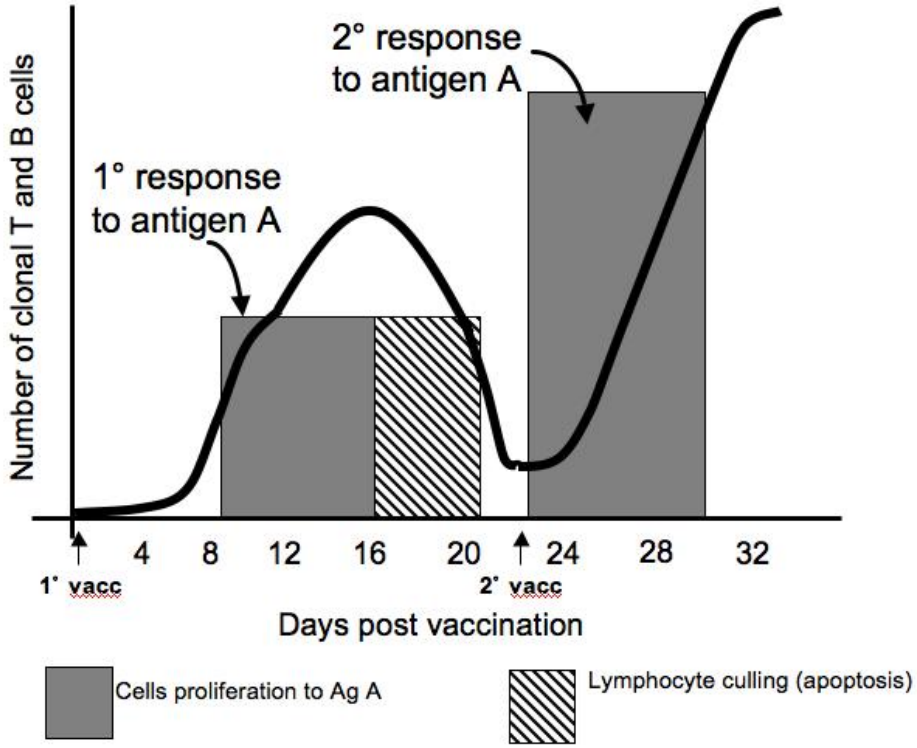
Después de que la célula T haya «bailado» con la célula dendrítica y se haya activado, la célula T activada tendrá que chocar con una célula B que haya reconocido el mismo antígeno (Figura 1). Estas dos células también se mueven a velocidades diferentes: las células T avanzan a 12 micras por segundo, mientras que las células B lo hacen a unas seis micras por segundo. Tras la colisión, la célula T y la célula B tienen que «bailar» para activar la célula B, al igual que hicieron la CD y la célula T para activar la célula T. La célula B activada se divide y produce células B de memoria para la futura memoria de antígenos y células plasmáticas que producen los anticuerpos que estarán presentes en la sangre y en las superficies mucosas.



Intervalo entre dosis de una vacuna

En todos los animales, tras la vacunación se produce un incremento de las poblaciones de linfocitos T y B respondedores (Figura 2). Sin embargo, para que la respuesta inmunitaria sea completa y madura, este incremento de células T y B no sólo debe detenerse, sino que también debe producirse un proceso activo de muerte celular (apoptosis). Este «proceso menguante» permite eliminar por apoptosis las células T o B que pueden responder mal o incluso causar autoinmunidad (Figura 2). Todo este proceso, desde la vacunación hasta la consecución de la homeostasis de la respuesta inmunitaria madura, dura al menos 3 semanas. Esta respuesta primaria madura y plenamente desarrollada puede potenciarse para obtener una verdadera respuesta secundaria anamnésica. En muchos casos, las dosis primarias y de refuerzo de la vacuna bovina se administran a intervalos de dos semanas. En terneros jóvenes, esto se hace para intentar asegurarse de que los terneros desarrollen una respuesta primaria ante la inmunidad materna. Los adyuvantes que se utilizan con la mayoría de las vacunas comerciales proporcionan un desarrollo inmunitario superior al de los adyuvantes de generaciones anteriores, como el alumbre. Por lo tanto, en la mayoría de los casos, si la vacunación primaria se produce después de las 3 semanas de edad, la vacunación de refuerzo pasadas las tres semanas e incluso más será eficaz. El dogma de que la revacunación debe producirse a las dos semanas de la primera vacunación no es cierto y la respuesta anamnésica será mejor si esperamos más tiempo.

Figure 2. Importance of vaccine timing and the booster response



RESUMEN

La respuesta inmunitaria primaria sólo puede producirse si las CD que expresan el antígeno y las células T específicas del antígeno chocan *aleatoriamente* entre sí. Al aumentar el número de células dendríticas que expresan antígeno, se incrementan las posibilidades de activación de la célula T específica del antígeno. Al final, el éxito de la respuesta inmunitaria depende del número máximo de células dendríticas con antígeno que lleguen al ganglio. Las CD activadas por el peligro manifiestan entre 5 y 10 veces más MHCII en su superficie. El aumento de la expresión del MHC significa que hay mayores cantidades de antígeno en la superficie de las CD, lo que las convierte en objetivos mucho mejores para «bailar» con estas células T y conseguir que se activen. La cuestión de la colisión y del «baile» es muy importante. Para que se produzca la respuesta inmunitaria completa de las células T y B, deben producirse dos colisiones y dos «bailes»: uno entre la CD y la célula T y el segundo entre la célula T activada y una célula B activada por antígeno. Esta es la clave del funcionamiento de las vacunas, porque si no se producen estos choques y «bailes», no habrá una buena estimulación, memoria y duración de la respuesta inmunitaria adquirida.

El mensaje que se puede extraer en cuanto a la respuesta inmunitaria primaria es que, si se aumenta la presentación de antígenos, es probable que también aumenten la magnitud, el carácter y la duración de la respuesta inmunitaria adquirida. Algunas de las células que ya están presentes en el ganglio linfático interactuarán con las células que presentan antígenos y se dividirán, pero no tendrán el mismo carácter ni la misma memoria que las células que llegan de las zonas periféricas a los ganglios

linfáticos. Esto ha llevado a pensar que si se emplean métodos de administración retardada (en los que el antígeno no llega demasiado rápido al ganglio linfático), se puede aumentar la respuesta inmunitaria adquirida. La otra cara de la moneda es que, si en el curso de la activación de las células dendríticas se produce demasiada inflamación, el desplazamiento de las CD hacia el tejido linfoide puede verse obstaculizado. Una respuesta primaria eficaz es una cuestión muy delicada. Las CD necesitan una respuesta inflamatoria para madurar, pero una respuesta inflamatoria grave con una inflamación considerable alterará el sistema linfático y el tránsito de las CD a los ganglios linfáticos.

BASES INMUNITARIAS DE LA VACUNACIÓN

Ramsés Reina Arias

Instituto de Agrobiotecnología (IdAB). CSIC-Gobierno de Navarra. Avda Pamplona 123. 31192, Mutilva Navarra.

`

El sistema inmunitario incluye una red compleja de células, tejidos y moléculas encargada de mantener el equilibrio en el organismo, incluyendo la función de protegerlo frente a agentes patógenos, pero también de detectar y eliminar células dañadas. Las vacunas intentar imitar la respuesta inmunitaria natural, intensificándola y haciéndola específica, explotando su capacidad para inducir memoria inmunitaria. La vacunación es una herramienta esencial en la medicina veterinaria para prevenir enfermedades infecciosas, garantizando así el bienestar animal y la productividad. De un mejor conocimiento de la respuesta inmunitaria tras la infección natural, de las formas de intensificarla y controlarla, de generar memoria inmunológica o de inducir específicamente una activación concreta se deriva el éxito de la vacunación. Este artículo explora las bases inmunitarias que sustentan la vacunación en rumiantes, destacando los mecanismos de la inmunidad innata y adaptativa y los factores que influyen en su eficacia.

1. El Sistema Inmunitario de los Rumiantes

El sistema inmunitario trata de mantener el estado de equilibrio del organismo ante situaciones de estrés muy diferentes (heridas, patógenos, comensales, desequilibrios nutricionales, hormonales, etc.). Para ello pone en marcha diferentes elementos entrelazados con un alto grado de regulación a diferentes niveles, que permiten activar células y mecanismos capaces de restaurar el equilibrio ante cualquier amenaza.

1.1. Inmunidad Innata

La inmunidad innata es la primera línea de defensa contra los patógenos. Incluye barreras físicas como la piel y las mucosas, así como células inmunitarias como macrófagos, neutrófilos, NK y células dendríticas. Estas células reconocen patrones moleculares asociados a patógenos (PAMPs) mediante receptores de reconocimiento de patrones (PRRs), como los receptores tipo Toll (TLRs) que activan vías antivirales como la del IFN, o respuestas inflamatorias a través de la producción de citoquinas. Dentro de la inmunidad innata podemos encontrar mecanismos químicos como el complemento, o la acción de diferentes moléculas sobre la permeabilidad vascular, contribuyendo en los procesos de inflamación. En rumiantes, la activación de la inmunidad innata es crucial para iniciar y determinar el destino de la respuesta inmunitaria adaptativa, ya que las células dendríticas procesan y presentan antígenos a los linfocitos T de la inmunidad adaptativa.

1.2. Inmunidad Adaptativa

La inmunidad adaptativa es específica de antígeno por lo que necesita más tiempo para desarrollarse completamente. Además, tiene la capacidad de generar células de memoria, lo que permite una respuesta más rápida y eficaz en exposiciones posteriores al mismo patógeno. En los rumiantes, los

linfocitos T y B desempeñan un papel central. Los linfocitos T se dividen en dos subtipos principales: los linfocitos T CD4+ (auxiliares/helper) y los linfocitos T CD8+ (citotóxicos). Los T CD4+ se diferencian a su vez en diferentes sub-poblaciones (Th1/2, Th17, etc.) dependiendo de señales específicas en la presentación antigénica y producen distintos grupos de citoquinas que inducen la maduración de diferentes tipos celulares. Los linfocitos B, tras la maduración en células plasmáticas, producen anticuerpos específicos que neutralizan los patógenos y facilitan su eliminación. Además de éstos en rumiantes son muy abundantes los linfocitos gamma-delta y se ha descrito su importancia en la generación de respuestas proinflamatorias.

Los mecanismos efectores de los linfocitos son variados y van desde la producción de citoquinas proinflamatorias (Th1, Th17) o la eliminación de células infectadas por mecanismos de citotoxicidad (CD8+), procesos que conocemos como respuesta celular; a la producción de citoquinas antiinflamatorias (Th2, Treg) o anticuerpos (respuesta humoral).

1.3. Inmunidad pasiva

La inmunidad pasiva hace referencia a la presencia de factores inmunitarios en el organismo en ausencia de activación innata o adaptativa. En la transferencia de inmunidad pasiva artificial se administran de forma intencionada tratamientos que consisten en la inoculación de anticuerpos. En la natural, de especial relevancia en rumiantes, los factores inmunitarios (anticuerpos, células, factores solubles, etc.) se transfieren de la madre a la cría a través del calostro, proporcionando protección de manera rápida, y cubriendo la ventana de susceptibilidad hasta el desarrollo completo. Por ello, una práctica habitual consiste en inmunizar a las madres en los últimos estadios de la gestación, con lo que se generarán anticuerpos en el calostro y la leche, que serán transferidos.

Sin embargo, la presencia de anticuerpos maternales en el organismo de las crías reduce considerablemente la eficacia de las formulaciones vacunales clásicas. Se han descrito algunos mecanismos que explican la inhibición en la producción de anticuerpos, aunque la respuesta T sigue intacta. El empleo de formulaciones vacunales alternativas puede desbloquear la producción de anticuerpos, indicando que la maduración del sistema inmunitario ocurre pronto tras la gestación y antes del parto. Asimismo, la inmunización en mucosas, donde la concentración de anticuerpos maternales es menor, resulta efectiva en crías, incluso tras el encalostramiento.

2. Mecanismos de Acción de las Vacunas

Las vacunas funcionan al introducir antígenos derivados de patógenos en el organismo, lo que desencadena una respuesta inmunitaria sin causar la enfermedad. Los principales mecanismos incluyen:

- **Activación de la inmunidad innata:** Los adyuvantes presentes en las vacunas estimulan los PRRs, potenciando la respuesta inicial.
- **Presentación de antígenos:** Las células dendríticas procesan los antígenos y los presentan a los linfocitos T en los ganglios linfáticos.
- **Mecanismos efectores:** Los linfocitos B activados se diferencian en células plasmáticas que producen anticuerpos específicos. Los linfocitos T CD4+ producen citoquinas con diferentes funciones, y los T CD8+ reconocen células infectadas y las eliminan.

- **Generación de memoria inmunitaria:** Se forman linfocitos T y B de memoria, que garantizan una respuesta rápida y eficaz en futuras exposiciones al patógeno.

3. Factores que Influyen en la Eficacia de las Vacunas

La eficacia de las vacunas en rumiantes depende de varios factores, entre ellos:

- **Estado de salud del animal:** Los animales enfermos o estresados pueden desarrollar una respuesta inmunitaria de menor intensidad que la necesaria para prevenir la enfermedad.
- **Nutrición:** Una dieta equilibrada es esencial para el funcionamiento adecuado del sistema inmunitario.
- **Manejo y almacenamiento de las vacunas:** Las condiciones inadecuadas pueden reducir la eficacia de las vacunas.
- **Esquemas de vacunación:** La administración en el momento adecuado y con las dosis correctas es esencial para garantizar una protección óptima.
- **Vías inoculación:** La elección de la vía de inoculación es fundamental en rumiantes teniendo en cuenta la transferencia de inmunidad pasiva natural.

5. Importancia de la Vacunación en Rumiantes

La vacunación en rumiantes no solo protege a los animales individuales, sino que también contribuye a la inmunidad de grupo, reduciendo la propagación de enfermedades en los rebaños. Las vacunas son la mejor opción para mantener un buen estatus sanitario, más aún teniendo en cuenta la reducción en el empleo de antibióticos y la baja disponibilidad de antivirales. Además, previene pérdidas económicas significativas asociadas a enfermedades infecciosas, como la disminución de la producción de leche y carne, el comercio de animales y los costes sanitarios.

6. Conclusión

Las bases inmunitarias de la vacunación en rumiantes son fundamentales para entender su papel en la prevención de enfermedades y la mejora de la productividad ganadera. La investigación continua en inmunología y tecnología de vacunas promete desarrollar estrategias más eficaces y seguras para proteger la salud de los rumiantes y garantizar la sostenibilidad de la ganadería.

EL LÍO DE LOS MILES DE TIPOS DE VACUNAS: ¿VIVAS? ¿INACTIVADAS? ¿SUBUNIDAD?

Chris Chase DVM PhD ACVM

Universidad Estatal de Dakota del Sur, Brookings, SD EE.UU

La vacunación es una herramienta crítica en la prevención y gestión de enfermedades infecciosas en medicina veterinaria.

La clasificación de las vacunas en antígenos en expansión y antígenos fijos proporciona un marco para comprender los mecanismos por los que las vacunas inducen inmunidad.

La expansión de antígenos implica la producción in vivo de antígenos, lo que permite su réplica o expresión en el huésped, como se observa con las vacunas vivas modificadas y las vacunas de ácido nucleico.

Los antígenos fijos, por su parte, incluyen vacunas inactivadas y de subunidades en las que los componentes antigénicos se administran directamente.

Las vacunas vivas modificadas se replican en el huésped, generando una fuerte respuesta celular y humoral.

Las vacunas de ácidos nucleicos, incluidas las de ARNm y ADN, introducen material genético que ordena a las células del huésped producir antígenos, desencadenando una respuesta inmunitaria potente sin replicar los ácidos nucleicos

Las vacunas inactivadas y de subunidades inducen principalmente respuestas de anticuerpos, pero pueden inducir la activación de células de memoria con sistemas avanzados de adyuvantes.

Las vacunas marcadoras, en particular DIVA (Differentiating Infected from Vaccinated Animals), ofrecen ventajas prácticas para distinguir entre infección y vacunación, resultando valiosas en estrategias de erradicación y diagnóstico clínico.

La aparición de vacunas de plataforma, con cargas útiles de antígenos intercambiables, representa un avance significativo en el desarrollo de vacunas, ya que permite una rápida adaptación a nuevos patógenos.

En resumen, el uso estratégico de vacunas con antígenos fijos y en expansión, con el apoyo de adyuvantes avanzados y tecnologías de plataforma, ofrece un enfoque versátil y eficaz para la prevención de enfermedades.

La investigación en curso sobre formulaciones adyuvantes y aplicaciones de vacunas marcadoras seguirá mejorando la seguridad, eficacia y capacidad de diagnóstico de las vacunas en medicina veterinaria.

TIPOS DE VACUNAS Y VÍAS DE ADMINISTRACIÓN

Ramsés Reina Arias

Instituto de Agrobiotecnología (IdAB). CSIC-Gobierno de Navarra. Avda Pamplona 123. 31192, Mutilva Navarra.

La vacunación es una práctica fundamental en la prevención de enfermedades infecciosas tanto en medicina humana como veterinaria. La elección del tipo de vacuna y la vía de administración adecuada son factores clave para garantizar su eficacia y seguridad. Este artículo explora los diferentes tipos de vacunas disponibles poniendo especial atención en rumiantes, en los adyuvantes y vías de administración más utilizadas y en otros factores que influyen en su efectividad.

1. Tipos de Vacunas

Existen diversos tipos de vacunas, cada una con características específicas que las hacen adecuadas para diferentes enfermedades y contextos.

1.1. Vacunas Atenuadas

Estas vacunas contienen microorganismos vivos debilitados bien por pérdida de factores de virulencia tras pases en cultivo, o bien mediante ingeniería genética. Existe un equilibrio entre la capacidad de replicación del microorganismo atenuado y su inmunogenicidad, de tal manera que patógenos muy atenuados con una escasa replicación no inducirán una respuesta protectora y duradera. Por el contrario, una atenuación leve podría dar lugar al desarrollo de la enfermedad, al menos en un porcentaje de los animales inmunizados. La vacuna atenuada ideal es la que no provoca la enfermedad, pero genera una respuesta inmunitaria intensa y duradera. Son especialmente eficaces para enfermedades causadas por patógenos intracelulares, como la fiebre aftosa y la brucelosis. Sin embargo, requieren condiciones estrictas de conservación y manejo, y pueden presentar riesgos en animales inmunocomprometidos, reversión a la virulencia o recombinación con cepas de campo.

Las vacunas atenuadas son responsables de los escasos casos de erradicación de enfermedades como la Viruela humana o la Peste Bovina Africana, demostrando su efectividad, siempre que se acompañen de estrategias diagnósticas y planes de aplicación adecuados.

1.2. Vacunas Inactivadas

Las vacunas inactivadas contienen microorganismos muertos que no pueden causar la enfermedad, pero sí estimulan el sistema inmunológico. También pueden formularse con partes del microorganismo cuya inmunogenicidad ha sido probada previamente (vacunas de subunidades). Son seguras y estables, lo que las hace ideales para animales inmunocomprometidos o en situaciones donde se requiere un manejo sencillo y, por ello, son las vacunas más comúnmente empleadas. Sin embargo, los componentes de los microorganismos no suelen ser inmunogénicos, por lo que generalmente necesitan múltiples dosis y adyuvantes para inducir una respuesta inmunitaria robusta. Además, su eficacia se reduce cuando se administran a animales jóvenes con un alto contenido en anticuerpos maternos, transferidos en el encalostramiento. El tipo de procesamiento antigénico de los componentes de una vacuna inactivada es generalmente exógeno por lo que inducen fuertes respuestas de anticuerpos, especialmente efectivas

frente al ataque por patógenos extracelulares.

Las vacunas basadas en toxoides son también vacunas inactivadas que contienen toxinas de microorganismos, como la vacuna antitetánica. Son eficaces para prevenir enfermedades causadas por toxinas bacterianas, generando una fuerte respuesta humoral que neutralizará la toxina y sus efectos perjudiciales. Asimismo, las **vacunas recombinantes,** producidas mediante la inserción de genes del patógeno en otros microorganismos, que producirán los antígenos necesarios en forma proteica, generalmente acompañados de adyuvantes que intensifiquen y perpetúen la reacción inmunitaria. Son altamente específicas y prometen una protección eficaz contra enfermedades emergentes, debido a su diseño rápido, aunque necesitan de estudios previos para caracterizar las proteínas más inmunogénicas o reactivas.

1.3. Vacunas de ADN y ARN

Estas vacunas introducen material genético que codifica antígenos del patógeno, previamente identificados, permitiendo que las células del hospedador produzcan estos antígenos de manera endógena y desencadenen una respuesta inmunitaria. Representan una tecnología emergente con gran potencial en la medicina veterinaria ya que son capaces de estimular diferentes ramas de la respuesta inmunitaria (humoral y celular). Su diseño hace que se puedan incorporar nuevos genes, útil en infecciones virales por diferentes genotipos sin reacción cruzada (Lengua Azul), e incluso adyuvantes inmunológicos en el propio esqueleto de ADN o ARN estimulando, además la inmunidad innata. Sin embargo, requieren de sistemas de liberación que protejan el material genético de la degradación ambiental o celular que aseguren su entrada en la célula.

1.4. Vacunas de vectores virales/bacterianos

Se trata de una estrategia relativamente novedosa para la inoculación de vacunas genéticas a través de un microorganismo vector que hace de transportador del inóculo vacunal. Para ello se emplean virus o bacterias ingenierizadas genéticamente para anular o atenuar la virulencia y se introduce el gen inmunógeno en forma de material genético. En este caso se aprovechan las cualidades inherentes a los patógenos que ejercen como vectores, ya que son muy eficientes a la hora de introducir material genético en las células y además exponen moléculas propias capaces de ejercer el papel de adyuvante.

Los vectores virales más empleados en vacunas son los basados en Lentivirus, Poxvirus o Adenovirus, con distintas propiedades biológicas e inmunogénicas. En el caso de las bacterias se han diseñado vacunas vectoriales empleando *Salmonella* o *Listeria*.

2. Adyuvantes

Los adyuvantes son componentes esenciales en muchas formulaciones vacunales, ya que potencian y perpetúan la respuesta inmunitaria dirigida frente al antígeno vacunal, mejorando principalmente la eficacia de las vacunas inactivadas y reduciendo así el número de inmunizaciones necesarias para alcanzar una protección duradera.

Los adyuvantes pueden agruparse atendiendo a sus mecanismos de acción en inmunoestimulantes, que actúan directamente sobre células inmunitarias; y como vehículo, que actúan liberando los antígenos de manera adecuada. La mayoría de adyuvantes presentan ambos mecanismos.

2.1. Sales minerales

Se trata de los adyuvantes más comunes en las vacunas veterinarias y su acción se basa en la formación de depósitos en el sitio de inyección, lo que permite una liberación lenta del antígeno y una estimulación prolongada del sistema inmunitario. Además, promueven la activación células presentadoras de antígeno, favoreciendo una respuesta de tipo humoral. Las más comunes son las sales de aluminio que causan una inflamación localizada, que puede llevar a la formación de granulomas.

2.2. Emulsiones oleosas

Las emulsiones, basadas en mezclas de agua en aceite, o aceite en agua actúan formando depósitos y estimulan tanto la respuesta humoral como la celular, por su capacidad de interacción con células presentadoras. Las reacciones locales pueden ser intensas por lo que no se emplean en humanos.

2.3. Saponinas e ISCOMs

Las saponinas como el QuilA derivadas de la corteza de *Quillaja saponaria,* estimulan respuestas humorales y celulares e interactúan eficazmente con células presentadoras de antígeno, por lo que se suelen combinar con las sales de aluminio. Pueden causar inflamación excesiva e incluso efectos hemolíticos. Los complejos inmunoestimulantes (ISCOMs) forman estructuras en forma de jaula compuestas por colesterol, fosfolípidos y saponinas que se asocian a la estimulación de respuestas de tipo Th1.

2.4. Nanopartículas y Liposomas

Estos sistemas de encapsulamiento entregan directamente los antígenos a las células presentadoras de antígeno mejorando su activación y su capacidad de presentación a los linfocitos T. Como resultado son capaces de estimular respuestas mixtas Th1 y Th2, aunque su aplicación en veterinaria es aún limitada. Los perfiles se seguridad se encuentran aún en investigación.

2. Vías de Administración

La vía de administración de las vacunas es un factor crucial que influye en la absorción, distribución y eficacia de la vacuna. Las principales vías utilizadas son la parenteral y la vía mucosas:

2.1. Vía parenteral

Es la más utilizada ya que es de fácil aplicación y consigue inducir respuestas sistémicas de manera rápida. Puede ser intravenosa, intramuscular, subcutánea o intradérmica dependiendo de condiciones específicas. La administración subcutánea es una vía segura y de absorción lenta, adecuada para vacunas oleosas y algunas bacterinas. Es ampliamente utilizada en rumiantes debido a su facilidad de aplicación y bajo riesgo de efectos adversos.

La administración intramuscular se realiza en músculos bien vascularizados, como el trapecio en el cuello o el semimembranoso en la nalga. Esta vía permite una absorción rápida y eficaz, siendo ideal para vacunas que requieren una respuesta inmunitaria robusta. Sin embargo, debe realizarse con cuidado para evitar lesiones en el tejido muscular.

La vía intradérmica se utiliza principalmente para pruebas diagnósticas, como la tuberculina, y en

algunos casos para vacunas experimentales. Aunque menos común, esta vía puede ser eficaz para estimular una respuesta inmunitaria localizada.

2.2. Vía mucosas

Esta vía de administración es relativamente novedosa y aprovecha las características inmunológicas únicas de las mucosas como la oral, conjuntival o nasal, para inducir respuestas tanto locales como sistémicas. Además, reducen el impacto de los anticuerpos maternos en la efectividad de las formulaciones clásicas (vacunas atenuadas e inactivadas). La administración oral, mediante sondas esofágicas o mezclada con el alimento, es utilizada para vacunas que requieren una respuesta inmunitaria en el tracto gastrointestinal. Es especialmente útil para enfermedades como la paratuberculosis.

3. Factores que Influyen en la Elección de la Vacuna y la Vía de Administración

La elección del tipo de vacuna y la vía de administración depende de varios factores:

- **Especie y edad del animal:** Los requisitos para inducir una respuesta efectiva varían según la especie y la etapa de desarrollo.
- **Estado de salud:** Los animales enfermos o estresados pueden mostrar una respuesta inmunitaria subóptima.
- **Condiciones ambientales:** La temperatura y la humedad pueden afectar la estabilidad de las vacunas.
- **Disponibilidad de recursos:** La implantación de nuevos diseños vacunales más efectivos dependen de la infraestructura y la disponibilidad comercial. Asimismo, es esencial que la vacunación se realice por personal capacitado, para garantizar una administración adecuada.

4. Conclusión

La vacunación es una estrategia clave para prevenir enfermedades y mejorar la productividad ganadera. La comprensión de los tipos de vacunas y las vías de administración adecuadas para cada situación permite optimizar su uso y garantizar su eficacia. Las vacunas de nueva generación pueden mejorar los perfiles de eficacia y seguridad, pero aún no se encuentran ampliamente disponibles.

La investigación en este campo promete desarrollar nuevas tecnologías y estrategias para proteger la salud de los rumiantes, evitar zoonosis y garantizar la sostenibilidad de la ganadería.

OBLIGACIONES MEDIO AMBIENTALES DEL GANADO VACUNO

Dr. Odón Sobrino

Jefe de Área de Gestión Ambiental de la Ganadería. Subdirección General de Medios de Producción Ganaderos, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

La normativa medioambiental de la Unión Europea en relación con la ganadería se basa en un conjunto de directrices y regulaciones que buscan promover prácticas sostenibles, reducir las emisiones contaminantes y garantizar la protección de la biodiversidad. Su objetivo es lograr un equilibrio entre la producción ganadera y la conservación del medio ambiente.

Algunas de estas medidas son generales y afectan a toda la ganadería, como las detalladas en la **Política Agrícola Común (PAC)**, una de las políticas más relevantes de la UE en este ámbito. En su versión 2023-2027, la PAC enfatiza la sostenibilidad medioambiental a través de:

- **Condicionalidad**: Los pagos directos a los agricultores dependen del cumplimiento de normas medioambientales, de salud pública, sanidad animal y fitosanitarias.
- **Regímenes ecológicos o ecoesquemas**: Se otorgan incentivos financieros a quienes adoptan prácticas beneficiosas para el clima y el medio ambiente.
- **Desarrollo rural**: Se fomenta la gestión sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad.

Por otra parte, la UE impone ciertos límites de emisiones al desarrollo de la actividad agrícola y ganadera. Entre ellos destacan:

- **Directiva de Techos de Emisión**, que establece límites para las emisiones de amoníaco, afectando especialmente a la ganadería, principal fuente de estas emisiones.
- **Normativa sobre nitratos**, que busca prevenir la contaminación del agua debido a un uso inadecuado de compuestos nitrogenados, con especial atención a los estiércoles ganaderos.

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

La ganadería también es objeto de debate por su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente de metano derivado de la fermentación entérica de los rumiantes. Sin embargo, los datos muestran que esta percepción puede estar sobredimensionada.

Organismos como el **Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)** han estimado que la ganadería representa hasta un 25% de las emisiones globales del sector agropecuario, pero este cálculo incluye todas las emisiones a lo largo de la cadena de valor, desde la producción de insumos hasta el consumo final. Este enfoque distorsiona la comparación con otras industrias, que solo valoran las emisiones de la actividad, sin incluir la cadena de valor.

Además, este informe no valora que la ganadería forma parte, en si misma del ciclo natural del carbono,

transformando y fijando el carbono y nitrógeno de las plantas en forma de nutrientes de alta calidad destinados a la supervivencia del ser humano, los informes de IPCC tampoco contemplan los aspectos positivos del uso de los estiércoles que inciden positivamente en la disminución de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y en la fijación de carbono por parte del suelo.

De esta forma, el uso de estiércoles en la fertilización de la tierra ayuda a reducir diversas emisiones contaminantes en comparación con los fertilizantes sintéticos. Algunos de los beneficios clave en términos de reducción de emisiones incluyen:

- **Reducción de emisiones de CO_2**
  - Se evita la fabricación y transporte de fertilizantes sintéticos, un proceso que genera grandes cantidades de CO_2 debido al uso intensivo de energía fósil.
  - Se mejora el almacenamiento de carbono en los suelos, favoreciendo la captura de CO_2 atmosférico.
- **Disminución de las emisiones de óxidos de nitrógeno (N_2O)**
  - Los fertilizantes sintéticos, al liberar nitrógeno de forma rápida, favorecen la emisión de N_2O, un gas de efecto invernadero 298 veces más potente que el CO_2.
  - El estiércol libera nitrógeno de manera más gradual, reduciendo la volatilización y la emisión de N_2O.
- **Menor emisión de amoníaco (NH_3)**
  - La correcta gestión del estiércol reduce la volatilización del amoníaco en comparación con la aplicación de urea o fertilizantes nitrogenados sintéticos.
  - La inyección del estiércol en el suelo en lugar de su aplicación superficial disminuye aún más la pérdida de NH_3 a la atmósfera.
- **Aprovechamiento del metano (CH_4) mediante biodigestión**
  - En lugar de liberar metano a la atmósfera, el estiércol puede procesarse en biodigestores para generar biogás, sustituyendo combustibles fósiles y reduciendo así las emisiones globales.

Cuando se valoran por parte de los sistemas nacionales de Inventarios, estas cifras de emisiones descienden notablemente, como se puede observar en el balance del Sistema Español de Inventarios de 2022, en lo que el subsector con más peso en el global de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en 2022 continúa siendo el transporte (30,7 %), seguido de las actividades industriales (18,4 %), la generación de electricidad (14,5 %), el sector agrícola (agricultura y ganadería en conjunto) (11,9 %), el consumo de combustibles en los sectores residencial, comercial e institucional (8,3 %), y los residuos (5 %). La ganadería representa, aproximadamente, un 73% de las emisiones de todo el sector agrícola (34.863 ktn CO_2 eq/año) lo que representaría un total de 17.133,3 ktn CO_2 eq. y, dentro de la ganadería, el sector de ganado vacuno de leche sería responsable de las emisiones de 2.836,2 ktn/año, mientras que el vacuno de carne emitiría 9.409,7 ktn/año. Valores que pueden parecer elevados, pero que no lo son tanto, si lo comparamos con las emisiones de los residuos sólidos urbanos (vertederos), que alcanzaron en el mismo periodo (2022) la cifra de 10.881,5 ktn.

Es decir, las emisiones de metano del ganado vacuno en su conjunto son prácticamente equivalente a las emisiones de los vertederos de toda España, con la diferencia que el ganado vacuno garantiza la seguridad alimentaria de la población, mientras que el metano producido en los vertederos no presenta ningún valor añadido.

Esta comparativa con datos nacionales ya resulta significativa, pero si hacemos una comparación con las emisiones globales de metano de origen antropogénico que nos muestra el satélite Tanager-1 (https://carbonmapper.org/articles/new-tanager-1-methane-data), resulta que de los 62,4 millones de kg de metano (en equivalentes de CO_2) emitidos **por hora** (Ktn/hora) en todo el mundo, únicamente 0,744 Ktn/hora corresponden a la ganadería (fundamentalmente grandes explotaciones de ganado vacuno en Estados Unidos). La principal fuente de emisiones serían los pozos petrolíferos y gasísticos de todo el mundo, tanto operativos como clausurados.

Para hacer una comparativa sencilla, las vacas lecheras emiten en España unos 2.836 Ktn anuales de metano CO_2 equivalentes, equivalen a 2 días de las emisiones globales de las principales fuentes (61,7 Ktn/h de gas, petróleo, minería, residuos), incluso si consideramos el ganado vacuno de carne, equivaldría a 8 días de las emisiones fugitivas gobales. En estas condiciones, hay que considerar si las medidas de reducción que se adopten en el ganado vacuno en España, incluida la eliminación total de la cabaña ganadera, tendrían una repercusión detectable sobre las emisiones globales. Máxime teniendo en cuenta que los países en los que se encuentran las principales fuentes de emisión no parece que tengan la intención de adoptar medidas de reducción.

Si se observan las plumas de emisión de metano que este mismo satélite localiza en España, se puede comprobar que, en todos los casos, se trata de vertederos (Madrid, Granada, Albacete, Murcia, Hellín), sin que se detecte ninguna procedente de la ganadería.

Regulaciones Nacionales y Control de Emisiones

Aunque la contribución de la ganadería a las emisiones globales de gases de efecto invernadero es limitada en comparación con otros sectores, sí que puede tener un efecto local. Además, existen otras emisiones que afectan de forma importante tanto a los lugares de emisión (olores, normalmente asociados a la emisión de amoniaco y/o metano) como a otros más alejados (amoniaco y nitratos) sí existen normativas específicas para minimizar su impacto tanto local como a larga distancia.

En España, el **Real Decreto 1053/2022** establece normas para granjas de ganado bovino, incluyendo aspectos zootécnicos, sanitarios y medioambientales. Este decreto fija la capacidad productiva máxima y detalla requisitos en infraestructuras, manejo, bioseguridad y bienestar animal, además de exigir la aplicación de las **Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) para disminuir el impacto ambiental de la ganadería,** en virtud de la capacidad productiva.

En cumplimiento del **artículo 11.1 del RD 1053/2022**, el **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación** y el **Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico** han elaborado un **Listado de Referencia de MTDs** para el sector bovino,

https://www.mapa.gob.es/images/ca/listadodereferenciamtdbovino18julio23_tcm34-657071.pdf, que tiene en cuenta:

- **Finalidad de las MTDs**:

- Reducción y mitigación de emisiones según el artículo 11 y Anexo V del RD 1053/2022.
- Gestión ambiental de estiércoles conforme al artículo 10 y Anexo III.

- **Facilitación del cumplimiento normativo**:

- Permitir a los ganaderos comunicar las técnicas aplicadas a las autoridades, según los artículos 11 y 17 del RD 1053/2022.

- **Publicación y actualización del listado**:

- Publicado en las webs del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Será actualizado según avances científicos o nuevas disposiciones legislativas.

Para la elaboración de este listado se han seguido los siguientes criterios:

- **Definición de criterios de alcance**: Se establecieron los criterios necesarios para seleccionar las mejores prácticas de reducción y mitigación de emisiones. La elaboración de un listado de referencia que cumpla con el objetivo establecido en la normativa de ordenación bovina requiere delimitar el alcance de las técnicas a considerar.

- **Revisión de medidas tecnológicas y prácticas de mitigación de emisiones**: Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de diversas medidas tecnológicas y prácticas de reducción de emisiones publicadas en los siguientes documentos de referencia:

- **Mejores Técnicas según guías internacionales y de la UE**:

1. **Reducción de amoniaco y compuestos nitrogenados**:

- *Options for Ammonia Mitigation*. Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen (2014).
- *ECE.EB.AIR 120* (2014).
- *ECE.EB.AIR 129* (2015).
- *ECE/EB.AIR/2020/6 – ECE/EB.AIR/WG.5/2020/5*.
- *ECE.EB.AIR 149* (2021).
- *UNECE Guidance Document on Integrated Sustainable Nitrogen Management* (2022).
- *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs* (Documentos BREF).
- *Decisión de ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión*, de 15 de febrero de 2017, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) en el marco de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo respecto a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos.

2. **Reducción de gases de efecto invernadero (metano y N_2O).**

- *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

En definitiva, se han seguido todas las directrices internacionales relevantes, lo que respalda su elección basándose en estrictos conocimientos científicos.

ECOGAN: Herramienta para el Control de Emisiones

Para garantizar el cumplimiento de estas normativas, se ha desarrollado **ECOGAN**, una herramienta informática del Ministerio de Agricultura en colaboración con el Ministerio para la Transición Ecológica. Su objetivo es registrar las MTDs aplicadas en granjas y estimar las emisiones ganaderas.

Características principales de ECOGAN:

- **Registro de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs):** Permite a los ganaderos notificar las técnicas aplicadas en sus explotaciones al **Registro General de Mejores Técnicas Disponibles**.
- **Cálculo y seguimiento de emisiones:** Evalúa las emisiones contaminantes generadas en cada explotación y su evolución en el tiempo.
- **Estimación de excretas y reducción de emisiones:** Analiza la cantidad de estiércol producido y la eficacia de las MTDs en la reducción de emisiones.
- **Optimización del uso de recursos:** Favorece una gestión eficiente del agua, la energía y los insumos en las explotaciones ganaderas.
- **Facilita el cumplimiento normativo:** Asegura que las explotaciones cumplan con las regulaciones medioambientales vigentes.
- **Proyección internacional:** Se ha convertido en un referente en la medición de la huella de carbono de la actividad ganadera y en la reducción de su impacto ambiental.

Criterios Técnicos para el Desarrollo de ECOGAN

El desarrollo de ECOGAN, como herramienta para el control y reducción de emisiones en explotaciones ganaderas, se basa en una serie de criterios técnicos que garantizan su efectividad, precisión y aplicabilidad. A continuación, se detallan los principales criterios considerados en su diseño e implementación:

- **Metodología de Cálculo de Emisiones**
  - Basada en las directrices del **Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)** y otras normativas internacionales como EMEP/CORINAIR)
  - Consideración de las **emisiones directas e indirectas**, incluyendo metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2) derivado de los consumos energéticos dentro de la propia granja, lo que permite la estimación de la Huella de Carbono de la actividad.
  - Cálculo de emisiones a partir de **factores de emisión específicos por tipo de ganado y sistema productivo**.

- **Integración de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs)**
- Incorporación de MTDs reconocidas a nivel europeo y nacional para la **gestión de estiércoles, alimentación, ventilación y eficiencia energética**.
- Cumplimiento con lo establecido en el **Real Decreto 1053/2022** sobre ordenación de explotaciones bovinas.
- Evaluación del impacto de cada MTD en la reducción de emisiones y su aplicabilidad en diferentes escalas productivas.
- **Plataforma Tecnológica y Digitalización**
- Sistema informatizado accesible para ganaderos, técnicos y administraciones.
- **Evaluación y Seguimiento de Resultados**
- Generación de informes anuales generales.
- Generación de informes personalizados con recomendaciones de mejora.
- Adaptabilidad a futuras regulaciones y avances científicos en materia de reducción de emisiones.

En definitiva, ECOGAN representa un avance de reconocido prestigio internacional en la gestión sostenible de la ganadería, proporcionando datos clave para la toma de decisiones y promoviendo la adopción de prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

En **conclusión**, la regulación medioambiental en la ganadería busca un equilibrio entre la producción agropecuaria y la sostenibilidad ambiental. A pesar de la percepción social sobre la contribución de la ganadería al cambio climático, los datos muestran que su impacto es menor que el de otros sectores. No obstante, las medidas adoptadas buscan mejorar su desempeño ambiental y garantizar su compatibilidad con la conservación del medio ambiente.

BOVIDCO$_2$: HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL MULTICRITERIO Y LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR VACUNO DE CARNE

Óscar del Hierro

NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario del País Vasco

La ganadería es responsable de la emisión de tres importantes gases de efecto invernadero (GEI): metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O), con una contribución estimada del 14,5% sobre el total de las emisiones globales de GEI (FAO, 2013). Estas emisiones provienen principalmente de la fermentación entérica del ganado, que libera metano (CH_4). Además, la gestión del estiércol genera tanto metano como óxido nitroso (N_20). Otros factores incluyen el uso de fertilizantes sintéticos, el consumo de combustibles fósiles en el transporte y en la maquinaria agrícola, y el consumo de concentrados y forrajes para la alimentación animal. No obstante, los rumiantes son capaces de aprovechar al máximo los pastos, cuyos suelos son grandes sumideros de carbono. Como resultado, la ganadería emite y absorbe GEIs. Esta característica le otorga un papel vital en la lucha contra el cambio climático y en el mantenimiento de la viabilidad de las granjas. Reducir el impacto climático del sector es posible gracias a la diversidad de acciones (MTDs) implementadas por los ganaderos. El objetivo del proyecto LIFE Carbon Farming es analizar y reducir la huella de carbono de 700 granjas europeas en Alemania, Bélgica, España, Francia, Irlanda e Italia en un 15% mediante la creación de un mecanismo de financiación climática para los ganaderos

Para ello, se dispone de BovidCO$_2$, herramienta multicriterio de evaluación medioambiental especializada en las explotaciones españolas de vacuno de carne. Ha sido diseñada y elaborada por NEIKER (Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario), así como por la Asociación Española de Productores de Vacuno de Carne (ASOPROVAC). Su finalidad es proporcionar a técnicos y ganaderos un sistema de medición del desempeño ambiental de sus explotaciones y facilitar la elaboración de planes de acción personalizados para reducir su impacto ambiental.

Las funcionalidades de BovidCO$_2$ se centran en una evaluación multicriterio que considera tanto los impactos negativos como las contribuciones positivas ligadas a la gestión ganadera. Entre los aspectos evaluados se incluyen:

- **Impactos ambientales**: emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), calidad del aire y del agua, y consumo de recursos, conforme a las metodologías definidas por el IPCC el EMEP/EEA, y el documento zootécnico elaborado por MITECO, así como las metodologías de cálculo elaborados por el SEI (Sistema Español de Inventario de Emisiones).
  BovidCO$_2$ aplica un enfoque de análisis de ciclo de vida (ACV) estimando las siguientes categorías de impacto: cambio climático (CC), acidificación potencial (AP) y eutrofización potencial (EP). Adicionalmente, estimas las emisiones de amoniaco, y realiza balances de N-P-K y energético a escala de explotación.

- **Contribuciones positivas**: secuestro de carbono, mantenimiento de la biodiversidad y número de personas que se alimentan debido a la producción cárnica de cada explotación. El secuestro de carbono se basa en la metodología desarrollada por Petersen et al. (2013), posteriormente evaluada por Batalla et al. (2015).

BovidCO2 considera las emisiones de GEI en los tres alcances establecidos por el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero:

- **Alcance 1**: emisiones directas de fuentes que son propiedad o están controladas por la empresa: consumo de combustibles fósiles, emisiones de CH_4 procedentes de la fermentación entérica y de la gestión del estiércol, emisiones de N_2O procedentes de la gestión del estiércol y de la aplicación de fertilizantes minerales, etc.
- **Alcance 2**: emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad adquirida.
- **Alcance 3**: otras emisiones indirectas que no son propiedad ni están controladas por la empresa (compra de concentrados, forrajes, fertilizantes, semillas, fitosanitarios, etc.)

BovidCO_2 ofrece una evaluación en tres etapas:

1. **Diagnóstico**: recopilación de datos para elaborar un inventario de ciclo de vida (ICV) de la explotación. La recopilación se realiza mediante un cuestionario o estadillo que permita elaborarlo a dos niveles: Nivel 1, donde únicamente se precisan alrededor de 30-50 datos; y Nivel 2, donde se realiza una recopilación mucho más detallada de los tres alcances. Esta fase de diagnóstico inicial permite a técnicos y ganaderos identificar los puntos de mejora de las explotaciones.
2. **Simulaciones**: una vez identificados los puntos de mejora, la herramienta permite elaborar un plan de mejora o "plan de carbono" donde se establecen las mejoras técnicas a implementar. La herramienta permite realizar simulaciones ("what happens if") de una o varias de las mejoras técnicas disponibles con el objetivo de conocer el impacto en términos de reducción de emisiones de GEI, de NH_3, o en términos de contaminación difusa por nitratos y fosfatos. Hay que recalcar que las simulaciones solamente se pueden llevar cuando la recopilación de datos (ICV) alcanza el Nivel 2 de precisión.
3. **Resultados**: proporciona un informe detallado del diagnóstico inicial, así como de los resultados *ex ante* obtenidos tras la simulación de una o varias mejoras técnicas disponibles (MTD). Los resultados se proporcionan mediante un cuadro de mando ("dashboard") en los que la información incluida, así como los resultados se desagregan en función del Nivel de precisión del inventario (ICV): Nivel 1: para ICVs de Nivel 1 para usuarios sin experiencia; Nivel 2: información más detallada, incluyendo aspectos socioeconómicos y contribuciones positivas de las explotaciones; Nivel 3: para personas usuarias con amplia experiencia bajo un enfoque de análisis de ciclo de vida.

BovidCO_2 no solo aborda aspectos ambientales, sino que también incorpora aspectos sociales y económicos esenciales para que la actividad ganadera sea viable, evaluando las condiciones de trabajo de los ganaderos y el desempeño económico de las explotaciones.

Esta herramienta forma parte del proyecto LIFE Carbon Farming, que cuenta con la participación de 50 socios y se desarrolla entre 2021 y 2027. El proyecto está cofinanciado por el programa LIFE de la Comisión Europea y busca promover prácticas agrícolas que contribuyan a la mitigación del cambio climático: objetivo de reducción de un 15% las emisiones de GEI en las explotaciones de vacuno de carne durante un periodo de 5 años, al tiempo que se establece un sistema de compensación económica para los ganaderos que logren reducir sus emisiones de GE.

En este marco, BovidCO_2 integra la metodología MRV (Monitorización, Registro y Verificación) para el cálculo de los créditos de carbono disponibles por cada explotación en función de las reducciones de GEI obtenidas tras la implementación de una o varias MTDs (acorde al Plan de Carbono desarrollado). Además, incluirá un referencial de costes que contemple tanto los gastos de implementación de las diferentes prácticas en las explotaciones como los asociados con la evaluación de la sostenibilidad, certificación y venta de los créditos de carbono por un tercero.

BovidCO_2 está disponible para profesionales interesados en gestionar el desempeño ambiental, económico y social de explotaciones de vacuno de carne de España

ECOGAN: REGISTRO DE MTD Y CÁLCULO DE EMISIONES A NIVEL DE GRANJA (VACUNO DE CEBO Y VACUNO DE LECHE)

Carmen Fernández Moro

Jefa de Servicio de Gestión Ambiental de la Ganadería. Subdirección General de Medios de Producción Ganaderos, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

El conocimiento de las emisiones en la ganadería y la existencia de mejores técnicas disponibles (MTD) para reducirlas, junto con las obligaciones legales de los ganaderos respecto a la aplicación de MTD y la estimación de emisiones hizo evidente la necesidad de disponer de un sistema a nivel nacional que permitiera medir las emisiones reales de las granjas, evaluar la eficacia de las medidas aplicadas y apoyar a los ganaderos en la reducción de emisiones (no se puede gestionar lo que no se puede medir).

En respuesta, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación desarrolló la aplicación informática ECOGAN, que facilita el cálculo, seguimiento y notificación de las emisiones de cada granja, así como de la notificación al Registro General de las MTD aplicadas en la granja con la finalidad de poder contabilizarlas y reportarlas al Sistema Español de Inventarios.

Con este punto de partida se inició desde cero un proyecto ambicioso que, gracias a la colaboración del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), así como de grupos de expertos y el propio sector ganadero nacional, se ha materializado actualmente en el **Sistema Informatizado ECOGAN.**

ECOGAN es un sistema de adhesión voluntaria, al que se encuentran adheridas actualmente todas las CCAA excepto Cataluña, que permite la armonización del sistema de recopilación y transmisión de datos lo que garantiza la calidad y comparabilidad de los datos a nivel nacional

¿QUE ES ECOGAN?

ECOGAN es una herramienta informática que realiza el registro de las mejores técnicas disponibles (MTD) que el ganadero aplica en su granja para la reducción de emisiones, y la estimación de las emisiones de gases efecto invernadero, contaminantes atmosféricos, huella de carbono de una granja concreta a lo largo del proceso productivo, teniendo en cuenta las técnicas y procedimientos utilizados:

- En la alimentación de los animales.
- En el diseño y manejo de los alojamientos.
- En el almacenamiento y gestión de los estiércoles y purines producidos.

Permite estimar las emisiones de forma homogénea a nivel nacional, para lo cual se aplica la metodología establecida en las guías internacionales. Con ello se garantiza:

- Transparencia
- Consistencia
- Homogeneidad y comparabilidad
- Robustez

- Equidad.

Las estimaciones de dichas emisiones se realizan de acuerdo con directrices actualizadas establecidas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y el Programa Europeo de Evaluación y Control Ambiental (EMEP/EEA) y otras instituciones con competencia en la materia, permitiendo la estimación de las emisiones de amoniaco, metano y óxidos de nitrógeno con un nivel de complejidad avanzado, de tal manera que sean compatibles con el Sistema Español de Inventario y Proyecciones que se establece mediante la citada Ley 34/2007 y cuyo funcionamiento se desarrolla en el citado Real Decreto 818/2018, de 6 de julio.

La base legal del sistema informatizado ECOGAN, se contempla en el Real Decreto 988/2022 de 29 de noviembre por el que se regula el Registro General de Mejores Técnicas Disponibles en explotaciones ganaderas y el soporte para el cálculo, seguimiento y la notificación de las emisiones en ganadería, que se encuentra actualmente en proceso de tramitación oficial.

¿PORQUÉ Y PARA QUÉ?

ECOGAN se ha desarrollado para proveer al sector ganadero y a las autoridades competentes de un soporte a nivel nacional que facilite la notificación al Registro General de las Mejores Técnicas Disponibles aplicadas en cada granja, así como el cálculo el seguimiento y la notificación de las emisiones de cada granja, imprescindible para poder estimar las excretas y reducciones obtenidas con la aplicación de las MTD.

En ECOGAN reside el Registro General de Mejores Técnicas Disponibles en explotaciones ganaderas que constituye un instrumento para garantizar el cumplimiento de los programas de reducción de emisiones que establecen las normativas de ordenación en los distintos sectores ganaderos.

De la misma forma, es un instrumento clave para monitorizar el alcance de las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero, y el uso eficiente de los recursos naturales en ganadería a nivel nacional, fomentar la mejora del comportamiento medioambiental de las granjas, así como para seguir la evolución de la situación, demostrar los avances en la reducción de la contaminación y la lucha contra el cambio climático, y corroborar el grado de cumplimiento de los acuerdos internacionales adquiridos por España en materia medioambiental y climática, ya referidos.

¿PARA QUIÉN?

Los destinatarios de esta aplicación informática son los titulares de las granjas obligadas por normativa, el público en general (permite hacer simulaciones) y las autoridades competentes.

En el caso concreto del sector bovino, el Real Decreto 1053/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas bovinas, establece que están obligadas a realizar la declaración de MTD aplicadas en la granja:

a) Las explotaciones bovinas de producción y reproducción para la producción de carne, leche, mixtas y recría de novillas, que no tengan la condición de explotación extensiva, pertenecientes a los siguientes grupos:

- Granjas nuevas del Grupo III: explotaciones con capacidad superior a 180 y hasta 850 UGM inclusive.

- Granjas existentes del Grupo IV: explotaciones con una capacidad superior a 850 UGM que a la fecha de entrada en vigor del presente real decreto ya se encontraran en funcionamiento, ya hubieran obtenido la autorización correspondiente o se encontraran pendientes de obtener dicha autorización conforme a lo establecido en la disposición transitoria primera

b) Las explotaciones bovinas de producción y reproducción clasificadas como cebaderos pertenecientes a los siguientes grupos:

- Granjas nuevas del Grupo III: explotaciones con capacidad superior a 360 y hasta 850 UGM inlcusive.
- Granjas existentes del Grupo IV: explotaciones con una capacidad superior a 850 UGM que a la fecha de entrada en vigor del presente real decreto ya se encontraran en funcionamiento, ya hubieran obtenido la autorización correspondiente o se encontraran pendientes de obtener dicha autorización conforme a lo establecido en la disposición transitoria primera

Deben comunicar anualmente a las autoridades competentes de su CCAA (antes del 1 de marzo del año en curso) las MTD aplicadas en la explotación durante el año anterior, siempre que se hayan modificado las existentes o siempre que se hayan incorporado nuevas. Esta comunicación se realizará en el formato que determine la autoridad competente de su CCAA.

Tabla 1. Requisitos medioambientales en la normativa de ordenación

REQUISITOS MEDIOAMBIENTALES	**BOVINO (RD 1053/2022)**
Gestión de estiércoles (art. 9-10)	Granjas con distinto grado de exigencia
	Almacenamiento Utilización PGE(SIGE) Trazabilidad
Reducción de emisiones (art. 11)	Granjas nuevas grupo III y granjas existentes grupo IV
	Alimentación multi-fase y PB + Alojamiento (reducción 25 %) + Almacenamiento exterior purines (reducción 80 %)
Comunicación de MTD (art. 17)	Granjas nuevas grupo III y granjas existentes grupo IV
	1 de enero- Antes 1 marzo

Además de establecer en la normativa de ordenación la obligación de implantar determinadas MTD por los ganaderos o conseguir determinado porcentaje de reducción de emisiones, es necesario establecer

un sistema de monitorización y seguimiento del grado de aplicación de estas. Para ello se ha establecido a través de la normativa de ordenación, el Registro General de MTD en la granja. gestionado por el MAPA. Este registro permite inventariar todas las MTD aplicadas en las granjas sujetas a normativa de ordenación (porcino, bovino y aves) y está materializado en la aplicación informática ECOGAN.

Actualmente se encuentra en funcionamiento para porcino y aves. A partir de enero de 2026 estará en funcionamiento para bovino. Este registro ha permitido alcanzar un nivel de precisión en las estimaciones de emisiones de nivel 3

¿CÓMO FUNCIONA ECOGAN?

ECOGAN fue diseñado por el MAPA con el fin de hacer sencillo lo complejo, por ello su estructura se basa en un **sistema de preguntas y respuestas** agrupadas en distintos pasos siguiendo las fases en las que se producen las emisiones en la granja. Así en base a las respuestas dadas por el usuario, ECOGAN reconoce las MTD aplicadas y lleva a cabo la estimación de las emisiones.

Para ello ECOGAN quedo articulado en 8 pasos con preguntas diferentes respecto a cada una de las fases del sistema productivo:

- Paso 1: Datos de la granja (Nº plazas, Sistema de Gestión Ambiental (SGA), Autorización Ambiental Integrada (AAI), etc.)
- Paso 2: Alojamientos (Plazas por alojamiento, nave nueva, Tipo animal, Tipo de producción, suelo, foso, etc.)
- Paso 3: Almacenamiento exterior (Tipo, capacidad, tiempo de almacenamiento, cubrición del sistema de almacenamiento, tratamiento posterior, destinos, etc.)
- Paso 4: Gestión Alojamientos (pesos de los animales, duración del periodo productivo, gestión nutricional, número de piensos y forrajes, datos nutricionales de los piensos y forrajes, destinos de los estiércoles, energía y agua en los alojamientos, etc.)
- Paso 5: Usos agrícolas (aplicación a campo de los estiércoles, programas de abonado, nº de técnicas de aplicación a campo, etc.)
- Paso 6: Consumos y aguas (consumos de combustibles, electricidad, suministro hidráulico, aguas residuales, etc.)
- Paso 7: Resultados (emisiones de la granja, gráficos respecto al valor de referencia, huella de carbono, Informe ganadero e Informe MTD)
- Paso 8: AAI (Información sobre AAI)

Normativa

Actualmente el sistema informatizado ECOGAN se encuentra regulado en base a tres pilares normativos que se complementan entre sí:

- Reales Decretos de ordenación ganadera destacando como ejemplo el Real Decreto 306/2021 que ofreció por primera vez base legal al Registro General de MTD mediante su artículo 11
- Real Decreto 988/2022 de 29 de noviembre, por el que se regula el Registro General de las Mejores Técnicas Disponibles en Explotaciones y el soporte para el cálculo, seguimiento y notificación de las emisiones en ganadería, y se modifican diversas normas en materia agraria.
- Ley 30/2022, de 23 de diciembre, por la que se regulan el sistema de gestión de la Política Agrícola Común y otras materias conexas. En el artículo 28 del título III 8 se define el régimen sancionador en relación al Registro de MTD definiendo la relación de responsables legales, así como de infracciones y sanciones en materia de la comunicación al Registro de MTD.

Entre estas normas, hay que destacar por su especial relevancia el **Real Decreto 988/2022**, ya que esta norma no solo permitió regular y estructurar dicho sistema, sino que además permitió establecer un procedimiento armonizado de recopilación, cálculo y transmisión de datos a través de ECOGAN complementándose de forma sinérgica con las disposiciones incluidas en la correspondiente normativa de ordenación de los diferentes sectores ganaderos.

La definición de un procedimiento armonizado de declaración y cálculo de emisiones a nivel nacional permite garantizar una gran calidad, homogeneidad y comparabilidad de los datos que se tratan en este sistema ofreciendo con ello un rigor científico y técnico hasta el momento inexistente.

PROCEDIMIENTO DE DECLARACIÓN DE LAS MTD APLICADAS EN LA GRANJA

1. Periodo de comunicación

En base al Real Decreto 988/2022, el periodo de declaración queda dividido en tres fases:

1. Periodo de comunicación de los ganaderos a su CCAA (1 enero a 28/29 febrero): los titulares de las granjas comunican sus datos a la autoridad competente de su comunidad autónoma (datos mínimos obligatorios incluidos en el Anexo I del RD 988/2022),
2. Periodo de notificación de las CCAA al MAPA (1 marzo a 1 de abril): las autoridades competentes de las CCAA transfieren estos datos al MAPA
3. Periodo de elaboración del informe anual de implantación de MTD del sector y remisión de los datos al sistema español de inventarios (SEI): el MAPA tras una revisión de los datos recibidos elabora un "Informe anual de implantación de MTD". Al mismo tiempo el MAPA transfiere estos datos al MITERD para que lleve a cabo un tratamiento de esta información y la incorpore en sus informes de emisiones y consumos que deben transferir a la Comisión Europea.

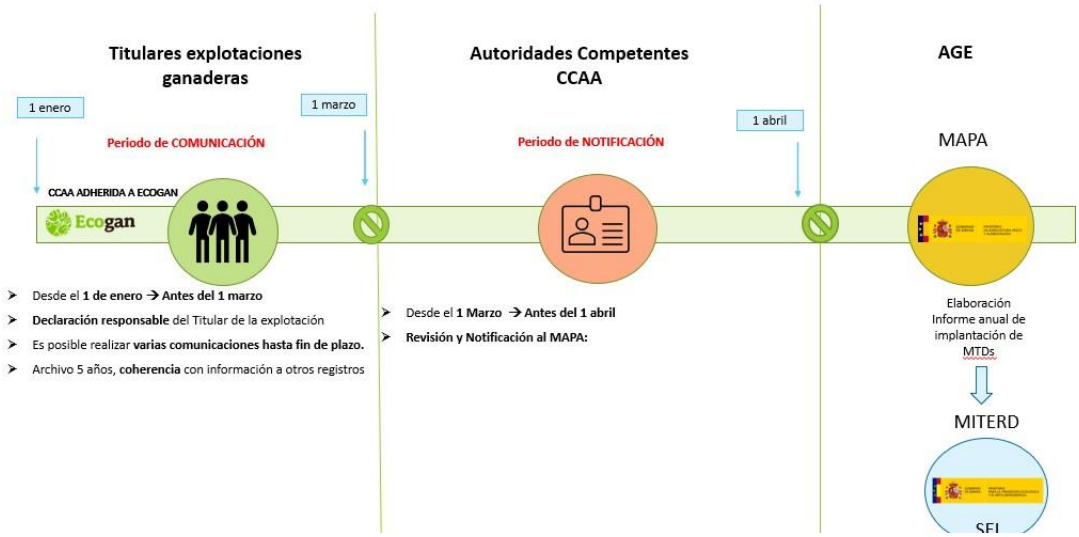


Figura 1. *Esquema del procedimiento de declaración ECOGAN*

2. Darse de alta en ECOGAN

Como hemos comentado ECOGAN es un sistema informatizado dinámico que ha ido adaptando su funcionamiento a las necesidades que los usuarios demandaban tras su puesta en marcha. Una muestra de ello son los tipos de usuarios que tienen acceso a ECOGAN, ya que si en su origen se configuro un sistema para cuatro usuarios principales (Administración General del Estado, CCAA, Ganadero y Público), actualmente ECOGAN dispone de hasta 9 perfiles que han logrado adaptarse a las necesidades que han ido surgiendo desde su puesta en marcha.

De este modo, actualmente la aplicación ECOGAN cuenta con nueve perfiles distintos entre sí, que se adaptan a las necesidades de los usuarios:

1. Ganadero
2. Representante legal
3. Autorizado
4. Público (para acceso a simulador)
5. Comunidades autónomas (CCAA)
6. Comunidad autónoma Consulta (CCAA Consulta)
7. Ministerio
8. Administrador General
9. Administrador Regional

Tabla 2. *Resumen perfiles disponibles en ECOGAN*

TIPO DE PERFIL	DEFINICIÓN	ALTA EN ECOGAN	FUNCIONES
GANADERO	**Persona física titular** de explotaciones dadas de alta en REGA (asociados a un DNI o NIE).	De manera automática a través del acceso "Alta ganadero" En caso necesario, por un perfil ADMINISTRADOR REGIONAL de la comunidad autónoma competente	Permite realizar la comunicación de MTD en ECOGAN, y acceder al cómputo de emisiones asociadas a la granja, así como a las reducciones. Además, permite acceder al simulador.
REPRESENTANTE LEGAL	Persona física (DNI o NIE) que actúa en nombre de **personas jurídicas (CIF) titulares** de explotaciones en REGA.	Por un perfil ADMINISTRADOR REGIONAL de la comunidad autónoma competente	Idéntico al perfil ganadero
AUTORIZADO	**Persona física (DNI o NIE)** que actúa en nombre de personas físicas (DNI o NIE) o jurídicas (CIF) titulares de explotaciones en REGA.	Por parte de un perfil "Ganadero" o "Representante legal", siempre bajo su responsabilidad.	Idéntico al perfil ganadero
ADMINISTRADOR REGIONAL	Perfil diseñado para las autoridades competentes de cada una de las CCAA adheridas a ECOGAN, que presenten un papel administrador.	Por un perfil ADMINISTRADOR O ADMINISTRADOR REGIONAL.	Acceso al simulador, y a "Gestión de usuarios" que permite el alta/baja/modificar datos de los perfiles CCAA/Ganadero/Representante legal/CCAA consulta y Administrador Regional que se encuentren en su CCAA.
CCAA	Autoridades competentes de las CCAA adheridas a ECOGAN que realizan la labor de notificar al MAPA las comunicaciones de MTD realizadas por los ganaderos en su territorio.	Por un perfil ADMINISTRADOR REGIONAL o ADMINSITRADOR	Acceso a simulador, a la supervisión de las comunicaciones realizadas por los ganaderos de su CA y la posterior notificación de estas comunicaciones al MAPA.
CCAA CONSULTA	Perfil diseñado para autoridades competentes de cada una de las CCAA adheridas a ECOGAN, para consultar datos de las notificaciones realizadas en su CA	Por un perfil ADMINISTRADOR O ADMINISTRADOR REGIONAL	Acceso al simulador, y "Acceso a mis granjas" únicamente a la visualización de declaraciones comunicadas y notificadas dentro de su CCAA.
MINISTERIO	Personas físicas (NIF) pertenecientes a la AGE (MAPA y MITERD)	Deben ser dados de alta en el sistema por un perfil ADMINISTRADOR.	Permite consultar las notificaciones realizadas por las CCAA, acceso a "Explotación de datos" y al simulador.
PÚBLICO	Persona física (NIF) titular o no de explotaciones en REGA, desean utilizar el simulador de ECOGAN sin comunicar los datos.	Por un perfil ADMINISTRADOR REGIONAL de la comunidad autónoma competente En el caso de CCAA no adheridas, por un perfil ADMINISTRADOR.	Permite a los usuarios que no disponen de granjas asociadas acceder al simulador de ECOGAN como única función.

3. Cumplimentar la declaración en ECOGAN: Pasos 1 a 7

Una vez que el ganadero se ha dado de alta como usuario y entra en ECOGAN se encuentra con una pantalla con 8 pasos. Como ya hemos visto ECOGAN se basa en una sistemática de preguntas y respuestas desarrollada en diferentes pasos. En base a las respuestas dadas por el usuario ECOGAN realiza una doble función:

1. Por un lado, reconoce las MTD que se están aplicando en la granja y elabora el informe de MTD que se envía al registro
2. Por otro lado, calcula los siguientes parámetros:

a. Excreta de nitrógeno, fósforo y óxido de fósforo
b. Emisiones de amoniaco, óxido nitroso, gas nitrógeno, óxidos de nitrógeno a nivel global de granja y a nivel especifico de los alojamientos y los sistemas de almacenamiento exterior de estiércoles
c. Emisiones de metano por fermentación entérica y por gestión de estiércoles
d. Huella de carbono en la granja por combustibles, electricidad y fermentación entérica

Los distintos pasos de ECOGAN atienden al proceso de generación de emisiones contaminantes y a las distintas fases donde se pueden aplicar MTD para la reducción de las emisiones. En la granja las emisiones se producen en las siguientes fases:

1. Alojamiento de los animales: pasos 2 y 4
2. Almacenamiento exterior de estiércoles (sólidos o líquidos: paso 3
3. Aplicación a campo: paso 5

El paso 6 atiende al registro de consumos energéticos, de agua y combustibles en la granja, que utiliza ECOGAN para el cálculo de la huella de C. En el siguiente gráfico se observa la distribución por pasos

dentro de la granja:



Figura 2. *Pasos ECOGAN en la granja*

En cada uno de los pasos de ECOGAN, será necesario elegir una respuesta de un desplegable ya dado y que coincide con las distintas técnicas o MTD aplicables en esa fase de la granja.

El paso 7 es el último paso de ECOGAN donde se recogen los resultados de las excretas y emisiones en la granja, analizadas en cada fase. Así mismo, este paso permite la descarga del informe ganadero y del informe de MTD.

INFORME GANADERO

- Recoge las preguntas y respuestas dadas por el usuario en cada paso de la declaración.
- Permite al usuario archivar la declaración completa

INFORME DE MTD

Este informe recoge las distintas MTD que ECOGAN ha ido reconociendo en base a las respuestas dadas por el usuario al cumplimentar la declaración a lo largo de los distintos pasos

La estructura del informe consta de 3 partes:

- Parte 1 o justificante de comunicación al registro: es la confirmación de la recepción de la información relativa a los datos de las MTD aplicadas en la granja, en la que figura la fecha de la comunicación. En este apartado se recogen los datos identificativos de la granja y la leyenda explicativa del informe
- Parte 2 o listado de MTD: recoge todas las MTD por grupos. En cada grupo se especifica si se está aplicando o no en la granja. Es importante la adecuada interpretación de los datos arrojados en esta parte ya que nos indicará la existencia de errores o la introducción de datos aberrantes en la declaración.

- Parte 3 o informe del % de reducción de emisiones: este apartado recoge los valores de reducción alcanzados en el total de la granja, en los alojamientos y en el almacenamiento exterior de estiércoles. Permite, a aquellas granjas sujetas a la obligación de reducir emisiones por real decreto de ordenación, comprobar el porcentaje de reducción alcanzado con respecto a la técnica de referencia en cuestión

4. Comunicación de la declaración a la autoridad competente de la CCAA: Paso 7

Desde este paso 7, el usuario lleva a cabo la comunicación de MTD al registro, previa revisión de los informes. ECOGAN no permite la comunicación sin la previa descarga del informe de MTD y del informe ganadero

ETOLOGÍA BOVINA Y SU APLICACIÓN EN LA PRÁCTICA PARA MEJORAR EL BIENESTAR ANIMAL Y LA SOSTENIBILIDAD

Isabel Blanco Penedo

Profesora agregada, Universidad de Lleida (UdL), y Lectora Adjunta Senior, Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas (SLU, Suecia)

Aunque existe un amplio consenso en que los animales de producción son seres sintientes, la evaluación de sus experiencias subjetivas sigue siendo un reto. A este respecto, la etología aplicada, es decir, el estudio del comportamiento, se ha convertido en un campo fundamental que aporta valiosas ideas para fomentar el buen manejo, el bienestar animal y promover un mayor conocimiento del papel que tienen los animales para una producción más sostenible y resiliente.

En general, la importancia del comportamiento y la etología aplicada para comprender, evaluar y mejorar el bienestar animal ha aumentado con el tiempo y se ha ampliado a nuevas disciplinas del conocimiento. El comportamiento también se ha utilizado para comprender la respuesta al estrés, y se ha propuesto una relación causal entre comportamiento y salud. A un nivel más aplicado, hace tiempo que se investiga el impacto del diseño del alojamiento y el equipamiento, y de las prácticas de manejo sobre el comportamiento, con el fin de satisfacer mejor las necesidades de los animales y aumentar su bienestar. Por otro lado, la evaluación clínica de la salud del animal, y particularmente en la evaluación del dolor también se aplica la etología. Algunos indicadores conductuales, son especialmente útiles para inferir que es lo que los animales quieren de sus ambientes.

Esta charla pretende traer en primer plano datos empíricos y debates teóricos que contribuyen a la discusión de temas contemporáneos tanto en la evitación de experiencias negativas como en la promoción de estados afectivos positivos. Abarcaremos la influencia de la selección genética, el sistema de alimentación, la formación y separación de grupos, la gestión ambiental y las condiciones de alojamiento relacionadas con entornos estimulantes (enriquecimiento táctil y auditivo, cepillos mecánicos, música, espejos), la intensificación de los sistemas de cría o las innovaciones como los cercados virtuales en la conducta y el bienestar del ganado vacuno. A través de diferentes prácticas de manejo y cuidados veterinarios (a modo de ejemplos) se explicará la conexión entre un mejor conocimiento del comportamiento como indicador para comprender y mejorar el bienestar animal y la práctica ganadera, así como su sostenibilidad. Ya que cabe destacar, que siempre que los animales estén involucrados o afectados por una actividad o método de producción, el bienestar de esos individuos es una parte importante de la sostenibilidad de la actividad o producto. La discusión sobre bienestar animal no es completa si no se desarrolla en el contexto mayor de la sostenibilidad ganadera.

¿VIVIR MÁS O VIVIR MEJOR? MÉTRICAS PARA ANALIZAR A FONDO LA CANTIDAD DE VIDA Y EL BIENESTAR ANIMAL CON EL FIN DE MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD GANADERA

Isabel Blanco Penedo

Profesora Agregada, Universidad de Lleida (UdL), y Lectora Adjunta Senior, Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas (SLU, Suecia)

La ciencia del bienestar animal se centra sobre todo en evaluar y mejorar la calidad de vida de los animales que realmente existen. Esto deja de lado toda una serie de cuestiones relevantes relativas a la cantidad de vida (en términos de número de animales vivos y longevidad de cada animal). En muchos casos, la cantidad y la calidad están relacionadas, y a menudo existe una tensión entre ambas que exige una compensación o contrapartida.

La disminución de la esperanza de vida de las vacas lecheras preocupa, y parece plantear una disyuntiva estratégica entre más vacas que viven menos tiempo (y posiblemente con peor bienestar) o menos vacas que viven más tiempo (y supuestamente una vida mejor). Mantener las vacas lecheras durante más tiempo está estrechamente relacionado con la capacidad de las ganaderías para producir leche de forma sostenible. Sin embargo, una vida más larga no es el único resultado deseable sino prolongar el periodo durante el cual se mantengan en buenas condiciones y así es donde debe centrarse la investigación.

Los principales factores de la relativamente corta vida productiva de las vacas lecheras están relacionados con el bienestar, pero otros factores económicos como la oferta de novillas, el progreso genético y la toma de decisiones no óptimas también desempeñan papeles importantes. La longevidad del rebaño, por tanto, es una característica muy compleja que depende de todos los aspectos de la vida útil de una vaca y no existe una definición ni una métrica estándar para medirla. A pesar de ello, medir e integrar la longevidad es importante porque influye en la rentabilidad y el impacto medioambiental de las ganaderías, así como en el bienestar de los animales.

Esta charla invita a reflexionar sobre la duración de la vida de las vacas y pretende desarrollar casos prácticos que presenten dilemas entre la calidad y la cantidad del vacuno lechero y ofrecer consideraciones sobre el posible recorrido vital de una vaca lechera, analizar la problemática y poner en valor métricas como por ejemplo la longevidad, el descarte, la mortalidad en granja para relacionarlas con el bienestar animal en la granja y con la mejora de la sostenibilidad del vacuno de leche. Se prestará especial atención a la precisión de la evaluación de la longevidad funcional (a través de los avances en la identificación de los factores clave y la evaluación del impacto de los acontecimientos positivos y negativos que afectan al bienestar y la longevidad, y al desarrollo ulterior de una nueva medida de longevidad ajustada al bienestar). Ya que, la mejora de la longevidad funcional responde a las necesidades directas expresadas por los ganaderos lecheros y, por lo tanto, los avances científicos tendrán muchas posibilidades de ser valorados para su implementación y de tener un efecto significativo en el bienestar animal y la productividad.

VIERNES

CUIDAR LA FERTILIDAD DE LAS VACAS LECHERAS MODERNAS ES CUIDAR EL OVOCITO: ¡LECCIONES APRENDIDAS DE LA INVESTIGACIÓN EN HUMANOS Y ANIMALES!

Conferencia 1: “Cuidar la fertilidad de las vacas lecheras modernas es cuidar el ovocito”

Conferencia 2: “El manejo de la fertilidad de las vacas lecheras comienza en la lactancia anterior”

JLMR Leroy [1] , I Xhonneux [1] , B Meulders [1] , K Moorkens [1] , A Smits [1] , L Loier, WFA Marei [1,2]

[1] Centro de Investigación de Gametos, Departamento de Ciencias Veterinarias, Universidad de Amberes, Wilrijk, Bélgica

[2] Departamento de Teriogenología, Ftad de Medicina Veterinaria, Uni. de El Cairo, Egipto

RESUMEN

La fertilidad de las vacas lecheras es clave para garantizar los ingresos del ganadero y reducir el impacto ambiental. Las investigaciones para analizar el impacto del manejo, la salud y la nutrición en los resultados de la fertilidad se enfrentan a la complejidad de la fisiología reproductiva. El objetivo final debería ser el parto de un ternero sano a tiempo, pero se trata de un proceso largo y multifactorial. Es difícil investigar la importancia específica de la calidad de los ovocitos en esta historia, aunque ahora se acepta generalmente que el cuidado de los ovocitos debería merecer un lugar central en el manejo de la fertilidad. Esta revisión tiene como objetivo proporcionar información a partir de modelos de investigación in vitro, animales y humanos centrándose en la importancia de la calidad de los ovocitos en relación con la salud y la dieta materna. En humanos, los trastornos metabólicos debidos a la obesidad y al estilo de vida poco saludable alteran directamente el microambiente del ovocito y afectan la calidad del ovocito. Tanto en vacas lecheras como en humanos, la movilización de lípidos, la inflamación y la infección afectan directamente la fisiología folicular y la calidad de los ovocitos. El estrés oxidativo y la disfunción mitocondrial desempeñan papeles clave en la patogénesis. Los efectos agudos sobre los ovocitos completamente desarrollados son evidentes, pero las primeras etapas foliculares también son sensibles al estrés metabólico, lo que produce un impacto a largo plazo en las células foliculares y los ovocitos. Estos conocimientos deben tenerse en cuenta al diseñar prácticas de manejo preventivo para garantizar una calidad óptima de los ovocitos en el momento de la ovulación y la inseminación de las vacas lecheras. Por lo tanto, en las mujeres obesas, mejorar la salud previa a la concepción es de suma importancia, pero la investigación en modelos animales demostró que la calidad de los ovocitos no se recupera por completo, incluso si la salud metabólica se restaura del todo. En los centros clínicos de reproducción asistida, los trastornos metabólicos maternos se relacionan con resultados decepcionantes de la tecnología de reproducción asistida. Los embriones derivados de ovocitos metabólicamente comprometidos exhiben niveles de estrés intracelular persistentemente altos debido

a mecanismos homeostáticos celulares débiles. Los propios procedimientos de tecnología de reproducción asistida forman una carga adicional para estos embriones defectuosos. Finalmente, es crucial considerar la sensibilidad a la programación epigenética que tiene lugar durante el desarrollo temprano. La investigación en humanos y modelos animales relevantes debería dar como resultado intervenciones de atención previa a la concepción y estrategias *in vitro no solo destinadas a mejorar la fertilidad sino también a salvaguardar la salud de la descendencia.*

INTRODUCCIÓN

Fertilidad de las vacas lecheras y la importancia de la calidad de los ovocitos; ¡No es tan fácil de investigar!

Ser fértil es una cuestión compleja y depende de multitud de factores, ligados no sólo al animal (fisiología) sino también al hardware (el establo) y al software (calidad de manejo y alimentación) que rodea al animal. Además, la definición de "ser fértil" es muy amplia y generalmente implica la "capacidad de producir un ternero sano". Un administrador de una lechería prefiere agregar un elemento adicional a esta definición: "¡un ternero sano **a tiempo** "! De hecho, el intervalo entre partos es muy importante en las vacas lecheras ya que está relacionado con una producción de leche más rentable y debe evitar vacas sobrecondicionadas al parto (de acuerdo con el concepto de ciclo de alta fertilidad, propuesto por (Middleton et al. , 2019) y muy discutido en (Fricke et al., 2023) . Esto implica que las vacas deben concebir poco después del parto, cuando es posible que la salud aún no se haya recuperado por completo, lo que enfatiza aún más la importancia de un manejo de alta calidad.

Los biólogos de la reproducción ahora aceptan generalmente el papel clave de la calidad de los ovocitos en este complejo proceso de ser fértil. Sin embargo, identificar la importancia específica del ovocito y los factores que afectan su calidad es muy difícil de investigar en el entorno de las vacas lecheras por varias razones. La calidad de los ovocitos no se puede evaluar in vivo a diferencia de otros elementos importantes de la fisiología reproductiva (como la expresión del celo, el equilibrio hormonal óptimo, la preñez, etc). De hecho, muchas mediciones de la calidad de los ovocitos son invasivas y provocan la destrucción de la propia célula. El estándar de oro definitivo para la calidad de los ovocitos es la capacidad de ser fertilizados y dar como resultado una descendencia sana. Esto significa que hay un gran "retraso" entre el momento en que el ovocito es impactado (por ejemplo, debido a factores asociados con un balance energético negativo o inflamación) y la "lectura" de la calidad del ovocito (nacimiento de una ternera sana). Por estas razones, se proponen parámetros alternativos más viables como sustitutos de la calidad de los ovocitos, como la capacidad de desarrollo in vitro, los patrones de expresión génica, la actividad metabólica, los perfiles transcriptómicos de las células del cúmulo, etc.

Además, varios otros factores (calidad del espermatozoide, ambiente uterino, entre muchos otros) impactan significativamente las probabilidades de una preñez exitosa. Además, cuando nos centramos en la capacidad de desarrollo de los ovocitos, existe una gran variación entre los ovocitos de la misma vaca donante de ovocitos, lo que hace aún más complicado aislar los factores que determinan la variación entre vacas en la calidad de los ovocitos.

Los modelos animales estratégicamente diseñados y los conocimientos de las clínicas de reproducción asistida humana son más adecuados para estimar la importancia relativa del ovocito propiamente dicho o del ambiente uterino a la hora de determinar las posibilidades de un nacimiento vivo. La práctica rutinaria de la donación de ovocitos humanos permite describir específicamente la importancia de las características de salud de la donante de ovocitos para determinar el éxito del embarazo o del

nacimiento. Muy recientemente, tres estudios investigaron el impacto de la obesidad femenina en grandes cohortes de pacientes que donaron un ovocito o recibieron un embrión de un donante (Peterson et al., 2024; Bakkensen et al., 2024 ;Fabozzi et al., 2024). En conjunto, se llegó a la conclusión de que lo más probable es que el entorno del útero tenga un impacto mayor en las tasas de natalidad en comparación con el ovocito. Sin embargo, si bien es imposible realizar estudios similares en vacas lecheras, también en humanos se necesitan estudios de cohortes prospectivos mejor diseñados (Bollig y Dolinko, 2024) . Estos estudios de cohortes son interesantes, pero no logran demostrar la causalidad. Como ejemplo muy reciente, dos (Pereira et al., 2024) demostraron que las vacas con niveles elevados de Leptospira spp. en su líquido folicular al recoger el óvulo transvaginal tenían una menor probabilidad de formación de embriones in vitro después de la fertilización. Si bien en este elegante estudio sólo se ilustran claramente las asociaciones, los autores concluyeron que la calidad de los ovocitos puede verse afectada debido a esta infección (causalidad). Por el contrario, los ensayos de control aleatorios están diseñados para investigar el impacto (causalidad) de un parámetro específico en la calidad de los ovocitos, pero desde un punto de vista práctico y ético, son imposibles en un entorno humano y/o muy costoso en modelos animales grandes. Para ello, los animales de laboratorio como ratones y ratas ofrecen una buena alternativa. Finalmente, los modelos in vitro permiten detectar factores que afectan la calidad de los ovocitos en un sistema 100% controlado y de alto rendimiento. Sin embargo, estos sistemas in vitro a veces están lejos de la fisiología in vivo, mientras que son inevitables para la generación de conocimientos fundamentales sobre la biología celular de los ovocitos.

La presente revisión tiene como objetivo mirar más allá del muro de investigaciones más fundamentales realizadas en entornos humanos, animales y de laboratorio. Estos estudios pueden proporcionar nuevos conceptos y conocimientos valiosos que deberían ayudar a optimizar aún más el manejo moderno de la fertilidad de las vacas lecheras.

Salud metabólica materna en los tiempos modernos e impacto en la fertilidad y en el ovocito vulnerable

Ser fértil y generar descendencia sana implica una serie compleja de eventos endocrinos, celulares y moleculares finamente controlados, que requieren una salud materna óptima. Se sabe que los trastornos metabólicos afectan la fisiología reproductiva y provocan subfertilidad. Exploremos este concepto primero en el área de la fertilidad femenina humana. Una dieta desequilibrada y un estilo de vida sedentario pueden provocar obesidad, diabetes tipo II o síndrome metabólico. La prevalencia de estos trastornos metabólicos de la salud está aumentando dramáticamente en todo el mundo y se han relacionado fuertemente con este problema de subfertilidad (Comité de Práctica de la Sociedad Estadounidense de Medicina Reproductiva, 2015 , OMS y UNFPA, 2006 , Valeggia y Ellison, 2009) . El informe regional europeo sobre obesidad de 2022 de la organización mundial de la salud (OMS) (Oficina Regional de la OMS para Europa, 2022) estipuló que casi el 60% de los adultos y el 30% de los niños son obesos o tienen sobrepeso. Esta prevalencia parece aumentar aún más debido a la pandemia de COVID-19 y las regulaciones de bloqueo impuestas. En muchos países europeos se observan niveles preocupantes de sobrepeso y obesidad entre hombres y mujeres en edad fértil, que siguen aumentando. En Hungría, Irlanda, Portugal, España y el Reino Unido se estima que más del 20% de las mujeres padecen obesidad cuando quedan embarazadas. Este porcentaje es similar en otros países europeos y sigue un patrón socioeconómico; la mayor carga la experimentan quienes provienen de entornos socioeconómicos más bajos (Oficina Regional de la OMS para Europa, 2022) . La prevalencia de infertilidad en mujeres obesas es hasta 3 veces mayor en comparación con las mujeres de peso normal, debido a una mayor prevalencia de síndrome de ovario poliquístico y ciclos oligoovulatorios o anovulatorios, menores tasas de concepción y más pérdidas de embarazos (Grodstein et al., 1994 ,

Comité de Práctica de la Sociedad Estadounidense de Medicina Reproductiva, 2015) . La subfertilidad asociada a la obesidad requiere tratamientos de fertilidad intensivos y costosos, lo que conlleva costos emocionales y financieros para el paciente y para el sistema de seguridad social (Koning et al., 2010) .

Sobre la base de investigaciones biomédicas exhaustivas, se acepta generalmente que una dieta desviada (contenido y proporción de energía o proteínas, micronutrientes desequilibrados), un desequilibrio energético, pero también un estado de obesidad o resistencia a la insulina, alteran gravemente el delicado sistema endocrino. El eje hipotalámico-pituitario-ovario-útero (Valeggia y Ellison, 2009) . En consecuencia, esto puede resultar en patrones de crecimiento folicular alterados con oligoovulación o anovulación. Además, esto puede conducir en última instancia a la ovulación de un ovocito de mala calidad y a un mayor riesgo de aborto, como se observa en pacientes obesas (Fedorcsak et al., 2000 , Metwally et al., 2007) . Los estudios epidemiológicos indican que con cada unidad de aumento del índice de masa corporal (IMC), la posibilidad de concepción espontánea en mujeres que ovulan se reduce en un 5% (Van der Steeg et al., 2008) . Por supuesto, dicha fertilidad reducida es un problema multifactorial; sin embargo, cada vez más investigaciones indican claramente que la calidad reducida de los ovocitos es un factor importante (para una revisión, ver Leroy et al. (2008b) , Wu et al. (2011)). La importancia primordial de la calidad reducida de los ovocitos en la patogénesis de la subfertilidad se confirma aún más por el hecho de que la transferencia de embriones de donantes de ovocitos sanos y de peso normal restableció el éxito del embarazo en madres obesas (Luke et al., 2011) .

Además, el decepcionante resultado de la tecnología de reproducción asistida (TAR) reportado clínicamente en mujeres con sobrepeso y obesidad resalta claramente la importancia específica de la calidad reducida de los ovocitos en la patogénesis de la subfertilidad (Pandey et al., 2010) . Aún no está claro si son los trastornos metabólicos asociados con la obesidad y un estilo de vida poco saludable (alimentos poco nutritivos, consumo de bebidas alcohólicas o azucaradas, tabaquismo, falta de consumo de frutas y verduras) o simplemente los cambios directos en el entorno de los ovocitos los que afectan calidad de los ovocitos. Setti et al. (2022) confirmaron muy recientemente, en un gran estudio de cohorte, que los malos hábitos de vida maternos, relacionados con la dieta y el tabaquismo durante los últimos 6 meses antes de someterse a la inyección intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI), se asociaron claramente con una reducción de la morfología de los ovocitos, la tasa de fertilización y la reducción del embrión. desarrollo, embarazo clínico y tasas de nacidos vivos. Es importante mencionar que todas las mujeres incluidas en este estudio buscaban asistencia clínica para quedar embarazadas por motivos femeninos y/o masculinos o por infertilidad inexplicable. Todas las mujeres tenían menos de 40 años, tenían ciclos menstruales regulares y un IMC entre 17,5 y 29,9. Por tanto, no se incluyeron pacientes obesos. Además, todos los análisis estadísticos aplicados se controlaron por la edad materna y el IMC. Tales estudios epidemiológicos indican claramente que no sólo una salud metabólica desviada, debido a la obesidad o un estilo de vida poco saludable, sino también agresiones específicas, a través de factores dietéticos o de estilo de vida, pueden afectar directamente el microambiente de los ovocitos y al ovocito propiamente dicho. Diferenciar el impacto indirecto del potencial directo de una dieta rica en grasas sobre la composición del líquido folicular (FF) y la calidad de los ovocitos sigue siendo un gran desafío. Además, hay muy pocos datos disponibles sobre cuánto tiempo tarda un factor específico del estilo de vida, como una dieta poco saludable, en afectar el entorno folicular y la calidad posterior de los ovocitos.

Los resultados decepcionantes de fertilidad no sólo son relevantes en entornos clínicos humanos. Como se mencionó anteriormente, en la ganadería, los resultados de fertilidad determinan los ingresos del agricultor, la eficiencia de la gestión y el impacto ambiental (gases de efecto invernadero y emisiones de

nitrógeno) (von Soosten et al., 2020 , Garnsworthy, 2004) . Actualmente se reconoce que el fracaso reproductivo en la cría de cerdos y vacas es una carga importante y tiene graves consecuencias económicas. El estrés metabólico debido, por ejemplo, al balance energético negativo (BEN), se ha correlacionado fuertemente con resultados decepcionantes de fertilidad en la industria láctea moderna en todo el mundo (Berry et al., 2016) . La movilización excesiva de grasa en vacas con BEN y los efectos lipotóxicos resultantes, mayores niveles de estrés oxidativo y un mayor estado inflamatorio, tienen el potencial de impactar directamente en el microambiente del ovocito y, por lo tanto, pueden reducir la calidad del ovocito. Cada vez más investigadores coinciden en que lo más probable es que los acidos grasos no esterificados (NEFA) o las altas concentraciones de cetonas sean meros signos de adaptaciones homeorréticas o al menos ajustes que no son perjudiciales. Otros factores como la inflamación y las infecciones (sub)clínicas pueden ser el vínculo causal subyacente entre la salud de la transición y el éxito de la fertilidad (Rico y Barrientos-Blanco, 2024 , Horst et al., 2021) .

La presente revisión resaltará algunos de los factores mencionados anteriormente. Sin embargo, es importante mencionar que algunos estudios no pudieron encontrar ninguna asociación negativa entre el perfil metabólico posparto (pp) de la vaca y la calidad y el desarrollo de los ovocitos al comparar diferentes puntos temporales (de 21 días a 80 días pp) (Matoba et al., 2012).) o al comparar vacas lactantes con pp temprano con novillas (Rizos et al., 2005) . Por lo tanto, la asociación entre la salud metabólica y la calidad de los ovocitos parece depender de otros factores que pueden variar de una granja a otra, como la inflamación, la infección, la nutrición, los aditivos alimentarios, el alojamiento, el manejo, el estado de antioxidantes (AO) y el estrés.

El ovocito y las consecuencias para la salud de la descendencia.

La creciente evidencia apunta hacia la importancia del período de periconcepción para el desarrollo de enfermedades no transmisibles en etapas posteriores de la vida, lo cual se refleja en el concepto o hipótesis DOHaD (Developmental Origins of Health and Disease) (Barker, 2007 , para una revisión muy reciente, ver Peral-Sánchez et al., 2022) . Los mecanismos detrás de este impacto han sido ampliamente estudiados y se basan en modificaciones epigenéticas, que afectan el nivel de expresión, actividad o silenciamiento de genes específicos. Los principales tipos de modificaciones epigenéticas son la metilación del ADN, las modificaciones de histonas y los ARN no codificantes. Tanto la premaduración como la maduración final de los ovocitos, pero también el desarrollo temprano del embrión antes de la implantación y el desarrollo posterior en el entorno uterino, han sido reconocidos como ventanas importantes para la reprogramación de la huella epigenética (Fleming et al., 2012) . El estudio holandés sobre la hambruna fue uno de los primeros y más conocidos enfoques epidemiológicos que destacó la vulnerabilidad específica del período de periconcepción y cómo puede afectar la salud posnatal de los adultos (Roseboom et al., 2006) . Estudios posteriores lo confirmaron (Waterland et al., 2010) . Ge et al. (2014b) ilustraron la vulnerabilidad específica del ovocito, describiendo cambios en las marcas epigenéticas de los ovocitos en condiciones de diabetes materna. La salud metabólica y la obesidad paternas también se han relacionado con las marcas epigenéticas y la salud de la descendencia, lo que enfatiza aún más la importancia crucial del gameto y su entorno (Lane et al., 2015) . Fleming et al. (2018) esmeradamente resumió el impacto significativo de una perturbación metabólica ambiental previa a la concepción en el ovocito e indicó la importancia de los cuidados previos a la concepción para salvaguardar la salud de las próximas generaciones. Esto implica que las enfermedades metabólicas del adulto, como el síndrome metabólico, la obesidad y la diabetes tipo II, pero muy probablemente también la reducción de la fertilidad y la calidad de los ovocitos, pueden tener su origen en la salud materna antes y justo después de la concepción. Esta es una noción muy importante si pretendemos diseñar consejos

de atención médica personalizados para mujeres (o parejas) subfértiles que buscan un embarazo. Se publicó una opinión reveladora en Fertility and Sterility (octubre de 2019) en la que se afirma que "la atención previa a la concepción debe convertirse en un componente clave de la medicina reproductiva, ya que es la mejor ventana de oportunidad para mejorar la fertilidad de la madre y sentar las bases para la salud del niño. Se trata de ganar la batalla antes de que comience la guerra" (Simon, 2019) .

Hasta el momento no hay estudios disponibles en entornos de vacas lecheras que investiguen el impacto específico del microambiente de los ovocitos en la salud y el rendimiento de la próxima generación. Se encuentran disponibles resúmenes de literatura más amplios que cubren muy bien el concepto de origen del desarrollo de la salud y la enfermedad (DOHAD) en vacas lecheras (Robles y Chavatte-Palmer, 2017 , Wathes, 2022), pero no existe una disección de la importancia de la calidad de los ovocitos en este contexto. Recientemente, un estudio muy interesante de Lafontaine et al. (2023) investigaron la asociación epigenética del uso de tecnología de reproducción asistida con el desempeño a lo largo de la vida. El entorno in vitro del ovocito en maduración y del embrión previo a la implantación no se asoció con una producción alterada de leche de la descendencia durante las tres primeras lactancias, mientras que el gran conjunto de datos canadienses reveló una sutil disminución en la fertilidad y los valores genéticos.

CONOCIMIENTOS RECIENTES SOBRE LOS MECANISMOS QUE VINCULAN LA SALUD MATERNA CON LA CALIDAD DE LOS OVOCITOS

El microambiente del ovocito, espejo de la salud materna

La adquisición de la competencia de desarrollo de los ovocitos es un proceso acumulativo que tiene lugar en el folículo ovárico durante el crecimiento y la maduración de los ovocitos (Fulka et al., 1998 , Watson, 2007) implica una secuencia de cambios citoplasmáticos y moleculares complejos que son esenciales para que el ovocito sea fertilizable y, en última instancia, dé lugar a una descendencia viable. Cualquier perturbación en el microambiente del ovocito dentro del folículo ovárico tiene un impacto potencial en la calidad del ovocito y la competencia en el desarrollo (Krisher, 2013 , Mermillod et al., 2008) , lo que pone en riesgo la fertilidad.

Ya se ha descrito bien en varios estudios que la salud materna altera drásticamente la composición del microambiente del ovocito. La obesidad, la dieta, el estilo de vida y las enfermedades afectan directamente el crecimiento folicular y la composición del FF (Leroy et al., 2015) . En el FF no solo se han detectado marcadores de resistencia a la insulina, dislipidemia , estrés oxidativo e inflamación sistémica, sino también componentes bacterianos como los lipopolisacáridos (LPS) (Piersanti et al., 2019) . Las células de la granulosa (GC) expresan receptores tipo peaje que pueden ser activados por LPS para producir citocinas proinflamatorias que obstaculizan la calidad de los ovocitos (Bromfield y Sheldon, 2011) . Las adipocitoquinas A, producidas por el tejido adiposo, se reflejan en el FF y están ligadas a la capacidad de desarrollo de los ovocitos. En el FF, las concentraciones de factor de necrosis tumoral α (TNFα), interleucina 6 y 10 y otras citocinas inflamatorias también se han relacionado con la calidad de los ovocitos y las posibilidades de un embarazo exitoso (Wyse et al., 2021) . Al igual que otros, generamos una gran cantidad de datos que relacionan la salud metabólica materna con la composición del FF, tanto en mujeres como en el modelo de vaca lechera de alta producción. En vacas lecheras de alta producción, se ha descrito bien que la lipólisis regulada positivamente, debido a una sensibilidad reducida a la insulina, un nivel bajo de insulina, obesidad o un estado catabólico asociado a un BEN, coincide con un aumento significativo en las concentraciones de ácidos grasos libres en sangre y en FF (

Leroy et al., 2005 , Valckx et al., 2014b). Aprendimos que estas concentraciones elevadas de ácidos grasos libres juegan un papel importante a la hora de explicar la calidad reducida de los ovocitos observada en estos animales, ya que inducen lipotoxicidad a nivel del complejo cúmulo de ovocitos (COC). Mirabi et al. (2017) confirmaron en muestras foliculares humanas que concentraciones más altas de ácidos grasos saturados (particularmente ácido palmítico) coinciden con una menor capacidad de desarrollo de ovocitos *in vitro* después de la ICSI. Las vías específicas asociadas a la lipotoxicidad en el ovocito se analizarán en detalle a continuación.

Se ha documentado que no solo la dieta y la salud materna, sino también el estrés por calor (HS), tienen efectos adversos drásticos en la calidad de los ovocitos y el posterior desarrollo embrionario en vacas lecheras (Yin et al., 2019 , Sartori et al., 2002) . Esto se debe al impacto directo del calor a nivel del ovocito y el folículo y/o a una reducción indirecta inducida por el estrés en la ingesta de materia seca y la concomitante exacerbación del estado de BEN (Abdelatty et al., 2018).

Muchos estudios retrospectivos interesantes compararon la composición del FF de ovocitos que se desarrollaron hasta el blastocisto con aquellos que no se desarrollaron más tanto en humanos (Batushansky et al., 2020 , Jungheim et al., 2011) como en vacas (Annes et al., 2019).) . De esta forma fue posible proponer varios marcadores predictivos de la calidad de los ovocitos. Moore y cols. (2017) incluso descubrieron que los metabolitos del FF (perfiles de ácidos grasos y aminoácidos específicos) son altamente predictivos del mérito genético de la fertilidad. Sin embargo, estos estudios tan interesantes sólo muestran una asociación y, por lo tanto, no logran identificar un vínculo causal.

Además de la composición del FF, se han identificado muchos genes de células del cúmulo y marcadores de proteoma como buenos predictores de la calidad de los ovocitos (Bunel et al., 2015 , Alves et al., 2019 , Si et al., 2021) . La fisiología de las células del cúmulo está íntimamente relacionada con la calidad de los ovocitos, como lo han analizado elegantemente y en detalle Marchais et al. (2022) .

Alterar el microambiente del ovocito puede ser un enfoque interesante para afectar directamente la calidad del ovocito y así mejorar los resultados de fertilidad. Al igual que otros, realizamos varios estudios sobre el cambio de la composición del FF mediante suplementación dietética como primer paso para acercarse al ovocito (para una descripción general, consulte Valckx y Leroy, 2015) . En modelos animales (como la vaca lechera) es bastante sencillo, por ejemplo, alterar el contenido y el perfil de ácidos grasos o las concentraciones de oligosacáridos (AOs) específicos en el compartimento folicular, lo que proporciona una oportunidad atractiva para mejorar la calidad de los ovocitos (Leroy et al. , 2014 , De Bie et al., 2016) . Kermack et al. (2021) informaron recientemente por primera vez en un entorno clínico que una intervención dietética de 6 semanas tiene el potencial de aumentar las concentraciones de ácidos grasos omega-3 en FF humanos. Además, demostramos que, por ejemplo, el ácido linolénico agregado al entorno final de maduración del ovocito tiene el potencial de proteger al ovocito de los efectos lipotóxicos de los ácidos grasos saturados elevados (Marei et al., 2017) . Sin embargo, es difícil comprender estas consecuencias específicas para el ovocito, ya que, además de los efectos directos a nivel de ovocito, las intervenciones dietéticas pueden inducir varios cambios indirectos, como cambios en las vías de señalización endocrina, alteración de la función inmune y la salud metabólica, y diferentes patrones de crecimiento folicular. Un enfoque fundamental de abajo hacia arriba en un entorno *in vitro completamente controlado* puede ser el primer paso para analizar un impacto específico a nivel del ovocito, descubrir las vías involucradas y comprender las posibles interacciones cuando se altera más de un factor influyente (De Bie et al., 2017) . Sin embargo, traducir estos conocimientos y aplicarlos en la clínica sigue siendo un desafío importante. Además, se espera que la variación individual y los factores

ambientales agreguen una capa adicional de complejidad, ya que pueden inducir variación en la respuesta a tales intervenciones.

Vesículas extracelulares como mediadoras de la salud materna al ovocito.

La comunicación multidireccional entre las células foliculares y el ovocito se lleva a cabo a través de uniones comunicantes o secreción paracrina y autocrina de moléculas (Bosco et al., 2011) . Además, las vesículas extracelulares (VE) se liberan a partir de varios tipos de células y desempeñan un papel crucial en la comunicación entre células, también en los folículos ováricos (para una descripción detallada, consulte Raposo y Stoorvogel, 2013 , Simon et al., 2018) . Los vehículos eléctricos pueden ejercer efectos fisiológicos y patológicos esenciales tanto en las células receptoras como en las células madre a través de diversas moléculas funcionales (ARN, proteínas, ADN y lípidos), ya sea como componentes estructurales o de carga (Valadi et al., 2007 , Hailay et al., 2019). , Keller et al., 2011) . Curiosamente, tanto en el FF humano como bovino, se han aislado VE (Sohel et al., 2013 , Santonocito et al., 2014) y se encontró que el contenido de microARN (miARN) de VE está asociado con la capacidad de desarrollo de los ovocitos (Sohel et al., 2014). otros, 2013) . Muy recientemente Gebremedhn et al. (2020) repasaron el papel de los vehículos eléctricos en la modulación de las respuestas al estrés metabólico y ambiental en el folículo ovárico. Sin embargo, se necesita mucha más investigación para estudiar la composición de la carga de los vehículos eléctricos del FF de individuos metabólicamente estresados y aún está por descubrir su papel potencial en la reducción de la capacidad de desarrollo del ovocito. Utilizando un modelo de vaca lechera, Hailay et al. (2019) caracterizaron el panorama de miARN VE del FF de novillas nulíparas, BEN y vacas con balance energético positivo. Los resultados mostraron varios miARN conocidos bien conservados (n = 365) dentro de los vehículos eléctricos. Además, la predicción de objetivos y el análisis de vías revelaron una regulación negativa de 5 miARN EV (miR-2285, miR-451, miR-132, miR-486 y miR-874) en BEN en comparación con vacas con balance energético positivo. El análisis *in silico* reveló que estos miARN expresados diferencialmente están implicados en varias vías, incluida la vía de señalización del factor de crecimiento tumoral β (TGF- β) , conocida por su papel en el desarrollo de ovocitos y embriones (Yu et al., 2016) . Además , se expresaron diferencialmente 37 miARN entre vacas BEN y vaquillas nulíparas VE . Estos resultados son sin duda prometedores, pero también en este caso todavía faltan vínculos causales directos entre las características de los vehículos eléctricos y la calidad de los ovocitos. La adición directa de VE aisladas al medio de cultivo parece ser un enfoque prometedor (Asaadi et al., 2021) para estudiar más a fondo la capacidad de rescate y protección de las VE contra factores estresantes con el fin de mejorar la calidad de los ovocitos (Gebremedhn et al., 2020) .

El ovocito sufre, pero ¿cómo?

Los cambios en las concentraciones de metabolitos séricos se reflejan en el FF que rodea al ovocito como se explicó anteriormente (Leroy et al., 2004 , Valckx et al., 2012) . El folículo y la ovogénesis son períodos muy sensibles a tales alteraciones en el medio ambiente, ya que el ovocito utiliza los metabolitos de su microambiente para satisfacer sus necesidades energéticas y anabólicas (Best y Bhattacharya, 2015 , Valckx et al., 2014a) .

La exposición de ovocitos a condiciones lipotóxicas en modelos de ratones obesos, pero también la exposición *in vitro,* da como resultado una mayor cantidad de gotitas de lípidos intracelulares (Yang et al., 2012 , Wu et al., 2010) . Los ácidos grasos intracelulares altamente disponibles, almacenados en forma de triglicéridos, se metabolizan mediante β-oxidación mitocondrial, lo que da como resultado una actividad mitocondrial regulada positivamente que conduce a una mayor producción de ROS y estrés oxidativo (Burton et al., 2003 , Marei et al., 2017 , Iossa et al., 2002) . En consecuencia, la función del

retículo endoplásmico (RE) se verá perturbada debido a alteraciones estructurales y acumulación de proteínas mal plegadas debido al daño oxidativo. Este estrés resultante del RE provoca respuestas específicas de proteínas desplegadas (UPRer) (Zhang y Kaufman, 2008 , Diakogiannaki et al., 2008 , Borradaile et al., 2006) , que son respuestas coordinadas que incluyen la detención del ciclo celular, la atenuación transitoria de la síntesis de proteínas y estimulación de la expresión nuclear de acompañantes en un intento de mantener la homeostasis celular. Bajo altos niveles de estrés celular, esto dará como resultado la inducción de apoptosis (Marei et al., 2019c , Runkel et al., 2014 , Rutkowski y Kaufman, 2004 , Kaufman, 1999) .

Las mitocondrias son de capital importancia para garantizar la competencia del desarrollo de los ovocitos, ya que son importantes para la producción de energía, además de regular la señalización del calcio y la apoptosis (Van Blerkom, 2004 , Kirillova et al., 2021 , Agarwal et al., 2008) . Cada vez hay más pruebas de que la disfunción mitocondrial desempeña un papel central en la patogénesis de la calidad reducida de los ovocitos en condiciones de estrés metabólico (Marei et al., 2019c , Marei et al., 2020 , Saben et al., 2016 , Wu et al., 2010) . Recientemente hemos demostrado que el 30% de las alteraciones proteómicas inducidas por lipotoxicidad en los ovocitos están relacionadas con disfunciones mitocondriales (Marei et al., 2019c) . Además, se ha descrito ampliamente en modelos de ratón *in vivo* e *in vitro* que un microambiente rico en grasas induce disfunción mitocondrial en el ovocito. Esto también se ha demostrado en estudios en humanos y en modelos bovinos *in vitro*. Se han informado los siguientes cambios en las funciones mitocondriales: alteración del potencial de membrana mitocondrial (MMP) (Wu et al., 2010 , Marei et al., 2017 , Igosheva et al., 2010) ; números de copias de ADN mitocondrial (ADNmt) alterados (Luzzo et al., 2012 , Santos et al., 2006 , Marei et al., 2020) ; mutaciones del ADNmt (Larsson, 2010) ; anomalías morfológicas como membranas rotas, menos crestas, desorden de las crestas, hinchazón, disminución de la densidad electrónica y aumento de la vacuolización (Luzzo et al., 2012 , Marei et al., 2020 , Smits et al., 2020b) ; aumento de la biogénesis mitocondrial (Luzzo et al., 2012 , Boudoures et al., 2017 , Larsson, 2010) y β-oxidación deficiente (Reynolds et al., 2015 , Boudoures et al., 2016 , Hou et al., 2016) . La alteración de la dinámica citoesquelética dependiente de ATP también altera la formación del huso y la segregación cromosómica, lo que conduce a un marcado aumento de la aneuploidía (Nakagawa y FitzHarris, 2017) . De manera similar, se ha demostrado que el estrés calórico altera la distribución mitocondrial y reduce las MMP en ovocitos bovinos recolectados en verano y, en menor medida, en otoño en comparación con los recolectados en invierno (Gendelman y Roth, 2012) . Es importante destacar que los ovocitos no son capaces de activar la mitofagia en respuesta al daño mitocondrial, por lo que estas mitocondrias no serán eliminadas del ovocito (Boudoures et al., 2017) .

En respuesta al estrés oxidativo, se observan UPR similares a las del RE en las mitocondrias (UPRmt) (Münch y Harper, 2016) . Un análisis proteómico exhaustivo de ovocitos bovinos después de la maduración *in vitro* (IVM) en condiciones lipotóxicas mostró varios cambios antiapoptóticos, como una mayor abundancia de proteínas antioxidantes mitocondriales (en particular, PRDX3, respuesta al estrés oxidativo mediada por NRF2, activación de p70S6K-14-3 -3 señalización) (Marei et al., 2019c) , todos los cuales se sabe que están involucrados en la activación de mecanismos de supervivencia (Chang et al., 2004 , Lim et al., 2013 , Amin et al., 2014) .

Mecanismos moleculares que conducen a la alteración epigenética en los ovocitos.

El ovocito sufre una extensa reprogramación epigenética e impronta genómica durante el desarrollo pre y posnatal, que son procesos clave en el establecimiento de patrones epigenéticos de la descendencia (

Pan et al., 2012 , Smallwood et al., 2011) . Debido a la naturaleza dinámica de la reprogramación, el epigenoma del ovocito es particularmente sensible a los cambios en el microambiente. Esto se ilustra con diferentes estudios que muestran que la obesidad inducida por la dieta en ratones alteró significativamente la metilación global del ADN y las modificaciones de histonas en ovocitos completamente desarrollados (Hou et al., 2016 , Ge et al., 2014a , Ge et al., 2014b) . Los estudios en nuestro laboratorio han demostrado que la exposición a concentraciones fisiopatológicas de NEFA durante la MIV y el CIV bovino produce patrones epigenéticos alterados en cigotos, mórulas (Meulders et al., 2023) y blastocistos (Desmet et al., 2016) . Además, la expresión de *DNMT3b*, una enzima esencial en la regulación de la metilación del ADN *de novo*, se reguló positivamente en blastocistos después de la exposición de AOC a NEFA durante la MIV (Van Hoeck et al., 2013) . Además, los patrones de metilación del ADN de varios genes relacionados con el metabolismo (p. ej., *leptina* y *PPARα*) cambian en los ovocitos de ratones obesos y en los ovocitos de sus crías (Ge et al., 2014a) . Finalmente, se observó una pérdida de metilación del ADN en el locus del gen *PLAGL1 impreso* en ovocitos después de MIV en presencia de concentraciones elevadas de NEFA (O'Doherty et al., 2014) . Investigaciones recientes han sugerido que la disfunción mitocondrial inducida por lipotoxicidad es un mediador importante de estos cambios epigenéticos. La eliminación del factor de fisión mitocondrial *Drp1* en ovocitos de murinos provocó una disfunción mitocondrial, interrumpió el desarrollo posterior y provocó alteraciones en los patrones de metilación del ADN y las histonas (Adhikari et al., 2022) . Además, la inhibición específica de la producción de ATP mitocondrial de ovocitos bovinos con oligomicina A dio como resultado patrones alterados de metilación del ADN y modificación de histonas en los ovocitos y posteriormente produjo cigotos y mórulas (Meulders et al., 2024) . Esto indica que una función mitocondrial de un ovocito afectada puede tener efectos duraderos en el desarrollo posterior y la salud posnatal a través de alteraciones en el epigenoma. Por supuesto, se necesita mucha más investigación.

¿Cuánto tiempo tarda un ovocito en verse afectado?

Como se describió anteriormente, el impacto directo de la salud o la dieta materna sobre la calidad de los ovocitos está relativamente bien documentado. Sin embargo, aún no está claro cuánto tiempo tarda una enfermedad o una dieta obesogénica en afectar negativamente al ovocito. Todos los estudios que investigaron el efecto de la obesidad inducida por una dieta alta en grasas (HFD) en la calidad de los ovocitos realizaron el análisis en un momento dado después de un período relativamente largo de exposición que varía de 4 semanas (Wu et al., 2010 , Ruebel et al., 2016) a 6 semanas (Igosheva et al., 2010) o incluso 13 semanas (Marei et al., 2020) . Estos estudios muestran una mayor expresión de genes marcadores de estrés del RE (*ATF4* y *GRP78*) en ovocitos de ratones después de 4 semanas de alimentación con HFD, junto con un contenido de lípidos dramáticamente aumentado de los ovocitos y una MMP reducida en comparación con los ovocitos de ratones alimentados con una dieta de control. (Wu y otros, 2010) . Después de 4 semanas de alimentación con HFD, se mostró un aumento en los genes proinflamatorios en los ovarios de ratas Sprague Dawley (Ruebel et al., 2016) . Después de 6 semanas de alimentación con una dieta obesogénica, los ovocitos de los ratones mostraron una actividad mitocondrial alterada (Igosheva et al., 2010) . Marei et al. (2020) informaron un aumento en la expresión de *PRDX6*, un mayor contenido de gotitas de lípidos y una función mitocondrial alterada en los ovocitos de ratones suizos después de 13 semanas de alimentación con HFD. Se han informado diferentes efectos, sin embargo, se desconoce el momento en que estos efectos comienzan a desarrollarse en el ovocito. No está claro si los efectos podrían ocurrir como una respuesta muy aguda a la dieta (después de horas o días), incluso antes del desarrollo de un fenotipo obeso, o sólo después de una exposición prolongada a la dieta (después de varias semanas). Tampoco se sabe a partir de qué etapa folicular el ovocito se ve afectado por la enfermedad o la dieta materna. Se necesitan modelos

animales estratégicamente diseñados para responder a estas preguntas tan relevantes. Los datos recientes generados en un estudio recientemente finalizado en nuestro laboratorio revelaron que los ovocitos recolectados de ratones alimentados con una dieta alta en grasas y azúcar ya mostraron un aumento del 60% en el volumen total de gotas de lípidos después de 24 horas de alimentación en comparación con el grupo de control. Este aumento fue persistente hasta las 8 semanas de alimentación (Moorkens, 2024) . Esta nueva información indica claramente que el contenido de lípidos en los ovocitos depende simplemente de la dieta y su composición y no (sólo) del fenotipo obeso y su metabolismo alterado subyacente.

¿Están en juego los folículos preantrales, que afectan la calidad de los ovocitos muchas semanas antes de la ovulación?

Las vacas con NEB grave pierden la puntuación de condición corporal (BCS) debido a la movilización excesiva de grasa, lo que conduce a concentraciones elevadas de NEFA en sangre principalmente durante las primeras 3 semanas. Los efectos lipotóxicos directos de las altas concentraciones de NEFA sobre la competencia del desarrollo de los ovocitos se han descrito anteriormente. Sin embargo, la primera inseminación artificial (IA) en vacas generalmente solo tiene lugar después de 50 a 60 días pp. En ese momento, el equilibrio energético generalmente se restablece y las concentraciones sanguíneas de NEFA se normalizan (Carvalho et al., 2014 , Leroy et al., 2004) . Sin embargo, las tasas de embarazo todavía se ven afectadas por la gravedad de la pérdida de NEB y BCS (Carvalho et al., 2014) . Se ha demostrado que las vacas que pierden BCS durante el período de transición (de 21 días antes a 21 días después del parto (Barletta et al., 2017)) o durante las primeras 3 semanas pp (Carvalho et al., 2014) tienen un menor embarazo/IA en comparación con aquellos que mantuvieron o ganaron BCS. Además, las vacas en el cuartil más alto de pérdida de peso corporal durante las primeras 3 semanas pp produjeron el porcentaje más alto de embriones degenerados y el porcentaje más bajo de embriones transferibles después de la superovulación, la IA y el lavado de embriones en el día 60 pp, en comparación con las vacas en el otro cuartil. tres cuartiles (con menor o ningún cambio de peso) (Carvalho et al., 2014) . Estos resultados sugieren fuertemente que la pérdida severa de NEB y BCS durante el período temprano de pp tiene un impacto remanente a largo plazo en la calidad de los ovocitos y la competencia del desarrollo más adelante en el momento de la reproducción. Se han descrito efectos de arrastre similares sobre la calidad de los ovocitos después de un episodio de HS (Roth, 2017 , Al-Katanani et al., 2002) . Como se describió anteriormente, la HS puede reducir directa o indirectamente la calidad de los ovocitos (Abdelatty et al., 2018 , Roth, 2008 , Torres-Júnior et al., 2008) . Es importante destacar que, al igual que el BEN pp, dicho impacto negativo de la HS en la competencia del desarrollo de los ovocitos persiste durante al menos 1 o 2 meses después del final de la temporada de verano, antes de que se restablezcan por completo las tasas normales de fertilidad (Roth, 2017) .

Los mecanismos de ese impacto a largo plazo sobre la calidad de los ovocitos y la fertilidad parecen ser multifactoriales, pero no están completamente definidos. Una mayor prevalencia de eventos de salud en vacas con NEB grave junto con una mayor inflamación y endotoxemia durante el período pp pueden tener efectos indirectos sobre las funciones ováricas y la calidad de los ovocitos (Piersanti et al., 2020 , Dickson et al., 2020) . Por otro lado, ahora se acepta comúnmente que las primeras etapas del desarrollo folicular y los ovocitos que los contienen pueden ser vulnerables y afectados. Teniendo en cuenta que la foliculogénesis es un proceso largo que puede tardar más de 90 días en el ganado (Fair, 2003) , los folículos pequeños que están metabólicamente comprometidos en las primeras etapas de la gestación pueden alcanzar la ovulación en el momento de la reproducción varias semanas después de la restauración de la salud materna. Esta noción ya ha sido postulada por la hipótesis de Britt en 1992 (

Britt, 1992) , pero como es muy difícil diseñar un diseño experimental adecuado para estudiar este concepto, todavía faltan pruebas sólidas. El impacto de la HS en las primeras etapas foliculares está mejor ejemplificado. El enfriamiento de las vacas durante 42 días antes de su sacrificio en verano no mejoró su capacidad de desarrollo de ovocitos *in vitro* en comparación con las vacas que no fueron enfriadas (Al-Katanani et al., 2002) , mientras que la transferencia de embriones evita el problema de la reducción de la calidad de los ovocitos y da como resultado una mayor tasa de embarazo (Roth, 2017) . De hecho, se ha demostrado que los folículos ováricos pequeños (0,5 a 1 mm de diámetro) y los ovocitos que los contienen son muy sensibles a la hipertermia (Roth et al., 2000) . Cuando se cultivaron fragmentos de corteza ovárica bovina *in vitro* en condiciones hipertérmicas durante 12 horas, una menor proporción de los folículos primordiales encerrados permanecieron viables después de 7 días de cultivo en comparación con los controles (Paes et al., 2016) . Esto se asoció con una mayor expresión de *HSP70* y genes relacionados con la apoptosis en los folículos afectados (Paes et al., 2016) . Hace muy poco presentamos un estudio en ratones, investigando las características mitocondriales de los ovocitos en los folículos primordiales latentes. Una dieta obesogénica en ratones obesos afectó drásticamente la morfología de las mitocondrias incluso en estos grupos de ovocitos inactivos, lo que confirma aún más que estos folículos inactivos son sensibles a los problemas de salud metabólica materna (Xhonneux et al., 2024) .

Es importante mencionar que la asociación entre BEN, calidad de los ovocitos y fertilidad varía significativamente entre diferentes estudios y de una granja a otra (Carvalho et al., 2014) . La inducción experimental de BEN mediante el consumo restringido de alimento en novillas nulíparas durante 50 días no influyó en la preñez/IA después de la IA a los 50 días e incluso aumentó la preñez/IA en el día 93 (varias semanas después del final de la restricción energética) en comparación con las novillas alimentadas con una dieta de mantenimiento (Parr et al., 2015) . Es posible que los cambios hormonales durante la gestación aumenten la sensibilidad de la vaca al estrés metabólico durante la transición. Este concepto se confirmó en modelos de ratones obesos que muestran que el embarazo *per se* puede aumentar significativamente la gravedad de la resistencia a la insulina y el estrés metabólico en respuesta a la alimentación con una dieta rica en grasas y azúcar (Pennington et al., 2017) .

Un estudio reciente en nuestro laboratorio tuvo como objetivo generar más evidencia y conocimientos mecanicistas sobre el impacto a largo plazo del BEN pp en el microambiente folicular y la calidad de los ovocitos en el momento de la reproducción en vacas lecheras (Marei et al., 2022) . Estudiamos las correlaciones entre diferentes parámetros metabólicos (pérdida de BCS, NEFA, glucosa y factor de crecimiento de insulina 1 (IGF1)) y antioxidantes (βcaroteno (βC); vitamina E (Vit E); vitamina A (Vit A); estado antioxidante total (TAS derivados de metabolitos reactivos del oxígeno (dROM); e índice de estrés oxidativo (OSI)) en la sangre a las 2 y 8 semanas pp, y en el FF a las 8 semanas (recolectados mediante recogida de óvulos (OPU) después del estro); sincronización, tras el periodo de espera voluntario). También examinamos las asociaciones entre estos factores con cambios en el perfil transcriptómico de GC (RNAseq) del folículo preovulatorio (antes del aumento de la hormona luteinizante (LH)) en el momento de la reproducción (8 semanas pp) (Marei et al., 2022). Curiosamente, dicha asociación fue claramente evidente con los NEFA en sangre, βC y Vit E en la semana 2. Las vacas en el cuartil superior de concentración de NEFA en sangre en la semana 2 (0,86 ± 0,16 mM) se asociaron con 64 genes expresados diferencialmente (DEG) en los GC. en la semana 8 en comparación con el cuartil más bajo. Los DEG regulados positivamente se relacionaron con la respuesta celular al estrés, la respuesta inmune (p. ej., regulación de la producción de citoquinas) y la respuesta a lípidos y cetonas; mientras que los DEG regulados a la baja estaban relacionados con procesos catabólicos de lípidos, procesos metabólicos de carnitina y coenzima A y procesos metabólicos de nitrógeno celular. No se pudo encontrar ninguna

asociación con las concentraciones sanguíneas de NEFA en la semana 8, que disminuyeron en todas las vacas hasta los niveles basales.

Por otro lado, las vacas en el cuartil más alto de βC y vitamina E en sangre de la semana 2 se asociaron con 341 DEG en los GC en la semana 8 en comparación con aquellas en el cuartil más bajo. El patrón de expresión de estos genes indicó un menor catabolismo proteico dependiente de ubiquitina, mayor biosíntesis y empalme de ARN, y mayor expresión de genes implicados en respuesta a LH y estrógenos, mayor actividad esteroidogénica y menor apoptosis, junto con un aumento de actividad oxidorreductasa, mitógeno. cascada de proteína quinasa activada (MAPK) y vías relacionadas con la activación de la meiosis en el ovocito, lo que sugiere una mayor capacidad para respaldar la calidad del ovocito y mejorar la competencia del desarrollo. Las vías relacionadas con la inflamación aguda, la regulación negativa del factor nuclear potenciador de la cadena ligera kappa de la actividad del factor de transcripción de las células β activadas (NF-kappa β), los procesos catabólicos dependientes de la oxidación, la biosíntesis de esfingomielina, la fragmentación mitocondrial y la lipofagia estaban todas reguladas negativamente en estas células. En otras palabras, los folículos que comienzan a crecer en presencia de altas concentraciones de AO (βC + Vit E) en la sangre en la semana 2 pp parecen exhibir menos respuestas inflamatorias y menos estrés celular y catabolismo cuando alcanzan la ovulación en la semana 8.

Además, examinamos la posible interacción entre los AO sanguíneos y los NEFA en las funciones de GC. En otras palabras, examinamos si el estado óptimo de AO puede atenuar los efectos a largo plazo de los NEFA en el folículo ovárico. En vacas con altas concentraciones de NEFA en la semana 2, las concentraciones de AO en sangre en la semana 2 no influyeron en el perfil transcriptómico de GC (solo 3 DEG), mientras que las concentraciones de AO en sangre en la semana 8 tuvieron un fuerte efecto (194 DEG). La anotación funcional de estos genes indica una mejor viabilidad celular, actividad metabólica y capacidad de soporte de los ovocitos, y niveles más bajos de inflamación y estrés celular.

A partir de esto, podemos concluir que la condición de salud metabólica materna muchas semanas (incluso meses) antes de la ovulación puede tener un impacto drástico a largo plazo en las funciones de GC en los folículos preantrales y antrales tempranos, lo que puede resultar en una calidad decepcionante de los ovocitos en el momento de la ovulación. También podríamos concluir que dicho efecto podría verse atenuado por una concentración óptima de AO en sangre durante el momento de la reproducción.

OPORTUNIDADES PARA APUNTAR AL OVOCITO PARA TRATAMIENTO O PREVENCIÓN

La importancia de los antioxidantes

Como se describió anteriormente en base a nuestro estudio del transcriptoma de GC en vacas lecheras, los AO tienen la capacidad de alterar la fisiología folicular. Los AO son moléculas que pueden neutralizar los radicales libres provenientes de ROS. El sistema de defensa del AO contiene enzimas AO, compuestos no enzimáticos endógenos, proteínas secuestradoras de metales y AO dietéticos como la vitamina E, carotenoides, ácido α-lipoico y acetil L-carnitina. La vitamina E es una AO dietética importante y está presente en las membranas plasmáticas, protegiendo las células contra las ROS. βC es el precursor del retinol no AO o Vit A y también tiene funciones principales en el crecimiento celular, la diferenciación y la regulación del desarrollo (Marshall et al., 1996 , Gómez et al., 2006) . El ácido α-lipoico tiene efectos positivos sobre la maduración de los ovocitos, la fertilización y el desarrollo embrionario y la acetil L-carnitina mejora el suministro de energía a las células (Agarwal et al., 2003 , Agarwal et al., 2012) . Estos

ejemplos son sólo la punta del iceberg y está claro que un sistema de defensa de AO óptimo a nivel de ovocitos requiere una ingesta suficiente de AO para mantener el equilibrio entre ROS y AO.

Un aumento del estrés oxidativo está relacionado con la subfertilidad (Leroy et al., 2008a , Leroy et al., 2008b , LeBlanc, 2010a , Leblanc, 2010b , Van Hoeck et al., 2014) , lo que indica la importancia de una defensa celular competente del sistema de AO. Esto también se ha confirmado a nivel del microambiente del ovocito (Nishihara et al., 2018) . Los ovocitos son muy sensibles a estos desequilibrios debido a su largo proceso de maduración en contacto con su entorno. Más específicamente, los ataques de estrés oxidativo en el ovocito pueden inducir perturbaciones en el ciclo de un carbono, lo que dificulta los procesos de metilación del ADN y también afecta la estabilidad y segregación de los cromosomas y, por lo tanto, puede conducir a aneuploidía (para una revisión, ver Dattilo et al. (2016)). Las mujeres con obesidad abdominal sufren de hiperlipidemia con cantidades significativamente mayores de marcadores de peróxido de lípidos en suero y en FF en comparación con las mujeres sin obesidad abdominal (Nasiri et al., 2015) . Esto conduce a una mayor acumulación de ROS y menores tasas de fertilidad debido al entorno lipotóxico de los ovocitos. De manera similar, el estrés metabólico observado en las vacas lecheras en transición conduce a niveles más altos de estrés oxidativo en el microambiente de los ovocitos. Además, las vacas lecheras con pp temprano tienen una mayor necesidad de AO para cubrir los altos niveles de estrés oxidativo sistémico. En un estudio de caso flamenco (De Bie et al., 2019 , De Bie et al., 2014) , De Bie *et al.* informaron en 2019 que un tercio de las vacas lecheras flamencas tenían niveles plasmáticos circulantes deficientes de concentraciones de βC y Vit E (Baldi, 2005 , Calsamiglia y Rodríguez, 2012) . En un estudio europeo más amplio se informaron hallazgos similares (Mary et al., 2021) . Los principales factores que influyen en los niveles plasmáticos de βC y Vit E son el estado de lactancia de la vaca, el tipo de granja, la estación, las vitaminas suplementadas en la dieta y el parto de la vaca. Actualmente se acepta generalmente que las concentraciones óptimas de Vit E y βC apoyan significativamente el resultado reproductivo en las vacas lecheras (Miller et al., 1993 , Meyer et al., 1975 , Lotthammer, 1979 , Baldi et al., 2000 , Pontes et al., 2015) . Más específicamente, pudimos demostrar que la suplementación diaria con βC mejoró sustancialmente la disponibilidad de βC y retinol en el microambiente del ovocito, tanto en vacas con balance energético negativo como positivo. Esto crea una oportunidad para apuntar directamente al ovocito a través de intervenciones dietéticas diseñadas estratégicamente (De Bie et al., 2016) . Los conocimientos fundamentales del pozo confirmaron que la maduración de los ovocitos en presencia de altas concentraciones de AO puede tener un impacto protector, lo que da como resultado embriones más resistentes a una agresión de estrés metabólico (De Bie et al., 2021).

Si bien varios estudios *in vitro* sobre suplementación con AO parecen arrojar resultados prometedores, los datos clínicos prospectivos que muestran claramente los efectos positivos de la ingesta oral de AO son débiles (Showell et al., 2020) . Existe una gran heterogeneidad en el diseño del estudio y los antecedentes clínicos y sociales de los pacientes pueden variar considerablemente. Unas estrategias de suplementación demasiado fuertes con AO pueden incluso provocar una alteración de los procesos reguladores esenciales durante la maduración, la ovulación y la fertilización de los ovocitos. Además, la composición de la dieta puede ser un factor perturbador importante, ya que puede alterar la biodisponibilidad del AO en el tracto gastrointestinal. Lo más probable es que los enfoques adaptados al paciente sean el único camino a seguir.

Como se explicó anteriormente, la importancia del ART sigue aumentando cada año. El entorno *in vitro* y los procedimientos de manipulación son una fuente importante de estrés oxidativo. La suplementación con AO para compensar los efectos negativos de este entorno artificial se ha probado exhaustivamente

(para una revisión, consulte Zarbakhsh (2021). Por ejemplo, la vitamina E tiene efectos positivos sobre la maduración de los ovocitos y la competencia del desarrollo de ovocitos y embriones (Marques et al., 2008 , Dalvit et al., 2005 , Natarajan et al., 2010 , De Bie et al., 2021) , como retinoides, que aumentan el crecimiento celular y la diferenciación celular (Ikeda et al., 2005) . Además, Truong et al. (2022) demostraron que la combinación AO de ácido α- lopoico , acetil L-carnitina y N-acetil-cisteína mejoró la tasa y la calidad de los blastocistos murinos a un nivel similar a los controles *in vivo* . La misma combinación de AO también aumentó el desarrollo de embriones murinos *in vitro* , junto con una reducción del índice de células apoptóticas de los embriones criopreservados (Truong et al., 2022) . Uno de los principales obstáculos de las aplicaciones de AO in vitro es que solo se puede utilizar AO soluble en agua sin necesidad de incluir disolventes. En conjunto, la suplementación con AO al paciente o en el pozo *in vitro* constituye una puerta de entrada importante para mejorar la calidad de los ovocitos y puede compensar las agresiones causadas por la dieta o una salud materna alterada. Sin embargo, se necesita mucho más, especialmente investigación *in vivo*, para modular y personalizar cuidadosamente estas estrategias de suplementación.

Las mitocondrias como objetivo clave para mejorar la calidad de los ovocitos

Explicamos anteriormente que Las condiciones de estrés provocan UPR mitocondriales y ER que favorecen la supervivencia en el ovocito, que se espera que aumenten la supervivencia del embrión después de la fertilización (Marei et al., 2019c) . Sin embargo, los embriones derivados de ovocitos metabólicamente comprometidos tienen tasas más altas de fragmentación y detención del desarrollo durante el desarrollo temprano, y tasas más altas de apoptosis de blastómeros (Marei et al., 2019b) . Esto ilustra que los mecanismos endógenos de la UPR no son suficientes para combatir el daño o evitar que se agrave aún más después de la fertilización, lo que lleva al fracaso del desarrollo embrionario, generalmente antes de la formación de blastocistos (Marei et al., 2019b , Diskin et al., 2011 , Marei y Leroy, 2021) . Los niveles intracelulares elevados de ROS y MMP pueden persistir después de la fertilización, lo que resulta en efectos de arrastre durante el desarrollo temprano del embrión (Marei et al., 2019b) . Los embriones supervivientes exhiben disfunción mitocondrial persistente (MMP más baja debido al desacoplamiento mitocondrial) y estrés oxidativo (Marei et al., 2019b) , que se asocia con un metabolismo celular alterado y un linaje y diferenciación celular alterados en la etapa de blastocisto (Van Hoeck et al. ., 2015 , Van Hoeck et al., 2011 , Leary et al., 2015) . Recientemente, informamos en Human Reproduction que incluso después de la transferencia a un útero sano, estos embriones bovinos presentan retraso en el crecimiento, comunicación embrio-materna alterada y disfunciones celulares duraderas (Desmet et al., 2020) .

Controlar la producción de ROS mitocondrial y mejorar la capacidad de las mitocondrias para resistir el estrés celular puede ser un enfoque eficaz para mejorar la calidad de los ovocitos y de los embriones tempranos, o al menos para reducir el estrés a niveles tolerables hasta que se permita la biogénesis mitocondrial en etapas posteriores después de la formación del blastocisto (Lima et al. al., 2018) , es decir, que el daño mitocondrial se autorepare (Marei y Leroy, 2021) . Los antioxidantes convencionales suelen ser eficaces para prevenir la acumulación de ROS, pero tienen una capacidad limitada para aliviar el estrés oxidativo o restaurar las funciones mitocondriales en los ovocitos cuando el estrés metabólico está en curso (De Bie et al., 2021 , Smits et al., 2020a) . Por el contrario, se han desarrollado y aprobado AO dirigidos a las mitocondrias, como la mitoquinona (MitoQ), para mejorar los trastornos relacionados con el síndrome metabólico en muchos tejidos y tipos de células (Feillet-Coudray et al., 2014) . MitoQ está compuesto de coenzima Q10 (CoQ10, un potente eliminador de ROS que se produce naturalmente en la cadena de transporte de electrones mitocondrial) unida a un fuerte transportador catiónico. Por

lo tanto, MitoQ puede acumularse dentro de las mitocondrias y prevenir (la progresión del) daño oxidativo mitocondrial (Milagros Rocha y Victor, 2007) . Estudios recientes muy prometedores en nuestro laboratorio han demostrado que *in vitro* La suplementación con MitoQ durante la MIV en condiciones lipotóxicas podría rescatar las funciones mitocondriales en los ovocitos bovinos y aliviar por completo el impacto de la lipotoxicidad en el desarrollo embrionario posterior (Marei et al., 2019a) . Más importante aún, la suplementación con MitoQ durante la VCI de embriones derivados de ovocitos metabólicamente comprometidos podría reducir significativamente la fragmentación y la apoptosis de los embriones y restaurar las tasas y la calidad normales de los blastocistos (Marei et al., 2019b) . De manera similar, la suplementación con CoQ10 durante la MIV protegió la calidad de los ovocitos de las agresiones lipotóxicas (Marei et al., 2023). y demostró restaurar los patrones de distribución mitocondrial y la competencia de desarrollo de los ovocitos recolectados durante el otoño (que exhiben un nivel moderado de HS) (Gendelman y Roth, 2012 , Roth, 2018) . Sin embargo, la CoQ10 resultó no tener ningún efecto en los ovocitos bovinos recolectados durante el verano, probablemente debido a un nivel de estrés demasiado alto (Gendelman y Roth, 2012 , Roth, 2018) .

Además de la reducción de la calidad de los ovocitos relacionada con los trastornos metabólicos y la HS, el envejecimiento también se ha relacionado fuertemente con la reducción de la calidad de los ovocitos y la infertilidad en humanos y modelos animales (Moghadam et al., 2022) . La reducción en la calidad de los ovocitos se manifiesta principalmente como defectos relacionados con la edad en la dinámica de los microtúbulos y una formación comprometida del huso, lo que lleva a un marcado aumento de la aneuploidía (Nakagawa y FitzHarris, 2017 , Ma et al., 2020 , Eichenlaub-Ritter et al., 2004). . Estos defectos parecen deberse principalmente a la acumulación de mutaciones del ADNmt y disfunción mitocondrial (Ma et al., 2020) . La suplementación con MitoQ durante la MIV de ovocitos recolectados de ratones de edad avanzada (18 meses de edad) podría reducir significativamente la aparición de desalineaciones cromosómicas del 78% a tasas similares a las observadas en ratones jóvenes (1 mes de edad) (22%) (Al-Zubaidi et al. ., 2021) .

Si bien los resultados *in vitro* son realmente prometedores, la administración específica de AO mitocondriales dirigidas al ovario para manipular la calidad de los ovocitos *in vivo* puede ser un desafío. Varias barreras biológicas pueden impedir que estas moléculas lleguen al ovocito, como la barrera hematofolicular, las capas compactas de células del cúmulo y la zona pelúcida. Se han desarrollado diversas preparaciones farmacéuticas, como liposomas y nanopartículas poliméricas, para modificar la maquinaria de importación de proteínas mitocondriales, lo que permite dirigirse específicamente a las mitocondrias (Wang et al., 2017) . Recientemente hemos demostrado que las nanopartículas poliméricas de ácido láctico-co-glicólico (PLGA) son absorbidas por las células del cúmulo de los AOC y se acumulan en los extremos de la proyección transzonal en la región subzonal del ovocito sin ningún impacto negativo sobre la capacidad de desarrollo de los ovocitos (Goncalves et al., 2021) . La modificación de estas partículas para dirigirse específicamente a los folículos ováricos puede convertirse en una herramienta muy eficaz para administrar moléculas mitocondriales dirigidas al ovocito *in vivo* .

Intervenciones de atención previa a la concepción y el impacto en la calidad de los ovocitos.

Ya hemos destacado el período previo a la concepción como una ventana crucial para las mujeres que aspiran a quedar embarazadas. Las intervenciones de atención previa a la concepción (PCCI) deberían mejorar la salud metabólica materna en las semanas y meses previos a la concepción a medida que tienen lugar procesos importantes como la foliculogénesis (3-4 meses en humanos, 3 semanas en ratones) (Clarke, 2017) . Aún no sabemos si dicha mejora de la salud metabólica materna antes de la

concepción tiene el potencial de mejorar o incluso restaurar la calidad de los ovocitos que finalmente ya se ha visto obstaculizada durante las primeras fases del crecimiento folicular en condiciones metabólicas poco saludables. Como se explicó anteriormente, los estudios con vacas lecheras, pero también con ratones específicos, indican claramente la vulnerabilidad del conjunto de folículos latentes que conduce a un bajo éxito de fertilidad después de la fertilización del ovocito maduro. Aplicado en el entorno humano donde la obesidad es un problema de salud importante, su especialista en fertilidad recomienda a las mujeres con sobrepeso y obesidad que tienen problemas para quedar embarazadas que pierdan peso antes de la concepción para aumentar sus posibilidades de tener un embarazo saludable y exitoso (Jungheim y Moley, 2010 , Lassi et al., 2014 , Pasquali, 2006) . Sin embargo, hasta ahora, no existen directrices claras basadas en evidencia sobre la atención previa a la concepción en estas mujeres infértiles con sobrepeso y obesidad, ya que muchos de estos estudios clínicos no tienen el poder estadístico suficiente debido a las altas tasas de abandono y se ven confundidos por el origen social desconocido de las pacientes incluidos en el estudio (Sim et al., 2014 , Einarsson et al., 2017 , Mutsaerts et al., 2016) . Diseñar estrategias sólidas de atención previa a la concepción para futuras madres obesas es casi imposible en un entorno clínico puro, aunque muy necesario e importante. Existe una clara necesidad de realizar más investigaciones fundamentales, que investiguen el impacto de las intervenciones previas a la concepción sobre la fertilidad en general y, más específicamente, sobre la calidad de los ovocitos, con el fin de obtener información crucial sobre pautas claras antes de la concepción. ¿Se puede rescatar o incluso restaurar la calidad de los ovocitos en mujeres metabólicamente comprometidas?

Investigaciones anteriores mostraron un impacto beneficioso de las intervenciones dietéticas en la salud metabólica al mejorar la composición corporal, los lípidos plasmáticos, la sensibilidad a la insulina, etc. (Aksungar et al., 2017 , Andersen y Fernandez, 2013 , Cui et al., 2013 , Vangoitsenhoven et al., 2018) . Sin embargo, hasta ahora, se dispone de información muy limitada sobre el impacto de dicha dieta previa a la concepción en la calidad de los ovocitos (Reynolds et al., 2015 , Tsagareli et al., 2006) . La pérdida de peso severa, como resultado de una dieta de restricción calórica, resultó en un aumento significativo de la movilización de lípidos con un posible impacto negativo significativo en la fertilidad (Jensen et al., 2014 , Legro, 2017) . Por lo tanto, en entornos clínicos se desaconseja la pérdida intensa de peso justo antes de la concepción (Legro, 2016) , lo que sugiere que la normalización de la dieta podría ser un enfoque más adecuado. Sin embargo, nunca se habían hecho comparaciones directas. Además, se desconoce el periodo de tiempo más adecuado para esta intervención. La foliculogénesis en ratones dura 3 semanas (Clarke, 2017), lo cual es una noción muy importante cuando se pretende investigar si la PCCI puede rescatar y/o restaurar la calidad de los ovocitos y cuánto tiempo debería durar dicha intervención. En los últimos años, nuestro laboratorio de investigación investigó el impacto de la PCCI dietética durante diferentes períodos de tiempo (2, 4 o 6 semanas) tanto en la salud metabólica como en la calidad de los ovocitos utilizando un modelo de ratón exógeno obeso. Para investigar esto, se cambió a ratones exógenos obesos de una dieta rica en grasas a dos dietas diferentes: 1) una dieta de control ad libitum, o 2) una dieta de control severamente restringida en calorías en la que se cambió la composición de la dieta y se redujo significativamente la ingesta de calorías (por 30%) en comparación con el grupo de control.

Según los resultados obtenidos durante esta investigación, normalizar la dieta durante un período de al menos cuatro semanas en ratones parecía ser el enfoque más prometedor para mejorar tanto la salud metabólica como la calidad de los ovocitos (Smits et al., 2022) . Una dieta de restricción calórica tal como se aplicó en nuestro modelo demostró ser una intervención demasiado extrema, especialmente en lo que respecta a la salud metabólica (Smits et al., 2021) . La normalización de la dieta resultó en

una pérdida de peso más gradual (13%) y la restauración de casi todos los parámetros de salud metabólicos evaluados (perfil de lípidos séricos y tolerancia a la glucosa) después de cuatro semanas de dieta. Aunque se presentaron algunas mejoras con respecto a la calidad de los ovocitos, está claro que las intervenciones dietéticas no dan como resultado una restauración completa de la calidad de los ovocitos. Especialmente las anomalías mitocondriales en los ovocitos de los grupos de intervención no se restauraron por completo. Boudourés et al. (2016) describieron resultados muy similares en ratones obesos endogámicos que fueron sometidos a una intervención de ejercicio voluntario durante 6 semanas, pero que permanecieron con una dieta alta en grasas. En conjunto, estos resultados indican que el conjunto de folículos primordiales podría estar dañado y que no es posible una recuperación completa basada en la normalización de la dieta o el ejercicio. Dirigirse a las mitocondrias de los ovocitos puede ser un paso importante para avanzar. Además, cuando estos ovocitos se procesan *in vitro* durante los servicios de reproducción asistida, se puede realizar un MIV a medida. (o incluso la premaduración) debe considerarse para aliviar o al menos evitar un mayor daño celular y apoyar las funciones mitocondriales. Finalmente, los programas de concientización deberían comunicar estos hallazgos científicos fundamentales para enfatizar la importancia de la prevención. ¡El cuidado del ovocito debe comenzar mucho antes de que consideremos su uso!

CONCLUSIONES

En conclusión, existe evidencia sólida que demuestra que la calidad reducida de los ovocitos juega un papel clave en la subfertilidad en humanos, especialmente en condiciones de salud materna reducida o estilos de vida poco saludables. La obesidad, la dieta, el estrés, la inflamación y las infecciones pueden obstaculizar directamente el microambiente del ovocito, reduciendo la calidad del ovocito. Se han documentado efectos similares en animales de granja debido a las enfermedades NEB, HS y pp. Tal deterioro en la calidad de los ovocitos parece implicar un impacto a largo plazo en el ovocito en crecimiento durante la foliculogénesis. Los ovocitos completamente desarrollados exhiben disfunciones bioenergéticas y estructurales mitocondriales y estrés oxidativo con varias consecuencias moleculares durante el desarrollo embrionario posterior. Esto también afecta la programación epigenética y pone en riesgo la salud de la descendencia. La solución ideal para prevenir dicho deterioro en la calidad de los ovocitos es aliviar la causa principal antes de que la calidad de los ovocitos se vea afectada, es decir, mejorar la salud previa a la concepción. Sin embargo, si bien algunos de estos PCCI parecen mejorar la salud metabólica, la calidad de los ovocitos no se recupera por completo. Las intervenciones destinadas a mejorar el microambiente folicular, por ejemplo, aumentando su capacidad de AO, son técnicas prometedoras para influir en el ovocito; sin embargo, evaluar el impacto específico sobre la calidad del ovocito y su desarrollo posterior es mucho más complicado. Se ha demostrado que complementar la AO dirigida a las mitocondrias durante el cultivo de embriones minimiza el estrés celular y restaura las funciones mitocondriales en embriones derivados de ovocitos bovinos metabólicamente comprometidos. La aplicación de tales resultados de investigación en entornos humanos es muy difícil de realizar debido a limitaciones éticas y prácticas, lo que nuevamente enfatiza la importancia de experimentos *in vitro* y con animales bien diseñados. La traducción de estos hallazgos fundamentales a aplicaciones clínicas en humanos o en animales de granja debe realizarse en un contexto multidisciplinario. Es importante destacar que es fundamental considerar la programación epigenética sensible durante el desarrollo temprano. La investigación para un mayor desarrollo de la PCCI y de los tratamientos *in vitro* no sólo debería tener como objetivo mejorar la producción de embriones y la fertilidad, sino también salvaguardar la salud de la descendencia.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Declaración de financiación

Esta investigación no recibió ninguna financiación específica.

Declaración de disponibilidad de datos

El intercambio de datos no es aplicable ya que no se generaron ni analizaron nuevos datos para este documento de revisión.

REFERENCIAS

ABDELATTY, AM, IWANIUK, ME, POTTS, SB & GAD, A. 2018. Influencia de la nutrición materna y el estrés por calor en el desarrollo de ovocitos y embriones bovinos. *Revista Internacional de Ciencia y Medicina Veterinaria,* 6 **,** S1-S5.

ADHIKARI, D., LEE, I.-W., AL-ZUBAIDI, U., LIU, J., ZHANG, Q.-H., YUEN WAI, S., HE, L., WINSTANLEY, Y., SESAKI , H., MANN JEFFREY, R., ROBKER REBECCA, L. & CARROLL, J. 2022. El agotamiento de la proteína 1 relacionada con la dinamina de los ovocitos muestra anomalías del efecto materno en el desarrollo embrionario. *Avances científicos,* 8 **,** eabl8070.

AGARWAL, A., APONTE-MELLADO, A., PREMKUMAR, BJ, SHAMAN, A. & GUPTA, S. 2012. Los efectos del estrés oxidativo en la reproducción femenina: una revisión. *Biología Reproductiva y Endocrinología,* 10 **,** 49.

AGARWAL, A., GUPTA, S., SEKHON, L. & SHAH, R. 2008. Consideraciones redox en la función reproductiva femenina y la reproducción asistida: desde los mecanismos moleculares hasta las implicaciones para la salud. *Antioxidantes y señalización redox,* 10 **,** 1375-1403.

AGARWAL, A., SALEH, R. & BEDAIWY, M. 2003. Papel de las especies reactivas de oxígeno en la fisiopatología de la reproducción humana. *Fertilidad y Esterilidad,* 79 **,** 829-843.

AKSUNGAR, FB, SARIKAYA, M., COSKUN, A., SERTESER, M. & UNSAL, I. 2017. Comparación del ayuno intermitente versus la restricción calórica en sujetos obesos: un seguimiento de dos años. *El Diario de nutrición, salud y envejecimiento,* 21 **,** 681-685.

AL-KATANANI, YM, PAULA-LOPES, FF & HANSEN, PJ 2002. Efecto de la estación y la exposición al estrés por calor sobre la competencia de ovocitos en vacas Holstein. *Revista de ciencia láctea,* 85 **,** 390-396.

AL-ZUBAIDI, U., ADHIKARI, D., CINAR, O., ZHANG, QH, YUEN, WS, MURPHY, MP, ROMBAUTS, L., ROBKER, RL & CARROLL, J. 2021. Terapéutica dirigida a mitocondrias, MitoQ y BGP-15, defectos inversos del huso meiótico asociados al envejecimiento en ovocitos de ratón y humanos. *Reproducción Humana,* 36 **,** 771-784.

ALVES, GP, CORDEIRO, FB, BRUNA DE LIMA, C., ANNES, K., CRISTINA DOS SANTOS, É., ISPADA, J., FONTES, PK, NOGUEIRA, MFG, NICHI, M. & MILAZZOTTO, MP 2019. El ambiente folicular como herramienta predictiva del desarrollo y cinética embrionaria en bovinos. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 31 **,** 451-461.

AMIN, A., GAD, A., SALILEW-WONDIM, D., PRASTOWO, S., HELD, E., HOELKER, M., RINGS, F., THOLEN, E., NEUHOFF, C., LOOFT, C ., SCHELLANDER, K. & TESFAYE, D. 2014. La supervivencia de embriones bovinos

en condiciones de estrés oxidativo se asocia con la actividad de la vía de respuesta al estrés oxidativo mediada por NRF2. *Reproducción y desarrollo molecular,* 81 **,** 497-513.

ANDERSEN, CJ & FERNANDEZ, ML 2013. Estrategias dietéticas para reducir el síndrome metabólico. *Reseñas en trastornos endocrinos y metabólicos,* 14 **,** 241-254.

ANNES, K., MÜLLER, DB, VILELA, JAP, VALENTE, RS, CAETANO, DP, CIBIN, FWS, MILAZZOTTO, MP, MESQUITA, FS, BELAZ, KRA, EBERLIN, MN & SUDANO, MJ 2019. Influencia del tamaño del folículo sobre la composición de lípidos de ovocitos bovinos, marcadores metabólicos y de estrés foliculares, desarrollo embrionario y contenido de lípidos en blastocistos. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 31 **,** 462-472.

ASAADI, A., DOLATABAD, NA, ATASHI, H., RAES, A., VAN DAMME, P., HOELKER, M., HENDRIX, A., PASCOTTINI, OB, VAN SOOM, A., KAFI, M. & PAVANI, KC 2021. Las vesículas extracelulares del líquido folicular y ampular aisladas mediante ultracentrifugación en gradiente de densidad mejoran el desarrollo y la calidad de los embriones bovinos. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares,* 22 **,** 578.

BAKKENSEN, JB, STROM, D. & BOOTS, CE 2024. Los resultados de la transferencia de embriones congelados disminuyen con el aumento del índice de masa corporal femenina en la infertilidad por factor femenino pero no por el masculino: análisis de 56,564 transferencias de blastocistos euploides. *Fértil Esteril,* 121 **,** 271-280.

BALDI, A. 2005. Vitamina E en vacas lecheras. *Ciencia de la producción ganadera,* 98 **,** 117-122.

BALDI, A., SAVOINI, G., PINOTTI, L., MONFARDINI, E., CHELI, F. & DELL'ORTO, V. 2000. Efectos de la vitamina E y diferentes fuentes de energía sobre el estado de la vitamina E, la calidad de la leche y la reproducción en vacas en transición. *Revista de Medicina Veterinaria Serie A,* 47 **,** 599-608.

BARKER, DJP 2007. Los orígenes de la teoría de los orígenes del desarrollo. *Revista de Medicina Interna,* 261 **,** 412-417.

BARLETTA, RV, MATURANA FILHO, M., CARVALHO, PD, DEL VALLE, TA, NETTO, AS, RENNO, FP, MINGOTI, RD, GANDRA, JR, MOURAO, GB, FRICKE, PM, SARTORI, R., MADUREIRA, EH & WILTBANK, MC 2017. Asociación de cambios en la puntuación de condición corporal durante el período de transición con las concentraciones de NEFA y BHBA, la producción de leche, la fertilidad y la salud de las vacas Holstein. *Teriogenología,* 104 **,** 30-36.

BATUSHANSKY, A., ZACHARIA, A., SHEHADEH, A., BRUCK-HAIMSON, R., SAIDEMBERG, D., KOGAN, NM, THOMAS MANNULLY, C., HERZBERG, S., BEN-MEIR, A. y MOUSSAIEFF , A. 2020. Un cambio en el metabolismo de los glicerolípidos define el líquido folicular de pacientes de FIV con infertilidad inexplicable. *Biomoléculas,* 10 **,** 1135.

BERRY, DP, FRIGGENS, NC, LUCY, M. & ROCHE, JR 2016. Producción de leche y fertilidad en ganado vacuno. *Revisión anual de biociencias animales,* 4 **,** 269-290.

BEST, D. & BHATTACHARYA, S. 2015. Obesidad y fertilidad. *Biología molecular hormonal e investigación clínica,* 24 **,** 5-10.

BOLLIG, KJ & DOLINKO, AV 2024. No importa cómo se mire, el aumento del índice de masa corporal se asocia con una menor probabilidad de nacer vivo. ¿O no? *Fertilidad y esterilidad,* 121 **,** 248-251.

BORRADAILE, NM, HAN, X., HARP, JD, GALE, SE, ORY, DS & SCHAFFER, JE 2006. Alteración de la estructura y la integridad del retículo endoplásmico en la muerte celular lipotóxica. *Revista de investigación de lípidos,* 47 **,** 2726-2737.

BOSCO, D., HAEFLIGER, J.-A. & MEDA, P. 2011. Connexins: mediadores clave de la función endocrina. *Reseñas fisiológicas,* 91 **,** 1393-1445.

BOUDOURES, AL, CHI, M., THOMPSON, A., ZHANG, W. & MOLEY, KH 2016. Los efectos del ejercicio voluntario sobre la calidad de los ovocitos en un modelo murino obeso inducido por la dieta. *Reproducción,* 151 **,** 261-270.

BOUDOURES, AL, SABEN, J., DRURY, A., SCHEAFFER, S., MODI, Z., ZHANG, W. & MOLEY, KH 2017. Los ovocitos expuestos a la obesidad se acumulan y transmiten mitocondrias dañadas debido a la incapacidad de activar la mitofagia . *Biología del desarrollo,* 426 **,** 126-138.

BRITT, JH Impactos del metabolismo posparto temprano en el desarrollo folicular y la fertilidad. *En:* WILLIAMS, EI, ed. Vigésima Cuarta Conferencia Anual de la Asociación Estadounidense de Practicantes Bovinos, 1992 Orlando, Florida, Estados Unidos. 39-43.

BROMFIELD, JJ & SHELDON, IM 2011. El lipopolisacárido inicia la inflamación en células de la granulosa bovina a través de la vía TLR4 y perturba la progresión meiótica de los ovocitos in vitro. *Endocrinología,* 152 **,** 5029-5040.

BUNEL, A., JORSSEN, EP, MERCKX, E., LEROY, JL, BOLS, PE & SIRARD, MA 2015. Producción individual de embriones bovinos in vitro y análisis transcriptómico de células de cúmulo para distinguir complejos cúmulo-ovocito con alto o bajo potencial de desarrollo . *Teriogenología,* 83 **,** 228-237.

BURTON, GJ, HEMPSTOCK, J. & JAUNIAUX, E. 2003. Oxígeno, metabolismo embrionario temprano y embriopatías mediadas por radicales libres. *Biomedicina reproductiva en línea,* 6 **,** 84-96.

CALSAMIGLIA, S. & RODRÍGUEZ, M. 2012. Nutrición vitamínica óptima en ganado lechero. *En:* DSM NUTRITIONAL PRODUCTS LTD (ed.) *Nutrición vitamínica óptima.* Reino Unido: publicación 5M.

CARVALHO, PD, SOUZA, AH, AMUNDSON, MC, HACKBART, KS, FUENZALIDA, MJ, HERLIHY, MM, AYRES, H., DRESCH, AR, VIEIRA, LM, GUENTHER, JN, GRUMMER, RR, FRICKE, PM, SHAVER , RD & WILTBANK, MC 2014. Relaciones entre la fertilidad y los cambios posparto en la condición corporal y el peso corporal en vacas lecheras lactantes. *Revista de ciencia láctea,* 97 **,** 3666-3683.

CHANG, T.-S., CHO, C.-S., PARK, S., YU, S., KANG, SW & RHEE, SG 2004. La peroxiredoxina III, una peroxidasa específica de las mitocondrias, regula la señalización apoptótica de las mitocondrias. *Revista de Química Biológica,* 279 **,** 41975-41984.

CHRISTENSON, LK 2010. Control de microARN de la función ovárica. *Reproducción animal,* 7 **,** 129-133.

CLARKE, H. 2017. Control del desarrollo de ovocitos de mamíferos mediante interacciones con el entorno folicular materno. *En:* KLOC, M. (ed.) *Ovocitos: información y funciones maternas.* Cham: Editorial Internacional Springer.

CUI, M., YU, H., WANG, J., GAO, J. & LI, J. 2013. La restricción calórica crónica y el ejercicio mejoran las condiciones metabólicas de ratones obesos inducidos por la dieta de manera correlacionada con autofagia sin involucrar a AMPK. *Revista de investigación de la diabetes,* 2013 **,** 852754.

DALVIT, G., LLANES, SP, DESCALZO, A., INSANI, M., BECONI, M. & CETICA, P. 2005. Efecto del alfa-tocoferol y el ácido ascórbico sobre la maduración in vitro de ovocitos bovinos. *Reproducción en animales domésticos,* 40 **,** 93-97.

DATTILO, M., GIUSEPPE, DA, ETTORE, C. & MÉNÉZO, Y. 2016. Mejora de la calidad de los gametos mediante la estimulación y alimentación del sistema antioxidante endógeno: mecanismos, resultados clínicos, conocimientos sobre las interacciones gen-ambiente y el papel de la dieta. *Revista de Reproducción Asistida y Genética,* 33 **,** 1633-1648.

DE BIE, J., LANGBEEN, A., VERLAET, A., FLORIZOONE, F., IMMIG, I., HERMANS, N., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2014. Suplementación de B-caroteno a vacas lecheras no lactantes puede restaurar la disponibilidad de b-caroteno en el entorno folicular en condiciones de balance energético negativo. *Avances en biociencias animales,* 5 **,** 247.

DE BIE, J., LANGBEEN, A., VERLAET, AAJ, FLORIZOONE, F., IMMIG, I., HERMANS, N., FRANSEN, E., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2016. El efecto de una energía negativa Estado de equilibrio sobre la disponibilidad de β-caroteno en suero y líquido folicular de vacas lecheras no lactantes. *Revista de ciencia láctea,* 99 **,** 5808-5819.

DE BIE, J., MAREI, WFA, MAILLO, V., JORDAENS, L., GUTIERREZ-ADAN, A., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2017. Efectos diferenciales de concentraciones altas y bajas de glucosa durante condiciones similares a la lipólisis en Calidad de ovocitos bovinos in vitro, metabolismo y posterior desarrollo embrionario. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 29 **,** 2284-2300.

DE BIE, J., PROOST, K., VAN LOO, H., CALLENS, J., BOLS, PEJ, FRANSEN, E. & LEROY, JLMR 2019. β-caroteno y vitamina E en la industria láctea: niveles sanguíneos y influyendo

factores: un estudio de caso en Flandes. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift,* 88 **,** 137-149.

DE BIE, J., SMITS, A., MAREI, WFA & LEROY, JLMR 2021. Capacidad de Trolox para mejorar el desarrollo y la calidad de ovocitos y embriones bovinos metabólicamente comprometidos in vitro durante diferentes ventanas de desarrollo. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 33 **,** 291-304.

DESMET, KLJ, MAREI, WFA, RICHARD, C., SPRANGERS, K., BEEMSTER, GTS, MEYSMAN, P., LAUKENS, K., DECLERCK, K., VANDEN BERGHE, W., BOLS, PEJ, HUE, I & LEROY, JLMR 2020. La maduración de ovocitos en condiciones lipotóxicas induce alteraciones transcriptómicas y funcionales de arrastre durante el desarrollo posterior a la eclosión de blastocistos de buena calidad: conocimientos novedosos de un modelo de transferencia de embriones bovinos. *Reproducción Humana,* 35 **,** 293-307.

DESMET, KLJ, VAN HOECK, V., GAGNE, D., FOURNIER, E., THAKUR, A., O'DOHERTY, AM, WALSH, CP, SIRARD, MA, BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2016. Exposición de ovocitos y embriones bovinos a concentraciones elevadas de ácidos grasos no esterificados: integración de firmas epigenéticas y transcriptómicas en los blastocistos resultantes. *BMC Genomics,* 17 **,** 1004.

DIAKOGIANNAKI, E., WELTERS, HJ & MORGAN, NG 2008. Regulación diferencial de la respuesta al estrés del retículo endoplásmico en células beta pancreáticas expuestas a ácidos grasos monoinsaturados y saturados de cadena larga. *Revista de Endocrinología,* 197 **,** 553-563.

DICKSON, MJ, PIERSANTI, RL, RAMIREZ-HERNANDEZ, R., DE OLIVEIRA, EB, BISHOP, JV, HANSEN, TR, MA, Z., JEONG, KCC, SANTOS, JEP, SHELDON, MI, BLOCK, J. & BROMFIELD, JJ 2020. La endometritis inducida experimentalmente afecta la capacidad de desarrollo de los ovocitos bovinos. *Biología de la Reproducción,* 103 **,** 508-520.

DISKIN, MG, PARR, MH & MORRIS, DG 2011. Muerte embrionaria en ganado bovino: una actualización. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 24 **,** 244-251.

EICHENLAUB-RITTER, U., VOGT, E., YIN, H. & GOSDEN, R. 2004. Husos, mitocondrias y potencial redox en ovocitos envejecidos. *BioMedicina reproductiva en línea,* 8 **,** 45-58.

EINARSSON, S., BERGH, C., FRIBERG, B., PINBORG, A., KLAJNBARD, A., KARLSTROM, PO, KLUGE, L., LARSSON, I., LOFT, A., MIKKELSEN-ENGLUND, AL, STENLOF, K., WISTRAND, A. & THURIN-KJELLBERG, A. 2017. Intervención de reducción de peso para mujeres obesas e infértiles antes de la FIV: un ensayo controlado aleatorio. *Reproducción humana,* 32 **,** 1621-1630.

FABOZZI, G., CIMADOMO, D., MAGGIULLI, R., VAIARELLI, A., BADAJOZ, V., AURA, M., CANOSA, S., BONGIOANNI, F., BENINI, F., LIVI, C., ZACÀ, C., BORINI, A., ALVIGGI, E., IUSSIG, B., HEBLES, M., SÀNCHEZ, P., CIMADOMO, V., RIENZI, L. & LLÀCER, J. 2024. Asociación entre donantes de ovocitos o el índice de masa corporal de las receptoras y los resultados clínicos después de las primeras transferencias de blastocistos únicos: el útero es el más afectado. *Fertilidad y esterilidad,* 121 **,** 281-290.

FAIR, T. 2003. Crecimiento de ovocitos foliculares y adquisición de competencia de desarrollo. *Ciencia de la reproducción animal,* 78 **,** 203-216.

FEDORCSAK, P., STORENG, R., DALE, PO, TANBO, T. & ABYHOLM, T. 2000. La obesidad es un factor de riesgo de pérdida temprana del embarazo después de FIV o ICSI. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica,* 79 **,** 43-48.

FEILLET-COUDRAY, C., FOURET, G., EBABE ELLE, R., RIEUSSET, J., BONAFOS, B., CHABI, B., CROUZIER, D., ZARKOVIC, K., ZARKOVIC, N., RAMOS, J., BADIA, E., MURPHY, MP, CRISTOL, JP & COUDRAY, C. 2014. El antioxidante mitocondrial MitoQ mejora las características del síndrome metabólico en ratas obesogénicas alimentadas con dieta mejor que la apocinina o el alopurinol. *Investigación de radicales libres,* 48 **,** 1232-1246.

FLEMING, TP, VELAZQUEZ, MA, ECKERT, JJ, LUCAS, ES & WATKINS, AJ 2012. Nutrición de las hembras durante el período periconcepcional y efectos sobre la programación fetal y la salud de la descendencia. *Ciencia de la reproducción animal,* 130 **,** 193-197.

FLEMING, TP, WATKINS, AJ, VELAZQUEZ, MA, MATHERS, JC, PRENTICE, AM, STEPHENSON, J., BARKER, M., SAFFERY, R., YAJNIK, CS, ECKERT, JJ, HANSON, MA, FORRESTER, T ., GLUCKMAN, PD & GODFREY, KM 2018. Orígenes de la salud durante toda la vida en el momento de la concepción: causas y consecuencias. *The Lancet,* 391 **,** 1842-1852.

FRICKE, PM, WILTBANK, MC & PURSLEY, JR 2023. El ciclo de alta fertilidad. *Común JDS,* 4 **,** 127-131.

FULKA, J., JR., FIRST, NL & MOOR, RM 1998. Determinantes nucleares y citoplasmáticos implicados en la regulación de la maduración de ovocitos de mamíferos. *Reproducción humana molecular,* 4 **,** 41-49.

GARNSWORTHY, PC 2004. El impacto ambiental de la fertilidad en las vacas lecheras: un enfoque de modelado para predecir las emisiones de metano y amoníaco. *Ciencia y tecnología de alimentación animal,* 112 **,** 211-223.

GE, Z.-J., LUO, S.-M., LIN, F., LIANG, Q.-X., HUANG, L., WEI, Y.-C., HOU, Y., HAN, Z .-M., SCHATTEN, H. & SUN, Q.-Y. 2014a. Metilación del ADN en ovocitos e hígado de ratones hembra y su descendencia: efectos de la obesidad inducida por una dieta alta en grasas. *Perspectivas de salud ambiental,* 122 **,** 159-164.

GE, Z.-J., ZHANG, C.-L., SCHATTEN, H. y SUN, Q.-Y. 2014b. Diabetes mellitus materna y el origen de enfermedades no transmisibles en la descendencia: el papel de la epigenética. *Biología de la Reproducción,* 90 **,** 139, 1-6.

GEBREMEDHN, S., ALI, A., GAD, A., PROCHAZKA, R. & TESFAYE, D. 2020. Vesículas extracelulares como mediadores de los mecanismos de afrontamiento del estrés ambiental y metabólico durante el desarrollo folicular de los mamíferos. *Fronteras en la ciencia veterinaria,* 7 **,** 602043.

GENDELMAN, M. & ROTH, Z. 2012. La incorporación de coenzima Q10 en ovocitos bovinos mejora las características mitocondriales y alivia los efectos del estrés térmico del verano en la competencia del desarrollo. *Biología de la Reproducción,* 87 **,** 118, 1-12.

GÓMEZ, E., CAAMAÑO, JN, RODRÍGUEZ, A., DE FRUTOS, C., FACAL, N. & DÍEZ, C. 2006. Desarrollo embrionario temprano bovino y vitamina A. *Reproducción en animales domésticos,* 41 **,** 63-71.

GONCALVES, DR, LEROY, JLMR, VAN HEES, S., XHONNEUX, I., BOLS, PEJ, KIEKENS, F. & MAREI, WFA 2021. Captación celular de nanopartículas poliméricas por complejos cúmulos-ovocitos bovinos y su efecto in vitro competencia de desarrollo. *Revista europea de farmacia y biofarmacia,* 158 **,** 143-155.

GRODSTEIN, F., GOLDMAN, MB & CRAMER, DW 1994. Índice de masa corporal e infertilidad ovulatoria. *Epidemiología,* 5 **,** 247-250.

HAILAY, T., HOELKER, M., POIRIER, M., GEBREMEDHN, S., RINGS, F., SAEED-ZIDANE, M., SALILEW-WONDIM, D., DAUBEN, C., THOLEN, E., NEUHOFF , C., SCHELLANDER, K. & TESFAYE, D. 2019. Perfiles de miARN acoplados a vesículas extracelulares en el líquido folicular de vacas con estado metabólico posparto divergente. *Informes científicos,* 9 **,** 12851.

HORST, EA, KVIDERA, SK & BAUMGARD, LH 2021. La influencia de la activación inmune en la salud y el rendimiento de las vacas en transición: una evaluación crítica de los dogmas tradicionales. *Revista de ciencia láctea,* 104 **,** 8380-8410.

HOU, Y.-J., ZHU, C.-C., DUAN, X., LIU, H.-L., WANG, Q. y SUN, S.-C. 2016. Tanto la obesidad inducida por la dieta como por mutaciones genéticas afectan la calidad de los ovocitos en ratones. *Informes científicos,* 6 **,** 18858.

IGOSHEVA, N., ABRAMOV, AY, POSTON, L., ECKERT, JJ, FLEMING, TP, DUCHEN, MR & MCCONNELL, J. 2010. La obesidad materna inducida por la dieta altera la actividad mitocondrial y el estado redox en ovocitos y cigotos de ratón. *PLoS One,* 5 **,** e10074.

IKEDA, S., KITAGAWA, M., IMAI, H. & YAMADA, M. 2005. Las funciones de la vitamina A para la maduración citoplasmática de los ovocitos bovinos. *Revista de Reproducción y Desarrollo,* 51 **,** 23-35.

IOSSA, S., MOLLICA, MP, LIONETTI, L., CRESCENZO, R., BOTTA, M. & LIVERINI, G. 2002. Capacidad oxidativa del músculo esquelético en ratas alimentadas con una dieta rica en grasas. *Revista Internacional de Obesidad,* 26 **,** 65-72.

JENSEN, MD, RYAN, DH, APOVIAN, CM, ARD, JD, COMUZZIE, AG, DONATO, KA, HU, FB, HUBBARD, VS, JAKICIC, JM, KUSHNER, RF, LORIA, CM, MILLEN, BE, NONAS, CA, PI-SUNYER, FX, STEVENS, J., STEVENS, VJ, WADDEN, TA, WOLFE, BM & YANOVSKI, SZ 2014. Guía AHA/ACC/TOS de 2013 para el tratamiento del sobrepeso y la obesidad en adultos: un informe de el Grupo de Trabajo sobre Guías de Práctica del Colegio Americano de Cardiología/Asociación Americana del Corazón y la Sociedad de Obesidad. *Circulación,* 129 **,** S102-S138.

JUNGHEIM, ES, MACONES, GA, ODEM, RR, PATTERSON, BW, LANZENDORF, SE, RATTS, VS & MOLEY, KH 2011. Asociaciones entre ácidos grasos libres, morfología del complejo cúmulo de ovocitos y función ovárica durante la fertilización in vitro. *Fertilidad y Esterilidad,* 95 **,** 1970-1974.

JUNGHEIM, ES & MOLEY, KH 2010. Conocimiento actual de los efectos de la obesidad en los períodos pre y periconcepcional y vías para futuras investigaciones. *Revista Estadounidense de Obstetricia y Ginecología,* 203 **,** 525-30.

KAUFMAN, RJ 1999. Señalización de estrés desde la luz del retículo endoplásmico: coordinación de controles transcripcionales y traduccionales de genes. *Genes y desarrollo,* 13 **,** 1211-1233.

KELLER, S., RIDINGER, J., RUPP, A.-K., JANSSEN, JWG & ALTEVOGT, P. 2011. Exosomas derivados de fluidos corporales como plantilla novedosa para el diagnóstico clínico. *Revista de Medicina Traslacional,* 9 **,** 86.

KERMACK, AJ, WELLSTEAD, SJ, FISK, HL, CHEONG, Y., HOUGHTON, FD, MACKLON, NS & CALDER, PC 2021. La composición de ácidos grasos del líquido folicular humano se altera mediante una intervención dietética de 6 semanas que incluye productos marinos Ácidos grasos omega-3. *Lípidos,* 56 **,** 201-209.

KIRILLOVA, A., SMITZ, JEJ, SUKHIKH, GT & MAZUNIN, I. 2021. El papel de las mitocondrias en la maduración de los ovocitos. *Celdas,* 10 **,** 2484.

KONING, AM, KUCHENBECKER, WK, GROEN, H., HOEK, A., LAND, JA, KHAN, KS & MOL, BW 2010. Consecuencias económicas del sobrepeso y la obesidad en la infertilidad: un marco para evaluar los costos y resultados de la fertilidad cuidado. *Actualización sobre reproducción humana,* 16 **,** 246-254.

KRISHER, RL 2013. Efectos ambientales in vivo e in vitro sobre la calidad de los ovocitos de mamíferos. *Revisión anual de biociencias animales,* 1 **,** 393-417.

LAFONTAINE, S., LABRECQUE, R., BLONDIN, P., CUE, RI & SIRARD, MA 2023. Comparación de ganado derivado de fertilización in vitro, transferencia de embriones de ovulación múltiple e inseminación artificial para la producción de leche y los rasgos de fertilidad. *J Dairy Sci,* 106 **,** 4380-4396.

LANE, M., ZANDER-FOX, DL, ROBKER, RL & MCPHERSON, NO 2015. Obesidad parental periconcepcional, salud reproductiva e impactos transgeneracionales. *Tendencias en Endocrinología y Metabolismo,* 26 **,** 84-90.

LARSSON, N.-G. 2010. Mutaciones somáticas del ADN mitocondrial en el envejecimiento de los mamíferos. *Revisión anual de bioquímica,* 79 **,** 683-706.

LASSI, ZS, DEAN, SV, MALLICK, D. & BHUTTA, ZA 2014. Atención previa a la concepción: estrategias de prestación y paquetes de atención. *Salud reproductiva,* 11 S7.

LEARY, C., LEESE, HJ & STURMEY, RG 2015. Los embriones humanos de mujeres con sobrepeso y obesidad muestran anomalías fenotípicas y metabólicas. *Reproducción Humana,* 30 **,** 122-132.

LEBLANC, S. ¿Mayor producción implica peor reproducción? *En:* DOEPEL, L., ed. 28.º Seminario anual sobre productos lácteos del oeste de Canadá (WCDS), 2010a Red Deer, Canadá. Univ Alberta, Departamento Agr. Alimentación y Nutrición. Sci., 310 Agriculture Forestry Ctr, Edmonton, Canadá, 253-263.

LEBLANC, S. 2010b. Monitoreo de la salud metabólica del ganado lechero en el período de transición. *Revista de Reproducción y Desarrollo,* 56 **,** S29-S35.

LEGRO, RS 2016. Sr. Autoridad de Fertilidad, ¡derribe ese muro de peso! *Reproducción Humana,* 31 **,** 2662-2664.

LEGRO, RS 2017. Efectos del tratamiento de la obesidad en la reproducción femenina: los resultados no coinciden con las expectativas. *Fertilidad y Esterilidad,* 107 **,** 860-867.

LEROY, JLMR, OPSOMER, G., VAN SOOM, A., GOOVAERTS, IGF & BOLS, PEJ 2008a. Reducción de la fertilidad en vacas lecheras de alto rendimiento: ¿están en peligro el ovocito y el embrión? Parte I. La importancia del balance energético negativo y la función alterada del cuerpo lúteo para la reducción de la calidad de los ovocitos y embriones en vacas lecheras de alto rendimiento. *Reproducción en animales domésticos,* 43 **,** 612-622.

LEROY, JLMR, STURMEY, RG, VAN HOECK, V., DE BIE, J., MCKEEGAN, PJ & BOLS, PEJ 2014. Suplementos dietéticos de grasas y sus consecuencias para la calidad de los ovocitos y los embriones: ¿exageración o beneficio significativo para la reproducción de las vacas lecheras? *Reproducción en animales domésticos,* 49 **,** 353-361.

LEROY, JLMR, VALCKX, SDM, JORDAENS, L., DE BIE, J., DESMET, KLJ, VAN HOECK, V., BRITT, JH, MAREI, WF & BOLS, PEJ 2015. Nutrición y salud metabólica materna en relación con Calidad de ovocitos y embriones: opiniones críticas sobre lo que aprendimos del modelo de vaca lechera. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 27 **,** 693-703.

LEROY, JLMR, VAN SOOM, A., OPSOMER, G., GOOVAERTS, IGF & BOLS, PEJ 2008b. Reducción de la fertilidad en vacas lecheras de alto rendimiento: ¿están en peligro el ovocito y el embrión? Parte II. Mecanismos que vinculan la nutrición y la reducción de la calidad de los ovocitos y embriones en vacas lecheras de alto rendimiento. *Reproducción en animales domésticos,* 43 **,** 623-632.

LEROY, JLMR, VANHOLDER, T., DELANGHE, JR, OPSOMER, G., VAN SOOM, A., BOLS, PEJ, DEWULF, J. & DE KRUIF, A. 2004. Cambios metabólicos en el líquido folicular del folículo dominante en Vacas lecheras de alto rendimiento en el posparto temprano. *Teriogenología,* 62 **,** 1131-1143.

LEROY, JLMR, VANHOLDER, T., MATEUSEN, B., CHRISTOPHE, A., OPSOMER, G., DE KRUIF, A., GENICOT, G. & VAN SOOM, A. 2005. Ácidos grasos no esterificados en el líquido folicular de vacas lecheras y su efecto sobre la capacidad de desarrollo de ovocitos bovinos in vitro. *Reproducción,* 130 **,** 485-495.

LIM, GE, PISKE, M. & JOHNSON, JD 2013. Las proteínas 14-3-3 son centros de señalización esenciales para la supervivencia de las células beta. *Diabetología,* 56 **,** 825-837.

LIMA, A., BURGSTALLER, J., SANCHEZ-NIETO, JM & RODRIGUEZ, TA 2018. Las mitocondrias y la regulación de la aptitud celular durante el desarrollo temprano de los mamíferos. *Temas actuales en biología del desarrollo,* 128 **,** 339-363.

LOTTHAMMER, KH 1979. Influencia de la administración de betacaroteno en *la reproducción de la función ovárica bovina en animales domésticos,* 14 **,** 131-132.

LUKE, B., BROWN, MB, STERN, JE, MISSMER, SA, FUJIMOTO, VY, LEACH, R. & A SART WRITING GROUP 2011. La obesidad femenina afecta negativamente las tasas de embarazo y nacimientos vivos con tecnología de reproducción asistida (ART). *Reproducción Humana,* 26 **,** 245-252.

LUZZO, KM, WANG, Q., PURCELL, SH, CHI, M., JIMENEZ, PT, GRINDLER, N., SCHEDL, T. & MOLEY, KH 2012. Defectos de desarrollo inducidos por una dieta alta en grasas en el ratón: aneuploidía meiótica de ovocitos y retraso del crecimiento fetal/defectos cerebrales. *PLoS One,* 7 **,** e49217.

MA, J.-Y., LI, S., CHEN, L.-N., SCHATTEN, H., OU, X.-H. & SOL, Q.-Y. 2020. ¿Por qué aumenta la aneuploidía de ovocitos con el envejecimiento materno? *Revista de Genética y Genómica,* 47 **,** 659-671.

MARCHAIS, M., GILBERT, I., BASTIEN, A., MACAULAY, A. & ROBERT, C. 2022. Comunicación del complejo cúmulo-ovocito de mamíferos: un diálogo a través de mensajes de larga y corta distancia. *Revista de Reproducción Asistida y Genética,* 39 **,** 1011-1025.

MAREI, WFA, DE BIE, J., MOHEY-ELSAEED, O., WYDOOGHE, E., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2017. El ácido alfa-linolénico protege la capacidad de desarrollo de los complejos cúmulos-ovocitos bovinos madurados en condiciones lipotóxicas en vitro. *Biología de la Reproducción,* 96 **,** 1181-1196.

MAREI, WFA, DE BIE, J., XHONNEUX, I., ANDRIES, S., BRITT, JH & LEROY, JLMR 2022. El estado metabólico y antioxidante durante la transición se asocia con cambios en el transcriptoma de las células de la granulosa en el folículo preovulatorio en niveles altos -Vacas lecheras productoras en el momento de la reproducción. *Revista de ciencia láctea,* en prensa.

MAREI, WFA & LEROY, JLMR 2021. Respuestas al estrés celular en los ovocitos: cambios moleculares e implicaciones clínicas. *Avances en Medicina y Biología Experimentales.* Cham: Editorial Internacional Springer.

MAREI, WFA, MOHEY-ELSAEED, O., PINTELON, I. & LEROY, J. 2023. Riesgos del uso de mitoquinona durante la maduración in vitro y sus posibles efectos protectores contra el estrés mitocondrial de los ovocitos inducido por lipotoxicidad. *J Assist Reprod Genet* .

MAREI, WFA, SMITS, A., MOHEY-ELSAEED, O., PINTELON, I., GINNEBERGE, D., BOLS, PEJ, MOERLOOSE, K. & LEROY, JLMR 2020. Efectos diferenciales de la obesidad inducida por una dieta rica en grasas en Funciones mitocondriales de ovocitos en ratones consanguíneos y consanguíneos. *Informes científicos,* 10 **,** 9806.

MAREI, WFA, VAN DEN BOSCH, L., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2019a. Efectos protectores de la mitoquinona durante la maduración in vitro de ovocitos bovinos en condiciones lipotóxicas. *Reproducción Animal,* 16 **,** 737.

MAREI, WFA, VAN DEN BOSCH, L., PINTELON, I., MOHEY-ELSAEED, O., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2019b. La terapia dirigida a las mitocondrias rescata el desarrollo y la calidad de embriones derivados de ovocitos madurados en condiciones de estrés oxidativo: un modelo bovino in vitro. *Reproducción Humana,* 34 **,** 1984-1998.

MAREI, WFA, VAN RAEMDONCK, G., BAGGERMAN, G., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2019c. Los cambios proteómicos en los ovocitos después de la maduración in vitro en condiciones lipotóxicas son diferentes a los de las células del cúmulo. *Informes científicos,* 9 **,** 3673.

MARQUES, A., SANTOS, P., ANTUNES, G., CHAVEIRO, A. & MOREIRA DA SILVA, F. 2008. Efecto del alfa-tocoferol en la maduración in vitro de complejos cúmulo-ovocito bovino. *Revista Canadiense de Ciencia Animal,* 88 **,** 463-467.

MARSHALL, H., MORRISON, A., STUDER, M., PÖPPERL, H. & KRUMLAUF, R. 1996. Retinoides y genes Hox. *Revista FASEB,* 10 **,** 969-978.

MARY, AEP, ARTAVIA MORA, JI, RONDA BORZONE, PA, RICHARDS, SE & KIES, AK 2021. Estado de vitamina E y betacaroteno en vacas lecheras: un estudio de los niveles plasmáticos y las prácticas de suplementación. *Animales,* 15 **,** 100303.

MATOBA, S., O'HARA, L., CARTER, F., KELLY, AK, FAIR, T., RIZOS, D. & LONERGAN, P. 2012. La asociación entre los parámetros metabólicos y la calidad de los ovocitos en el posparto temprano y tardío en Vacas lecheras Holstein. *Revista de ciencia láctea,* 95 **,** 1257-1266.

MERMILLOD, P., DALBIES-TRAN, R., UZBEKOVA, S., THELIE, A., TRAVERSO, JM, PERREAU, C., PAPILLIER, P. & MONGET, P. 2008. Factores que afectan la calidad de los ovocitos: quién conduce el folículo? *Reproducción en animales domésticos,* 43 393-400.

METWALLY, M., LI, TC & LEDGER, WL 2007. El impacto de la obesidad en la función reproductiva femenina. *Reseñas de obesidad,* 8 **,** 515-523.

MEULDERS, B., LEROY, JLMR, XHONNEUX, I., BOLS, PEJ & MAREI, WFA 2024. La reducción in vitro de la producción de ATP de ovocitos bovinos con oligomicina afecta el epigenoma del embrión. *Reproducción,* 167.

MEULDERS, B., MAREI, WFA, XHONNEUX, I., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2023. Efecto de la lipotoxicidad sobre la función mitocondrial y la programación epigenética durante la producción de embriones bovinos in vitro. *Representante de ciencia,* 13 **,** 21664.

MEYER, H., AHLSWEDE, L. & LOTTHAMMER, KH 1975. Un efecto específico, independiente de la vitamina A, del betacaroteno sobre la fertilidad del ganado. 1. Disposición experimental, desarrollo corporal y función ovárica. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift,* 82 **,** 444-449.

MIDDLETON, EL, MINELA, T. & PURSLEY, JR 2019. El ciclo de alta fertilidad: cómo los embarazos oportunos en una lactancia pueden conducir a una menor pérdida de condición corporal, menos problemas de salud, una mayor fertilidad y una reducción de las pérdidas tempranas de embarazos en la siguiente lactancia . *Revista de ciencia láctea,* 102 **,** 5577-5587.

MILAGROS ROCHA, M. & VICTOR, VM 2007. Dirigido a los antioxidantes a las mitocondrias y las enfermedades cardiovasculares: los efectos de la mitoquinona. *Monitor de ciencias médicas,* 13 **,** RA132-145.

MILLER, JK, BRZEZINSKA-SLEBODZINSKA, E. & MADSEN, FC 1993. Estrés oxidativo, antioxidantes y función animal. *Revista de ciencia láctea,* 76 **,** 2812-2823.

MIRABI, P., CHAICHI, MJ, ESMAEILZADEH, S., ALI JORSARAEI, SG, BIJANI, A., EHSANI, M. & HASHEMI KAROOEE, SF 2017. El papel de los ácidos grasos en los resultados de ICSI: un estudio de cohorte prospectivo. *Lípidos en la salud y la enfermedad,* 16 **,** 18.

MOGHADAM, ARE, MOGHADAM, MT, HEMADI, M. & SAKI, G. 2022. Calidad y envejecimiento de los ovocitos. *Reproducción asistida JBRA,* 26 **,** 105-122.

MONDOU, E., DUFORT, I., GOHIN, M., FOURNIER, E. & SIRARD, MA 2012. Análisis de microARN y sus precursores en el desarrollo embrionario temprano bovino. *Reproducción humana molecular,* 18 **,** 425-434.

MOORE, SG, O'GORMAN, A., BRENNAN, L., FAIR, T. & BUTLER, ST 2017. Los metabolitos del líquido folicular y del suero en vacas Holstein predicen el mérito genético para la fertilidad. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 29 **,** 658-669.

MOORKENS, K. 2024. *Salud metabólica materna y fertilidad: efectos agudos y crónicos de una dieta de tipo occidental en las células oviductales y ováricas. Un enfoque multiómico.* Doctor en Ciencias Veterinarias, Universidad de Amberes.

MÜNCH, C. & HARPER, JW 2016. La respuesta de la proteína desplegada mitocondrial controla el procesamiento y la traducción del pre-ARN de la matriz. *Naturaleza,* 534 **,** 710-713.

MUTSAERTS, MAQ, VAN OERS, AM, GROEN, H., BURGGRAAFF, JM, KUCHENBECKER, WKH, PERQUIN, DAM, KOKS, CAM, VAN GOLDE, R., KAAIJK, EM, SCHIERBEEK, JM, OOSTERHUIS, GJE, BROEKMANS, FJ, BEMELMANS,

WJE, LAMBALK, CB, VERBERG, MFG, VAN DER VEEN, F., KLIJN, NF, MERCELINA, PEAM, VAN KASTEREN, YM, NAP, AW, BRINKHUIS, EA, VOGEL, NEA, MULDER, RJAB, GONDRIE, ETCM, DE BRUIN, JP, SIKKEMA, JM, DE GREEF, MHG, TER BOGT, NCW, LAND, JA, MOL, BWJ & HOEK, A. 2016. Ensayo aleatorizado de un programa de estilo de vida en mujeres obesas e infértiles. *Revista de Medicina de Nueva Inglaterra,* 374 **,** 1942-1953.

NAKAGAWA, S. & FITZHARRIS, G. 2017. La dinámica de microtúbulos intrínsecamente defectuosa contribuye a errores de segregación cromosómica relacionados con la edad en la meiosis I de ovocitos de ratón. *Biología actual,* 27 **,** 1040-1047.

NASIRI, N., MOINI, A., EFTEKHARI-YAZDI, P., KARIMIAN, L., SALMAN-YAZDI, R., ZOLFAGHARI, Z. & ARABIPOOR, A. 2015. La obesidad abdominal puede inducir oxidación del líquido tanto sistémico como folicular. estrés independiente del síndrome de ovario poliquístico. *Revista Europea de Obstetricia, Ginecología y Biología Reproductiva,* 184 **,** 112-116.

NATARAJAN, R., SHANKAR, MB & MUNUSWAMY, D. 2010. Efecto de la suplementación con alfa-tocoferol sobre la maduración in vitro de ovocitos de oveja y el desarrollo in vitro de embriones de oveja preimplantados hasta la etapa de blastocisto. *Revista de Reproducción Asistida y Genética,* 27 **,** 483-90.

NISHIHARA, T., MATSUMOTO, K., HOSOI, Y. & MORIMOTO, Y. 2018. Evaluación del estado antioxidante y marcadores de estrés oxidativo en el líquido folicular para el resultado de la fertilización in vitro humana. *Medicina y biología reproductiva,* 17 **,** 481-486.

O'DOHERTY, AM, O'GORMAN, A., AL NAIB, A., BRENNAN, L., DALY, E., DUFFY, P. & FAIR, T. 2014. El balance energético negativo afecta la estabilidad de la impresión en ovocitos recuperados de vacas lecheras posparto. *Genómica,* 104 **,** 177-185.

PAES, VM, VIEIRA, LA, CORREIA, HHV, SA, NAR, MOURA, AAA, SALES, AD, RODRIGUES, APR, MAGALHAES-PADILHA, DM, SANTOS, FW, APGAR, GA, CAMPELLO, CC, CAMARGO, LSA & FIGUEIREDO, JR 2016. Efecto del estrés por calor en la supervivencia y desarrollo de folículos preantrales bovinos cultivados in vitro y en la maduración in vitro del complejo cúmulo-ovocito. *Teriogenología,* 86 **,** 994-1003.

PAN, Z., ZHANG, J., LI, Q., LI, Y., SHI, F., XIE, Z. & LIU, H. 2012. Avances actuales en la modificación y alteración epigenética durante la foliculogénesis ovárica de mamíferos. *Revista de Genética y Genómica,* 39 **,** 111-123.

PANDEY, S., PANDEY, S., MAHESHWARI, A. & BHATTACHARYA, S. 2010. El impacto de la obesidad femenina en el resultado del tratamiento de fertilidad. *Revista de Ciencias de la Reproducción Humana,* 3 **,** 62-67.

PARR, MH, CROWE, MA, LONERGAN, P., EVANS, AC, FAIR, T. & DISKIN, MG 2015. Los efectos concurrentes y remanentes de los cambios a largo plazo en la ingesta de energía antes de la inseminación sobre el embarazo por inseminación artificial en novillas. *Ciencia de la reproducción animal,* 157 **,** 87-94.

PASQUALI, R. 2006. Obesidad, distribución de grasa e infertilidad. *Maturitas,* 54 **,** 363-371.

PENNINGTON, KA, VAN DER WALT, N., POLLOCK, KE, TALTON, OO & SCHULZ, LC 2017. Efectos de la exposición aguda a una dieta rica en grasas y sacarosa sobre la tolerancia a la glucosa gestacional y la posterior salud materna en ratones. *Biología de la Reproducción,* 96 **,** 435-445.

PERAL-SANCHEZ, I., HOJEIJ, B., OJEDA, DA, STEEGERS-THEUNISSEN, RPM & WILLAIME-MORAWEK, S. 2022. Epigenética en el entorno uterino: cómo la dieta materna y el ART pueden influir en el epigenoma en la descendencia con largo -Consecuencias para la salud a plazo. *Genes,* 13 **,** 31.

PEREIRA, PVD, DI AZEVEDO, MIN, ARASHIRO, EKN, WATANABE, YF, CORREIA, LFL, LILENBAUM, W. & SOUZA-FABJAN, JMG 2024. La presencia de Leptospira spp. en el líquido folicular de vacas infectadas naturalmente afecta la eficiencia general de la técnica de producción de embriones in vitro. *Ciencia de la reproducción animal,* 266.

PETERSON, A., WU, HT, KAPPY, M., KUCHEROV, A., SINGH, M., LIEMAN, H. & JINDAL, S. 2024. Las tasas más altas de nacidos vivos se asocian con un índice de masa corporal normal en pacientes genéticos preimplantacionales. Pruebas para ciclos de transferencia de embriones congelados con aneuploidía: un estudio del sistema de informes de resultados clínicos de la Sociedad de Tecnología de Reproducción Asistida. *Fertilidad y esterilidad,* 121 **,** 291-298.

PIERSANTI, RL, BLOCK, J., MA, Z., JEONG, KC, SANTOS, JEP, YU, F., SHELDON, IM & BROMFIELD, JJ 2020. La infusión uterina de bacterias altera el transcriptoma de los ovocitos bovinos. *FASEB BioAdvances,* 2 **,** 506-520.

PIERSANTI, RL, HORLOCK, AD, BLOCK, J., SANTOS, JEP, SHELDON, IM & BROMFIELD, JJ 2019. Efectos persistentes sobre el transcriptoma de las células de la granulosa bovina después de la resolución de la enfermedad uterina. *Reproducción,* 158 **,** 35-46.

PONTES, GCS, MONTEIRO, PLJ, JR., PRATA, AB, GUARDIEIRO, MM, PINTO, DAM, FERNANDES, GO, WILTBANK, MC, SANTOS, JEP & SARTORI, R. 2015. Efecto de la vitamina E inyectable sobre la incidencia de retención Membranas fetales y desempeño reproductivo de vacas lecheras. *Revista de ciencia láctea,* 98 **,** 2437-2449.

COMITÉ DE PRÁCTICA DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE MEDICINA REPRODUCTIVA 2015. Obesidad y reproducción: una opinión del comité. *Fertilidad y Esterilidad,* 104 **,** 1116-1126.

RAPOSO, G. & STOORVOGEL, W. 2013. Vesículas extracelulares: exosomas, microvesículas y amigos. *Revista de biología celular,* 200 **,** 373-383.

REYNOLDS, KA, BOUDOURES, AL, CHI, MM-Y., WANG, Q. & MOLEY, KH 2015. Los efectos adversos de la obesidad y/o la dieta alta en grasas sobre la calidad y el metabolismo de los ovocitos no son reversibles con la reanudación de la dieta regular en ratones. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 27 **,** 716-724.

RICO, JE & BARRIENTOS-BLANCO, MA 2024. Revisión invitada: Biología de las cetonas: el paradigma cambiante de las cetonas y la cetosis en la vaca lechera. *J Dairy Sci,* 107 **,** 3367-3388.

RIZOS, D., BURKE, L., DUFFY, P., WADE, M., MEE, JF, O'FARRELL, KJ, MACSIURTAIN, M., BOLAND, MP & LONERGAN, P. 2005. Comparaciones entre novillas nulíparas y Vacas como donantes de ovocitos para la producción de embriones in vitro. *Teriogenología,* 63 **,** 939-949.

ROBLES, M. & CHAVATTE-PALMER, P. 2017. ¿El tamaño materno, la nutrición y el estado metabólico afectan los rasgos de producción de la descendencia en especies domésticas? *Reproducción Animal,* 14 **,** 528-537.

ROSEBOOM, T., DE ROOIJ, S. & PAINTER, R. 2006. La hambruna holandesa y sus consecuencias a largo plazo para la salud de los adultos. *Desarrollo humano temprano,* 82 **,** 485-491.

ROTH, Z. 2008. Estrés por calor, el folículo y el ovocito encerrado: mecanismos y estrategias potenciales para mejorar la fertilidad en vacas lecheras. *Reproducción en animales domésticos,* 43 **,** 238-244.

ROTH, Z. 2017. Efecto del estrés por calor en la reproducción de vacas lecheras: información sobre las respuestas celulares y moleculares del ovocito. *Revisión anual de biociencias animales,* 5 **,** 151-170.

ROTH, Z. 2018. Revisión del simposio: La reducción de la competencia del desarrollo de los ovocitos por el estrés se asocia con alteraciones en la función mitocondrial. *Revista de ciencia láctea,* 101 **,** 3642-3654.

ROTH, Z., MEIDAN, R., BRAW-TAL, R. & WOLFENSON, D. 2000. Efectos inmediatos y retardados del estrés por calor en el desarrollo folicular y su asociación con la FSH plasmática y la concentración de inhibina en vacas. *Revista de Reproducción y Fertilidad,* 120 **,** 83-90.

RUEBEL, M., SHANKAR, K., GADDY, D., LINDSEY, F., BADGER, T. & ANDRES, A. 2016. La obesidad materna se asocia con la inflamación ovárica y la regulación positiva del factor 1 de respuesta de crecimiento temprano. *American Journal of Fisiología-Endocrinología y Metabolismo,* 311 **,** E269-277.

RUNKEL, ED, BAUMEISTER, R. & SCHULZE, E. 2014. Estrés mitocondrial: equilibrio entre amigos y enemigos. *Gerontología Experimental,* 56 **,** 194-201.

RUTKOWSKI, DT & KAUFMAN, RJ 2004. Un viaje a urgencias: afrontar el estrés. *Tendencias en biología celular,* 14 **,** 20-28.

SABEN, JL, BOUDOURES, AL, ASGHAR, Z., THOMPSON, A., DRURY, A., ZHANG, W., CHI, M., CUSUMANO, A., SCHEAFFER, S. & MOLEY, KH 2016. Metabólico materno El síndrome programa la disfunción mitocondrial a través de cambios en la línea germinal a lo largo de tres generaciones. *Informes celulares,* 16 **,** 1-8.

SANTONOCITO, M., VENTO, M., GUGLIELMINO, MR, BATTAGLIA, R., WAHLGREN, J., RAGUSA, M., BARBAGALLO, D., BORZÌ, P., RIZZARI, S., MAUGERI, M., SCOLLO , P., TATONE, C., VALADI, H., PURRELLO, M. & DI PIETRO, C. 2014. Caracterización molecular de los exosomas y su carga de microARN en el líquido folicular humano: el análisis bioinformático revela que los microARN exosomales controlan las vías implicadas en el proceso folicular. maduración. *Fertilidad y esterilidad,* 102 **,** 1751-1761.E1.

SANTOS, TA, EL SHOURBAGY, S. & ST JOHN, JC 2006. El contenido mitocondrial refleja la variabilidad de los ovocitos y el resultado de la fertilización. *Fertilidad y Esterilidad,* 85 **,** 584-591.

SARTORI, R., SARTOR-BERGFELT, R., MERTENS, SA, GUENTHER, JN, PARRISH, JJ & WILTBANK, MC 2002. Fertilización y desarrollo embrionario temprano en novillas y vacas lactantes en verano y vacas lactantes y secas en invierno. *Revista de ciencia láctea,* 85 **,** 2803-2812.

SETTI, AS, HALPERN, G., BRAGA, DPDAF, IACONELLI, A., JR. & BORGES, E., JR. 2022. El estilo de vida y los hábitos nutricionales maternos están asociados con la calidad de los ovocitos y los resultados clínicos de ICSI. *BioMedicina reproductiva en línea,* 44 **,** 370-379.

SHOWELL, MG, MACKENZIE-PROCTOR, R., JORDAN, V. & HART, RJ 2020. Antioxidantes para la subfertilidad femenina. *Base de datos Cochrane de revisiones sistemáticas* **,** CD007807.

SI, C., WANG, N., WANG, M., LIU, Y., NIU, Z. & DING, Z. 2021. Análisis proteómicos y bioinformáticos basados en TMT de células de la granulosa humana de mujeres obesas y de peso normal . *Biología Reproductiva y Endocrinología,* 19 **,** 75.

SIM, KA, PARTRIDGE, SR & SAINSBURY, A. 2014. ¿La pérdida de peso en mujeres con sobrepeso u obesidad mejora los resultados del tratamiento de fertilidad? Una revisión sistemática. *Reseñas de obesidad,* 15 **,** 839-850.

SIMON, C. 2019. Introducción: Cuidados preconcepcionales: ¿tenemos que cuidarnos? *Fertilidad y Esterilidad,* 112 **,** 611-612.

SIMON, C., GREENING, DW, BOLUMAR, D., BALAGUER, N., SALAMONSEN, LA & VILELLA, F. 2018. Vesículas extracelulares en la reproducción humana en salud y enfermedad. *Reseñas endocrinas,* 39 **,** 292-332.

SMALLWOOD, SA, TOMIZAWA, S., KRUEGER, F., RUF, N., CARLI, N., SEGONDS-PICHON, A., SATO, S., HATA, K., ANDREWS, SR & KELSEY, G. 2011 "Paisaje dinámico de metilación de islas CpG en ovocitos y embriones previos a la implantación". *Genética de la naturaleza,* 43 **,** 811-814.

SMITS, A., LEROY, JLMR, BOLS, PEJ, DE BIE, J. & MAREI, WFA 2020a. Potencial de rescate de las condiciones de apoyo para el cultivo de embriones en embriones bovinos derivados de ovocitos metabólicamente comprometidos. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares,* 21 **,** 8206.

SMITS, A., MAREI, W., DE KETELAERE, M., MEULDERS, B., BOLS, P. & LEROY, J. 2020b. Normalización o restricción calórica en la dieta como estrategias de atención previa a la concepción: impacto en la salud metabólica y la fertilidad en ratones exógamos obesos inducidos por un alto contenido de grasas. *Reproducción, fertilidad y desarrollo,* 32 **,** 126.

SMITS, A., MAREI, WFA, DE NEUBOURG, D. & LEROY, JLMR 2021. Normalización de la dieta o restricción calórica como estrategia de atención previa a la concepción para mejorar la salud metabólica y la calidad de los ovocitos en ratones exógamos obesos. *Biología reproductiva y endocrinología,* 19 **,** 166.

SMITS, A., MAREI, WFA, MOORKENS, K., BOLS, PEJ, DE NEUBOURG, D. & LEROY, J. 2022. Los ratones consanguíneos obesos solo se benefician parcialmente de la normalización de la dieta o la restricción calórica como intervenciones de atención previa a la concepción para mejorar la salud metabólica. y calidad de los ovocitos. *Hum Reprod,* 37 **,** 2867-2884.

SOHEL, MMH, HOELKER, M., NOFERESTI, SS, SALILEW-WONDIM, D., THOLEN, E., LOOFT, C., RINGS, F., UDDIN, MJ, SPENCER, TE, SCHELLANDER, K. & TESFAYE, D. 2013. Transporte exosomal y no exosomal de microARN extracelulares en el líquido folicular: implicaciones para la competencia en el desarrollo de los ovocitos bovinos. *PLoS One,* 8 **,** e78505.

TORRES-JÚNIOR, JRDS, PIRES, MDFA, DE SÁ, WF, FERREIRA, ADM, VIANA, JHM, CAMARGO, LSA, RAMOS, AA, FOLHADELLA, IM, POLISSENI, J., DE FREITAS, C., CLEMENTE, CAA, DE SA FILHO, MF, PAULA-LOPES, FF & BARUSELLI, PS 2008. Efecto del estrés por calor materno sobre el crecimiento folicular y la competencia de ovocitos en ganado Bos indicus. *Teriogenología,* 69 **,** 155-166.

TRUONG, T., HARVEY, AJ & GARDNER, DK 2022. La suplementación con antioxidantes del cultivo de embriones de ratón o de medios de vitrificación favorece una mayor expresión genética similar a la in vivo después de la transferencia. *BioMedicina reproductiva en línea,* 44 **,** 393-409.

TSAGARELI, V., NOAKES, M. & NORMAN, RJ 2006. Efecto de una dieta muy baja en calorías sobre los resultados de la fertilización in vitro. *Fertilidad y Esterilidad,* 86 **,** 227-229.

VALADI, H., EKSTRÖM, K., BOSSIOS, A., SJÖSTRAND, M., LEE, JJ & LÖTVALL, JO 2007. La transferencia de ARNm y microARN mediada por exosomas es un nuevo mecanismo de intercambio genético entre células. *Biología celular de la naturaleza,* 9 **,** 654-659.

VALCKX, SD, VAN HOECK, V., ARIAS-ALVAREZ, M., MAILLO, V., LÓPEZ-CARDONA, AP, GUTIERREZ-ADAN, A., BERTH, M., CORTVRINDT, R., BOLS, PEJ & LEROY , JLMR 2014a. Las concentraciones elevadas de ácidos grasos no esterificados durante el crecimiento del folículo murino in vitro alteran la fisiología folicular y reducen la competencia del desarrollo de los ovocitos. *Fertilidad y esterilidad,* 102 **,** 1769-1776.e1.

VALCKX, SDM, ARIAS-ALVAREZ, M., DE PAUW, I., FIEVEZ, V., VLAEMINCK, B., FRANSEN, E., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2014b. Composición de ácidos grasos del líquido folicular de mujeres con normopeso, sobrepeso y obesidad sometidas a tratamientos de reproducción asistida: un estudio descriptivo transversal. *Biología Reproductiva y Endocrinología,* 12 **,** 13.

VALCKX, SDM, DE PAUW, I., DE NEUBOURG, D., INION, I., BERTH, M., FRANSEN, E., BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2012. Composición metabólica del líquido folicular relacionada con el IMC mujeres sometidas a tratamientos de reproducción asistida y las consecuencias para la calidad de los ovocitos y embriones. *Reproducción Humana,* 27 **,** 3531-3539.

VALCKX, SDM & LEROY, JLMR 2015. Capítulo 4 - El efecto de la salud metabólica y la dieta materna sobre la composición del líquido folicular y las posibles consecuencias para la calidad de los ovocitos y los embriones. *En:* WATSON, RR (ed.) *Manual de fertilidad.* San Diego: Prensa académica.

VALEGGIA, C. & ELLISON, PT 2009. Interacciones entre funciones metabólicas y reproductivas en la reanudación de la fecundidad posparto. *Revista Estadounidense de Biología Humana,* 21 **,** 559-566.

VAN BLERKOM, J. 2004. Mitocondrias en la ovogénesis humana y la embriogénesis previa a la implantación: motores del metabolismo, regulación iónica y competencia del desarrollo. *Reproducción,* 128 **,** 269-280.

VAN DER STEEG, JW, STEURES, P., EIJKEMANS, MJC, HABBEMA, JDF, HOMPES, PGA, BURGGRAAFF, JM, OOSTERHUIS, GJE, BOSSUYT, PMM, VAN DER VEEN, F. & MOL, BWJ 2008. La obesidad afecta a los espontáneos Posibilidades de embarazo en mujeres subfértiles y ovulatorias. *Reproducción humana,* 23 **,** 324-328.

VAN HOECK, V., BOLS, PEJ, BINELLI, M. & LEROY, JLMR 2014. Calidad reducida de ovocitos y embriones en respuesta a concentraciones elevadas de ácidos grasos no esterificados: ¿una posible vía hacia la subfertilidad? *Ciencia de la reproducción animal,* 149 **,** 19-29.

VAN HOECK, V., LEROY, JLMR, ARIAS ALVAREZ, M., RIZOS, D., GUTIERREZ-ADAN, A., SCHNORBUSCH, K., BOLS, PEJ, LEESE, HJ & STURMEY, RG 2013. Fallo del desarrollo de ovocitos en respuesta a concentraciones elevadas de ácidos grasos no esterificados: conocimientos mecanicistas. *Reproducción,* 145 **,** 33-44.

VAN HOECK, V., RIZOS, D., GUTIERREZ-ADAN, A., PINTELON, I., JORSSEN, E., DUFORT, I., SIRARD, MA, VERLAET, A., HERMANS, N., BOLS, PE & LEROY, JL 2015. Interacción entre el perfil diferencial de expresión génica y el fenotipo en blastocistos bovinos originados a partir de ovocitos expuestos a concentraciones elevadas de ácidos grasos no esterificados. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 27 **,** 372-384.

VAN HOECK, V., STURMEY, RG, BERMEJO-ALVAREZ, P., RIZOS, D., GUTIERREZ-ADAN, A., LEESE, HJ, BOLS, PEJ & LEROY, JLMR 2011. Concentraciones elevadas de ácidos grasos no esterificados durante La maduración de los ovocitos bovinos compromete la fisiología temprana del embrión. *PLoS One,* 6 **,** e23183.

VANGOITSENHOVEN, R., VAN DER ENDE, M., CORBEELS, K., MONTEIRO CARVALHO MORI CUNHA, JP, LANNOO, M., BEDOSSA, P., VAN DER MERWE, S., MERTENS, A., GESQUIERE, I. , MEULEMANS, A., MATTHYS, C., MATHIEU, C., OVERBERGH, L. & VAN DER SCHUEREN, B. 2018. Con una pérdida de peso similar, la composición de la dieta determina el grado de mejora glucémica en obesos inducidos por la dieta C57BL/6 ratones. *Más uno,* 13 **,** e0200779.

VON SOOSTEN, D., MEYER, U., FLACHOWSKY, G. & DÄNICKE, S. 2020. Salud de las vacas lecheras e intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero. *Lácteos,* 1 **,** 20-29.

WANG, Z., GUO, W., KUANG, X., HOU, S. & LIU, H. 2017. Nanopreparaciones para mitocondrias dirigidas al sistema de administración de fármacos: estrategias actuales y perspectivas futuras. *Revista asiática de ciencias farmacéuticas,* 12 **,** 498-508.

WATERLAND, RA, KELLERMAYER, R., LARITSKY, E., RAYCO-SOLON, P., HARRIS, RA, TRAVISANO, M., ZHANG, W., TORSKAYA, MS, ZHANG, J., SHEN, L., MANARY , MJ & PRENTICE, AM 2010. La temporada de concepción en Gambia rural afecta la metilación del ADN en epialelos metaestables humanos putativos. *PLoS Genetics,* 6 **,** e1001252.

WATHES, DC 2022. Programación del desarrollo de la fertilidad en el ganado bovino: ¿es motivo de preocupación? *Animales (Basilea),* 12.

WATSON, AJ 2007. Maduración citoplasmática de ovocitos: un mediador clave de la competencia del desarrollo de ovocitos y embriones. *Revista de ciencia animal,* 85 **,** E1-E3.

OMS y UNFPA 2006. Baja fertilidad: ¿el futuro de Europa? *Entre nosotros.* OMS.

OFICINA REGIONAL DE LA OMS PARA EUROPA 2022. *Informe regional europeo de la OMS sobre obesidad 2022,* Copenhague: Oficina Regional de la OMS para Europa.

WU, LL-Y., DUNNING, KR, YANG, X., RUSSELL, DL, LANE, M., NORMAN, RJ & ROBKER, RL 2010. La dieta rica en grasas provoca respuestas de lipotoxicidad en los complejos cúmulo-ovocito y menores tasas de fertilización. . *Endocrinología,* 151 **,** 5438-5445.

WU, LL-Y., NORMAN, RJ & ROBKER, RL 2011. El impacto de la obesidad en los ovocitos: evidencia de mecanismos de lipotoxicidad. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo,* 24 **,** 29-34.

WYSE, BA, FUCHS WEIZMAN, N., DEFER, M., MONTBRIAND, J., SZARAZ, P. & LIBRACH, C. 2021. El medio de adipocitoquinas del líquido folicular podría servir como herramienta de predicción de los resultados del tratamiento de fertilidad. *BioMedicina reproductiva en línea,* 43 **,** 738-746.

XHONNEUX, I., MAREI, WFA, MEULDERS, B., SLOOTMANS, J., PINTELON, I. & LEROY, JLMR 2024. El impacto de las dietas obesogénicas maternas y de las crías en la morfología mitocondrial de los ovocitos de las crías adultas en los folículos primordiales y preantrales. Perspectivas de un modelo de ratón exógeno. *PLoS One,* en prensa.

YANG, X., WU, LL, CHURA, LR, LIANG, XY, LANE, M., NORMAN, RJ & ROBKER, RL 2012. La exposición al líquido folicular rico en lípidos se asocia con estrés del retículo endoplásmico y alteración de la maduración de los ovocitos en cúmulos -complejos de ovocitos. *Fertilidad y Esterilidad,* 97 **,** 1438-1443.

YIN, C., LIU, J., HE, B., JIA, L., GONG, Y., GUO, H. & ZHAO, R. 2019. El estrés por calor induce respuestas distintas en las células del cúmulo porcino y los ovocitos asociados con la alteración unión gap y colocalización de proyección transzonal. *Revista de fisiología celular,* 234 **,** 4787-4798.

YU, C., ZHOU, J.-J. Y FAN, H.-Y. 2016. Estudio de las funciones de la señalización de TGF-β en el ovario. *En:* FENG, X.-H., XU, P. & LIN, X. (eds.) *Señalización de TGF-β: métodos y protocolos.* Nueva York, Nueva York: Springer Nueva York.

ZARBAKHSH, S. 2021. Efecto de los antioxidantes sobre el desarrollo embrionario previo a la implantación in vitro: una revisión. *Cigoto,* 29 **,** 179-193.

ZHANG, KZ & KAUFMAN, RJ 2008. Del estrés del retículo endoplásmico a la respuesta inflamatoria. *Naturaleza,* 454 **,** 455-462.

REPERCUSIONES DE LA NUTRICIÓN EN LA CALIDAD DE LOS OVOCITOS Y EMBRIONES DEL GANADO VACUNO

Roberto Sartori[A,D]*, Camila Spies*[A]*, Leonardo de França e Melo*[B]*, y Milo C. Wiltbank*[C]

[A]Departamento de Ciencia Animal, Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ),

Universidad de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP 13418-900, Brasil.

[B]Facultad de Veterinaria y Zootecnia, Universidad Federal de Goiás, Goiânia, GO, 74690-900, Brasil

[C]Departamento de Ciencias Lecheras y Animales, Universidad de Wisconsin-Madison, 1675 Observatory Dr, Madison, WI 53706, USA.

Resumen El éxito de la fertilidad del rebaño pasa por el desarrollo de folículos sanos, ovocitos viables y embriones capaces de establecer y mantener una gestación. Este artículo analiza cómo la nutrición interactúa con la reproducción a lo largo del desarrollo del folículo y el establecimiento de la gestación, centrándose en la materia seca y la ingesta de energía. Una ingesta elevada de alimento, especialmente asociada a una condición corporal de moderada a alta, antes y durante los protocolos de superestimulación, las ovulaciones únicas naturales o inducidas, o antes de la recogida de óvulos, tuvo efectos perjudiciales sobre la calidad de los ovocitos o los embriones. La restricción alimentaria o el suministro elevado de energía pueden utilizarse estratégicamente para obtener más o mejores ovocitos o embriones. La alteración de las dietas que proporcionan diferentes concentraciones de insulina circulante puede mejorar el estado ovárico, la calidad de los ovocitos, el desarrollo embrionario y el establecimiento y mantenimiento de la gestación. Algunas fuentes de grasa, como los ácidos grasos poliinsaturados, pueden influir positivamente en el rendimiento reproductivo, mejorando la calidad embrionaria y la gestación. Por el contrario, el suplemento de grasa en la dieta puede comprometer la criotolerancia del embrión. Por último, la nutrición puede alterar las concentraciones de hormonas y metabolitos circulantes o intrafoliculares, así como la expresión de genes en los ovocitos y embriones bovinos. Para que un programa de alimentación adecuado redunde en beneficio del rendimiento reproductivo, deben tenerse en cuenta factores como el grupo genético, la fuente de energía, el estado metabólico, el estado fisiológico y el nivel de ingesta de pienso.

Keywords adicionales: bovino, fertilidad, gametos, nutrición

Introducción

La nutrición es capaz de alterar los metabolitos y las hormonas que guardan una estrecha correlación con el rendimiento reproductivo. La insulina, el IGF1 y otros están directamente relacionados con la función del eje hipotálamo-hipófisis-gónada. Tanto la insulina como el IGF1 se regulan mediante el estado nutricional y el nivel de ingesta de materia seca, lo que también puede provocar alteraciones

en el metabolismo de los esteroides y, en consecuencia, cambios en la calidad de los ovocitos y del desarrollo embrionario. Varios estudios han demostrado claramente los efectos de la nutrición sobre la fisiología reproductiva o la fertilidad de las hembras de rumiantes (Vasconcelos *et al.* 2003; Wu *et al.* 2004; Wiltbank *et al.* 2006; Grummer *et al.* 2010; Rabiee *et al.* 2010; Santos *et al.* 2010; Cardoso *et al.* 2013). La reproducción puede verse afectada por los ingredientes de la dieta, el nivel de ingesta de alimento, la duración de la sobrealimentación o la cantidad de pienso como consecuencia de alteraciones moleculares, metabólicas, fisiológicas o endocrinas. Los factores nutricionales pueden provocar cambios en el desarrollo de los folículos y de los ovocitos, comprometiendo o mejorando la calidad o la producción de embriones y el establecimiento del embarazo.

Los efectos de una ingesta energética excesiva o inadecuada

Los efectos negativos de una ingesta excesiva de energía asociada a una puntuación de la condición corporal (por sus siglas en inglés **BCS** ≥ 3,0; escala de 1 a 5) de moderada a alta sobre la calidad y producción de ovocitos y embriones están bien documentados en bovinos sometidos a la aspiración de folículos y a la producción de embriones *in vitro* (Adamiak *et al*. 2005; Leiva *et al*. 2015; Sales *et al*. 2015), o en novillas o vacas superovuladas (Yaakub *et al*. 1999; Mollo *et al*. 2007; Bastos *et al*. 2009; Sartori *et al*. 2016). Los efectos negativos de la sobrealimentación también se han relacionado con la reducción de las tasas de preñez en las ovejas (Parr *et al.* 1987). A continuación, resumimos los datos de algunos de estos u otros estudios por orden cronológico.

A las novillas de vacuno *Bos taurus* (n = 38/grupo) de ~500 kg de peso se les ofreció 3 kg de concentrado más ensilado de maíz *ad-libitum*, o recibieron concentrado ad-libitum más ensilado de maíz durante 116 d (Yaakub et al. 1999). Las novillas superovuladas alimentadas con la dieta restringida en comparación con la dieta *ad-libitum* tuvieron un 26% más de ovulaciones (15,5 frente a 12,3), un 46% más de óvulos/embriones recuperados y un número mucho mayor de embriones congelables (grado 1 y 2; +170%) y transferibles (4,8 frente a 2,8; +71%) por novilla. El número de folículos grandes, óvulos no fecundados o embriones de grado 3, 4 y 5 no se vio afectado por la ingesta de concentrado. Por el contrario, las novillas superovuladas Hereford x Frisona (n = 12/grupo, BCS inicial = 2,1; escala de 1 a 5) que fueron alimentadas una vez (M) frente a dos veces (2M) con la dieta de mantenimiento durante un periodo de 3 semanas (Gong *et al*. 2002a) tuvieron una respuesta superovulatoria reducida (10,6 frente a 18,1; -41%) y un número reducido de folículos pequeños (2-4 mm; -40%) y grandes (> 9 mm; -42%). En este estudio no se evaluó la calidad de los ovocitos ni de los embriones.

En otro estudio (Adamiak *et al*. 2005), las novillas de vacuno x lecheras (n = 24, ~20 meses de edad) con un BCS bajo (2,0) o moderado (3,7) (escala de 1 a 5) fueron alimentadas con M o 2M en dos periodos (63 d cada uno) con tres sesiones de recogida de óvulos (por sus siglas en inglés **OPU**) realizadas en cada periodo. A medida que avanzaban las sesiones de OPU, los rendimientos de blastocistos in vitro disminuían en el caso de las novillas con un BCS moderado alimentadas con el nivel 2M en relación con las novillas con un BCS bajo alimentadas con el nivel 2M. Es decir, la producción de embriones se vio afectada negativamente por la sobrealimentación, pero sólo en las novillas con un BCS moderado y no en las novillas con un BCS bajo. Además, los rendimientos de blastocistos fueron menores en las dos combinaciones nutricionales extremas: novillas con un bajo BCS alimentadas con dieta M o novillas con un BCS moderado alimentadas con la dieta 2M, mientras que, las novillas con un bajo BCS alimentadas con 2M presentaron el mayor rendimiento de blastocistos (Adamiak *et al.* 2005). En este estudio, las

concentraciones circulantes de insulina, leptina e IGF1 se correlacionaron positivamente con el BCS. Cuando las novillas con un BCS moderado sometidas a la dieta 2M se dividieron en dos grupos en función de la insulina circulante (normal = 29,0 frente a hiperinsulinémia = 58,0 µIU/mL de insulina), fue posible detectar un efecto negativo del estado hiperinsulinémico (n = 8 novillas) con respecto al número total de ovocitos madurados y a la tasa de producción de blastocitos (a partir del total de estructuras escindidas) en comparación con la insulina circulante normal (n = 4 novillas; Adamiak *et al*. 2005).

Por el contrario, los resultados de un estudio realizado con bovinos *Bos indicus* superovulados (Bastos *et al.* 2007) no corroboraron los datos presentados anteriormente. Se superovularon novillas de vacuno Nelore (n = 36) con un BCS menor (2,7 ± 1,1) o mayor (3,7) (escala de 1 a 5) que recibieron dietas M o 1,8M durante 14 d (se ofrecieron dietas distintas hasta el primer tratamiento superestimulador de FSH) en un diseño cruzado. No se detectaron diferencias en ninguna de las variables reproductivas evaluadas: el número de folículos en la primera administración de FSH; el número de ovulaciones; el número total de óvulos/embriones recogidos, y el número o porcentaje de embriones viables (P > 0,10).

En otro estudio (Bastos *et al.* 2009), 14 vacas de carne no lactantes Nelore x Simmental (BCS = 4,0; escala de 1 a 5) fueron alimentadas con M o 1,8M, en un diseño cruzado. Se ofrecieron dietas durante 10 días (3 días antes de la inserción del dispositivo P4 hasta la última administración de FSH del protocolo de superovulación). Durante el resto del experimento (hasta el lavado de embriones), se ofreció una dieta de mantenimiento a ambos grupos. Diez días de alta ingesta energética fueron suficientes para perjudicar la producción de embriones tras la superovulación: el número total de estructuras recuperadas (14,1 ± 2,3 vs. 9,5 ± 1,5; +48%) y el número de embriones viables recuperados (10,1 ± 2,1 vs. 6,7 ± 1,5; +51%) fueron mayores (P < 0,05) en las vacas que consumieron M que en las que consumieron 1,8M. El número de folículos en el momento del primer y último tratamiento con FSH fue similar entre los distintos tratamientos.

Con el fin de evaluar la interacción de la ingesta de energía y la LH circulante, Bender et al. (2014) incluyeron vacas Holstein lactantes de alta producción (n = 16) en un experimento factorial 2 X 2 con dos niveles de ingesta de energía (ad libitum o 25% de restricción alimentaria) y dos niveles de contenido de LH en la preparación de FSH superestimuladora (LH baja o alta). Las vacas fueron sometidas a superestimulación ovárica, superovulación y posterior lavado uterino durante un periodo de 28 días; el primer experimento tuvo dos periodos y el segundo un diseño completo de cuadrado latino con cuatro periodos. Sólo se ofrecieron dietas experimentales durante el periodo del protocolo superestimulador. Los autores concluyeron que existe un intervalo ideal de exposición a la LH durante un protocolo superestimulador que puede variar según el estado metabólico de la vaca: es necesaria cierta estimulación con LH para las vacas con restricción alimentaria o, alternativamente, las vacas con ingesta ad-libitum deberían recibir menos LH suplementaria. Estas conclusiones están respaldadas por una relación detectada entre la restricción alimentaria y la cantidad de LH durante el protocolo de superestimulación sobre el número de embriones degenerados y sobre el porcentaje de embriones de calidad 1 o 2 (Bender *et al*. 2014).

Sales y colaboradores (2015) corroboraron los datos descritos por Adamiak *et al*. (2005) en relación con el efecto negativo de la duración de la sobrealimentación sobre la producción de embriones in vitro en *Bos indicus*, pero no en vacas lecheras no lactantes *Bos taurus*. Las vacas Holstein (n = 14) y Gir (*Bos indicus*; n = 14), con un BCS medio de 3,2 ± 0,38 (oscilando entre 2,75 y 3,75; escala de 1 a 5), fueron alimentadas con dietas M o 1,7M. Cada vaca fue sometida a nueve procedimientos OPU con 14 días de intervalo. Las variables cualitativas y cuantitativas de los ovocitos no se vieron afectadas por la

dieta. El número de folículos visibles entre la primera y la última sesión de OPU también fue similar. Aunque la producción de embriones *in vitro* fue similar con las distintas dietas, las vacas *Bos indicus* que recibieron la dieta 1,7M presentaron una menor producción de embriones *in vitro* tras ≥ 60 d de tratamiento y una menor abundancia relativa de transcritos relacionados con el estrés celular y el metabolismo. Además, independientemente del grupo genético, las vacas sobrealimentadas presentaban una mayor resistencia a la insulina según una prueba de tolerancia a la glucosa (GTT) realizada al final del periodo experimental (Sales *et al*. 2015).

Algunos autores (Adamiak *et al*. 2005; Sales *et al*. 2015; Baruselli *et al*. 2016) han sugerido una relación entre la resistencia a la insulina y la escasa competencia ovocitaria y la reducción de la fertilidad. Leiva *et al*. (2015) observaron un estado de resistencia a la insulina en vacas lecheras lactantes sobrealimentadas (BCS de 3,0 ± 0,08; escala de 1 a 5), que también presentaron una menor producción de embriones in vitro en comparación con vacas que consumían niveles adecuados de energía. En ese estudio, aunque la suplementación con propionato de cromo (en la cantidad recomendada por el fabricante: 2,5 g/vaca al día de KemTrace 0,4% Cr; Kemin Agrifoods South America, Indaiatuba, Brasil; con 10 mg de Cr/vaca al día) alivió la resistencia a la insulina en vacas sobrealimentadas, no se benefició la producción de embriones. En un estudio reciente de nuestro grupo, las vacas lecheras Holstein con mayores días en leche (150 frente a 100 o 50 DIM) tenían un estado indicativo de resistencia a la insulina basado en un GTT, sin embargo, la calidad ovocitaria no se vio afectada (Oliveira et al. 2016). Por lo tanto, se ha postulado la relación entre la resistencia a la insulina y la mala calidad de los ovocitos, pero no se ha observado de forma consistente durante las evaluaciones experimentales de los ovocitos tras la OPU. No obstante, es importante reconocer que la evaluación morfológica subjetiva de los ovocitos puede no reflejar el daño potencial causado por la resistencia a la insulina en rumiantes. Además, los ovocitos procedentes de folículos de tamaño pequeño o mediano pueden no verse tan afectados por la nutrición o el estado metabólico de la vaca, mientras que pueden observarse efectos nutricionales más drásticos en los ovocitos procedentes de folículos preovulatorios o durante el desarrollo embrionario temprano *in vivo.*

En consonancia con esta idea, en un estudio de nuestro laboratorio (Sartori, Prata y Surjus, sin publicar) se observaron claras diferencias en los efectos nutricionales de las vacas sometidas a OPU y a la producción *in vitro* (por sus siglas en inglés **IVP**) de embriones en comparación con la superovulación y el desarrollo *in vivo* de embriones. En este estudio se utilizó un diseño de cuadrado latino completo con alimentación individual de 32 vacas Nelore no lactantes con una BCS media de 3,3 (escala de 1 a 5) con cuatro dietas distintas durante cuatro periodos de 42 días (Figura 1). Próximas al final del periodo de alimentación, todas las vacas fueron sometidas a OPU-IVP (30 d de dietas) y posteriormente superovuladas para evaluar los efectos de las dietas que se pudieron observar en los ovocitos recogidos de folículos pequeños (OPU-IVP) en comparación con el desarrollo posterior del folículo, la ovulación y el desarrollo temprano del embrión, *in vivo*. Las vacas se dividieron aleatoriamente en cuatro grupos. Mantenimiento (M), 0,7M o 1,5M (misma ración mixta total, pero distinta ingesta de pienso) comprobando el efecto de la ingesta de energía, pero mezclado con la ingesta de materia seca. El cuarto grupo tenía una dieta de alto contenido energético (E; 1,5M) pero con materia seca similar a la del grupo M. Así, todas las vacas pasaron por todos los grupos de tratamiento (n = 32/grupo) y por ambos tipos de sistemas de producción de embriones (Figura 1).

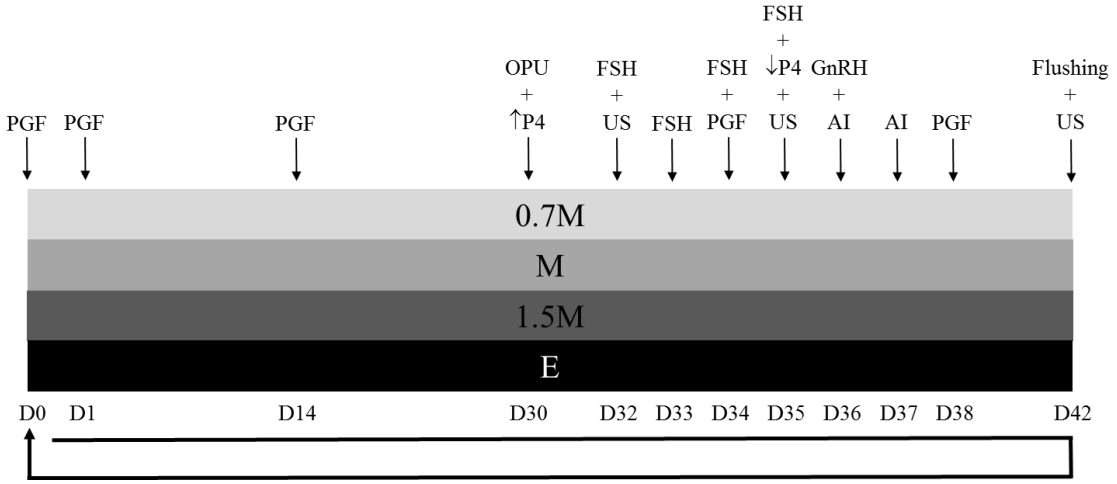


Figura 1. Esquema representativo del diseño experimental, que muestra los periodos de las dietas experimentales, el protocolo de superestimulación ovárica y los puntos temporales de la ultrasonografía (US). D0 = día de inicio de las dietas; D30 = día de aspiración folicular para la recogida de óvulos (OPU) y la producción de embriones in vitro, e inserción de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (P4); D32 = inicio del protocolo de superestimulación; D35 = retirada del dispositivo P4; D42 = lavado uterino para la recogida de embriones, y fin del periodo experimental. FSH = hormona foliculoestimulante; PGF = prostaglandina F2α; GnRH = hormona liberadora de gonadotropina; AI = inseminación artificial. Cada vaca pasó por un nuevo tratamiento, cada 42 d.

Posteriormente se transfirieron embriones (n = 274 embriones vitrificados) para evaluar los efectos de los tratamientos *in vivo* sobre la posterior gestación mediante transferencia de embriones cronometrada (por sus siglas en inglés **P/ET**) en receptoras Nelore. Como era de esperar, la insulina circulante preprandial medida a partir de la sangre recogida el día 32 (al inicio de los tratamientos de superestimulación) fue mayor (P < 0,05) en el grupo E (8,7 ± 0,9 µUI/mL) en comparación con los grupos 0,7M (4,6 ± 0,9) y M (5,3 ± 0,85), pero no mostró diferencias con el grupo 1,5M (6,6 ± 0,9). La superovulación (número de CL) fue menor en las donantes alimentadas con alta energía (E; 9,7 ± 1,2) en comparación con las vacas que recibieron la dieta estándar [0,7M (13,0 ± 1,3), M (14,2 ± 1,2) o 1,5M (13,9 ± 1,2)] con una correlación negativa entre la insulina circulante y el número de CL (r = -0,32; P < 0,05). Sin embargo, no hubo diferencias entre los grupos en cuanto al número de óvulos/embriones (~6), embriones viables (~3) o embriones congelables (~2,7). Independientemente del tratamiento, la insulina circulante presentó una correlación negativa con el número de embriones viables (r = -0,22; P < 0,05). Se observó una menor P/ET a los 60 días en las 97 vacas que recibieron embriones de donantes alimentadas con alta energía (E; 29,4%) en comparación con las 177 vacas que recibieron embriones de donantes alimentadas con la dieta estándar (0,7M, M o 1,5M; 43,3%). Además, la probabilidad de P/ET a los 60 d evaluada mediante la regresión logística disminuyó a medida que la insulina circulante de las vacas donantes aumentaba de 0,64 a 25,0 µIU/mL. Por lo tanto, la insulina circulante elevada de las donantes se asoció con una respuesta superovulatoria reducida, menor número de embriones viables y peor P/ET a los 60 d.

En el mismo estudio, para la IVP, las vacas con baja ingesta energética (0,7M) se diferenciaron de

las alimentadas con M o E, presentando un mayor número de ovocitos recuperados (23,0 ± 2,3^{a} vs. 20,2 ± 2,0^{b} vs. 21,5 ± 2,2^{ab} vs. 20,1 ± 2,0^{b}; 0,7M, M, 1,5M y E, respectivamente; $P < 0,05$) y un mayor número de ovocitos viables/OPU (17,0 ± 1,9^{a} vs. 14,4 ± 1,6^{b} vs. 15,7 ± 1,7^{ab} vs. 14,1 ± 1,6^{b}; $P < 0,05$) con valores intermedios para las vacas que recibieron la dieta 1,5M. Aunque el número de ovocitos escindidos/OPU también fue mayor en las vacas 0,7M en comparación con las vacas M (13,4 ± 1,7^{a} vs. 10,7 ± 1,4^{b} vs. 12,6 ± 1,6^{ab} vs. 11,7 ± 1,5^{ab}; $P < 0.05$), este estudio no detectó una influencia de la dieta sobre el número (6,9 ± 0,9 vs. 5,4 ± 0,8 vs. 5,9 ± 0,8 vs. 6,6 ± 0,9; $P > 0,10$) o el porcentaje de blastocistos producidos *in vitro* (30,6 vs. 31,9 vs. 31,1 vs. 34,0%; $P > 0,10$). Además, independientemente del tratamiento, las vacas con una concentración de insulina plasmática por debajo de la mediana (media por debajo = 3,1 ± 0,8 µIU/mL) tuvieron resultados similares ($P > 0.10$) a las vacas con insulina circulante por encima de la mediana (media por encima = 9,7 ± 0,2 µIU/mL) respecto a todas las variables analizadas, como la tasa de blastocistos (24,6 frente a 25,9%) y P/ET [31,2% (69/221) frente a 33,3% (71/213)] a los 30 d. Por lo tanto, los efectos negativos de la alta energía parecen producirse en las últimas fases del desarrollo del folículo o durante el desarrollo temprano del embrión y no durante las primeras fases de desarrollo del folículo, ya que la alta energía afectó negativamente a la producción y calidad del embrión en las vacas que tuvieron superovulación y producción de embriones in vivo, pero no en los ovocitos recogidos de folículos pequeños.

Parr *et al.* (2015) desarrollaron un modelo diferencial de alimentación aplicado a novillas (raza mixta) para evaluar los efectos concurrentes y de arrastre de la reducción de la ingesta de energía antes de la inseminación sobre la preñez por inseminación artificial (P/AI). Se crearon dos grupos experimentales, alimentación de control (por sus siglas en inglés **CF**) y alimentación restringida (por sus siglas en inglés **FR**), como sigue: 1) 1,3M durante 50 d seguido de 2M durante 83 d (n = 68); 2) Alimentación restringida de alimento: 0,65M durante 50 d seguido de 2M durante 83 d (n = 88). Las novillas fueron inseminadas el día 50, abortadas tras el diagnóstico el día 30, resincronizadas y reinseminadas el día 93. En el d 50 de la AI, el P/AI fue similar entre las novillas alimentadas con dietas restringidas en comparación con las alimentadas con dietas más altas. Sin embargo, en el d 93 de AI (todas las novillas alimentadas con 2M durante 40 d), la P/AI de la alimentación de control y de la alimentación restringida fueron, respectivamente, 64 (39/61) y 82% (65/79; P = 0,01). Es decir, parece que la subalimentación previa mejoró la P/AI, tras restablecer una ingesta elevada. Los autores indicaron que estos resultados cuestionan la hipótesis frecuentemente propuesta de que la baja P/AI en las vacas está causada por un NEB previo ocurrido durante la lactancia temprana. Se esperaría que los folículos que ovularon en el d 93 AI estuvieran en las primeras etapas de desarrollo del folículo durante el período de restricción dietética, con exposición a NEFA elevados y otros cambios metabólicos asociados con NEB. Por lo tanto, este estudio no pudo encontrar pruebas de un efecto de arrastre negativo del NEB en el P/AI (Parr *et al.* 2015).

En contraste con los efectos negativos de una ingesta excesiva de energía en novillas de carne, vacas de carne no lactantes, o en vacas lecheras en etapas avanzadas de la lactancia, se ha postulado que un NEB más intenso poco después del parto resulta en un rendimiento reproductivo deficiente. Para probar esta idea, Carvalho *et al.* (2014) evaluaron la relación entre el estado energético y la fertilidad en ganado lechero en un análisis retrospectivo. Las vacas (n = 1.103) con mayor BCS (≥ 2,75) en el momento de la AI tuvieron una mayor P/AI que las vacas con menor BCS (≤ 2,5; 49,2 frente a 40,4%, respectivamente; P = 0,03). Sin embargo, se encontró un efecto mucho mayor sobre la fertilidad relacionado con el cambio de la BCS desde el parto hasta la tercera semana postparto (n = 1.887 vacas Holstein en lactación). El P/AI fue mucho mayor para las vacas que mejoraron su BCS, fue más moderado para las que lo mantuvieron y más bajo para las que lo empeoraron (P/AI = 78,3, 36,0 y 22,8%,

respectivamente; *P* < 0,001). En un tercer experimento de Carvalho *et al*. (2014), se evaluó el cambio de peso corporal durante las primeras 9 semanas después del parto. Las vacas se dividieron en cuartiles, en función de la pérdida de peso corporal, y se superovularon para evaluar la calidad de los embriones producidos (n = 66 vacas evaluadas, 70 DIM; 572 embriones evaluados). No hubo diferencias en el número de ovulaciones, en la recuperación total de embriones/óvulos o en la tasa de fecundación; sin embargo, sí hubo una diferencia drástica en la calidad de los embriones, ya que las vacas del cuartil con mayor pérdida de peso corporal (~8% de pérdida de peso corporal) tenían una calidad embrionaria mucho más baja en comparación con los otros grupos (por ejemplo, embriones viables: 53,2% frente a 82,6%, 75,2% y 83,8%; *P* = 0,04). Por lo tanto, un balance energético negativo durante el periodo inmediatamente posterior al parto, determinado por la pérdida de BCS o la pérdida de peso corporal, dio lugar a una gran reducción del P/AI que ya era evidente en el día 7 del desarrollo embrionario en vacas lecheras lactantes.

Influencia de la fuente de concentrado

Los rumiantes viven en simbiosis con un complejo ecosistema alojado en su primer compartimento digestivo, que les permite beneficiarse de compuestos dietéticos no digeribles (Bravo y Wall 2016). Las características del pienso y las consiguientes poblaciones de microorganismos que habitan en el rumen provocan diferencias en la relación acetato:propionato y en las cantidades de otros ácidos grasos volátiles que se producen (Salyers 1979; Ben-Ghedalia *et al*. 1989). Estos cambios pueden alterar los metabolitos circulantes y las hormonas circulantes que podrían potencialmente tener efectos en los tejidos reproductivos (Smith *et al*. 2006). Aunque existen diferencias metabólicas cuando se alimentan con distintas fuentes de concentrados, pocos estudios han analizado su efecto sobre la producción de embriones.

Las novillas *Bos taurus* (n = 37) alimentadas con concentrado de pulpa de cítricos y remolacha durante 116 días produjeron un mayor número (*P* < 0,05) de embriones congelables (grado 1 y 2) y transferibles (grado 1, 2 y 3) que las novillas a las que se les administró concentrado de cebada. La respuesta superovulatoria no se vio afectada. Los autores atribuyeron este efecto a la diferencia en los patrones de fermentación ruminal entre la pulpa de cítricos/remolacha y el concentrado de cebada y a las posibles diferencias en la insulina circulante causadas por las diferentes dietas, presumiendo que la cebada aumenta la liberación de insulina debido a la mayor producción ruminal de propionato (Yaakub *et al*. 1999). Los datos de embriones congelables (grado 1 y 2) de Yaakub *et al.* (1999) se analizaron en otro estudio que demostró que el tipo de concentrado también puede provocar alteraciones metabólicas y moleculares en el embrión (Wrenzycki *et al*. 2000). Sin embargo, los datos no publicados de un estudio controlado realizado por nuestro grupo muestran resultados diferentes a los presentados anteriormente. Se alimentó a vacas Holstein no lactantes (n = 22) con dietas de mantenimiento (1,5% del peso corporal de MS) basadas en una dieta que contenía ~65% de maíz molido o ~65% de pulpa de cítricos molida durante dos periodos de 70 días. El objetivo del estudio era analizar el efecto de diferentes fuentes de concentrado y, en consecuencia, de diferentes concentraciones de insulina circulante, sobre la producción de embriones. En total, se realizaron cuatro tratamientos de superovulación: dos por período, con 35 días de intervalo. Aunque las dietas fueron eficaces a la hora de alterar la insulina circulante (grupo de maíz molido = 15,8 frente a grupo de pulpa de cítricos molida = 11,5 µIU/mL de insulina; P < 0,01), las respuestas superestimulatoria y superovulatoria no se vieron afectadas por los tratamientos. La producción de embriones también fue similar entre las distintas

dietas. Es importante señalar que se trataba de un estudio cruzado (se evaluó un total de 88 superovulaciones) que se llevó a cabo durante el invierno y la primavera. Lamentablemente, los embriones de este estudio no se transfirieron para evaluar si había diferencias en la calidad embrionaria que no pudieran detectarse por el estadio o la morfología macroscópica.

Se ha postulado que las dietas que estimulan la producción de insulina poco después del parto tienen un efecto positivo sobre el estado ovárico, con un adelanto del momento de la primera ovulación en las vacas lecheras que recibieron una dieta insulinogénica durante los primeros 50 días de lactación (Gong *et al*. 2002b). Sin embargo, si las vacas mantienen estas dietas durante un largo periodo de tiempo, puede reducirse la fertilidad. Garnsworthy *et al.* (2009) realizaron un estudio con 60 vacas lecheras Holstein que recibieron dietas lipogénicas o insulinogénicas desde el parto hasta el primer aumento de la P4 láctea y, a continuación, se cambió a la mitad de las vacas de cada tratamiento al otro. Las dietas insulinogénicas ofrecidas durante los primeros días después del parto, seguidas de una dieta para inducir concentraciones de insulina relativamente bajas debido a su menor contenido en almidón y mayor contenido en grasa (lipogénica) durante la época de cría, no afectaron al número de días hasta la primera subida de progesterona (P4), el primer celo o la primera inseminación, pero afectaron positivamente a la preñez hasta la primera AI posparto y a todas las inseminaciones antes de los 120 días posparto. Sin embargo, debido al reducido número de vacas de este estudio, se requiere la realización de otros estudios para confirmar estos resultados.

El efecto de la progesterona debido a las diferencias en la ingesta de alimentos sobre la calidad de los ovocitos y la supervivencia de los embriones

Las concentraciones circulantes de P4 próximas al inicio de un protocolo de inseminación artificial cronometrada (por sus siglas en inglés **TAI**) y en el día de la AI pueden predecir el éxito de un programa TAI (Monteiro Jr *et al*. 2015). Además, según Rivera *et al*. (2011), y Nasser *et al.* (2011), una P4 circulante elevada durante el desarrollo de folículos superestimulados mejoró la calidad embrionaria posterior, posiblemente debido a mejoras en la calidad de los ovocitos en los folículos superovulados. Este efecto positivo de la P4 elevada sobre la fertilidad posterior también se ha observado durante el desarrollo de un folículo preovulatorio de un ciclo natural (Bisinotto *et al*. 2010). Sin embargo, el día de la AI, es deseable tener una P4 circulante muy baja (Waldmann *et al*. 2001) seguida de un aumento y una P4 circulante alta durante el desarrollo del embrión, para asegurar el establecimiento de la gestación (Wiltbank *et al*. 2012; Stronge *et al*. 2005). Según Lonergan *et al*. (2011), la P4 también influye en la función endometrial, el reconocimiento del embarazo y la receptividad uterina para la implantación.

Las vacas lecheras experimentan un mayor flujo sanguíneo hepático y, en consecuencia, un mayor aclaramiento de esteroides tras una DMI elevada (Sangsritavong *et al.* 2002; Vasconcelos *et al*. 2003). La manipulación de la dieta puede alterar sustancialmente la P4 circulante. Por ejemplo, se descubrió que la administración de múltiples comidas durante el día (Vasconcelos *et al.* 2003) y la alimentación con dietas restringidas (Ferraretto *et al*. 2014) previenen la reducción de la concentración circulante de P4 que normalmente acompaña a una mayor ingesta de alimento.

En un estudio de nuestro grupo (Spies y Sartori, sin publicar) se superovuló a vacas lecheras Holstein no lactantes y se las alimentó con dietas de mantenimiento a base de pulpa de cítricos molida o maíz molido. Justo antes de la alimentación, la P4 circulante fue mayor en el grupo de pulpa de cítricos

molida que en el grupo de maíz (18,3 ± 2,1 frente a 13,2 ± 1,8 ng/mL, respectivamente; $P < 0,01$). Sin embargo, 4 h después de la alimentación, la P4 circulante registró un mayor aumento en el grupo del maíz frente al de la pulpa de cítricos (27 frente a 7%, respectivamente; $P < 0,01$). Dado que el grupo de maíz molido presentaba una mayor cantidad de insulina circulante basal, especulamos que puede haber un efecto positivo de la insulina sobre la esteroidogénesis luteínica poco después de la ingesta de alimento, y esto podría explicar el mayor aumento postprandial de la P4 circulante en las vacas del grupo de maíz molido.

La P4 circulante también fue mayor en vacas Nelore multíparas no lactantes y no gestantes (Cooke *et al.* 2014), en vacas Gir x Holstein ovariectomizadas no lactantes y no gestantes (Lopes *et al.* 2009) y en vacas lecheras Holstein lactantes no gestantes (Reis *et al.* 2012) que recibieron suplementos de ácidos grasos poliinsaturados (por sus siglas en inglés **PUFA**) en comparación con los controles.

La Figura 2 presenta un resumen y una visión general especulativa de los efectos de la ingesta de materia seca/energía en la reproducción del ganado vacuno de carne y leche.

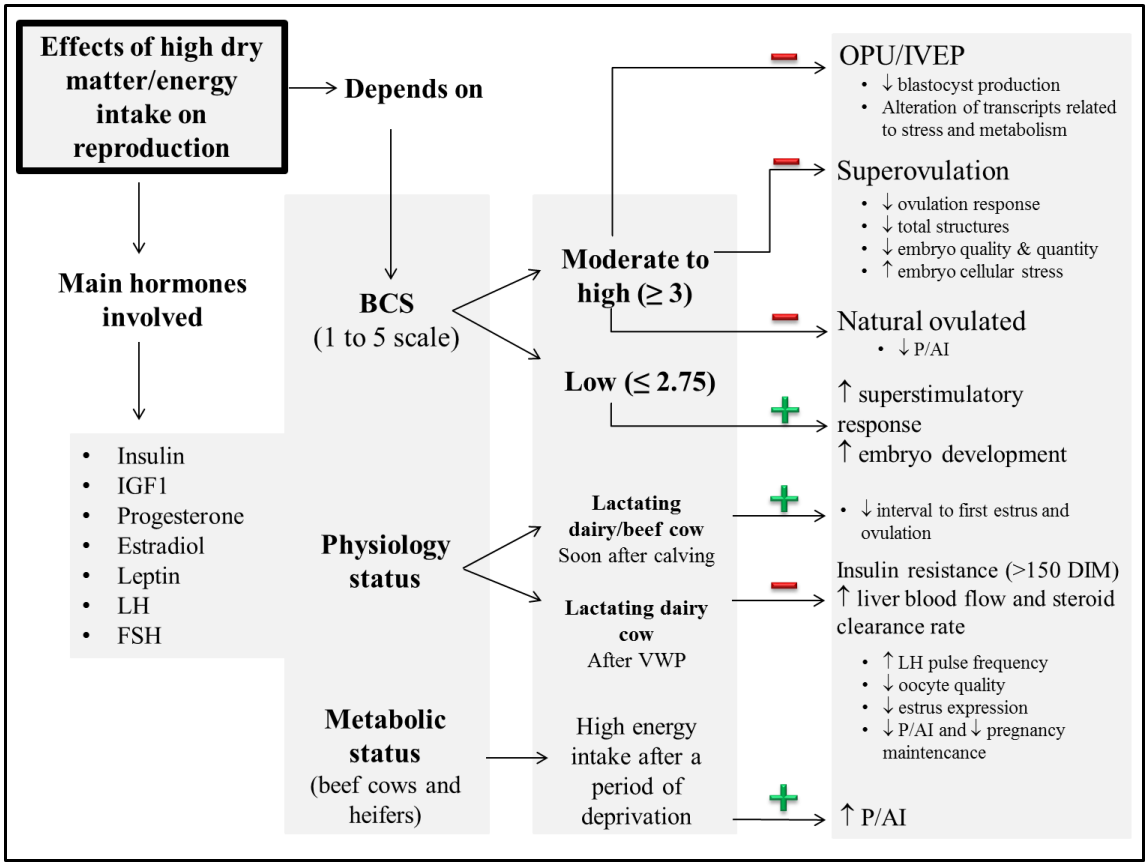


Figura 2. Resumen de los principales efectos de una ingesta elevada de materia seca o de energía sobre las variables reproductivas en función de la BCS, la fisiología y el estado metabólico. La nutrición puede influir en el eje hipotálamo-hipófisis-gónada a través de la insulina, el IGF1 y la leptina, alterando la producción o la acción de hormonas como la progesterona, el estradiol, la FSH o la LH. Los altos planos de nutrición de las vacas lecheras poco después del parto están relacionados positivamente con el retorno a la ciclicidad, pero tienen efectos perjudiciales sobre la reproducción durante la lactancia media

y tardía debido al aumento del flujo sanguíneo hepático y a la consiguiente alta tasa de eliminación metabólica de hormonas esteroideas. Las hembras con un BCS alto tienden a responder negativamente a una ingesta elevada de materia seca. Las hembras de bajo BCS, sin embargo, pueden beneficiarse de altos niveles de nutrición. La fertilidad de las vacas de carne y de las novillas de carne/leche se ve beneficiada con planos elevados de nutrición tras un periodo de privación alimentaria. BCS = Puntuación de la condición corporal; FHS = Hormona foliculoestimulante; IGF1 = Factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1; IVEP - Producción de embriones in vitro; LH = Hormona luteinizante; OPU = Recogida de óvulos; P/AI = Embarazo por inseminación artificial; VWP = Periodo de espera voluntario; «-» = efectos negativos; «+» = efectos positivos.

Influencia de los suplementos de grasas en la reproducción

La suplementación con grasas rumen protegidas se utiliza en gran medida como estrategia para mejorar la densidad energética de la dieta, muchas veces durante el periodo posparto (Rodney *et al*. 2015). La suplementación con grasas puede mejorar la producción de leche, dependiendo de la fuente de grasa, y mejorar el estado metabólico (Reis *et al*. 2012; von Soosten *et al*. 2012). En cuanto a la reproducción, los estudios con diferentes fuentes de grasa han arrojado resultados contradictorios relacionados con el tamaño del folículo, el tamaño de CL, las concentraciones de esteroides circulantes, la calidad/composición lipídica de los ovocitos y embriones y las tasas de concepción (Leroy *et al*. 2008). No obstante, los conocimientos derivados de numerosos estudios han identificado una serie de ácidos grasos (por sus siglas en inglés **FA**) específicos potencialmente implicados con efectos positivos en la fertilidad, así como las estrategias de alimentación relacionadas que pueden propiciar un mejor rendimiento reproductivo, tal y como se describe a continuación.

Un meta-análisis de Rodney *et al*. (2015) con datos de 17 estudios apoya la idea de que la inclusión de lípidos by-pass enriquecidos con PUFA (AGPI) en la dieta durante el periodo de transición de las vacas lecheras en lactación mejora la fertilidad al reducir el intervalo parto-preñez y aumentar el riesgo de preñez en un 27%.

El efecto de la suplementación con semillas de girasol (ricas en ácido linoleico) sobre el P/AI fue estudiado por Cordeiro *et al.* (2015). Unas vacas nodrizas Nelore fueron sincronizadas para la TAI y luego asignadas a dos grupos: suplementación con semillas de girasol (n = 66) o control (harina de soja y maíz; n = 67), durante 22 d. La preñez por AI en el d 30 fue mayor ($P < 0,05$) entre las vacas del grupo girasol (66,7%) que entre las del grupo de control (47,8%). La P4 circulante fue similar entre los grupos y el colesterol circulante fue mayor en el grupo de girasol en el día 21 (Cordeiro *et al.* 2015). Lopes *et al.* (2009) también informaron de efectos positivos de los PUFA (AGPI) rumen protegidos (RP) sobre la reproducción. Las novillas Nelore primíparas en lactación (n = 910) suplementadas desde el inicio de un protocolo TAI hasta 28 d después de la AI tuvieron mayor P/AI en comparación con el grupo de control (51,2 vs. 39,6%, respectivamente; $P = 0,04$). Cuando las vacas multíparas Nelore (n = 504) recibieron PUFA (AGPI) o un suplemento similar que contenía un ácido graso (FA) saturado RP durante 28 días a partir del TAI, la P/AI fue del 47,9 frente al 35,5%, respectivamente; P = 0,02; Lopes *et al*. 2009). El mismo efecto positivo de los PUFA (AGPI) en la P/AI fue observado después de FTET en novillas Nelore (n = 217). Las novillas suplementadas con semillas de girasol durante 22 días, comenzando 2 días antes de la ovulación prevista, presentaron mayor P/ET que las no suplementadas (55,7 vs. 36,9%; $P < 0,05$). Las semillas de girasol modularon las concentraciones de lípidos circulantes y la P4, el colesterol y las HDL

fueron mayores en las novillas suplementadas (Cordeiro *et al*. 2015). También se han descrito efectos positivos de la suplementación con grasas en la calidad embrionaria en vacas Holstein (Cerri *et al.* 2009) o de la FTET en vacas Nelore (Lopes *et al.* 2009).

González-Serrano et al. (2015) detectaron que la suplementación con ácido linoleico conjugado (CLA) o ácido esteárico durante 75 d a las novillas (n = 84) cambiaba los perfiles lipídicos de diferentes compartimentos fisiológicos (es decir, sistema sanguíneo, fluido folicular, ovocitos y embriones tempranos). Cooke *et al.* (2014) también describieron cambios en el perfil lipídico. Se ofrecieron sales cálcicas de soja (Megalac-E) vs. el control a 90 vacas Nelore durante 18 d tras la AI con el objetivo de identificar diferencias en los tejidos reproductivos y los conceptus. No se detectaron diferencias en la proporción de vacas con conceptus el d 19 después del sacrificio (12 de 18 y 11 de 18, respectivamente; P = 0,73). Las dimensiones de los conceptus y la expresión de los genes asociados al establecimiento de la gestación también fueron similares entre los tratamientos. Sin embargo, las vacas tratadas con grasas tenían mayores concentraciones de ácido linoleico, PUFA (AGPI), relación n-6:n-3 (omega 6:omega 3), total de FA n-6 y total de FA identificados en plasma, endometrio y CL ($P \leq 0,05$). Los conceptus de vacas suplementadas con grasas tenían mayores ($P \leq 0,05$) concentraciones de ácido esteárico, ácidos grasos saturados totales y ácidos eicosadienoico, araquidónico y adrenico y tendían a tener mayores concentraciones de ácido linoleico, ácido eicosapentaenoico y relación ω-6:ω-3 ($P = 0,08$) en comparación con los conceptus de las vacas del grupo de Control. La P4 plasmática y el volumen de CL en el día 7 fueron mayores en las vacas tratadas con grasas (Cooke *et al*. 2014).

Por el contrario, en un estudio de diseño cruzado en el que participaron 40 novillas Nelore alimentadas con pastos, se ofreció RP PUFA (AGPI RP) (predominantemente ácido linoleico; Megalac-E) o un suplemento de control sin grasas (con maíz extra) durante dos periodos de 70 días. Tras 50 días de alimentación, las novillas fueron superovuladas. La suplementación con las grasas no mejoró la producción ni la calidad de los embriones, pero comprometió la criotolerancia de los embriones congelados convencionalmente o vitrificados. Las tasas de eclosión y el estadio de desarrollo medio de los embriones fueron mayores en el grupo de control a las 48 y 72 h de cultivo in vitro que en el grupo suplementado con grasas (Guardieiro *et al.* 2014).

Conclusiones

Las causas del deterioro de la calidad de los ovocitos y de la producción de embriones aún no se han dilucidado por completo. Se sabe que existe una correlación positiva entre el nivel de ingesta de alimento y la insulina circulante. Sin embargo, la hiperinsulinemia, per se, no es el único factor que compromete la fertilidad en hembras con alto consumo de alimento y alto BCS. Los efectos negativos de una ingesta elevada de alimentos/energía sobre el rendimiento reproductivo pueden estar relacionados con el aumento de la insulina circulante, pero también con otras hormonas y metabolitos, así como con el aumento del flujo sanguíneo hepático y el consiguiente aumento de la tasa de eliminación metabólica de esteroides. También hay que tener en cuenta el efecto de la duración de la sobrealimentación, el grupo genético, la interacción con la BCS y los efectos de arrastre. Aunque la restricción de alimento puede utilizarse como herramienta para mejorar la fertilidad en las novillas o en las vacas no lactantes, las vacas lactantes parecen beneficiarse de las dietas hiperinsulinémicas durante el inicio del periodo posparto.

Los efectos de los suplementos de grasas en la reproducción no están completamente definidos y los datos publicados son algo contradictorios. La administración de suplementos de grasas después de un TAI o un TET ha arrojado resultados positivos en algunos estudios, pero no en todos. Por el contrario, hay datos que indican efectos negativos de la alimentación con grasas sobre la criotolerancia de los embriones producidos *in vivo*.

Hay que tener cuidado de no extrapolar las conclusiones de un estudio a otro en cuanto a los efectos de la nutrición sobre la calidad de los ovocitos o embriones, ya que intervienen diversas variables, como la categoría del animal, la duración de la alimentación, los tipos de dietas o el estado fisiológico del animal. Los experimentos más importantes que deben realizarse, pero también los más difíciles y costosos, son los estudios que no sólo evalúan el impacto de la nutrición en la calidad embrionaria, sino también los efectos posteriores, tras la transferencia embrionaria, en las tasas de embarazo, el mantenimiento del embarazo y el desarrollo de la descendencia.

Reconocimientos

Los autores desean agradecer el apoyo de FAPESP (2014/03580-0; 2018/03798-7), CNPq (460902/2014-8) y CAPES de Brasil.

Bibliografía:

Adamiak, S. J., Mackie, K., Watt, R. G., Webb, R., and Sinclair, K. D. (2005). Impact of nutrition on oocyte quality: cumulative effects of body composition and diet leading to hyperinsulinemia in cattle. *Biol. Reprod*. **73**, 918–926.

Baruselli, P. S., Vieira, L. M., Sá Filho, M. F., Mingoti, R. D., Ferreira, R. M., Chiaratti, M. R., Oliveira, L. H., Sales, J. N., and Sartori, R. (2016). Associations of insulin resistance later in lactation on fertility of dairy cows. *Theriogenology*. **86**, 263-269.

Bastos, M. R., Martins, A., Melo, L., Carrijo, L., Rumpf, R., and Sartori, R. (2007). Effect of body condition score and feed intake on the superovulatory response and embryo production in Nelore heifers. *Acta Sci. Vet*. **35** Suppl 3, 1242 (abstract).

Bastos, M. R., Ramos, A. F., Driessen, K., Martins, A. C., Rumpf, R., and Sartori, R. (2009). Influence of high dry matter intake on the superovulatory response of crossbred cows. *Ci. Anim. Bras.* **10**, 1066-1073.

Bender, R. W., Hackbart, K. S., Dresch, A. R., Carvalho, P. D., Vieira, L. M., Crump, P. M., Guenther, J. N., Fricke, P. M., Shaver, R. D., Combs, D. K., and Wiltbank, M. C. (2014). Effects of acute feed restriction combined with targeted use of increasing luteinizing hormone content of follicle-stimulating hormone preparations on ovarian superstimulation, fertilization, and embryo quality in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* **97**, 764–778.

Ben-Ghedalia, D., Yosef, E., Miron, J., and Est, Y. (1989). The effects of starch- and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol*. **24**, 289–298.

Bisinotto, R. S., Chebel, R. C., and Santos, J. E. P. (2010). Follicular wave of the ovulatory follicle and not cyclic status influences fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci*. **93**, 3578-3587.

Bravo, D. M., and Wall, E. H. (2016). The rumen and beyond: Nutritional physiology of the modern dairy cow. *J. Dairy Sci*. **99**, 4939–4940.

Cardoso, F. C., LeBlanc, S. J., Murphy, M. R., and Drackley. J. K. (2013). Prepartum nutritional strategy affects reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci*. **96**, 5859–5871.

Carvalho, P. D., Souza, A. H., Amundson, M. C., Hackbart, K. S., Fuenzalida, M. J., Herlihy, M. M., Ayres, H., Dresch, A. R., Vieira, L. M., Guenther, J. N., Grummer, R. R., Fricke, P. M., Shaver, R. D., and Wiltbank, M. C. (2014). Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*. **97**, 3666-3683.

Cerri, R. L. A., Juchem, S. O., Chebel, R. C., Rutigliano, H. M., Bruno, R. G. S., Galvão, K. N., Thatcher, W. W., and Santos, J. E. P. (2009). Effect of fat source differing in fatty acid profile on metabolic parameters, fertilization, and embryo quality in high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* **92**, 1520-1531.

Cooke, R. F., Cappellozza, B. I., Guarnieri Filho, T. A., Depner, C. M., Lytle, K. A., Jump, D. B., Bohnert, D. W., Cerri, R. L. A., and Vasconcelos, J. L. M. (2014). Effects of calcium salts of soybean oil on factors that influence pregnancy establishment in *Bos indicus* beef cows. *J. Anim. Sci*. **92**, 2239-2250.

Cordeiro, M. B., Peres, M. S., Souza, J. M., Gaspar, P., Barbiere, F., Sá Filho, M. F., Maturana Filho, M., Dinardi, R. N., Nogueira, G. P., Mesquita, F. S., Pugliesi, G., Martins, T., Binelli, M., and Membrive, C. M. B. (2015). Supplementation with sunflower seed increases circulating cholesterol concentrations and potentially impacts on the pregnancy rates in Bos indicus beef cattle. *Theriogenology*. **83**, 1461-1468.

Ferraretto, L. F., Gencoglu, H., Hackbart, K. S., Nascimento, A. B., Dalla Costa, F., Bender, R. W., Guenther, J. N., Shaver, R. D., and Wiltbank, M. C. (2014). Effect of feed restriction on reproductive and metabolic hormones in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **97**, 754–763.

Garnsworthy, P. C., Fouladi-Nashta, A. A., Mann, G. E., Sinclair, K. D., and Webb, R. (2009). Effect of dietary-induced changes in plasma insulin concentrations during the early postpartum period on pregnancy rate in dairy cows. *Reproduction*. **137**, 759-768.

Gong, J. G., Armstrong, D. G., Baxter, G., Hogg, C. O., Garnsworthy, P. C., Webb, R. (2002a). The effect of increased dietary intake on superovulatory response to FSH in heifers. *Theriogenology*. **57**, 1591-1602.

Gong, J. G., Lee, W. J., Garnsworthy, P. C., and Webb, R. (2002b). Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction*. **123**, 419-427.

González-Serrano, A. F., Ferreira, C. R., Pirro, V., Lucas-Hahn, A., Heinzmann, J., Hadeler, K., Baulain, U., Aldag, P., Meyer, U., Piechotta, M., Jahreis, G., Danicke, S., Cooks, R. G., and Niemann, H. (2015). Effects of long-term dietary supplementation with conjugated linoleic acid on bovine oocyte lipid profile. *Reprod. Fertil. Dev.* http://dx.doi.org/10.1071/RD14352.

Grummer, R. R., Wiltbank, M. C., Fricke, P. A., Watters, R. D., and Silva-Del-Rio, N. (2010). Management of

dry and transition cows to improve energy balance and reproduction. *J Reprod Dev.* **56** (Suppl), 22-28.

Guardieiro, M. M., Machado, G. M., Bastos, M. R., Mourão, G. B., Carrijo, L. H. D., Dode, M. A. N., Leroy, J. L. M. R., and Sartori, R. (2014). A diet enriched in linoleic acid compromises the cryotolerance of embryos from superovulated beef heifers. *Reprod. Fertil. Dev.* **26**, 511–520.

Leiva, T., Cooke, R. F., Brandão, A. P., Aboin, A. C., Ranches, J., and Vasconcelos, J. L. M. (2015). Effects of excessive energy intake and supplementation with chromium propionate on insulin resistance parameters, milk production, and reproductive outcomes of lactating dairy cows. *Livest. Sci.* **180**, 121–128.

Leroy, J. L. M. R., Van Soom, A., Opsomer, G., Goovaerts, I. G. F., and Bols, P. E. J. (2008). Reduced Fertility in High-yielding Dairy Cows: Are the Oocyte and Embryo in Danger? Part II. Mechanisms Linking Nutrition and Reduced Oocyte and Embryo Quality in High-yielding Dairy Cows. *Reprod Dom Anim*. **43**, 623-632.

Lonergan, P. (2011). Influence of progesterone on oocyte quality and embryo development in cows. *Theriogenology*. **76**, 1594-1601.

Lopes, C. N., Scarpa, A. B., Cappellozza, B. I., Cooke, R. F., and Vasconcelos, J. L. M. (2009). Effects of rumen-protected polyunsaturated fatty acid supplementation on reproductive performance of *Bos indicus* beef cows. *J. Anim. Sci.* **87**, 3935–3943.

Mollo, M., Rumpf, R., Martins, A., Carrijo, L., Saueressig, M., Sartori, R. (2007). Embryo production in superovulated Nelore heifers under low or high feed intake. *Acta Sci. Vet*. **35** (Suppl.), 1241 (abstract).

Monteiro Jr., P. L. J., Borsato, M., Silva, F. L. M., Prata, A. B., Wiltbank, M. C., and Sartori, R. (2015). Increasing estradiol benzoate, pretreatment with gonadotropinreleasing hormone, and impediments for successful estradiol-based fixed-time artificial insemination protocols in dairy cattle. *J. Dairy Sci*. **98**, 3826-3839.

Nasser, L. F., As, M. F., Reis, E. L., Rezende, C. R., Mapletoft, R. J., Bo, G. A., and Baruselli, P. S. (2011). Exogenous progesterone enhances ova and embryo quality following superstimulation of the first follicular wave in Nelore (*Bos indicus*) donors. *Theriogenology*. **76**, 320–327.

Oliveira, L. H., Nascimento, A. B., Monteiro Jr., P. L. J., Guardieiro, M. M., Wiltbank, M. C., and Sartori, R. (2016). Development of insulin resistance in dairy cows by 150 days of lactation does not alter oocyte quality in small follicles*. J. Dairy Sci.* **86**, 263-269.

Parr, R. A., Davis, I. F., Fairclough, R. J., and Miles, M. A. (1987). Overfeeding during early pregnancy reduces peripheral progesterone concentration and pregnancy rate in sheep. *J. Reprod. Fertil.* **80**, 317-320.

Parr, M. H., Crowe, M. A., Lonergan, P., Evans, A. C. O., Fair, T., and Diskin, M. G. (2015). The concurrent and carry over effects of long term changes in energy intake before insemination on pregnancy per artificial insemination in heifers. *Anim. Reprod. Sci*. **157**, 87-94.

Rabiee, A. R., Lean, I. J., Stevenson, M. A., Socha. M. T. (2010). Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis. *J. Dairy Sci*. **93**, 4239–4251.

Reis, M. M., Cooke, R. F., Ranches, J., and Vasconcelos, J. L. M. (2012). Effects of calcium salts of

polyunsaturated fatty acids on productive and reproductive parameters of lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci*. **95**, 7039–7050.

Rivera, F. A., Mendonca, L. G. D., Lopes, G., Santos, J. E. P., Perez, R. V., Amstalden, M., Correa-Calderon, A., and Chebel, R. C. (2011). Reduced progesterone concentration during growth of the first follicular wave affects embryo quality but has no effect on embryo survival post transfer in lactating dairy cows. *Reproduction*. **141**, 333–342.

Rodney, R. M., Celi, P., Scott, W., Breinhild, K., and Lean, I. J. (2015). Effects of dietary fat on fertility of dairy cattle: A meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci*. **98**, 5601–5620.

Sales, J. N. S., Iguma, L. T., Batista, R. I. T. P., Quintão, C. C. R., Gama, M. A. S., Freitas, C., Pereira, M. M., Camargo, L. S. A., Viana, J. H. M., Souza, J. C., and Baruselli, P. S. (2015). Effects of a high-energy diet on oocyte quality and in vitro embryo production in *Bos indicus* and *Bos taurus* cows. *J. Dairy Sci*. **98**, 3086–3099.

Salyers, A. A. (1979). Energy sources of major intestinal anaerobes. *Am. J. Clin. Nutr.* **32**, 158-163.

Sangsritavong, S., Combs, D. K., Sartori, R., Armentano, L. E., and Wiltbank, M. C. (2002). High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17β in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **85**, 2831–2842.

Santos, J. E. P., Bisinotto, R. S., Ribeiro, E. S., Lima, F. S., Greco, L. F., Staples, C. R., and Thatcher, W. W. (2010). Applying nutrition and physiology to improve reproduction in dairy cattle. *Soc. Reprod. Fertil. Suppl*. **67,** 387-403.

Sartori, R., Surjus, R. S., Prata, A. B., Monteiro Jr, P. L. J., Mattos, M. C. C., Mattos, F. C. S. Z., Mourão, G. B., and Santos, F. A. P. (2016). In vivo production, quality and pregnancy of bovine embryos from cows with high or low intake of dry matter or energy. *J. Anim. Sci.* (abstract in press).

Smith, D. L., Stinefelt, B. M., Blemings, K. P., and Wilson, M. E. (2006). Diet-induced alterations in progesterone clearance appear to be mediated by insulin signaling in hepatocytes. *J. Anim. Sci.* **84**, 1102-1109.

Stronge, A. J. H., Sreenan, J. M., Diskin, M. G., Mee, J. F., Kenny, D. A., and Morris, D. G. (2005). Post-insemination milk progesterone concentration and embryo survival in dairy cows. *Theriogenology.* **64**, 1212–1224.

Vasconcelos, J. L. M., Sangsritavong, S., Tsai, S. J., and Wiltbank, M. C. (2003). Acute reduction in serum progesterone concentrations after feed intake in dairy cows. *Theriogenology.* **60**, 795–807.

Von Soosten, D., Meyer, U., Piechotta, M., Flachowsky, G., and Danicke, S. (2012). Effect of conjugated linoleic acid supplementation on body composition, body fat mobilization, protein accretion, and energy utilization in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci*. **95**, 1222–1239.

Waldmann, A., Reksen, O., Landsverk, K., Kommisrud, E., Dahl, E., Refsdal, A., and Ropstad, E. (2001). Progesterone concentrations in milk fat at first insemination – effects on non-return and repeat-breeding. *Anim. Reprod. Sci.* **65**, 33–41.

Wiltbank, M C., Souza, A. H., Carvalho, P. D., Bender, R. W., and Nascimento, A. B. (2012). Improving fertility to timed artificial insemination by manipulation of circulating progesterone concentrations in lactating dairy cattle. *Reprod. Fertil. Dev.* **24**, 238–243.

Wiltbank, M. C., Lopez, H., Sartori, R., Sangsritavong, A., and Gümen, A. (2006). Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*. **65**, 17-29.

Wrenzycki, C., De Sousa, P., Overström, E. W., Duby, R. T., Herrmann, D., Watson, A. J., Niemann, H., O'Callaghan, D. and Boland M. P. (2000). Effects of superovulated heifer diet type and quantity on relative mRNA abundances and pyruvate metabolism in recovered embryos. *J. Reprod. Fertil.* **118**, 69-78.

Wu, G., Bazer, F. W., Cudd, T. A., Meininger, C. J., and Spencer, T. E. (2004). Maternal nutrition and fetal development. *J. Nutr*. **134**, 2169–2172.

Yaakub, H., O'Callaghan, D., and Boland, M. P. (1999). Effect of type and quantity of concentrates on superovulation and embryo yield in beef heifers. *Theriogenology*. **51**, 1259–1266.

INMUNIDAD MAMARIA EN VACUNO DE LECHE. ENTRE LA DEFENSA LOCAL Y LA RESPUESTA SISTÉMICA

Julio Benavides Silvan

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León). León

La glándula mamaria de los rumiantes es un órgano altamente especializado cuya función principal es la producción de leche. Sin embargo, su exposición constante a patógenos la convierte en un sitio vulnerable a infecciones, especialmente la mastitis. Para hacer frente a estos desafíos, la glándula mamaria cuenta con mecanismos inmunitarios locales y sistémicos que actúan de manera coordinada para prevenir, contener y resolver infecciones. La inmunidad mamaria se organiza en múltiples niveles que incluyen barreras físicas y químicas, respuestas inmunitarias innatas y adaptativas, así como una compleja interacción con el sistema inmunitario sistémico. La primera línea de defensa está compuesta por barreras anatómicas que limitan la entrada de patógenos. El esfínter del pezón es un elemento clave que evita la penetración de microorganismos, y su función se ve reforzada por el tapón de queratina que se deposita en el canal del pezón, el cual posee propiedades antimicrobianas. Además, la leche contiene múltiples factores de defensa, como la lisozima, las defensinas y la lactoferrina, que actúan de forma directa contra bacterias y otros patógenos. En términos de inmunidad humoral, la presencia de inmunoglobulinas, especialmente IgG1, desempeña un papel fundamental en la neutralización de microorganismos y en la prevención de la adhesión bacteriana a las células epiteliales de la glándula mamaria.

La inmunidad innata constituye la primera respuesta activa frente a una infección mamaria. Entre sus principales actores se encuentran los neutrófilos, macrófagos y células dendríticas, que desempeñan funciones esenciales en la detección y eliminación de microorganismos invasores. Los neutrófilos son los primeros en migrar al tejido mamario en respuesta a la presencia de patógenos, ejerciendo una potente actividad fagocítica y liberando especies reactivas de oxígeno y enzimas líticas para destruir las bacterias. Los macrófagos, por su parte, están presentes en el tejido mamario en estado de reposo y se activan al reconocer patrones moleculares asociados a patógenos a través de receptores como los Toll-like receptors (TLRs). Su función no se limita a la fagocitosis, sino que también regulan la respuesta inflamatoria mediante la secreción de citoquinas y quimioquinas. Las células dendríticas, en cambio, tienen una función clave en la conexión entre la inmunidad innata y la adquirida, capturando y procesando antígenos para presentarlos a los linfocitos T en los nódulos linfáticos regionales.

La activación de la inmunidad innata desencadena una respuesta inflamatoria caracterizada por la liberación de citoquinas proinflamatorias como IL-1β, TNF-α e IL-6. Estas moléculas no solo amplifican la respuesta inmunitaria, sino que también favorecen el reclutamiento de más células inmunitarias al tejido mamario. Sin embargo, una inflamación excesiva puede generar daño tisular y afectar la producción de leche, por lo que la regulación de esta respuesta es un aspecto crucial para la salud de la glándula mamaria. La inmunidad adquirida proporciona una respuesta más específica y de mayor duración frente a infecciones recurrentes. En este contexto, los linfocitos T y B desempeñan funciones clave en la regulación y ejecución de la respuesta inmunitaria. Los linfocitos CD4+ modulan la respuesta mediante la secreción de citoquinas que favorecen diferentes vías inmunológicas, dependiendo de si se activa un perfil Th1 o Th2. En infecciones intracelulares, la respuesta Th1 promueve la activación de macrófagos y la producción de IFN-γ, mientras que, en infecciones extracelulares, la respuesta Th2 favorece la producción de anticuerpos. Por otro lado, los linfocitos CD8+ pueden intervenir en la eliminación de células infectadas por patógenos intracelulares. En cuanto a los linfocitos B, su función principal en la glándula mamaria es la producción de inmunoglobulinas, especialmente IgG1 e IgG2, que facilitan la opsonización y eliminación de patógenos a través de la fagocitosis mediada por macrófagos y neutrófilos. Además, la IgA

secretora juega un papel relevante en la neutralización de toxinas y en la inhibición de la adhesión bacteriana al epitelio mamario.

La inmunidad de la glándula mamaria no es un sistema aislado, sino que se encuentra en comunicación constante con el sistema inmunitario sistémico. Los nódulos linfáticos supramamarios actúan como centros de procesamiento de antígenos y activación de células inmunitarias, permitiendo la generación de memoria inmunológica. La recirculación de linfocitos entre la glándula mamaria y otros órganos linfoides contribuye a una respuesta más eficaz frente a infecciones recurrentes. Además, factores sistémicos como el estado inmunológico general del animal, el estrés y la nutrición pueden influir en la capacidad de respuesta inmunitaria de la glándula mamaria, lo que resalta la importancia de un manejo integral para la prevención de enfermedades mamarias.

El conocimiento detallado de la inmunidad mamaria tiene implicaciones directas en el diseño de estrategias de prevención y control de mastitis, una de las enfermedades más relevantes en la producción lechera. Entre estas estrategias se incluyen el desarrollo de vacunas específicas que potencien la inmunidad local sin inducir inflamación excesiva, el uso de inmunomoduladores que favorezcan la activación de mecanismos de defensa sin comprometer la producción de leche, y la implementación de medidas de manejo y bioseguridad para reducir la exposición a patógenos. La higiene en el ordeño, el diagnóstico temprano de infecciones y la optimización de las condiciones ambientales en las explotaciones lecheras son aspectos fundamentales en este sentido. En los últimos años, la investigación ha avanzado en la identificación de biomarcadores inmunológicos que permiten evaluar la respuesta inmune de la glándula mamaria y predecir la susceptibilidad a infecciones. Estos estudios han proporcionado información valiosa sobre los factores que determinan la resistencia o susceptibilidad de los animales a la mastitis, lo que abre nuevas oportunidades para la selección genética de individuos con mayor capacidad de respuesta inmune.

Por tanto, la inmunidad mamaria en rumiantes es un sistema complejo que equilibra mecanismos locales y sistémicos para mantener la salud de la glándula mamaria y prevenir infecciones. La interacción entre la inmunidad innata y adquirida es clave para la eliminación de patógenos y la prevención de mastitis clínica y subclínica. La comprensión de estos mecanismos es fundamental para el desarrollo de estrategias eficaces de control y prevención, que no solo contribuyan a mejorar la sanidad animal, sino que también tengan un impacto positivo en la productividad y bienestar de los rumiantes.

LA BATALLA OCULTA: MECANISMOS DE EVASIÓN INMUNITARIA EN INFECCIONES MAMARIAS DE RUMIANTES

Julio Benavides Silvan

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León). León

La glándula mamaria de los rumiantes es un órgano altamente especializado cuya función principal es la producción de leche. Sin embargo, también representa un nicho ecológico idóneo para una amplia variedad de microorganismos patógenos, muchos de los cuales han desarrollado estrategias para evadir la respuesta inmunitaria del hospedador. Las mastitis, tanto clínicas como subclínicas, representan una de las principales patologías en la producción lechera, generando importantes pérdidas económicas y afectando al bienestar animal. Los patógenos responsables de estas infecciones pueden clasificarse en contagiosos y ambientales, dependiendo de su principal vía de transmisión y de las estrategias que emplean para colonizar la glándula mamaria y evadir la respuesta inmunitaria.

Entre los patógenos de mayor relevancia en la mastitis bovina se encuentran *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Streptococcus uberis*, cada uno con mecanismos específicos de interacción con la inmunidad mamaria.

S. aureus es un patógeno contagioso con una gran capacidad para persistir en la glándula mamaria gracias a su habilidad para invadir células epiteliales y formar biopelículas, lo que dificulta la acción del sistema inmunitario y la penetración de antibióticos. La respuesta inicial ante la infección es mediada principalmente por las células inmunitarias innatas, particularmente los neutrófilos, que se dirigen a la zona infectada tras la liberación de citoquinas y quimioquinas, como la interleucina-8 (IL-8). Sin embargo, este microorganismo es capaz de evadir la fagocitosis mediante la producción de la proteína A, que se une a los anticuerpos, bloqueando la opsonización, unos de los principales mecanismos de acción e estas defensas, y la eliminación por células fagocíticas. Además, produce toxinas como la α-toxina, que induce apoptosis en células del hospedador y contribuye al daño tisular, lo que inicia un circulo de daño tisular difícil de cerrar. Otra de las estrategias de supervivencia que tiene esta bacteria es la secreccion enzimas como coagulasa y estafiloquinasa, que le permiten modular la coagulación y la fibrinólisis para evadir la respuesta inmunitaria. La respuesta inmunitaria adquirida, mediada por linfocitos T CD4+ y B, tambien desempeña n importante papel. Los linfocitos T CD4+ coordinan la respuesta inmune y activan a los linfocitos B, que producen anticuerpos específicos. Sin embargo, *S. aureus* puede persistir en la glándula mamaria, causando infecciones crónicas y abscesos.

Como estrategia de control, se han desarrollado vacunas experimentales dirigidas contra la formación de biopelículas y contra proteínas de adhesión, aunque aún es necesario realizar más estudios de campo para conocer su eficacia. También se han evaluado terapias basadas en anticuerpos monoclonales para neutralizar toxinas bacterianas y en péptidos antimicrobianos que interfieren con la formación de biopelículas. Aunque efectiva, es aun difícil trasladar esta metodología al ampo . Recientemente, las vacunas basadas en vesículas de membrana externa y en ARN mensajero han mostrado resultados prometedores en estudios preclínicos.

E. coli es un patógeno ambiental que causa mastitis clínica grave, caracterizada por una intensa respuesta inflamatoria. Este microorganismo activa los receptores tipo Toll (TLRs) en la superficie de las células epiteliales mamarias y mediadores principales de la respuesta inmunitaria innata, lo que desencadena una respuesta inflamatoria mediada por citoquinas como IL-1β, IL-6 y TNF-α. La liberación masiva de estas moléculas proinflamatorias induce un reclutamiento rápido de neutrófilos, que intentan eliminar a la bacteria mediante la fagocitosis y la producción de especies reactivas de oxígeno. Además, los macrófagos también participan en la respuesta inicial, fagocitando las bacterias y liberando citoquinas proinflamatorias como el factor de necrosis

tumoral alfa (TNF-α) y la interleucina-1β (IL-1β), que ayudan a amplificar la inflamación y reclutar más células inmunitarias al sitio de la infección. Sin embargo, la sobreestimación de la respuesta inmunitaria puede generar daño tisular y comprometer la funcionalidad de la glándula mamaria.

E. coli también emplea mecanismos de escape, como la regulación de la expresión de lipopolisacáridos en su membrana externa para reducir su detección por el sistema inmunitario. Algunos serotipos han desarrollado resistencia a la acción del complemento y a los péptidos antimicrobianos del hospedador. A nivel preventivo, las estrategias incluyen vacunas basadas en antígenos de superficie bacteriana y en toxinas, que buscan generar inmunidad protectora en la glándula mamaria antes del período seco. Además, los avances en inmunoterapia han permitido el desarrollo de moduladores de la respuesta inflamatoria que minimizan el daño tisular sin comprometer la eliminación del patógeno. Se han investigado también fagoterapias dirigidas contra cepas patógenas de *E. coli* para reducir su impacto en la producción lechera.

Otro patógeno relevante es *Streptococcus uberis*, un microorganismo ambiental con una alta capacidad de adherencia y colonización del epitelio mamario. La respuesta inmunitaria innata ante *S. uberis* se caracteriza por una fuerte infiltración de neutrófilos y la activación de macrófagos, que fagocitan las bacterias y producen citoquinas inflamatorias. La IL-8 y el TNF-α juegan un papel esencial en la reclutación de neutrófilos al sitio de la infección. Su estrategia de evasión inmunitaria incluye la producción de una cápsula de polisacáridos que reduce su opsonización y fagocitosis. Además, *S. uberis* es capaz de sobrevivir en el interior de los macrófagos, evitando así su eliminación por parte del sistema inmune innato. La producción de enzimas como hialuronidasas y proteasas le permite degradar componentes del tejido conjuntivo, facilitando su diseminación dentro de la glándula mamaria. También secreta factores de virulencia como la proteína de superficie SUB, que modula la activación de células inmunes y favorece su supervivencia en el tejido mamario. La respuesta inmunitariaadquirida también se activa, pero en muchos casos la infección por *S. uberis* tiende a ser de carácter más agudo y resuelta con relativa rapidez debido a su menor capacidad de evasión inmunitaria en comparación con *S. aureus*.

En cuanto a su control, se han desarrollado vacunas experimentales basadas en antígenos de la pared celular y en proteínas de adhesión, con resultados prometedores en la reducción de la incidencia de infecciones clínicas. También se han evaluado estrategias de inmunización basadas en vectores virales y en formulaciones de nanopartículas que permiten una liberación controlada de antígenos. Las estrategias de inmunización pasiva con anticuerpos monoclonales específicos contra proteínas de virulencia de *S. uberis* están en fase experimental y podrían ofrecer soluciones viables en el futuro.

Otros microorganismos de importancia en la mastitis bovina incluyen *Klebsiella pneumoniae*, un patógeno oportunista que se asocia a infecciones graves con una fuerte respuesta inflamatoria, y *Mycoplasma bovis*, un agente de difícil detección que evade el sistema inmune al carecer de pared celular y al modular la expresión de sus antígenos de superficie. *K. pneumoniae* sobrevive en el tejido mamario mediante la producción de una cápsula de polisacáridos que protege a la bacteria de la acción del complemento y la fagocitosis. Por otro lado, *M. bovis* altera la expresión de adhesinas y otras proteínas de superficie para evitar el reconocimiento inmunitario, además de inducir una inmunosupresión local mediante la modulación de citoquinas.

El desarrollo de vacunas eficaces contra los principales agentes de la mastitis ha sido un desafío debido a la complejidad de la respuesta inmunitaria mamaria y la diversidad de factores de virulencia de los patógenos. Actualmente, se están evaluando estrategias basadas en vacunas de subunidades proteicas, vectores virales y formulaciones adyuvantes que potencien la inmunidad en la glándula mamaria sin comprometer la producción láctea. En paralelo, el uso de inmunoterapia y probióticos como agentes moduladores de la respuesta inmune están emergiendo como alternativas complementarias al uso de antibióticos. Además, la aplicación de tecnologías basadas en ARN mensajero y en edición genética mediante CRISPR ofrece nuevas posibilidades para la generación de inmunógenos altamente específicos y adaptados a la diversidad genética de los patógenos.

CALIDAD MICROBIOLOGICA DEL AGUA EN VACUNO DE LECHE

Fernando Sanagustin

INTRODUCCION

La calidad del agua en rumiantes es a menudo descuidada. Los rumiantes a diferencia de los monogástricos cerdos, aves… tienen una alta capacidad de resistencia a una deficiente calidad microbiológica del agua, pero eso no significa que no podamos tener problemas en la granja.

Hay que prestar la debida atención a la calidad microbiológica del agua. Los técnicos deben saber interpretar una analítica microbiológica del agua que les ayude en la toma de decisiones en la granja. Generalmente, no se diferencian los distintos usos y las distintas calidades microbiológicas del agua en función de su uso en las granjas de vacas de leche, viendo de forma única, el agua que beben las vacas adultas, el agua que circula por la sala de ordeño, el circuito de leche, refrigeración…, y el agua que se administra a los terneros mamones. Debemos pensar en *"Dime para que usas el agua y hablamos de calidad específica para ese uso"*

OBJETIVOS

1. Conocer las características microbiológicas del agua exigidas por la administración.
2. Saber interpretar un análisis microbiológico de agua.
3. Diferenciar la calidad microbiológica de agua en función de su uso en vacas de leche.
4. Concienciación sobre el biofilm y la posible recontaminación de agua en la misma tubería y depósitos de agua o bebederos.

IMPORTANCIA DEL AGUA EN VACUNO DE LECHE

La calidad microbiológica del agua es un factor esencial en la producción lechera, influyendo directamente en su salud. Las vacas adultas toleran bien elevados recuentos microbiológicos, pero esa contaminación del agua puede afectar negativamente, a la flora ruminal, a la digestibilidad del forraje, a la ingesta, a la absorción de nutrientes, cambiar los ácidos interesantes en el rumen, o efectos indirectos como mamitis o cetosis. Una mala calidad microbiológica del agua puede provocar una disminución del consumo de alimento, una bajada de la producción de leche, problemas renales, afectando la diuresis, deshidratación, intolerancia al calor, e ingestión de otras fuentes de agua como la orina o el purín. Pueden provocar contaminaciones directas, con malas fermentaciones en subproductos lácteos como quesos con ***Serratia, Pseudomonas***, que pueden dar contaminaciones del sistema de ordeño y mamitis directas.

La leche contiene un 87% de agua. El agua tiene una función fisiológica, manteniendo fluidos corporales, balance iónico, eliminación de desechos, componente de muchas reacciones básicas, actúa como lubricante de las articulaciones, vehículo de nutrientes, mantenimiento y regulación de la temperatura corporal.

El agua es actualmente un alimento más, y como tal, debe tratarse. Una vaca puede beber de

dos a tres veces lo que come, en función de la temperatura, humedad ambiental, alimentación etc… Se puede considerar al agua como un alimento olvidado, en el sentido de que los técnicos lo consideran imprescindible, pero a la hora de la práctica y del día a día, no se invierten, tiempo, recursos, y pensamientos en el tema agua. Algunos problemas crónicos o subclínicos pueden tener un origen en el agua, y por tanto hay que descartarla como fuente de contaminación o dispersión bacteriana o parasitaria. Muchas veces nos encontramos con la frase *"el agua es muy buena, llevo bebiéndola toda mi vida".*

Debemos considerar que, el tener un correcto sistema de agua, no es un coste, es una inversión en la producción animal, la salud de los terneros y en la sanidad alimentaria de la leche. En conclusión, todavía no es un tema estratégico en muchas granjas.

Cada día debemos contar el agua consumida, evitar cambios en su calidad, no romper los equilibrios, en conclusión, normalizar el agua. Dentro de los objetivos de certificación de las explotaciones de vacuno de leche, la calidad del agua es un parámetro básico en la seguridad alimentaria, trazabilidad y normalización.

MOTORES DEL CAMBIO EN LA EXPLOTACION DE VACUNO DE LECHE

Los cambios siempre están provocados por algo o alguien. Los técnicos a pesar de las barreras, debemos liderar los cambios para ayudar a la mejor producción de las explotaciones, aumentando su rentabilidad. Los técnicos dentro del diagnóstico, tenemos más tendencia a observar aspectos agudos clínicos, que subclínicos y crónicos. Además, tenemos más tendencia a considerar esos aspectos agudos, asociados a gérmenes patógenos. ¿Se pueden valorar los costes de producción que son debidos a aspectos subclínicos o crónicos? Un 10% de la susceptibilidad individual, perdiendo un 10% de producción es una pérdida de producción de un 1%.

La fuerza interna más importante en las granjas, es el técnico de la explotación que convence a la dirección o propietario por convicción. ¿Qué otras fuerzas externas a la explotación existen? La industria alimentaria, el consumidor, los medios de comunicación; la administración con su normativa y control; las nuevas normas de medicina preventiva, bioseguridad, bienestar animal; la reducción del consumo de antibióticos; las posibles epizootias siempre elevarán nuestro umbral de atención en bioseguridad.

CALIDAD MICROBIOLOGICA DEL AGUA

Se determina mediante análisis bacteriano. El análisis consiste en la búsqueda de gérmenes indicadores. Debe de ser de calidad en todos los puntos de la red, tanto iniciales como finales del sistema de agua, con especial hincapié en zonas más sensibles, como la sala de ordeño y el agua de rehidratación de la leche de los terneros mamones. La calidad microbiológica debe valorarse desde la perspectiva del veterinario de la explotación. Está claro que si el agua, es un alimento y en una granja se produce leche, es óbice cumplir la legislación y la normativa de agua en el punto de captación, depósitos principales. Aunque la administración debería considerar, que en una granja se vive en un entorno de materia orgánica y está puede contaminar con facilidad el sistema de agua, muchas veces en el propio bebedero de los animales.

La edad es un elemento determinante de calidad microbiológica del agua en todas las especies, y no son una excepción los terneros jóvenes en las explotaciones de rumiantes. La sensibilidad

microbiológica de los terneros es muy alta, la inmadurez de su aparato gastrointestinal, y el agua usada durante el primer mes, debe ser totalmente potable y libre de gérmenes.

TIPOS DE CALIDAD MICROBIOLOGICA DEL AGUA

Diferenciamos tres tipos de calidad microbiológica del agua, primera el agua de boca de las vacas adultas, segunda el agua de sala de ordeño, y tercera el agua de consumo de terneros o de rehidratación de la leche maternizada.

Otras aguas de excelente calidad microbiológica serán las usadas en el lavado y desinfección del equipo de ordeño, circuitos CIP, equipo de refrigeración. Otras superficies en contacto con la leche o subproductos lácteos queso, yogur… El agua utilizada para el lavado de los pezones previo al ordeño. El agua atomizada utilizada en tiempos de calor para bajar la temperatura corporal, debe estar potabilizada para evitar dispersión microbiológica a través de las microgotas aplicadas en el aire.

El *Reglamento 852/2004 UE* establece normas específicas de higiene de los productos alimenticios. *"Los operadores de empresa alimentaria no utilizarán para eliminar la contaminación de superficie de los productos de origen animal ninguna sustancia distinta del agua potable" "Las utilizadas en la limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos".*

CONTINENTE TAN IMPORTANTE COMO CONTENIDO

El agua (contenido) desde su origen pasa por depósitos, redes de tuberías, y bebederos (continente). Es tan importante la calidad microbiológica inicial del agua, como la limpieza y mantenimiento del biofilm en toda la red del sistema de agua, ya que son muy fáciles las recontaminaciones de agua en el mismo sistema.

Origen

Desde ríos, acequias, pozos, red pública - esta última no significa que no debamos mantener la calidad de agua - aunque pueda estar prefiltrada, preoxidada, puede recontaminarse en la granja, normalmente la cantidad de biocida residual no será suficiente para tratar el agua. Si el origen es el pozo, es conveniente intubar la tubería del pozo hasta la superficie, al menos y dependiendo de profundidad los últimos 10 a 20 metros, el objetivo es evitar lixiviaciones de aguas residuales o restos de abonos de los campos.

Almacenamiento

Los depósitos generales deben estar tapados del sol, polvo ambiental, animales salvajes ratas, aves. En determinadas zonas de calor se necesita un aislamiento térmico para evitar que el agua se caliente en verano. Generalmente almacenaremos agua para un consumo mínimo de día y medio. Se debe evitar en todo caso, la luz solar evitando el proceso de fotosíntesis que producirán algas verdes y materia orgánica.

Conducciones

Deben mantenerse limpias las tuberías principales, secundarias, depósitos intermedios, manteniéndolos los más limpios posibles. Cuando estas instalaciones se quieran cambiar, se tienen que

buscar tuberías de polietileno reticulado, depósitos, subdepósitos de fácil evacuación y limpieza.

Bebederos

Nos encontramos muchas veces con abrevaderos sucios, sin un programa de limpieza, mal diseñados para su limpieza. Bebederos muy grandes tipo bañera donde da la luz directa del sol, generará algas verdes y exceso de materia orgánica en el propio bebedero. Deben mantenerse los abrevaderos lo más limpios posibles. Cuando se cambien los bebederos deben decidirse por bebederos de fácil evacuación y limpieza.

CIP Circuitos de leche o subproductos lácteos

La calidad microbiológica debe ser perfecta y tratada de forma específica.

MICROBIOLOGIA DEL AGUA

El agua es fuente de enfermedades de etiología, bacteriana, vírica o parasitaria. Para los análisis de la calidad microbiológica del agua se elige, unas bacterias llamadas gérmenes indicadores, a partir de las cuales deducimos la importancia de la contaminación bacteriana. Los análisis microbiológicos han de realizarse por la norma UNE EN ISO correspondiente, no considerando de valor el sistema clásico, barato y estadístico de "Número Más Probable" (NMP). De todas formas, en la interpretación de un análisis de este tipo hay que obrar con sentido común.

La legislación RD 3/2023, (antiguo 140/2003) establece los criterios técnico sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Aunque no aparece la palabra animal, se exige esta calidad de agua en los animales en el punto de captación.

- **Recuento colonias a 22ºC** 100 ufc/ml
- **Bacterias Coliformes** 0 ufc/100 ml
- **Escherichia Coli** 0 ufc/100 ml
- **Enterococos** 0 ufc/100 ml
- **Clostridium perfringens** (incluida esporas) 0 ufc/100 ml

Frecuencia de los análisis

Se exige al menos dos veces al año, pero si puede ser conveniente hacer más análisis. La microbiología no es una ciencia exacta, teniendo resultados variables a lo largo del tiempo.

Aerobios mesófilos

Recuento de heterótrofos aerobios a 22ºC. Son indicadores de contaminación microbiológica general. Son gérmenes indicadores no patógenos, pudiendo indicar suciedad general provocada por el polvo ambiental. Normalmente están en granjas con un mal mantenimiento del sistema de agua (balsas al aire libre, depósitos sucios o abiertos al aire y al polvo ambiental). Aumentan de forma importante cuando los depósitos interiores no tienen tapa o malla de rafia de protección.

No creo que tenga tanta importancia como se afirma, y no lo hemos considerado un buen sistema para evaluar si un biocida es eficaz o no. En la legislación al principio de la distribución de agua, se exige, un valor paramétrico de 100 ufc/ml, posteriormente pide *"sin cambios anómalos",* lo cual se puede interpretar como totalmente subjetivo por el técnico. Si intubamos bien todo el sistema de agua y evitamos contacto del agua con aire, lograremos su reducción.

Coliformes totales

Grupo perteneciente a la familia de las enterobacterias. Fueron propuestos como indicadores de patógenos por *Jay (1992).* Se encuentran en vegetales, residuos animales y suelo. *Waggomer y Good (1984)*, da como nivel máximo permitido 50 ufc/100 ml de coliformes, aunque según nuestra opinión esta agua daría problemas digestivos en zonas sensibles.

Si por ejemplo tenemos 5 UFC/100 ml, esto equivale a 50 UFC/1 Litro de agua, que por un consumo de agua diario de 180 litros sería una ingestión diaria de 9.000 UFC al día. Aunque su presencia no siempre indica la presencia de patógenos específicos, su detección sugiere la necesidad de una evaluación más detallada de la calidad del agua.

Coliformes fecales (E. Coli)

Son marcadores fecales. Puede encontrarse en el agua debido a la contaminación directa de desechos animales o humanos. La presencia de ***E. coli*** en el agua de bebida es más grave que la de las bacterias coliformes totales, ya que indica una contaminación fecal reciente y puede representar un riesgo significativo para la salud de las vacas y la calidad de la leche. Se recomienda que su número sea cero. Los coliformes fecales son cuatro géneros: ***Klebsiella*****,** ***Citrobacter*****,** ***Enterobacter*** **y** ***Escherichia****.* En la nueva legislación los coliformes fecales han sido sustituidos por ***Escherichia coli****.* Se encuentran específicamente en el intestino de los animales y el hombre, por lo que son utilizados como marcadores fecales, indicando que hay contaminación del agua por efluentes. Testimonian el peligro de contaminaciones fecales por otros agentes como ***Salmonella, Shigela, Cryptosporididium, Campylobacter*** y protozooarios. Se ha identificado un aumento significativo en la frecuencia del aislamiento de ***Salmonella*** en muestras de agua, donde el número de coliformes fecales es superior a 2.000 ufc/100ml.

Si por ejemplo 1 UFC/100 ml, esto equivale a 10 UFC/1 litro de agua, que por un consumo de agua diario de 180 litros sería una ingestión diaria de 1.800 UFC al día.

Enterococos

Enterococos intestinales. Son el mejor marcador fecal, y normalmente no se analizan. Es un germen indicador de contaminación fecal antigua. En la antigua legislación española eran ***Streptococcus fecales***. Suelen estar altos cuando el agua, está contaminada por lixiviaciones del estiércol de la propia granja o por contaminación de aguas residuales de animales alrededor de la granja. Las recomendaciones de otros países sobre calidad microbiológica del agua consideran sospechosa, una que contenga < 5 ufc/100 ml.

Estadística microbiológica de diferenciación de origen fecal

Para determinar estadísticamente el origen de la contaminación fecal, dividir Coliformes Fecales

/ Enterococos Fecales = CF/EF. (Ver cuadro adjunto). Si no se dispone del dato de coliformes fecales, hacer la relación entre *E. coli* / EF. Si da más de cuatro, se estima que la contaminación de las aguas es por contaminación fecal humana. Si da menos de uno, indica contaminación fecal de origen animal, aunque entre 0,7 y 4 todavía podría interpretarse como una contaminación mixta o no se puede interpretar. Una valoración adicional de conocer el origen de la materia orgánica ya sea animal o agrícola, es la valoración conjunta de gérmenes fecales con análisis de nitratos y nitritos.

Especie	**Coliformes fecales**	**Enterococos fecales**	**CF/EF**
Vaca	230.000	1.300.000	0,18
Oveja	16.000.000	38.000.000	0,42
Cerdo	3.300.000	84.000.000	0,04
Pollo	1.300.000	3.400.000	0,38
Conejo	20	47.000	0
Hombre	13.000.000	3.000.000	4,33

Clostridium perfringens

Germen indicador de origen fecal anaeróbico Gram positivo formador de esporas. En el análisis están incluidas las formas esporuladas, que serían su forma de resistencia en el medio externo. En condiciones normales, no es patógeno en el intestino de los animales homeotermos. Su presencia en aguas cloradas puede asociarse a deficiencias en la filtración. Los desinfectantes oxidantes serían de elección. En la antigua legislación española era ***Clostridium sulfitoreductores*** (0 ufc/20 ml). Las recomendaciones en otros países consideran que un agua con menos de 10 ufc/100 ml es potable sospechosa. Pueden indicar:

- Presencia de materia orgánica.
- Falta de oxígeno.
- Alto riesgo, al avisar de un peligro mayor.
- Deficiente filtración.
- **Mala limpieza del sistema de tuberías (biofilm**). Ver la diferencia del análisis microbiológico entre el principio y fin de las tuberías.
- Existencia de tuberías viejas de **hierro**. El hierro incrementa la multiplicación de sulfito reductores debido a la flora del azufre generada.

Están normalmente en las heces, aunque en número mucho más reducido que ***E. coli***. Producen malos olores y reducen los sulfitos a sulfuros a partir de aminoácidos y compuestos azufrados

(aminoácidos azufrados metionina y cisteína). La ventaja de analizar los clostridios es que las esporas sobreviven en el agua mucho más tiempo que los coliformes y son más resistentes a los desinfectantes, además que son mejores indicadores que estos para determinar una contaminación fecal remota. Se asocian a una posible presencia de protozoos patógenos cuyos quistes y ooquistes son capaces de sobrevivir largo tiempo en el medio ambiente. La eficacia del cloro es muy baja sobre este tipo de bacterias y los desinfectantes oxidantes son más eficaces.

Legionella

De importancia zoonótica para los trabajadores de la granja. Se desarrolla muy bien en ambientes húmedos con agua. *RD 487/2022 (RD 614/2024)* los cooling o humidificadores son considerados como aparatos de riesgo y sometidos a control. Solo se han diagnosticado casos en granjas avícolas de Cataluña y Valencia. ***Legionella spp*** 100 UFC/ Litro.

Colífagos somáticos

No usados en veterinaria. Legislación de humana 0 UFP (Unidad de Formación en Placa) /100 ml.

Salmonela

No es un germen que se replique bien el agua, pero sí que puede actuar de vector a través de todo el sistema de agua. Se analiza mediante la técnica de análisis de aguas embotelladas y esto hace que la analítica pueda dar falsos negativos. Para aislarla con más eficacia, se requiere filtración 100 ml a 1.000 ml y pre-enriquecimiento. *"Si no la buscas con cariño, no la encuentras" y… "Lo que no encuentras no existe"*

La transmisión de ***Salmonella*** a las vacas lecheras a través del agua es una vía significativa de infección. La ***Salmonella*** puede contaminar el agua de bebida cuando esta entra en contacto con heces de animales infectados, ya sea directamente o a través de fuentes de agua contaminadas. Puede ingresar a través de agua contaminada con roedores y aves silvestres del entorno de la granja. Tiene incidencia en salud pública zoonosis. A nivel patológico cuesta realizar el diagnóstico, pudiendo producir diarreas con sangre.

Pseudomonas

Se reproducen bien en el agua, concretamente en el el sistema de tuberías biofilm. Es la gran olvidada ***Pseudomonas aeruginosa***. Al igual que la ***Listeria***, se puede replicar en temperaturas más bajas que la mayoría de las bacterias y pareciéndose en sus necesidades a ***Mycoplasma, Campylobacter*** por encontrar en el medio acuático y en el biofilm las condiciones optimas para su desarrollo.

Campilobacter

C*ampylobacter jejuni* es un germen con relevancia zoonótica en toxiinfecciones alimentarias de avicultura. Se adapta muy bien a los medios acuáticos, tanto en el biofilm de tuberías y bebederos, como en la yacija húmeda.

Listeria

Listeria monocytógenes es el microorganismo patógeno con grave incidencia zoonótica más

preocupante en alimentos madurados siendo los quesos elaborados con leche cruda uno de los productos lácteos más frecuentemente contaminados con esta bacteria patógena. La ausencia de un proceso térmico estandarizado, sumado a los diferentes procesos de ordeño y manejo, y las condiciones higiénicas que prevalecen en las granjas, suponen un peligro de contaminación. Es un germen telúrico, ubiquitario y aparece en algunos silos mal fermentados. Puede estar presente en el agua y es capaz de sobrevivir en condiciones adversas sobre todo en los biofilms de la industria lechera, muchas veces con altas sinergias con ***Pseudomonas***.

Micoplasma

Se adapta muy bien a los medios acuáticos y a la humedad. Aunque todos los técnicos siempre la asociamos a problemas respiratorios de contaminación y reservorio portador y ambiental, los últimos estudios rebaten que esa sea la única vía. El biofilm de las tuberías actúa de reservorio de ***Mycoplasma***. En conclusión, la vía epidemiológica más importante es la transmisión aérea, pero hay que tener en cuenta el reservorio del biofilm, sola o asociada a otras bacterias, muchas veces conviviendo con ***Pseudomonas***.

Leptospirosis

Buena transmisión hídrica y posible zoonosis a veterinarios y ganaderos, aunque su incidencia es mayor en América latina debido a que las ratas beben y orinan en los depósitos de agua de la granja.

Otras bacterias

Bordetella, Klebsiella; Proteus; Shigella; Yersinia; Enterobacter; Citrobacter; Serratia**,** esta última la hemos encontrado en subproductos lácteos.

Vibriosis

Vibrio spp de más importancia en acuicultura y específicamente ligado a zoonosis de moluscos bivalvos.

Virus

Adenovirus, Enterovirus, Rotavirus, Coronavirus.

Hongos, Levaduras

Cándida albicans

Protozoos

Amebas

Acanthamoeba, no se buscan en los análisis, y su diagnóstico es muy lento, son vehículos de transmisión *"Troyanos",* pudiendo llevar en su interior diferentes microbios como Virus: ***Adenovirus; Enterovirus***; Bacterias: ***Campylobacter; E. Coli; Salmonella; Staphylococcus***…

Criptosporidiosis

Son resistentes a los desinfectantes clorados. En USA se analizan frecuentemente debido a los brotes epidémicos en humana, considerar que el tipo de *Criptosporidium* en USA puede ser más patógeno que en España. En 2024, tuvimos un brote de *Criptosporidium* en humana en la zona de Tarazona, y se tardó en diagnosticar más tiempo del habitual.

Afecta sobre manera a los terneros mamones de menos de 15 días que debido a transmisión vía fecal-oral, a través de la ingestión de ooquistes presentes en el agua, el suelo, las mamas o los alimentos contaminados. Estos ooquistes salen esporulados, siendo muy resistentes y pudiendo sobrevivir en el suelo, equipos y superficies. Son resistentes a muchos desinfectantes comunes, no teniendo eficacia el cloro. En los casos de humana en España se ha propuesto el uso de peróxido, ozono y luz ultravioleta.

Giardiasis

Es una enfermedad zoonótica. La transmisión ocurre principalmente a través de la ingestión de agua o alimentos contaminados con quistes de ***Giardia***. Se han visto casos en España Aragón en niños de guarderías. Localizada en el intestino delgado de los animales infectados. Es más común en animales jóvenes.

Coccidios

Causada por protozoos del género ***Eimeria***, siendo las especies ***E. bovis*** **y** ***E. zuernii*** las más prevalentes en el ganado vacuno. La transmisión ocurre por ingestión de ooquistes presentes en el ambiente, que se eliminan a través de las heces de animales infectados.

Toxoplasmosis

Enfermedad zoonótica.

Normativa

*Si se incumple la normativa de contaminación bacteriana y existe una turbidez mayor a 5 UNF (Unidades Nefelométricas), se determinarán, en la salida de ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable) o depósito, si la autoridad competente lo considera oportuno, "****Cryptosporidium****" u otros microorganismos o parásitos. La EPA (Environmental Protection Agency) USA dice lo mismo.*

Parásitos

Aunque no es la vía epidemiológica más frecuente, si que en alguna ocasión puede intervenir en el ciclo epidemiológico. Helmintos, nemátodos, estrongiloidosis, cestodos, cisticercos, hidatidosis; platelmintos, tremátodos, coccidiosis, criptosporidiosis, babesiosis, tricomoniasis, neosporosis.

Algas verdes o bacterias cianofíceas

Las algas actúan como soporte físico y de protección para los gérmenes, fuente nutricional para las bacterias y de aporte de materia orgánica para el agua. Las algas cambian las características microbiológicas (contaminación) y físico químicas (cambios pH, oxidabilidad, etc…) del agua. Las algas cianoficeas, taxonómicamente llamadas ahora cianobacterias, producen toxinas muy potentes llamadas microcistinas: *Microcistina, Saxitoxina y Cilindroespermina*. Las microcistinas son tóxicas para el hígado, el riñón y la *Cilindroespermina* afecta al sistema nervioso. El valor paramétrico indicado en el *RD 3/2023*

(Antiguo 140/2003) y por la OMS (2004) es de *Microcistina* LR 1µg/l (siempre que el origen del agua sea un embalse, lago o laguna) mientras que *Canadá (2003)* lo cifra en 1,5 µg/l.

Requiere la limpieza periódica bebederos y eliminación de algas. Hay 7 variedades que son tóxicas *(Gorham 1964 - NRC 89).* Prestar atención a aguas de almacenamientos abiertos y limpieza de abrevaderos. La Luz del sol genera el proceso de fotosíntesis y el desarrollo de algas verdes y cianofíceas. Se han observado signos clínicos en agua de bebida de vacas de leche en USA. Normalmente suceden con Bloom de algas verdes y a menudo ha sido subestimada. Evitar la luz del sol tapando los depósitos principales.

Enfermedades que en algún momento pueden tener una transmisión hídrica

Aunque no sea la vía epidemiológica principal, puede haber una transmisión hídrica, Mamitis indirectas; Brucelosis; Tuberculosis; Leucosis; Clostridiosis; Abortos infecciosos; Salmonelosis (ligado a ratas y aves); Leptospirosis (ratas en América latina); Criptosporidiosis; Coccidiosis; Parásitos. En España en vacuno de leche, se ha visto algún caso grave de clostridiosis por aves silvestres comiendo y defecando en el suelo la mezcla realizada en los carros unifeed.

Riesgos Asociados a la Contaminación Microbiológica del Agua

Los riesgos de una mala calidad de agua son malas fermentaciones ruminales, baja producción de leche, posibles mamitis directas o indirectas, metritis, agalaxia, enterotoxemias, e incluso abortos. Destacar la alta sensibilidad en terneros en la mezclas de agua y leche maternizada.

El agua contaminada en el equipo ordeño, puede provocar zoonosis o contaminaciones por ***E. Coli; Streptococus agalactiae; Staphyloccus aureus*** *etc...* Si enjuagamos la máquina de ordeñar y el equipo de frío con agua contaminada, estamos contaminando el continente, las tuberías y por ende el contenido leche, afectando a su calidad.

CONCLUSIONES

Descartar el agua como fuente de problemas y pensar en cómo mejorar el tratamiento. Diferenciar calidad microbiológica y uso del agua en tres tipos de aguas con distinto tratamiento, boca que beben las vacas de leche adultas; boca de los terneros jóvenes para rehidratar la leche maternizada después del encalostramiento, y el agua que circula por el circuito de la sala ordeño, depósitos de refrigeración.

Necesidades y asignaturas pendientes:

1. Análisis microbiológico del agua. Al menos dos veces al año.
2. Medir la cantidad de agua bebida. Trazar y normalizar.
3. **Dosificar correctamente el biocida**. Ver donde se colocan las distintas dosificadoras.
4. **Limpiar y desinfectar el sistema de agua**, depósitos, tanques intermedios, tuberías y bebederos.
5. Controlar todo lo anterior.
6. Concienciar, formar y educar en todo lo anterior.

BIBLIOGRAFIA

1. ***Fernando Sanagustín (2009)***. *"Calidad e higiene del agua de bebida" LIBRO: Bioseguridad en avicultura. Capítulo 6. Jose Antonio Castelló. Real Escuela de Avicultura.*

2. ***Mº Sanidad y Consumo España. Real Decreto 3/2023*** *"Criterios Técnico-Sanitarios de la calidad de agua de consumo humano, su control y suministro" (BOE 11/01/2023).*
3. ***Dan N. Waldner, Michael L Looper (2007)***. *"Quantity and Quality of Water for Dairy Cattle" OSU Oklahoma Cooperative Extension Service. Oklahoma University (USA).*

4. ***Gibson, L. A., & Fricke, P. M. (2016)***. *"Water quality and management in dairy production systems" Journal of Dairy Science. American Dairy Science Association.*

5. ***Rafael Arocena y col (2013)***. *"Impacto de la producción lechera en la calidad del agua".*

6. **H. A. (Bart) Lardner*, Walter David Willms et al (2005)***. *"Water Quality in Selected Dairy Farming Catchments"* Australian Journal of Agricultural Research*. Ministry for the Environmental New Zealand.*

7. ***J.R. Lagger, H.T Mata, G.H. Pechin, A. T Larrea, R.N. Otrosky, R. O. Cesan, A. G. Caimier y G. E. Meglia. (2000)***. *"La importancia de la calidad del agua en producción lechera" Veterinaria Argentina.*

8. ***Hoard's West Dairyman***. ***C.R. Staples et al*** *"Water the most important nutrient" Florida Dairy Extension. University of Florida. National Mastitis Council.*

9. ***Luz Natalia Pedraza Castillo y col.(2022)*** *"Calidad e inocuidad del agua de bebida de sistemas de producción animal" Meta. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.*

10. **Valente Velazquez*, Benjamin Valladares Carranza*, Martín Talavera-Rojas*, (2019)***. *"Microbial Contamination in Milk Quality and Health Risk of the Consumers of Raw Milk and Dairy Products"*

11. ***M J E M Van Eenige et al (2013)***. *"Drinking water for dairy cattle: Always a benefit or a microbiological risk?".*
12. ***Paul J. Kononoff, Kim J. Clark (2017)***. *"Water Quality and Requirements for Dairy Cattle"*
13. ***Glenn H. Carpenter et al (2012)***. *"Introduction to waterborne pathogens in agricultural watersheds" USDA NRCS Nutrient Management Technical Note. US Department of Agriculture*
14. ***AEM Tier 2 Worksheet*** *"Water-borne Pathogens".*
15. ***Flor Yazmín Ramírez-Castillo, Abraham Loera-Muro, Mario Jacques, Philippe Garneau, Francisco Javier Avelar-González, Josée Harel, Alma Lilián Guerrero-Barrera, Editor: Mark W Le Chevallier (2015)***. *"Waterborne Pathogens: Detection Methods and Challenges".*

Todd CG, McGee M, Tiernan K, Crosson P, O'Riordan E, McClure J, Lorenz I, Earley B. 2018. An observational study on passive immunity in Irish suckler beef and dairy calves: Tests for failure of passive transfer of immunity and associations with health and performance. Prev Vet Med. 159: 182-95.

GESTIÓN DEL DESTETE DE LOS TERNEROS DE CARNE LECHALES CON IMPLICACIONES PARA LA SALUD Y EL BIENESTAR DEL ANIMAL

Dr. Bernadette Earley[1], Dr. Mark McGee[1], Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre (AGRIC), Grange, Co. Meath, C15 PW93, Ireland.

Resumen

El destete es una práctica ganadera necesaria que implica factores estresantes relacionados con la nutrición, la sociabilidad, la actividad física y la psicología de los terneros de carne lechales, lo que provoca cambios en sus respuestas conductuales, fisiológicas e inmunológicas. Sin embargo, se han realizado pocas investigaciones sobre el impacto del destete en las reacciones fisiológicas e inmunológicas a largo plazo tanto en los terneros de carne lechales como en las vacas. Los resultados indican que el destete en combinación con la estabulación inmediata de terneros de carne lechales redujo el número total de leucocitos, disminuyó la producción in vitro de interferón gamma y aumentó las concentraciones de proteínas de fase aguda en comparación con el aplazamiento de la estabulación durante 35 días después del destete. En las vacas, la neutrofilia transitoria (aumento del número de neutrófilos) y la linfopenia (disminución del número de linfocitos), la reducción de la producción de interferón-γ y el aumento de las concentraciones de proteínas de fase aguda fueron evidentes después del destete, mientras que después de la estabulación, los cambios fueron menos marcados. El destete de terneros de engorde dio lugar a una neutrofilia y a un deterioro de la funcionalidad de estas células para el transporte y la fagocitosis eficiente de bacterias hasta 7 días después del destete. Por lo tanto, se produce una mayor reducción transitoria de los biomarcadores de la función inmunitaria en los terneros inmediatamente después del destete. Los subconjuntos de linfocitos alterados y el porcentaje de células MHC de clase II+ fueron evidentes en terneros destetados y no destetados a los 2 días del destete, aunque la magnitud del cambio fue mayor en los terneros destetados. El uso de métricas mas tradicionales, incluyendo el número total de neutrófilos (N), el número de linfocitos (L) y la proporción N:L, combinado con los marcadores inmunogenéticos altamente sensibles, IL-1b, IFN-g, TLR4, GRa y Fas, proporciona un marco para la investigación en futuros estudios sobre el estrés bovino.

Antecedentes

En los sistemas de producción de vacuno lechal de pastoreo estacionales de Irlanda, los terneros suelen nacer en primavera y se crían con su madre en el pasto durante aproximadamente 8 meses hasta el final de la temporada de pastoreo en otoño, cuando se destetan (Hickey et al., 2003). Las principales explotaciones de vacuno de carne lechal en Irlanda son rebaños de parto primaveral, con aproximadamente el 75 % de las vacas pariendo entre enero y junio. En la mayoría de los casos, estos sistemas incluyen terneros hasta que se convierten en lechones destetados, que es cuando los terneros se venden después del destete (normalmente en octubre/noviembre). Además de la separación de la madre y la eliminación de la leche de la dieta, el procedimiento de destete suele verse afectado por otros factores estresantes o prácticas que se producen al mismo tiempo, como el cambio de entorno (de exterior a interior), el cambio de dieta de forraje (de pasto a forraje conservado con o sin concentrados) y el transporte/comercialización. Por lo tanto, el destete puede ser un factor estresante multifactorial, en el que se combinan el estrés nutricional, social, físico y psicológico. Los factores de

estrés físico y nutricional suelen estar presentes a través de la introducción y adaptación a una nueva dieta y un entorno nuevo, mientras que el estrés psicológico suele presentarse por la separación de la madre y la alteración social. El estrés tiene un efecto adverso en el sistema inmunitario, lo que hace que los terneros sean más susceptibles a las enfermedades (Earley et al., 2023). La enfermedad respiratoria bovina (por sus siglas en inglés **BRD**) es una de las principales preocupaciones desde el punto de vista económico y de bienestar animal para la industria del ganado vacuno. Para el ternero recién destetado y criado con leche materna, la susceptibilidad a la BRD puede ser un problema grave, con implicaciones negativas en cadena para los mercados, en particular, los mercados de exportación de ganado vivo. Para el ternero criado con leche materna y recientemente destetado, la susceptibilidad a la enfermedad respiratoria bovina (BRD) puede ser un problema grave. La causa subyacente de la BRD en terneros destetados es extremadamente compleja y está relacionada con virus, bacterias y micoplasmas. Los virus que se han aislado principalmente en brotes de neumonía bovina son el herpesvirus bovino-1 (BoHV-1), *el virus respiratorio sincitial bovino (BRSV), el virus de la parainfluenza bovina-3 (virus BPI-3)* y el virus de la diarrea/enfermedad mucosa bovina (virus BVD/MD). Los factores de predisposición que afectan a la capacidad del ternero para combatir las infecciones son el estrés, el hacinamiento, la ventilación inadecuada, las corrientes de aire, las temperaturas fluctuantes, la mala nutrición y/o las enfermedades concurrentes.

Varios estudios realizados en Teagasc Grange tenían como objetivo abordar las lagunas de conocimiento relacionadas con el destete de terneros lechales.

Los objetivos del Estudio 1 eran investigar las respuestas fisiológicas, hematológicas e inmunológicas de i) terneros de carne previamente pastoreados que fueron destetados abruptamente, y a) alojados (H) y a los que se les ofreció una nueva dieta de ensilado de hierba *ad libitum* más concentrados o b) devueltos a pastos familiares (P), y para investigar, ii) el efecto de la posterior estabulación de terneros en P en comparación con terneros previamente estabulados en H sobre las respuestas fisiológicas, hematológicas e inmunológicas.

Al final de la temporada de pastoreo, se asignaron 36 terneros de carne (edad media (d.t.) 212 (24,5) d; peso medio (d.t.) 278,8 (38,0) kg) a uno de dos tratamientos: H (n = 18); destetados abruptamente, e inmediatamente alojados en interiores y alimentados con ensilado de hierba *ad libitum* junto con concentrados suplementarios o WP (n = 18); destetados abruptamente y devueltos a pastos familiares. Treinta y cinco días después del destete, los terneros P fueron alojados y se les ofreció la misma dieta que a los terneros H. Se determinó la temperatura corporal rectal y se extrajo sangre los días (d) 0 (destete), 2, 7, 14, 21, 28, 35 (estabulación), 37, 42, 49 y 56.

La temperatura corporal rectal y la concentración de cortisol aumentaron ($P < 0,05$) en H y P después del destete y en P después de la estabulación, mientras que la dehidroepiandrosterona y la relación cortisol:dehidroepiandrosterona no variaron en comparación con los valores de referencia previos al destete y a la estabulación. Después del destete, hubo una relación tratamiento × tiempo ($P<0,05$) para el número total de leucocitos y linfocitos y la producción de interferón-γ, donde H tuvo un menor número total de leucocitos y linfocitos en los días 7 a 35 y 2 a 28, respectivamente (Figura 1), y una menor producción de interferón-γ en los días 2 y 7 en comparación con P. El número de neutrófilos aumentó ($P < 0,01$) en P en los días 2 y 7 en comparación con el valor base previo al destete y disminuyó en los terneros H en los días 7 a 35. Las concentraciones de fibrinógeno y haptoglobina aumentaron ($P<0,05$) en P y H hasta los días 28 y 35 después del destete, respectivamente. Hubo una relación tratamiento × tiempo ($P<0,05$) con respecto al fibrinógeno, presentando H una mayor concentración de

fibrinógeno en los días 2 y 7 en comparación con P. Después de la estabulación, el número total de leucocitos y neutrófilos aumentó (P < 0,05), mientras que el número de linfocitos y la producción de interferón-γ disminuyeron en el día 2 en comparación con el valor base previo a la estabulación. En conclusión, retrasando la estabulación en 35 días después del destete provocó un estrés menos marcado y más transitorio que el destete y la estabulación simultáneo en los terneros destinados a carne.

El objetivo del estudio dos fue examinar el efecto de la estabulación con y sin el destete simultáneo en el número total de leucocitos y su diferencial, los inmunofenotipos de linfocitos, la actividad funcional de los neutrófilos y la respuesta de la proteína de fase aguda en terneros de carne lechales.

Dieciséis terneros machos, nacidos en primavera (fecha media de nacimiento (s.d); 23 de marzo (18,2) d), single-suckled, castrados, de madres Limousin × Holstein-Friesian y Simmental × Holstein-Friesian y de sementales Simmental y Limousin, respectivamente, fueron utilizados en este estudio. Las vacas y terneros pastaban por turnos (en cuatro grupos equilibrados por genotipo y fecha de nacimiento) en un pasto predominantemente perenne a base de ballica desde principios de abril hasta el final de la temporada de pastoreo (13 de noviembre). El día del destete (d 0), los terneros (edad media (d.t.) 235 (18,2) d; peso medio (d.t.) 310 (31,1) kg) fueron asignados a un tratamiento de destete abrupto (W; n = 8) o a un tratamiento sin destete (control) (C; n = 8) y alojados inmediatamente en un establo con suelo emparrillado. El establo estaba equipado con bebederos automáticos y se ofrecía a los animales ensilado de hierba *ad libitum* (DMS x g/kg; PC x g/kg MS). Los terneros no destetados (controles) fueron alojados con sus madres en corrales (2 pares de vacas y terneros por corral), mientras que los terneros destetados fueron alojados en corrales sin sus madres (4 terneros por corral).

Se extrajo sangre los días -7, 0 (estabulación), 2, 7 y 14 para determinar el número total de leucocitos y el recuento diferencial, así como la concentración de fibrinógeno y haptoglobina. Los inmunofenotipos de linfocitos se caracterizaron utilizando determinados antígenos de superficie (CD4+, CD8+, WC1+ (células T γδ), linfocitos MHC de clase II+) y las actividades funcionales de los neutrófilos (expresión de superficie de L-selectina (CD62L), actividad de estallido fagocítico y oxidativo) se investigaron mediante citometría de flujo. Se detectaron interacciones entre el tratamiento y el tiempo de muestreo (P < 0,05) para el número total de leucocitos y neutrófilos, todos los subconjuntos de linfocitos, la intensidad media de fluorescencia de los neutrófilos CD62L+ y el porcentaje de neutrófilos que realizan fagocitosis (Tabla 1). El día 2, el número total de leucocitos y neutrófilos aumentó (P < 0,001), y el porcentaje de linfocitos CD4+ y CD8+, el porcentaje de neutrófilos fagocíticos y la intensidad media de fluorescencia de los neutrófilos CD62L+ disminuyeron (P < 0,05) en W en comparación con el valor base (día 0), mientras que no se produjeron cambios (P > 0,05) en C. En el día 2, el porcentaje de linfocitos WC1+ disminuyó (P < 0,05), mientras que el porcentaje de linfocitos MHC de clase II+ aumentó (P < 0,05) en W y C, aunque la magnitud del cambio fue mayor en W que en C. No hubo interacciones entre el tratamiento y el tiempo de muestreo (P > 0,05) para el número de monocitos, eosinófilos y basófilos, el porcentaje de neutrófilos G1+ o el porcentaje de neutrófilos positivos con explosión oxidativa. El destete abrupto provocó un aumento del número de neutrófilos y un deterioro del transporte y la función fagocítica. Junto con los cambios en los subconjuntos de linfocitos, los resultados sugieren que hubo una mayor reducción transitoria de la función inmunológica en la estabulación de los terneros de carne destetados abruptamente en comparación con los no destetados.

El objetivo del estudio tres era investigar el efecto de la administración de concentrados antes del destete en la distribución periférica de los leucocitos, la actividad funcional de los neutrófilos, la proteína de fase aguda y las respuestas de comportamiento de terneros de carne destetados de forma abrupta y

estabulados

En este estudio se utilizaron veinte terneros macho (no castrados, n = 10) y hembra (n = 10) de raza pura Simmental nacidos en primavera (fecha media de nacimiento (f.m.) 23 de marzo (12,7) d), y amamantados (single suckled). Los terneros y sus madres pastaban juntos en rotación en un pasto predominantemente de ballica perenne (Lolium perenne) desde abril hasta la estabulación en un corral con suelo de rejilla de hormigón al final de la temporada de pastoreo (4 de noviembre). Veintiséis días antes del destete y de la estabulación (d -26), se pesaron los terneros y se les vacunó por vía subcutánea contra el virus respiratorio sincitial bovino, el virus de la parainfluenza bovina-3, el virus de la diarrea viral bovina y el virus de la rinotraqueítis infecciosa bovina utilizando Rispoval-3 y Rispoval IBR (Pfizer Animal Health, Irlanda). Luego, dentro de cada género, se bloquearon las crías según su peso y edad y se les asignó uno de dos tratamientos (i) se ofreció suplementación de concentrado (Grupo CS: n = 10, edad media (d.t.) 201 (12,8) d, peso medio (d.t.) 258 (20,2) kg, 5 machos y 5 hembras) o (ii) no se ofreció suplemento concentrado (controles) (Grupo NCS: n = 10, edad media (d.t.) 201 (13,4) d, peso medio (d.t.) 257 (19,6) kg, 5 machos y 5 hembras) durante un periodo previo al destete (d -26 a d 0). Durante el periodo previo al destete (d -26 a d 0), los terneros CS y NCS y sus respectivas madres pastaban en dos grupos separados en praderas adyacentes de masa herbácea (aproximadamente 1250 kg de materia seca (MS)/ha antes del pastoreo) y valor nutritivo similares (205 g/kg MS de proteína cruda (PC), 472 g/kg de MS de fibra detergente neutra (FDN), 792 g/kg de MS de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMO)).

Todos los animales estaban acostumbrados a la inspección visual diaria por parte del cuidador. A los terneros del grupo CS se les ofrecieron concentrados (430 g/kg de cebada aplastada, 430 g/kg de pulpa de remolacha, 80 g/kg de harina de soja, 45 g/kg de melaza, 15 g/kg de premezcla de minerales/vitaminas, 116 g/kg de MS PC, 223 g/kg de MS FDN, 863 g/kg de MS in vitro OMD) en un comedero metálico una vez al día. La ración de concentrado se aumentó en incrementos de 0,25 kg diarios hasta alcanzar 1,0 kg de concentrado por animal al día. Para permitir la alimentación con el suplemento concentrado, los terneros fueron separados temporalmente de las vacas. El comedero era lo suficientemente largo como para que todos los terneros comieran simultáneamente, y todos los terneros lo hicieron. El día 0, los terneros fueron abruptamente destetados de sus madres y alojados en 4 corrales (con 5 terneros machos o 5 hembras por corral) según los tratamientos anteriores en un establo con suelo de rejilla de hormigón con una asignación de espacio de 3,7 m2/cabeza. Se les ofreció ensilado de hierba (687 g/kg de digestibilidad in vitro de la MS) ad libitum más concentrados suplementarios (formulación indicada arriba). Los terneros del grupo CS continuaron recibiendo 1,0 kg de concentrados por cabeza al día, mientras que a los terneros del grupo NCS se les ofrecieron 0,25 kg de concentrados hasta alcanzar 1,0 kg de concentrados por cabeza al día. Las vacas fueron reubicadas sin tener contacto auditivo o visual con sus terneros.

Hubo una relación entre el tratamiento y el tiempo de muestreo ($P < 0,05$) con respecto al porcentaje de linfocitos CD4+ y WC1+ (células T γδ) y la concentración de globulina plasmática. En el día 2, el porcentaje de linfocitos CD4+ disminuyó ($P < 0,001$) en ambos tratamientos. Posteriormente, en el día 7, el porcentaje de linfocitos CD4+ aumentó ($P < 0,01$) en el grupo CS en comparación con el día 0, mientras que el porcentaje de linfocitos CD4+ en el grupo NCS no varió ($P > 0,05$) con respecto al día 0. En el día 2, los linfocitos WC1+ disminuyeron ($P < 0,05$) en ambos tratamientos, pero la disminución fue mayor ($P < 0,05$) en el grupo NCS que en el CS. Posteriormente, los porcentajes no variaron ($P > 0,05$) con respecto al valor de referencia previo al destete. En el día 2, el aumento de la concentración de globulina fue mayor ($P < 0,05$) en el grupo CS en comparación con el grupo NCS, y posteriormente no

hubo diferencias entre los tratamientos. La GMD pre-destete fue de 1,07 (s.e.m.) (0,26) kg y 0,99 (s.e.m.) (0,26) kg para el grupo CS y NCS, respectivamente. Después del destete, los terneros del grupo CS pasaron más tiempo tumbados en comparación con los terneros del grupo NCS. En conclusión, los terneros que recibieron suplementos de concentrado antes del destete tuvieron una menor reducción de linfocitos WC1+, un mayor porcentaje de linfocitos CD4+ y una mayor concentración de proteínas totales, y pasaron más tiempo tumbados después del destete, en comparación con los terneros que no recibieron suplementos.

Los objetivos del Estudio 4 eran caracterizar, en terneros de engorde machos y hembras, la respuesta inmunitaria al estrés del destete en cuanto a los leucocitos bovinos a nivel fisiológico y molecular, y evaluar la diferencia entre terneros destetados en presencia de la madre y aquellos destetados y apartados de la madre.

Veintiocho terneros lechales de carne, tres cuartos Simmental, clínicamente sanos, fueron alojados en el interior en corrales con suelo de rejilla de hormigón con sus madres el día (d) -28 del estudio. Los terneros fueron inmunizados el día -28 contra el virus respiratorio sincitial bovino (BRSV) y el virus de la rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR) utilizando las vacunas Rispoval-3 y Rispoval-IBR, respectivamente. A los terneros se les ofreció una nueva dieta de ensilado de hierba (digestibilidad media de la materia seca (DMS) (d.t.) 719 (16,3) g/kg; concentración media de proteína cruda (PC) (d.t.) 145 (11,8) g/kg de materia seca (MS)) y tuvieron libre acceso a concentrados (931 g/kg de cebada, 50 g/kg de melaza y 15 g/kg de minerales y vitaminas (DMS media (d.t.) 825 (7,9) g/kg, PC media (d.t.) 108 (9,2) g/kg MS, fibra detergente neutra (FDN) media (d.t.) 188 (19,6) g/kg MS) por animal al día. Al destete (d 0), se retiraron las vacas y se reagruparon a los terneros y se les asignaron nuevos corrales con suelos de rejilla de hormigón (espacio medio disponible de 2,9 m2/cabeza/ternero) imitando la reorganización social, y se les asignó uno de los cuatro tratamientos: 1), hembras destetadas junto a la madre (n = 7; peso medio (d.t.) 267,3 (45,1); edad media (d.t.) 227 (17,9) d), 2), hembras destetadas separadas de la madre (n = 7; peso medio (d.t.) 274,1 (35,3) kg; edad media (d.t.) 224 (25,1) d), 3), machos destetados junto a la madre (n = 7; peso medio (d.t.) 270,6 (69,8) kg; edad media (d.t.) 197 (38,1) d), o 4), machos destetados separados de la madre (n = 7; peso medio (d.t.) 267,9 (82,8) kg; edad media (d.t.) 209 (37,3) d). Los tratamientos 1 y 3 fueron asignados a corrales adyacentes a sus madres. Una valla de rejilla metálica impedía la lactancia, mientras que se permitía el contacto visual y auditivo. Los tratamientos 2 y 4 fueron asignados a corrales lo suficientemente alejados de sus madres como para evitar cualquier contacto visual o auditivo.

Tras la exposición al estrés del destete, el número total de neutrófilos y la proporción de neutrófilos:linfocitos (N:L) aumentaron ($P < 0,01$) en los terneros. Además, la expresión de genes de citocinas proinflamatorias, como IL-1β, IL-8, IFN-γ y TNFα, se incrementó ($P < 0,01$) (Tabla 2). Asimismo, se observó un aumento ($P < 0,001$) en la expresión del receptor de glucocorticoides, GRα, el gen proapoptótico, Fas, y el receptor de reconocimiento de patrones Gram-negativos, TLR4. Los terneros alojados lejos de sus madres después del destete tenían un mayor número de neutrófilos ($P < 0,01$) y una mayor proporción N:L en comparación con los terneros estabulados junto a sus madres, y las terneras hembras tenían niveles de expresión más altos ($P < 0,05$) de IL-2, IL-8, IFN-γ y TNFα que los terneros machos.

El destete provoca una respuesta de estrés agudo inmediata y algo efímera en las crías. Los efectos sirven para mejorar, en lugar de suprimir, la respuesta inmunitaria mediante una mayor respuesta inflamatoria y movilización celular. El aumento más temprano y profundo del número de neutrófilos y

de la relación N:L, junto con la reducción del número de linfocitos en los terneros estabulados lejos de sus madres en comparación con los terneros estabulados cerca de sus madres después del destete, sugiere que los primeros pueden ser más sensibles al estrés del destete. Los datos también muestran un claro efecto relacionado con el género en la expresión diferencial de los genes en respuesta al estrés, con un aumento de su expresión en las terneras hembras en comparación con los terneros machos a lo largo del estudio. Además, este estudio ha ayudado a caracterizar la respuesta inflamatoria al estrés en los terneros y a identificar una serie de nuevos biomarcadores que pueden utilizarse en futuros estudios sobre el estrés.

Resumen

Los resultados de la investigación han: 1) demostrado que, debido a alteraciones transitorias en el sistema inmunitario, el destete abrupto puede aumentar la susceptibilidad a las enfermedades en terneros de carne lechales; y 2) identificado estrategias previas y posteriores al destete que ayudan a reducir la magnitud de la respuesta al estrés en terneros de carne lechales y a aliviar las alteraciones del sistema inmunitario atribuidas al proceso de destete. El destete abrupto es un acontecimiento estresante para los terneros y las vacas y provoca alteraciones transitorias en el sistema inmunitario que pueden medirse tanto a nivel fisiológico como molecular. Reducir los factores estresantes que se producen con el destete, como el aplazamiento de los cambios de estabulación y alimentación, dejar a los terneros destetados cerca de las vacas durante un tiempo o preparar al ternero para los cambios posteriores en la alimentación dándole concentrados suplementarios antes del destete, reduce las respuestas fisiológicas, inmunológicas y/o conductuales al estrés en los terneros de carne lechales destetados. Como resultado de alteraciones transitorias en el sistema inmunológico, el destete abrupto puede aumentar la susceptibilidad a las enfermedades en los terneros de carne lechales. Las estrategias previas y posteriores al destete ayudarán a reducir la magnitud de la respuesta al estrés en los terneros y a paliar las alteraciones del sistema inmunitario atribuidas al proceso de destete.

Conclusión

El destete provoca un estrés multifacético que da lugar a un debilitamiento transitorio del sistema inmunitario y esto puede resultar en una mayor susceptibilidad a enfermedades, como las infecciones respiratorias. La gestión del destete tiene como objetivo reducir el número de situaciones de estrés y/o aliviar la magnitud de las situaciones de estrés identificadas anteriormente y preparar al ternero para el destete y las prácticas asociadas a ese proceso. La implantación de prácticas previas al destete, como la alimentación con concentrados suplementarios, y de prácticas posteriores al destete, como el aplazamiento de los cambios de estabulación y dieta y el destete de los terneros mientras siguen cerca de las madres, dio lugar a una respuesta de estrés menos marcada en los terneros de carne lechales.

Referencias

Earley, B., Buckham-Sporer, K., O'Loughlin, A., Johnston, D. 2023. Physiological and immunological tools and techniques for the assessment of cattle welfare. In: Cattle Welfare in Dairy and Beef Systems: A New Approach to Global Issues. Animal Welfare Series 23: Editor Marie Haskell. p55-88.

Hickey, M. C., Drennan, M., Earley, B. 2003. The effect of abrupt weaning of suckler calves on the plasma concentrations of cortisol, catecholamines, leukocytes, acute phase proteins and in vitro interferon-gamma production. Journal of Animal Science, 81: 2847-2855.

Lynch, E, McGee, M, Earley, B. Review: weaning management of beef calves with implications for animal health and welfare. Journal of Applied Animal Research 2019, 47: (1); 167–175. https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1594825

Lynch, E.M., Earley, B., McGee, M., Doyle, S. 2010a. Effect of abrupt weaning at housing on leukocyte distribution, functional activity of neutrophils, and acute phase protein response of beef calves. BMC Veterinary Research. BMC Veterinary Research, 6: 39.

Lynch, E.M., Earley, B., McGee, M., Doyle, S. 2010b. Characterisation of physiological and immunological responses in beef cows to abrupt weaning and subsequent housing. BMC Veterinary Research, 6:37.

Lynch, E.M., McGee, M., Doyle, S., Earley, B. 2011. Effect of post-weaning management practices on physiological and immunological responses of weaned beef calves. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 50 (2): 161–174.

Lynch, E.M., McGee, M., Doyle, S., Earley, B. 2012. Effect of pre-weaning concentrate supplementation on peripheral distribution of leukocytes, functional activity of neutrophils, acute phase protein and behavioural responses of abruptly weaned and housed beef calves. BMC Veterinary Research, 8: 1.

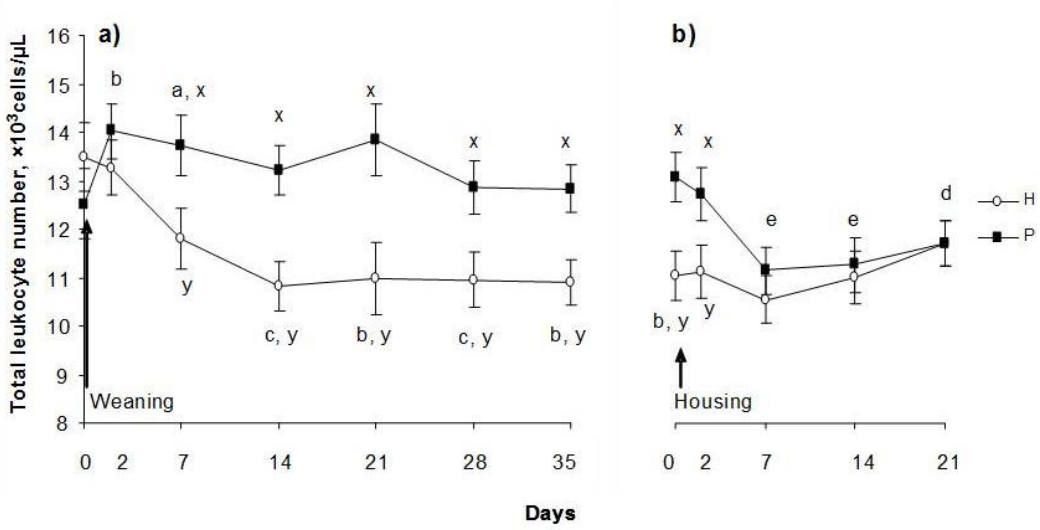
Lynch, E, McGee, M, Earley, B. 2019. Review: weaning management of beef calves with implications for animal health and welfare. Journal of Applied Animal Research 2019, 47: (1); 167–175.

O'Loughlin, A., McGee, M., Waters, S.M., Doyle, S., Earley, B. 2011. Examination of the bovine leukocyte environment using immunogenetic biomarkers to assess immunocompetence following exposure to weaning stress. BMC Veterinary Research, 7: 45.

O'Loughlin, A., Lynn, D.J., McGee, M., Doyle, S., McCabe, M., Earley, B. 2012. Transcriptomic analysis of the stress response to weaning at housing in bovine leukocytes using RNA-seq technology. BMC Genomics, **13**: 250.

O'Loughlin, A., McGee, M., Doyle, S., Earley, B., 2014. Biomarker responses to weaning stress in beef calves. O'Loughlin A, McGee M, Doyle S, Earley B. Res Vet Sci. 2014 Jun 11. pii: S0034-5288(14)00165-9. doi: 10.1016/j.rvsc.2014.06.003. Research in Veterinary Science, (97) 2, 458–463.

Figura 1:



Los efectos de la gestión posterior al destete en el número total de leucocitos en terneros de carne que fueron destetados abruptamente y estabulados (H: -■-, n = 18) y a los que se les ofreció una nueva dieta o se les devolvió al pasto (P: -o-, n = 18) for 35 days, deferring the onset of housing and subsequently

comparing the response of P to housing with calves habituated to housing (H).

Los cambios posteriores al destete y posteriores a la estabulación para terneros H y P se muestran en a y b, respectivamente. [a,b,c]Las medias de mínimos cuadrados difieren del valor basal previo al destete (día 0) en P < 0,05, P < 0,01 y P < 0,001, respectivamente. [d,e]Las medias de mínimos cuadrados difieren del valor basal previo a la estabulación (día 0) en P < 0,05 y P < 0,01, respectivamente. [x,y]Las medias de mínimos cuadrados del tratamiento que no tienen superíndice común difieren en P < 0,05. Hubo una relación entre el tratamiento y el tiempo de muestreo después del destete (P < 0,01) y después de la estabulación (P < 0,05).

Tabla 1. Efecto del destete abrupto en el porcentaje de neutrófilos G1+ y en la expresión de la L-selectina (CD62L) en terneros de carne.

		Días relativos a la estabulación					**Valores-*P*[1]**		
Neutrófilos		**-7**	**0[2]**	**2**	**7**	**14**	**T**	**S**	**T×S**
G1⁺, %	C	27.6 ± 0.68	27.3[a] ± 0.83	35.0[b,c,x] ± 0.77	30.8[a,c] ± 0.84	27.7[a] ± 0.85	NS	***	NS
	W	28.9 ± 0.68	27.4[a] ± 0.83	41.9[b,y] ± 0.77	31.4[a] ± 0.84	28.2[a] ± 0.85			
CD62L⁺, MFI[3]	C	20.9 ± 1.81	21.1 ± 1.91	19.8[x] ± 2.31	22.3 ± 2.02	20.4 ± 1.49	NS	***	**
	W	22.6 ± 1.81	22.2[a] ± 1.91	10.0[b,y] ± 2.31	19.3[a] ± 2.02	11.3[a] ± 1.49			

[1]T = tratamiento, S = tiempo de muestreo, T×S = relaciones entre tratamiento y tiempo de muestreo.

Valores-*P*, NS = *P* > 0,05, ** = *P* < 0,01, *** = *P* < 0,001.

[2]El valor de referencia se define como d 0 para cada variable.

[3]MFI = intensidad media de fluorescencia

W = terneros destetados abruptamente (n = 8), C = terneros no destetados (control) (n = 8).

[a,b,c]Dentro de una fila, las medias de mínimos cuadrados sin un superíndice común que difiera (P < 0,05).

[x,y]Dentro de una columna (día) para cada variable, las medias de mínimos cuadrados sin un superíndice común difieren (P < 0,01).

Tabla 2. Los efectos del estrés inducido por el destete en la expresión génica relativa de IL-1ß, IL-2, IL-4, CXCL8, IFN-γ, TNFα y la linfotoxina en terneros de carne destetados. Los valores se expresan como medias de mínimos cuadrados (Lsmeans) ± s.e.

	Género		**Lugar**		s.e.	**Tiempo**				s.e.	**Valores-*P***			
Variable	Macho	Hembra	Cerca	Alejado		0	1	3	7		G	L	T	I
IL-1β	17.7	16.2	16.6	17.3	1.3	8.7	18.5[c]	18.5[c]	21.9[c]	1.7	NS	NS	***	NS
IL-2	9.9	10.8	11.8	8.9	1.9	9.6	12.6	10.1	9.2	1.8	NS	NS	NS	*[1]
IL-4	11.8	11.9	13.6	10.1	1.8	11.5	15.3	10.5	10.2	1.8	NS	NS	NS	NS
CXCL8	7.1	11.5	8.9	9.7	1.3	5.6	12.9[c]	9.2[a]	9.7	1.8	*	NS	**	NS
IFN-γ	19.4	36.8	29.3	26.8	5.8	14.2	41.4[c]	30.5[b]	26.2[b]	5.7	*	NS	***	*[2]
TNFα	3.0	3.7	3.5	3.3	0.22	2.4	3.8[c]	3.4[b]	3.8[c]	0.29	*	NS	***	*[3]
Linfotoxina	78.6	104.1	100.3	82.4	11.9	96.1	100.6	82.1	86.5	10.2	NS	NS	NS	NS

G = género, L = lugar, T = tiempo, I = interacción, NS = no significativo (P > 0,05). * = *P* < 0,05, ** = *P* < 0,01, *** = *P* < 0,001.

[a,b,c]Dentro de las filas, las medias de mínimos cuadrados (Lsmeans) difieren del valor basal previo al destete en P < 0,05, P < 0,01 y P < 0,001, respectivamente.

[1]Relación entre el género y tiempo: 9,3 vs 9,8, 10,9 vs 14,4, 11,8 vs 8,4, 7,6 vs 10,8 para terneros machos y hembras en los tiempos 0, 1, 3 y 7, respectivamente.

[2]Relación entre el género y tiempo: 9,0 vs 19,4, 22,2 vs 60,6, 26,7 vs 34,3, 19,6 vs 31,7 para terneros machos y hembras en los tiempos 0, 1, 3 y 7, respectivamente.

[3]Relación entre el género y tiempo: 2,4 vs 2,4, 3,0 vs 4,6, 3,5 vs 3,2, 3,1 vs 4,4 para terneros machos y hembras en los tiempos 0, 1, 3 y 7, respectivamente.

EL EFECTO DEL TIPO DE RAZA DE VACA NODRIZA Y DE LA PARIDAD EN EL DESARROLLO DEL VÍNCULO VACA-CRÍA POSPARTO Y EN LA INMUNIDAD PASIVA DEL TERNERO

Bernadette Earley[1], Mark McGee[1], Noeleen Brereton[1]

[1]Teagasc, Centro de Investigación e Innovación de Grange Animal & Pastoral, Dunsany, Co. Meath, Irlanda.

Resumen

Se determinó el desarrollo del vínculo vaca-cría después del parto y la inmunidad pasiva de terneros de vacas de los genotipos vacuno carne × vacuno carne (por sus siglas en inglés **B×B**) y vacuno carne × vacuno lechero (por sus siglas en inglés **B×D**) paridas en primavera, utilizando animales primíparas y multíparas (Estudio 1), y primíparas y de segundo parto (Estudio 2). En el Estudio 1, los terneros mamaron el calostro de forma natural («lactancia natural») (n=126), o fueron alimentados con calostro de su madre, utilizando una sonda esofágica («alimentación artificial») (n=26), durante la primera hora posparto. En el Estudio 2, todos los terneros (n=60) fueron alimentados artificialmente con calostro de su madre. Antes de la toma natural/alimentación artificial del calostro, se tomaron muestras de calostro para el análisis de IgG. El vínculo vaca-cría se evaluó mediante grabaciones de cámaras de videovigilancia (CCTV) durante las primeras 4 h posparto. A los terneros se les tomaron muestras de sangre a las 48 h posparto para determinar las concentraciones de IgG y de proteína total (PT), así como las unidades de turbidez de sulfato de zinc (por sus siglas en inglés **ZST**).

No hubo diferencias ($P > 0,05$) en los comportamientos de lamido de las vacas ni en los comportamientos de parada y amamantamiento de los terneros entre los genotipos, excepto en el Estudio 2, en el que los terneros B×D realizaron más intentos de mamar antes de que se produjera el amamantamiento ($P \leq 0,05$) en comparación con los terneros B×B. En el Estudio 1, las vacas multíparas lamieron a sus terneros antes ($P \leq 0,05$) y durante más tiempo ($P < 0,01$), y sus terneros realizaron menos intentos de ponerse de pie ($P < 0,001$), permanecieron de pie durante más tiempo ($P = 0,05$) y realizaron menos intentos de mamar antes de que se produjera el amamantamiento ($P < 0,001$) que las vacas primíparas; no hubo efecto de la paridad sobre el comportamiento vaca-ternero en el Estudio 2. Las concentraciones de IgG en el calostro y las medidas de inmunidad pasiva de los terneros no difirieron ($P > 0,05$) entre los genotipos en ninguno de los dos estudios. En el Estudio 1, las concentraciones de IgG en el calostro fueron mayores ($P \leq 0,05$) en las vacas multíparas en comparación con las primíparas y sus terneros tuvieron una inmunidad pasiva superior ($P \leq 0,05$); en el Estudio 2 no se encontró ningún efecto derivado de la paridad. No hubo diferencias en la inmunidad pasiva ($P > 0,05$) entre los terneros amamantados y los alimentados artificialmente en el Estudio 1.

El genotipo de las vacas apenas influyó en el comportamiento vaca-terneros, pero en condiciones de «amamantamiento natural» las vacas primíparas manifestaron inexperiencia materna y sus terneros se mostraron menos vigorosos que los de las multíparas. La concentración de IgG en el calostro y las mediciones de inmunidad pasiva de los terneros no se vieron afectadas por el genotipo, pero en condiciones de «amamantamiento natural» los terneros de vacas primíparas presentaron una menor

inmunidad pasiva.

Introducción

La producción irlandesa de carne de vacuno lechal se basa principalmente en sistemas estacionales de pastoreo con partos en primavera que utilizan predominantemente razas de vacas y sementales de maduración tardía («continental»). La estrategia de sustitución de vacas se compone de novillas procedentes del rebaño de vacas nodrizas (beef × beef, B×B) y, en menor medida, del rebaño de vacas lecheras (beef × dairy, B×D). Dentro de estos sistemas de producción, las vacas suelen alojarse en interiores durante el período de «invierno», y el parto también se produce en interiores (de febrero a abril), coincidiendo con el inicio del crecimiento de la hierba en primavera. El vínculo entre la vaca y el ternero se forma después del parto, y el comportamiento materno posparto influye en la supervivencia, la salud y el rendimiento del ternero antes del destete. Para iniciar y formar el vínculo, la madre lame y olfatea a la cría, a la vez que emite vocalizaciones con un tono grave. Además, el movimiento de lamer estimula al ternero a ponerse de pie y mamar de la madre. Aprender a mamar rápidamente es vital, ya que el ternero recién nacido nace con un sistema inmunitario poco desarrollado y obtiene inmunidad pasiva a través de la ingestión de calostro, que le proporciona protección inmunológica durante las dos a cuatro primeras semanas de vida hasta que es capaz de generar su propia respuesta inmunitaria adaptativa.

Los objetivos de la investigación presentada en este documento son determinar el efecto del genotipo de la vaca nodriza (B×B frente a B×D) y la paridad en el desarrollo del vínculo vaca-ternero y su relación con la inmunidad pasiva del ternero en condiciones en las que los terneros toman calostro «naturalmente» (Estudio 1) o son alimentados artificialmente con calostro (Estudio 2) posparto.

Animales y gestión

Los datos se obtuvieron a lo largo de dos años (estudios 1 y 2) de un rebaño de investigación de vacas nodrizas de parto primaveral compuesto por dos genotipos: vacas de carne × carne (B×B) y vacas de carne × leche (B×D). Todas las vacas multíparas fueron inseminadas artificialmente con sementales Charolais o Simmental, y las vacas de primera paridad (criadas para parir a los dos años de edad) fueron inseminadas artificialmente con sementales Aberdeen Angus o Hereford de fácil parto.

Gestión preparto

Las vacas se alojaron en compartimentos (7 vacas/compartimento) en un cobertizo con suelo de rejilla de hormigón aproximadamente de 2 a 5 meses antes del parto con un espacio disponible de 3,3 m2/animal. En ambos estudios, se ofreció a las vacas ensilado de hierba de segunda cosecha (digestibilidad in vitro de materia seca (MS) y concentración de proteína bruta de 689 g/kg y 118 g/kg de MS, y 679 g/kg y 146 g/kg de MS en los estudios 1 y 2, respectivamente) *ad libitum* antes del parto. Además, todas las vacas recibieron suplementos de vitaminas y minerales (magnesio 5,9 %; yoduro de potasio 0,001 %; oligoelementos (Zn, 62, 5 g/kg; Cu, 41,7 g/kg; Se, 0,8 g/kg; Co, 0,7 g/kg; Na, 0,5 g/kg y Mg, 0,1 g/kg) suministrados a través del agua potable (TerraNutritech, Irlanda). Se administró a todas las vacas una vacuna combinada contra el rotavirus bovino y la E. coli (Bovilis, MSD Irlanda) junto con una vacuna viva contra la rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR) mediante inyección intramuscular entre 4 y 12 semanas antes de la fecha prevista para el parto, como parte de la gestión rutinaria de la ganadería. Entre 1 y 4 días antes de la fecha prevista para el parto, las vacas fueron trasladadas a corrales individuales con lecho de paja (4,5 m × 4,8 m).

Gestión posparto

El ganadero supervisó los partos de los terneros mediante observación visual directa y el uso de cámaras de videovigilancia (CCTV) en cada corral de parto. Inmediatamente después del parto, todas las vacas fueron sujetadas momentáneamente con una trampa de cabeza para permitir al ganadero aplicar desinfectante en el ombligo del ternero mediante un spray de yodo (Povidona Iodine 10 %, Foran Animal Health, Kilkenny, Irlanda), pesar al ternero, determinar el «reflejo de succión» (Estudio 1) y ordeñar el calostro u obtener una muestra de calostro de la vaca. Las vacas que necesitaban ayuda para parir ya estaban sujetas con la trampa de cabeza durante el parto. Una vez que se llevaron a cabo los procedimientos mencionados anteriormente, la vaca fue liberada inmediatamente de la trampa y se la dejó para que se uniera a su cría. La vaca y su ternero permanecieron juntos en los corrales de parto individuales con camas de paja durante las 24 horas posteriores al parto, y tuvieron libertad para expresar su comportamiento natural, como el acicalamiento de la vaca a su ternero. Después del parto, todas las vacas continuaron recibiendo el mismo ensilado de hierba ad libitum que se ofrecía antes del parto, y a los animales de primera paridad se les suplementó adicionalmente con 1,5 kg de concentrado a base de cebada por cabeza al día.

En el Estudio 1, se incluyeron un total de 78 vacas B×B (cruces de Aberdeen Angus, Charolais, Limousin y Simmental) y 74 vacas B×D (Aberdeen Angus × y Limousin × Holstein-Friesian). Se componían de 38 vacas primíparas (19 B×B y 19 B×D) y 114 multíparas (paridad 2 a 4) (59 B×B y 55 B×D). Los terneros fueron amamantados por sus madres de forma natural (amamantados, n = 126) sin intervención, o alimentados con calostro de sus madres (ordeñadas a mano sin administración de oxitocina) utilizando una sonda esofágica (Kerbl Oral Drench Bag, Albert Kerbl GmbH, Buchbach, Alemania) (alimentados artificialmente, n = 26). La intervención se basó principalmente en la fuerza del reflejo de succión del ternero, que se determinó inmediatamente después del parto colocando dos dedos longitudinalmente en la boca del ternero y frotando suavemente el paladar. Los terneros que mostraban un tono mandibular fuerte con un reflejo de succión rítmico se caracterizaban como «fuertes», y los terneros con un tono mandibular débil o un reflejo de succión no rítmico como «débiles». A los terneros que mostraban un reflejo de succión «fuerte» se les dejaba mamar de forma natural hasta 4 horas. A los terneros se les alimentó artificialmente con calostro cuando mostraron un reflejo de succión «débil» (n = 23), o si no lograban mamar de forma natural aproximadamente 4 horas después del parto (n = 3). El volumen medio de calostro administrado artificialmente a terneros de vacas primíparas fue de 1,2 L (SD 0,48), equivalente al 2,8 % del peso al nacer, y a terneros de vacas multíparas fue de 1,4 L (SD 0,43), equivalente al 3,2 % del peso al nacer. El volumen de calostro suministrado estaba limitado por el rendimiento de la madre, y se suministró hasta un máximo de 2 l, lo que equivale a un peso al nacer inferior al 3,1 % (SD 1,06). El personal de la explotación observó a los terneros alimentados artificialmente para asegurarse de que mamaban en el momento adecuado.

En el Estudio 2, se incluyeron un total de 29 vacas B×B (cruces de Aberdeen Angus, Limousin y Simmental) y 31 vacas B×D (Aberdeen Angus × y Limousin × Holstein-Friesian). Estaban compuestas por 39 vacas primíparas (17 B×B y 22 B×D) y 21 vacas de segunda paridad (12 B×B y 9 B×D). Inmediatamente después del parto, la vaca fue sujetada momentáneamente para ordeñar manualmente el calostro y alimentar al ternero mediante una sonda esofágica, como se ha descrito anteriormente. El volumen medio de calostro suministrado a los terneros de vacas primíparas y de segunda paridad fue de 1,1 L (SD 0,54) y 1,3 L (SD 0,52), lo que equivale a un porcentaje medio del peso al nacer del 2,8 % y el 3,1 %, respectivamente.

Mediciones en los Estudios 1 y 2

Se registraron después del parto la puntuación de dificultad de parto (escala 1-5, 1 = sin asistencia; 2 = manipulación menor («comprobación»); 3 = asistencia menor; 4 = asistencia mecánica (gato de parto) y 5 = cesárea) adaptada de McCabe et al. (2019), puntuación de docilidad de la vaca (escala 1-5, 1 = tranquila y 5 = muy agresiva) Berry et al., 2019) y puntuación de vigor del ternero (la capacidad de ponerse de pie y mamar de la vaca, escala 1-5, (1 = pobre, 2 = muy perezoso, 3 = perezoso, 4 = vigoroso, y 5 = excelente/muy vigoroso), adaptado de ICBF (2017), se pesaron las vacas y se determinó la puntuación de condición corporal (por sus siglas en inglés BCS) (escala 0-5, 0 = demacrada y 5 = muy gorda; (Lowman et al., 1976) dentro de las 24 horas postparto. Las vacas se trataron nutricionalmente para que parieran con un BCS moderado (2,6 a 3,0) con el fin de reducir la incidencia de las dificultades del parto. Los terneros recién nacidos se pesaron inmediatamente después de nacer.

Videovigilancia y observación del comportamiento

Los comportamientos maternos se grabaron con cámaras infrarrojas de alta definición EXIR Dome de 3,66 mm (Hikvision, No.555 Qianmo Road, Binjiang District, Hangzhou, China) conectadas a un grabador de vídeo en red. Las grabaciones de las cámaras de videovigilancia se analizaron a partir de grabaciones continuas en tiempo real tras las intervenciones posparto de gestión de vacas y terneros ya mencionadas, y la toma de muestras de calostro. Las diez variables de comportamiento observadas fueron (i) tiempo que tardó la vaca en dar el primer lamido al ternero durante 15 segundos o más, (ii) duración del primer lamido, (iii) número total de intentos que hizo el ternero para ponerse de pie, (iv) duración total de los intentos para ponerse de pie, (v) tiempo que tardó el ternero en ponerse de pie con éxito (es decir, estable a cuatro patas), (vi) Duración de la primera vez que se ponen de pie sobre las cuatro patas, (vii) número total de intentos de mamar (es decir, búsqueda del pezón por parte del ternero cerca de la ubre de la vaca) antes de llegar al amamantamiento, (viii) duración de los intentos de mamar antes de llegar al amamantamiento, (ix) tiempo que tarda el ternero en mamar por primera vez, y (x) duración total del primer amamantamiento. En el Estudio 1, sólo se incluyeron en las observaciones de comportamiento los terneros que amamantaron «de forma natural» de sus madres en las primeras aproximadamente 4 h posparto (n = 126). En el Estudio 2, se observó el comportamiento de todas las parejas vaca-cría hasta el primer amamantamiento, tras lo cual cesaron las observaciones.

Toma de muestras de calostro y sangre

Se ordeñó a mano una muestra de 40 ml de calostro (se descartó la primera «extracción») del cuarto delantero más accesible de la ubre inmediatamente después del parto y se almacenó a -20°C a la espera de análisis. Investigaciones anteriores han demostrado que la concentración de IgG en el calostro es similar entre los cuartos de la ubre, y similar para las fracciones dentro de los cuartos (McGee et al., 2006). Se tomaron muestras de sangre de los terneros por venopunción yugular, utilizando un vacutainer de gel de coágulo SST de 8,5 ml (Vacutainer® BD Cruinn Diagnostics, Dublín), a las 48 h del postparto. Las muestras de sangre se dejaron a temperatura ambiente durante 1 h, seguidas de un periodo de aproximadamente 24h a 4°C para permitir la coagulación. Posteriormente, las muestras se centrifugaron (1600 × g durante 10 min) y las muestras de suero se almacenaron a aproximadamente -20 °C antes de su análisis.

Análisis de laboratorio

Las concentraciones de IgG en calostro se determinaron utilizando kits de prueba de inmunodifusión radial simple (por sus siglas en inglés sRID) (Triple J Farms, Bellingham, WA, EE. UU.). Se analizaron muestras de suero de los terneros utilizando métodos «directos» e «indirectos» para determinar la inmunidad pasiva. La prueba directa utilizada para determinar las concentraciones de IgG en suero de

ternera fue la sRID. Las dos pruebas inmunológicas pasivas indirectas utilizadas en las muestras de suero de los terneros fueron la turbidez del sulfato de zinc (TSZ) y la proteína total (PT).

Resultados

Estudio 1

El peso vivo de las vacas, el BCS, la puntuación de docilidad y la puntuación de dificultad de parto, así como el peso al nacer de las crías y la puntuación de vigor de los terneros incluidos en el Estudio 1 se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Medias (SD) del peso vivo de las vacas de carne × vacas de carne (beef x beef - B×B) y vacas de carne × vacas lecheras (beef x dairy - B×D), la puntuación de condición corporal (BCS), la puntuación de docilidad y la puntuación de dificultad de parto, y el peso al nacer de los terneros y el vigor de los terneros para los grupos amamantados y alimentados artificialmente recogidos después del parto en el Estudio 1

	Amamantado (n = 126)		Alimentados artificialmente (n = 26)	
	B×B	B×D	B×B	B×D
Peso de la vaca (kg)	637 (74,5)	604 (73,5)	609 (61,9)	548 (68,6)
BCS de la vaca (0-5)[1]	3.0 (0,24)	2.7 (0,24)	2.9 (0,22)	2.7 (0,30)
Puntuación de docilidad de la vaca (1-5)[2]	1.3 (0,84)	1.1 (0,28)	1.1 (0,34)	1.0 (0,00)
Puntuación de dificultad de parto (1-5)[3]	1.3 (0,61)	1.4 (0,71)	2.8 (1,39)	2.3 (1,06)
Peso del ternero al nacer (kg)	45.5 (5,82)	45.3 (5,84)	44.7 (7,35)	40.9 (6,70)
Vigor del ternero (1-5)[4]	4.9 (0,49)	5 (0,18)	3.9 (1,06)	3.9 (1,10)

[1]Escala BCS para vacas; 0-5 (0 = demacrada y 5 = muy gorda)
[2]Escala de docilidad para vacas; 1-5; (1 = excelente y 5 = muy agresiva)
[3]Escala de puntuación de dificultad del parto 1-5; (1 = sin asistencia; 2 = ayuda menor («revisión»); 3 = asistencia menor; 4 = asistencia mecánica (gato de parto) y 5 = cesárea, la puntuación más alta se asignó a los partos que requirieron asistencia veterinaria)
[4]Escala de vigor para terneros; (1 = débil, 2 = muy perezoso, 3 = perezoso, 4 = vigoroso y 5 = excelente/muy vigoroso)

El efecto del genotipo de la vaca y los efectos de la paridad en la formación del vínculo materno y en la inmunidad pasiva del ternero (amamantado)

El efecto del genotipo y la paridad en los comportamientos maternos y la concentración de IgG se presentan en la Tabla 2. Hubo una interacción genotipo × paridad ($P < 0,01$) en el tiempo hasta la puesta en pie, de modo que los terneros B×D de vacas multíparas se pusieron de pie antes (47 min) que los terneros de vacas primíparas (81 min), pero no hubo efecto de la paridad (60 frente a 52 min, respectivamente) para los terneros B×B. No se encontró ningún efecto del genotipo ($P > 0,05$) en el resto de los comportamientos maternos vaca-ternero, ni en las mediciones de calostro, o en inmunidad pasiva del ternero. Las vacas multíparas lamían a sus terneros antes ($P = 0,05$) y durante más tiempo ($P < 0,01$) que las vacas primíparas. Los terneros de vacas multíparas hicieron menos intentos de ponerse de pie ($P < 0,001$), se mantuvieron de pie durante más tiempo ($P < 0,05$) y realizaron menos intentos de mamar ($P < 0,001$) antes de mamar que los terneros de vacas primíparas. Las vacas multíparas tenían mayores concentraciones de IgG en el calostro ($P < 0,05$) y sus **terneros** tenían mayores concentraciones de IgG en suero ($P = 0,05$), unidades ZST, y concentraciones de PT que las vacas primíparas.

Table 2 Mínimos cuadrados para el genotipo de la madre (beef × beef, (B×B) y beef × Dairy, (B×D)) y la paridad (primíparas y multíparas) en los comportamientos maternos de la vaca y el ternero, la concentración de IgG en el calostro, la concentración de IgG en el suero del ternero, las unidades ZST y la concentración de proteínas totales (PT) para el Estudio 1 (terneros amamantados) (n = 126)

	Genotipo (G)		Paridad (P)			Valor P[a]	
	B×B	B×D	Primíparas	Multiparas	SEM agrupado	G	P
Tiempo hasta el primer lamido al ternero (seg.)	70	84	98	56	14.1	NS	0.05
Duración total del primer lamido (seg.)	77	75	42	110	16.2	NS	0.01
Nº total intentos de ponerse de pie del ternero	9	10	12	7	0.6	NS	0.001
Duración total intentos de ponerse de pie (seg.)	84	93	76	100	15.4	NS	NS
Tiempo que tarda en ponerse de pie a cuatro patas (min.)[a]	56	64	66	53	5.5	NS	NS
Duración de la primera vez que se pone de pie a cuatro patas (seg.)	94	62	52	104	15.1	NS	0.05
Nº total intentos de mamar hasta conseguirlo	10	11	13	8	0.8	NS	0.001
Duración total de los intentos de mamar hasta conseguirlo (min.)	4.6	5.7	4.6	5.7	0.61	NS	NS
Tiempo hasta el primer amamantamiento	103	119	108	114	20.8	NS	NS

(min.)							
Duración del primer amamantamiento (seg.):	55	72	63	64	8.7	NS	NS
IgG de calostro (mg/ml)	132	119	117	134	5.8	NS	0.05
Suero del ternero							
IgG (mg/ml)	47	47	44	50	2.8	NS	0.05
ZST (unidades)	20	22	20	23	1.3	NS	0.05
PT (g/dl)	6.0	6.0	5.8	6.2	0.15	NS	0.05

[a]Hubo una interacción genotipo × paridad (P < 0,01) para el tiempo hasta ponerse de pie (media (SEM)) a cuatro patas (min). Los valores respectivos para los terneros B×B de multíparas fueron de 52 (9,1) min y de primíparas de 60 (5,0) min, y para los terneros B×D de multíparas fueron de 81 (10,8) min y de primíparas de 47 (4,8) min. No hubo otras interacciones genotipo × paridad (P > 0,05) para los comportamientos maternos o para la concentración de IgG en el calostro o las mediciones de inmunidad pasiva de los terneros.

Estudio 2

El peso vivo de las vacas, el BCS, la puntuación de docilidad y la puntuación de dificultad de parto, así como el peso al nacer de las crías y la puntuación de vigor de los terneros incluidos en el Estudio 2 se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 Medias (SD) del peso de las vacas de carne × vacas de carne (beef x beef - B×B) y vacas de carne × vacas lecheras (beef x dairy - B×D), la puntuación de condición corporal (BCS), la puntuación de docilidad y la puntuación de dificultad de parto, y el peso al nacer de los terneros y el vigor de los terneros para los terneros alimentados artificialmente recogidos posparto en el Estudio 2

	Vacas Beef × Beef	**Vacas Beef × Dairy**
Peso de la vaca (kg)	542 (61,1)	547 (90,7)
BCS de la vaca (0-5)[1]	2.6 (0,18)	2.6 (0,18)
Puntuación de docilidad de la vaca (1-5)[2]	1.3 (0,65)	1.1 (0,71)
Puntuación de dificultad de parto (1-5)[3]	1.6 (0,93)	2.1 (1,19)
Peso del ternero al nacer (kg)	41.9 (6,02)	42.8 (7,21)
Vigor del ternero (1-5)[4]	4.2 (1,26)	4.5 (0,84)

[1]Escala BCS para vacas; 0-5 (0 = demacrada y 5 = muy gorda)
[2]Escala de docilidad para vacas; 1-5; (1 = excelente y 5 = muy agresiva)
[3]Escala de puntuación de dificultad del parto 1-5; (1 = sin asistencia; 2 = ayuda menor («revisión»); 3 = asistencia menor; 4 = asistencia mecánica (gato de parto) y 5 = cesárea, la puntuación más alta se asignó a los partos que requirieron asistencia veterinaria)
[4]Escala de vigor para terneros; (1 = débil, 2 = muy perezoso, 3 = perezoso, 4 = vigoroso y 5 = excelente/muy vigoroso)

Los efectos del genotipo y la paridad de la vaca en la formación del vínculo materno, la concentración de IgG en el calostro y la inmunidad pasiva de la cría (crías alimentadas artificialmente)

El efecto del genotipo y de la raza en los comportamientos maternos y la concentración de IgG se presentan en la Tabla 4. Los terneros de vacas B×D presentaron un mayor ($P < 0,05$) número medio de intentos de mamar antes de conseguirlo en comparación con los de vacas B×B. La paridad no tuvo ningún efecto ($P > 0,05$) en el número de intentos de mamar. No se encontró ningún efecto ($P > 0,05$) del genotipo o la paridad en los demás comportamientos de la vaca y el ternero, ni en las concentraciones de IgG en el calostro ni en las mediciones de inmunidad pasiva del ternero.

Table 4 Mínimos cuadrados para el genotipo de la madre (beef × beef, (B×B) v. beef × dairy, (B×D)) y la paridad de la vaca (paridad 1 v. paridad 2) en los comportamientos maternos de la vaca y el ternero, la concentración de IgG en el calostro, la concentración de IgG en el suero del ternero, las unidades ZST y la concentración de proteínas totales (PT) para el Estudio 1 (terneros alimentados artificialmente) (n = 126)

	Genotipo (G)		Paridad (P)		SEM agrupado	Valor P[a]	
	B×B	B×D	1	2		G	P
Tiempo hasta el primer lamido al ternero (seg.)[a]	29	25	52	40	13.5	NS	NS
Duración total del primer lamido (seg.)	115	107	71	151	30.1	NS	NS
Número total de intentos de ponerse de pie del ternero	9	9	9	9	1.1	NS	NS
Duración total de los intentos de ponerse de pie (seg.)	112	105	91	126	22.1	NS	NS
Tiempo que tarda el ternero en ponerse de pie a cuatro patas (min.)	77	84	85	76	14.2	NS	NS
Duración de la primera vez que se pone de pie a cuatro patas (seg.)	287	163	165	284	78.7	NS	NS
Número total de intentos de mamar hasta conseguir mamar	4	6	5	5	0.7	0.05	NS
Duración total de los intentos de mamar hasta conseguirlo (min.)	2.7	2.9	2.5	3.1	0.49	NS	NS
Tiempo hasta el primer amamantamiento (min.)	142	198	144	196	29.4	NS	NS
Duración del primer amamantamiento (seg.):	122	138	133	127	28.3	NS	NS
IgG de calostro (mg/ml)	122	127	122	127	7.9	NS	NS
Suero del ternero							

IgG (mg/ml)	45	51	46	51	3.2	NS	NS
ZST (unidades)	19	21	19	21	1.6	NS	NS
PT (g/dl)	6.0	6.1	5.9	6.2	0.27	NS	NS

No hubo interacciones genotipo × paridad (P > 0,05) respecto a los comportamientos maternos o a la concentración de IgG en el calostro o las mediciones de inmunidad pasiva de los terneros.

Discusión

Estos estudios examinaron el efecto del genotipo y la paridad de la vaca nodriza en el desarrollo del vínculo vaca-ternero, las concentraciones de IgG en el calostro y las mediciones de la inmunidad pasiva del ternero, así como la relación entre los comportamientos vaca-ternero posparto y el estado inmunitario pasivo del ternero. En estos estudios, las vacas se trataron nutricionalmente para que parieran con un BCS moderado con el fin de reducir la incidencia de las dificultades del parto.

Conducta materna

Existe relativamente poca literatura publicada centrada en el comportamiento de las vacas nodrizas y sus terneros recién nacidos inmediatamente después del parto. Además, la comparación directa con la literatura es difícil debido a las diferencias de las metodologías y métricas utilizadas. En los estudios actuales, todas las vacas multíparas lamieron a sus terneros en el primer minuto después del parto. La ausencia de un efecto estadístico de la paridad en los comportamientos de lamido de las vacas en el Estudio 2 en comparación con el Estudio 1, probablemente se deba al régimen de alimentación con calostro empleado en el primer estudio.

En cuanto al comportamiento de los terneros, es importante señalar que en el Estudio 1, solo se incluyeron en las observaciones de comportamiento los terneros que mamaron de forma «natural» de sus madres en las primeras 4 horas aproximadamente después del parto. En consecuencia, por diseño, se excluyeron las crías «débiles» (es decir, con un reflejo de succión deficiente), lo que significa que los resultados obtenidos en cuanto a la ingesta de calostro y al vigor de la cría son probablemente algo superiores. En el Estudio 1, los terneros de vacas primíparas hicieron más intentos de ponerse de pie antes de conseguirlo en comparación con los terneros de las vacas multíparas.

Los tiempos medios desde el nacimiento hasta el primer amamantamiento para los Estudios 1 y 2 se encuentran en el rango intermedio de los valores medios (60 a 260 min) reportados para terneros de carne en la revisión de Le Neindre y Vallet (1992).

Aunque no es directamente comparable, cabe destacar que el tiempo hasta la primera toma fue mucho más tardío en el Estudio 2 en comparación con el Estudio 1. Esto refleja en parte el impacto de los diferentes métodos de ingestión de calostro, por el cual la motivación para mamar puede verse reducida en terneros que son alimentados con calostro después del parto.

Inmunidad pasiva

La transferencia pasiva adecuada depende de varios factores relacionados con la gestión del calostro, como la concentración de Ig del calostro, el volumen ingerido, el momento de la alimentación y la capacidad del ternero para absorber Ig durante las primeras 24 horas de vida (McGee y Earley, 2019). Las concentraciones medias de IgG en calostro en los estudios actuales oscilaron entre 119 y 132 mg/ml. Las concentraciones similares de IgG en calostro obtenidas para vacas B×B y B×D concuerdan con los hallazgos de Murphy et al. (2005) y Earley et al. (2018). La concentración de IgG en el calostro, un 15 % mayor ($P = 0,05$) en las vacas multíparas en comparación con las primíparas en el Estudio 1, es de la misma magnitud que la reportada por McGee et al. (2006), aunque en este último estudio la diferencia no fue estadísticamente significativa. De manera similar, en el Estudio 2, solo hubo una diferencia numérica del 4 % a favor de las madres «más viejas», aunque estas vacas eran solo de segunda paridad en lugar de animales multíparas. En su revisión de la literatura, McGee y Earley (2019) informaron de

que, a diferencia de las vacas lecheras, las diferencias en las concentraciones de inmunoglobulinas del calostro entre las vacas de vacuno (beef) nodrizas primíparas y multíparas son, por lo general, relativamente pequeñas y a menudo no difieren estadísticamente. Más recientemente, Altvater-Hughes et al. (2022) también informaron de que las concentraciones de IgG en el calostro aumentaban con la paridad en las vacas lecheras, pero no en las vacas de carne.

El rango de concentraciones medias de IgG en los estudios actuales fue de 44-51 mg/ml. Usando valores de corte de IgG sérica de <10 mg/ml para la clasificación de FTPI, y <24 mg/ml para la inmunidad pasiva inadecuada (por ejemplo, Gamsjäger et al. (2023a), en el Estudio 1, el porcentaje de terneros «de lactancia natural» que entraban en estas dos clasificaciones fue del 0,8 y el 7,1, respectivamente. Los valores correspondientes para los terneros alimentados artificialmente fueron del 0 % y el 15,4 %. En el Estudio 2, el porcentaje de terneros (todos alimentados artificialmente) que entraban en estas dos clasificaciones fue del 1,7 y del 6,7, respectivamente. Estos porcentajes son mucho más bajos que los registrados en las explotaciones comerciales de vacuno de Irlanda (Todd et al., 2018), Gran Bretaña (Bragg et al., 2020) y Canadá (Pearson et al., 2019; Gamsjäger et al., 2023), y en las explotaciones de investigación de Francia (Martin et al., 2021). Esta disparidad puede atribuirse en parte a la naturaleza profiláctica del régimen de alimentación con calostro impuesto en el estudio actual (es decir, la ingestión temprana de un volumen adecuado de calostro del primer ordeño de la madre), como se ha comentado anteriormente, pero también a los vaivenes asociados a la exactitud y precisión de las metodologías utilizadas para determinar las concentraciones de Ig (McGee y Earley, 2019). No obstante, en conjunto, los resultados del presente estudio indican que la inmunidad pasiva de los terneros lactantes tiene mucho éxito cuando se interviene precozmente en la alimentación con calostro, basándose en la puntuación del vigor de los terneros. La similitud en las medidas de inmunidad pasiva entre los terneros lactantes y los alimentados artificialmente en el Estudio 1, coincide con McGee et al. (2006), quienes no encontraron diferencias en las concentraciones de IgG en suero de terneros entre terneros a los que se les había ayudado a mamar o a los que se les había suministrado un volumen de calostro equivalente al 5% de su peso al nacer mediante una sonda esofágica, en la primera hora de vida.

En estos estudios (Brereton et al., 2024), no se encontró ningún efecto del genotipo de la vaca sobre las concentraciones séricas de IgG, las unidades de ZST o las concentraciones de PT. Las concentraciones séricas de IgG, las unidades de ZST y las concentraciones de PT en terneros de vacas multíparas comparadas con vacas primíparas en el Estudio 1, coinciden con investigaciones anteriores (McGee et al., 2006; Earley et al., 2018). Esto tiene que ver probablemente a una mayor producción de calostro y masa de Ig, producida por las multíparas en comparación con las primíparas (McGee et al., 2006). La ausencia de efectos de la paridad en el Estudio 2 se debe muy probablemente al régimen de alimentación con calostro empleado, como ya se ha comentado.

En los Estudios 1 y 2, no hubo correlaciones de los parámetros de comportamiento con las mediciones de inmunidad pasiva de los terneros en el caso de los terneros amamantados naturalmente ni en el de los terneros alimentados artificialmente, lo que concuerda con Ruiz (2019). Aunque es bien sabido que el aumento del tiempo transcurrido entre el nacimiento y el primer amamantamiento afecta negativamente a la inmunidad pasiva de los terneros, McGee y Earley (2019), la ausencia de una relación entre el tiempo transcurrido hasta el primer amamantamiento y los niveles séricos de IgG de los terneros se debe probablemente al régimen de gestión del calostro, por el que los terneros de alto riesgo (es decir, con un reflejo de succión débil) fueron alimentados artificialmente y se impuso un límite de tiempo hasta el amamantamiento de 4 horas. Estas intervenciones se considerarían una buena práctica ganadera para garantizar la salud y el bienestar de los terneros. En ambos estudios, las concentraciones

séricas de IgG estaban fuertemente correlacionadas con las unidades ZST y las concentraciones de PT.

Conclusión

En general, el genotipo de las vacas apenas influyó en el comportamiento vaca-terneros, pero en condiciones de «amamantamiento natural» las vacas primíparas manifestaron inexperiencia materna y sus terneros se mostraron menos vigorosos que los de las multíparas. Las concentraciones de IgG en el calostro y las mediciones de inmunidad pasiva de los terneros no se vieron afectadas por el genotipo de las vacas, pero en condiciones de «amamantamiento natural» los terneros de vacas primíparas presentaron una menor inmunidad pasiva. Los resultados de este estudio indican que se requiere una mayor vigilancia de las vacas nodrizas primíparas y sus terneros en comparación con las vacas multíparas en cuanto al estado inmunitario pasivo del ternero. Además, los resultados actuales indican que la inmunidad pasiva en terneros lactantes tiene éxito cuando se interviene con la alimentación con calostro, en función de la puntuación del vigor del ternero («reflejo de succión»).

Referencias

Altvater-Hughes TE, Hodgins DC, Wagter-Lesperance L, Beard SC, Cartwright SL, Mallard BA. 2022. Concentration and heritability of immunoglobulin G and natural antibody immunoglobulin M in dairy and beef colostrum along with serum total protein in their calves. J Anim Sci. 100: 1-9.

Berry DP, Amer PR, Evans RD, Byrne T, Cromie AR. Hely F.2019. A breeding index to rank beef bulls for use on dairy females to maximize profit. J Dairy Sci. 102: 10056-72.

Bragg R, Macrae A, Lycett S, Burrough E, Russell G, Corbishley A. 2020. Prevalence and risk factors associated with failure of transfer of passive immunity in spring born beef suckler calves in Great Britain. Prev Vet Med. 181: 105059.

Brereton, N., McGee, M., Beltman, M., Byrne, C.J., Meredith, D., Earley, B. 2024. Effect of suckler cow breed type and parity on the development of the cow-calf bond post-partum and calf passive immunity. Ir Vet J 77, 13

Earley B, Tiernan K, Duffy C, Dunn A, Waters S, Morrison S, McGee M. 2018. Effect of suckler cow vaccination against glycoprotein E (gE)-negative bovine herpesvirus type 1 (BoHV-1) on passive immunity and physiological response to subsequent bovine respiratory disease vaccination of their progeny. Res Vet Sci. 118: 43-51.

Gamsjäger L, Haines DM, Lévy M, Windeyer MC. 2023. Total and pathogen-specific serum immunoglobulin G concentrations in neonatal beef calves, Part 1: Risk factors. Prev Vet Med. 220: 106026.

ICBF. 2017. Irish Cattle Breeding Federation Annual Report 2017. Recording birth events. Highfield House, Shinagh, Bandon, Co. Cork, Ireland (accessed 28 March 2024 https://www.icbf.com/wp-content/uploads/2013/06/Birth-events.pdf)

Le Neindre P, Vallet A. 1992. The suckled calf. In: "Beef Cattle Production, World Animal Science", (ed. R. Jarrige and C. Beranger). C5, Elsevier, Amsterdam, 209-24.

Lowman BG, Scott NA, Somerville SH. 1976. Condition scoring of cattle. East of Scotland College of Agriculture. Animal Production, Advisory and Development Department Edinburgh: Edinburgh School of Agriculture Bulletin, ISBN 0902164236, 9780902164239 No. 6.

Martin P, Vinet A, Denis C, Grohs C, Chanteloup L, Dozias D, Maupetit D, Sapa J, Renand G, Blanc F. 2021. Determination of immunoglobulin concentrations and genetic parameters for colostrum and calf serum in Charolais animals. J Dairy Sci. 104:3240-3249.

McCabe S, Prendiville R, Evans R, O'Connell NE, McHugh N. 2019. Effect of cow replacement strategy on cow and calf performance in the beef herd. Animal. 13: 631-39.

McGee M, Drennan MJ, Caffrey PJ. 2006. Effect of age and nutrient restriction pre partum on beef suckler cow serum immunoglobulin concentrations, colostrum yield, composition and immunoglobulin concentration and immune status of their progeny. Irish J Agric Food Res. 45: 157-171.

McGee M, Earley B. 2019. Review: passive immunity in beef-suckler calves. Animal. 13: 810-25.

Murphy BM, Drennan MJ, O'Mara FP, Earley B. 2005. Cow serum and colostrum immunoglobulin (IgG1) concentration of five suckler cow breed types and subsequent immune status of their calves. Irish J Agric Food Res. 44: 205-213.

Pearson JM, Pajor EA, Campbell JR, Levy M, Caulkett NA, Windeyer MC. 2019. A randomised controlled trial investigating the effects of administering a non-steroidal anti-inflammatory drug to beef calves assisted at birth and risk factors associated with passive immunity, health, and growth. Vet Rec Open. 6(1): e000364.

Ruiz L. 2019. Behavioral biomarkers for calf health. Master of Science, Kansas State University. Accessed 28th January 2025 https://krex.k-state.edu/bitstream/handle/2097/39550/LukeRuiz2019.pdf?sequence=3

DINÁMICA DEL CALCIO POSTPARTO, LA INFLAMACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS EN PERIODO DE LACTANCIA TEMPRANA

Jessica A. A. McArt, DVM, PhD, DABVP (Dairy Practice)

Departamento de Medicina de la Población y Ciencias del Diagnóstico

Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Cornell, Ithaca, NY, EE.UU.

Introducción

El periodo de transición de las vacas lecheras está marcado por importantes cambios físicos y fisiológicos. Esta presentación se centra en la dinámica del calcio, la relación de la hipocalcemia con la inflamación y las implicaciones resultantes de esta asociación con la producción de leche en vacas durante la lactación temprana.

La fisiología y la dinámica del calcio

El inicio de la lactancia aumenta drásticamente la demanda de calcio. Antes del parto, las vacas necesitan aproximadamente 21 g de calcio al día para su mantenimiento, que aumenta a 44 g en el parto, ya que excretan aproximadamente 23 g de calcio en su calostro, además de sus necesidades de mantenimiento. A los 7 días en leche (DIM), una vaca que produce 45 kg de leche al día necesita 77 g de calcio para cubrir sus necesidades y producir leche. Esto supone triplicar, y en el caso de las vacas de muy alta producción cuadruplicar, las necesidades de calcio en un periodo de 7 a 10 días. Esta demanda se satisface mediante una combinación de ingesta dietética, resorción ósea y conservación renal, regulada por la hormona paratiroidea y los metabolitos de la vitamina D. Los métodos nutricionales para optimizar el metabolismo del calcio son un aspecto importante de la gestión de las vacas en transición, pero quedan fuera del alcance de esta presentación.

La hipocalcemia subclínica (SCH) en vacas lecheras en la fase inicial de lactancia se caracteriza por bajas concentraciones de calcio en sangre sin signos clínicos evidentes. Múltiples estudios han explorado la categorización de las concentraciones de calcio en sangre al inicio de la lactancia, y tradicionalmente ha habido poco consenso sobre el día óptimo para realizar la prueba o el punto de corte para la clasificación de la hipocalcemia, dados los diferentes DIM en los que se analizaron las vacas y los diferentes puntos de corte utilizados para definir la hipocalcemia. (Oetzel et al., 1988; Martinez et al., 2012; Chapinal et al., 2011; Rodriguez et al., 2017; Wilhelm et al., 2017; Neves et al., 2018; Venjakob et al., 2018).

La investigación en el Laboratorio McArt de Vacas Lecheras ha tenido como objetivo determinar cuándo la hipocalcemia durante la lactancia temprana es perjudicial y definir el momento y los puntos de corte para el diagnóstico basándose en resultados epidemiológicos y económicos relevantes, como la incidencia de la enfermedad, la producción de leche y la eficiencia reproductiva. A partir de estudios realizados durante varios años, hemos descubierto que las vacas pueden clasificarse en 4 grupos en función de la dinámica del calcio durante la lactancia temprana y de sus concentraciones de calcio en

sangre a los 1 y 4 DIM: normocalcémica, SCH transitoria, SCH persistente y SCH tardía. Estas clasificaciones están asociadas con diversos riesgos de eventos adversos para la salud y a diferencias en la producción de leche, en el sentido de que las vacas con SCH persistente o tardía tienen una mayor incidencia de metritis, desplazamiento del abomaso (DA) y retirada del rebaño en comparación con las vacas normocalcémicas y con hipocalcemia transitoria (McArt y Neves, 2020). Las vacas con SCH transitoria producen más leche que las de otros grupos de calcio dinámico (McArt y Neves, 2020; Seely et al., 2021), y las vacas de los grupos normocalcémico y SCH transitoria tienen un mayor consumo de materia seca posparto que las vacas con SCH persistente o tardía (Seely et al., 2021).

En resumen, la dinámica del calcio en el período posparto temprano en vacas con una SCH transitoria y en vacas normocalcémicas se asocia con una menor incidencia de enfermedades, una mayor ingesta, una mejor reproducción y, en el caso de las vacas con una SCH transitoria, un mayor rendimiento lácteo. Por otro lado, las vacas con SCH persistente o tardía presentan una mayor incidencia de enfermedades, una ingesta reducida, una reproducción más deficiente y una producción de leche reducida; en conjunto, definimos a las vacas de estos grupos de calcio dinámico como «discalcémicas» (McArt y Oetzel, 2023). La discalcemia se define como una concentración de calcio en sangre <2,2 mmol/l a los 4 DIM.

La inflamación y la discalcemia

Sabemos que los mamíferos expuestos a lipopolisacáridos responden con una disminución del calcio en sangre, y recientemente nos hemos preguntado si la discalcemia es una enfermedad o un marcador de un proceso patológico. Investigaciones recientes de nuestro equipo han demostrado que existe una fuerte relación entre la inflamación y la discalcemia. Las vacas con discalcemia presentan concentraciones más altas de marcadores inflamatorios como la amiloide A sérica, la haptoglobina y la proteína de unión a lipopolisacáridos, lo que sugiere que la discalcemia es un buen marcador de inflamación excesiva (Seminara et al., 2025). Sin embargo, todavía no entendemos si la discalcemia está causada por una inflamación excesiva o si algún otro factor está causando tanto la inflamación excesiva como la discalcemia.

Conclusiones

Comprender la dinámica del calcio durante la lactancia temprana es crucial para gestionar la salud y la productividad de las vacas lecheras. Monitorizar las concentraciones de calcio y abordar la nutrición, el bienestar y la gestión de la maternidad de las vacas en transición puede ayudar a mitigar los riesgos de eventos adversos para la salud, mejorar la producción de leche y mejorar el rendimiento reproductivo.

Lecturas recomendadas:

1. McArt, J. A. A., and Neves, R. C. 2020. Association of transient, persistent, or delayed subclinical hypocalcemia with early lactation disease, removal, and milk yield in Holstein cows. J. Dairy Sci. 103:690–701. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17191
2. Seely, C. R., Leno, B. M., Kerwin, A. L., Overton, T. R., and McArt, J. A. A. 2021. Association of subclinical hypocalcemia dynamics with dry matter intake, milk yield, and blood minerals during the periparturient period. J. Dairy Sci. 104:4692–4702. https://doi.org/10.3168/jds.2020-19344

3. Seely, C. R. and McArt, J. A. A. 2023. The association of subclinical hypocalcemia at 4 days in milk with reproductive outcomes in multiparous Holstein cows. JDS Comm. 4:111-115. https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0279
4. McArt, J. A. A., and Oetzel, G. R. 2023. Considerations in the diagnosis and treatment of early lactation calcium disturbances. Vet. Clinics of North America - Food Animal Practice. 39:241–259. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2023.02.009
5. Seminara, J. A., Seely C. R., and McArt, J. A. A. 2025. Acute phase responses in clinically healthy multiparous Holsteins with and without calcium dysregulation during the early postpartum period. J. Dairy Sci. 108:1930-1939. https://doi.org/10.3168/jds.2024-25300

SEGUIMIENTO DE LA SALUD DE LAS VACAS Y LOS REBAÑOS A TRAVÉS DE LA LECHE

Jessica A. A. McArt, DVM, PhD, DABVP (Dairy Practice)

Departamento de Medicina de la Población y Ciencias del Diagnóstico

Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Cornell, Ithaca, NY, EE.UU.

Introducción

La espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) es una herramienta poderosa para analizar la leche. A través de la generación de resultados espectrográficos, FTIR puede utilizarse para estimar diversos componentes de la leche, y esta tecnología puede ser especialmente útil al principio de la lactación, cuando la leche de las vacas cambia rápidamente, tanto en volumen como en consistencia. Además de ofrecer un método no invasivo para controlar la salud de cada vaca, el análisis de la leche ofrece un método para controlar el rendimiento del rebaño. Aunque esta tecnología está aún en fase de desarrollo, esta presentación explora el uso de los componentes de la leche para evaluar la salud metabólica al principio de la lactación, detectar enfermedades y proporcionar datos para la toma de decisiones relativas a la gestión de la explotación.

La leche como indicador de la salud metabólica

Es bien sabido que las vacas lecheras experimentan un déficit de energía al principio de la lactación debido al aumento de las demandas energéticas derivadas de la producción de leche. Un déficit energético excesivo puede provocar hipercetonemia, que suele diagnosticarse mediante una extracción de sangre. Sin embargo, este método de detección puede ser laborioso e invasivo para las vacas, por lo que existe gran interés por una metodología de diagnóstico alternativa no invasiva. Las primeras investigaciones en este ámbito evaluaron la relación grasa-proteína de la leche o la acetona y el β-hidroxibutirato (BHB) de la leche para diagnosticar la hipercetonemia; sin embargo, varios estudios revelaron la escasa sensibilidad y especificidad de estos métodos (Duffield et al., 1997; van Knegsel et al., 2010).

A medida que aprendemos más sobre la relación entre los metabolitos de la sangre y la leche relacionados con la energía, vemos que esta asociación no es directa: los componentes de la sangre y la leche varían con el tiempo, tanto a lo largo de la lactancia temprana como dentro de un mismo día. Comprender estos cambios es crucial para identificar si se producen alteraciones de la salud normal. También es crucial determinar las concentraciones de referencia de los componentes estimados de la leche que son normales o anormales. Un estudio reciente de Kowalski et al. (2021) ha caracterizado la cetolactia en un conjunto de datos muy amplio en vacas Holstein-Friesian polacas. Muestra diferencias en las concentraciones de acetona láctea (mACE) y BHB láctea (mBHB) en los distintos grupos de paridad al principio de la lactación. Las mediciones diarias repetidas a lo largo del tiempo en una misma vaca muestran patrones similares (Callero et al., 2023). Además de los cambios en las concentraciones diarias al principio de la lactancia, los componentes de la leche también muestran patrones diurnos. Aunque

existen patrones diurnos en los componentes de la leche relacionados con la energía, varían mucho menos que los metabolitos sanguíneos relacionados con la energía, como el BHB y los ácidos grasos no esterificados. Estos patrones diurnos deben tenerse en cuenta a la hora de recoger muestras e interpretar los resultados, especialmente en la sangre (Seely et al., 2021; Seely et al., 2022).

¿Puede la leche decirnos qué vacas van a enfermar?

El uso de la tecnología FTIR para calcular los componentes de la leche a menudo incluye el recuento de la lactosa, la proteína, los metabolitos relacionados con la energía, los ácidos grasos y el nitrógeno ureico de la leche, lo que brinda la oportunidad de identificar qué vacas, al inicio de la lactación, empiezan a mostrar problemas de salud. El análisis de la leche puede identificar a las vacas que no se están adaptando bien al inicio de la lactancia, ya que las medias de estos componentes de la leche varían en gran medida durante la lactancia temprana entre las vacas que están sanas en comparación con las que desarrollan hipercetonemia, metritis o abomaso desplazado dentro de los 14 DIM (Bach et al., 2019; McArt Dairy Cow Lab, datos no publicados). Se necesitan más estudios para crear algoritmos de diagnóstico que identifiquen enfermedades específicas antes de que se desarrollen signos clínicos. Estos estudios se están llevando a cabo en la actualidad.

Consecuencias para la vigilancia de la salud

Además de las enfermedades específicas, los resultados de los análisis de la leche pueden utilizarse para obtener información sobre la gestión del rebaño. Utilizando un ejemplo de discalcemia, vemos que las vacas eucalcémicas producen aproximadamente 150 g más de lactosa en la leche cada día junto con una cantidad similar de proteína que las vacas discalcémicas (Seminara et al., 2023, datos no publicados). Estas diferencias en la producción de lactosa y proteínas muestran la necesidad de un apoyo nutricional mas intenso para de nuestras vacas de ordeño de mayor rendimiento. Si los rebaños tienen una proporción elevada de vacas eucalcémicas, es probable que deban modificarse las estrategias de alimentación en el corral al principio de la lactación para optimizar la producción de leche.

La medición rutinaria de los componentes de la leche y de los ácidos grasos a nivel del tanque a granel o del corral ofrece información sobre la nutrición y los cambios de gestión. Estas mediciones pueden utilizarse para monitorizar el rumen y la salud del rebaño en tiempo real, proporcionando información valiosa para la gestión de la explotación cuando se realizan repetidamente dentro de un rebaño o cuando se comparan entre rebaños. La investigación continuada en este ámbito no hará sino impulsar aún más el uso de esta tecnología para el seguimiento y la gestión a nivel de rebaño (Woolpert et al., 2016; Giannuzzi et al., 2023; Serrenho et al., 2023).

Conclusiones

El análisis de la leche es una herramienta valiosa para el seguimiento de la salud de cada vaca y del rebaño. Permite recopilar datos de forma no invasiva, ya sea mensual o diariamente, lo que puede mejorar la gestión de la lactancia temprana e integrarse con las actuales tecnologías de análisis de la leche. El uso de FTIR y otros métodos de análisis de la leche puede aportar importantes beneficios a las explotaciones lecheras. Estas tecnologías se están extendiendo rápidamente gracias a su facilidad de uso y accesibilidad.

Lecturas recomendadas:

1. Woolpert, H. M., Dann, H. M., Cotanch, K. W., Melilli, C., Chase, L. E., Grant, R. J., and Barbano, D. M. 2016. Management, nutrition, and lactation performance are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on northeastern US dairy farms. J. Dairy Sci. 99:8486-8497. https://doi.org/10.3168/jds.2016-10998
2. Kowalski, Z. M., Sabatowica, M., Barć, J., Jagusiak, W., Młocek, W., Van Saun, R. J., and Dechow, C. D. 2021. Characterization of ketolactia in dairy cows during early lactation. J. Dairy Sci. 104:12800-12815. https://doi.org/10.3168/jds.2020-19734
3. Seely, C. R., Bach, K. D., Barbano, D. M., and McArt, J. A. A. 2022. Diurnal variation of milk fatty acids in early lactation Holstein cows with and without hyperketonemia. ANIMAL. 16:100552. https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100552
4. Bach, K. D., Barbano, D. M., and McArt, J. A. A. 2019. Association of mid-infrared-predicted milk and blood constituents with early-lactation disease, removal, and production outcomes in Holstein cows. J. Dairy Sci. 102:10129-10139. https://doi.org/10.3168/jds.2019-16926

ESTRATEGIAS DIETÉTICAS PARA REDUCIR LA HIPOCALCEMIA EN VACAS LECHERAS

Jesse P. Goff DVM, PhD

Ames, IA USA

Ajustar la diferencia catión-anión en la dieta para reducir la hipocalcemia

La hipocalcemia clínica es común en las vacas lecheras que inician su segunda o sucesivas lactancias en las horas previas al parto y, especialmente, en los dos primeros días posteriores al mismo. El alto contenido de Ca del calostro (2,2 a 2,4 g/l) y de la leche de transición provoca una demanda rápida y elevada de Ca que pone a prueba la capacidad de muchas vacas para mantener una concentración normal de Ca en sangre (> 2,0 mM el día del parto y > 2,20 mM a partir de entonces). Las vacas dependen de la hormona paratiroidea para iniciar mecanismos como la osteólisis osteocítica ósea y la resorción osteoclástica de Ca para que las concentraciones bajas de Ca en sangre vuelvan a ser normales. La hormona paratiroidea también estimula la conversión renal de la 25-hidroxivitamina D en la hormona 1,25-dihidroxivitamina D, que estimula la absorción intestinal transcelular de Ca, aumentando en gran medida la eficiencia de la absorción de Ca en la dieta (Vieira-Neto et al., 2024). En algunas vacas, el grado de hipocalcemia es lo suficientemente intenso como para causar tetania nerviosa y paresia muscular, lo que provoca decúbito y el trastorno clínico conocido como fiebre de leche. Las vacas que desarrollan fiebre de leche presentan un deficiente funcionamiento de las células inmunitarias, una reducción de la DMI y un mayor riesgo de cetosis, mastitis, metritis, retención de placenta y desplazamiento del abomaso (Curtis et al., 1983). La hipocalcemia subclínica (**HSC**) afecta a muchas más vacas que la fiebre de leche (Reinhardt et al., 2011; McArt et al., 2020). La hipocalcemia, según diversas definiciones, está asociada con el deterioro de la función de las células inmunitarias (Kimura et al., 2006; Martínez et al., 2012), un mayor riesgo de enfermedad subsiguiente o sacrificio, un rendimiento reproductivo reducido y, dependiendo del momento o la persistencia, con una menor producción de leche (Santos et al., 2019; Couto Serrenho et al., 2021).

Las dietas alcalógenas, que suelen ser ricas en potasio y otros cationes, perjudican los mecanismos de homeostasis del calcio de la vaca periparto, lo que puede provocar hipocalcemia de periparto aguda (Ender et al., 1971; Block, 1984). (Ender et al., 1971; Block, 1984). Las vacas en la última fase de gestación suelen alimentarse con dietas ricas en forraje y, por lo tanto, ricas en cationes no metabolizables, especialmente potasio. La diferencia de dieta respecto a los miliequivalentes (mEq) de cationes y aniones absorbibles (DCAD) es un factor determinante del pH sanguíneo (Goff, 2018). Las dietas típicas, sin adición de productos acidogénicos, son alcalógenas y, si se administran a la vaca antes del parto, inducen una alcalosis metabólica. El pH alcalino de la sangre perjudica la respuesta de las células óseas y renales a la estimulación de la hormona paratiroidea (Martin et al., 1980; Goff et al., 2014; Vieira-Neto et al., 2021). Los estudios también indican que la alcalosis de la sangre y de los fluidos extracelulares suprime la secreción de la hormona paratiroidea (Campion et al., 2015), mientras que la acidosis metabólica aumenta la secreción de la hormona paratiroidea (López et al., 2002).

La determinación del pH sanguíneo es difícil y costosa. En general, el pH de la orina proporciona un sustituto razonablemente preciso del pH de la sangre, especialmente cuando el pH de la orina está entre 5,9 y 8 (Constable et al., 2009). El pH de la orina se ha utilizado para determinar si una dieta «aniónica» preparto ha acidificado suficientemente a las vacas para reducir el riesgo de hipocalcemia (Oetzel et al., 1991; Jardon, 1995). El pH óptimo de la orina para prevenir la hipocalcemia sigue siendo objeto de controversia. Recientemente se ha realizado un

estudio utilizando datos recopilados de 9 estudios publicados sobre 660 vacas periparto. En ese estudio, las vacas multíparas alimentadas con dietas «de control» sin productos acidogénicos añadidos tenían un pH de orina superior a 7,76 y estas vacas presentaron las concentraciones más bajas de Ca en sangre. Se observó un aumento en la concentración de Ca en sangre en las 660 vacas multíparas cuando el pH de la orina era inferior a 7,26. Las reducciones adicionales del pH de la orina no mejoraron significativamente el nadir de la concentración de Ca en sangre. Esto también era cierto para las vacas al segundo o tercer parto. Para la mayoría de las vacas, la clave para mejorar la concentración de Ca en sangre al principio de la lactancia es añadir aniones suplementarios para reducir el grado de alcalosis metabólica que experimenta la vaca. No es necesario reducir el pH de la orina de una vaca individual por debajo de 7,25. Sin embargo, en vacas que entraban en su cuarta paridad o subsiguientes, el pH de la orina por encima de 7,25 o por debajo de 5,75 se asoció con una concentración de calcio en sangre significativamente menor que cuando el pH de la orina estaba entre 6,26 y 6,75. Se demostró que la paridad de las vacas tenía un mayor efecto en el nadir de la concentración de Ca en sangre y en la HSC que la categoría de pH de la orina.

La producción de 1,25-dihidroxivitamina D por la enzima 1-alfa hidroxilasa (CYP27B1) de las células renales se regula principalmente en respuesta a un bajo nivel de calcio en sangre y está mediada por la PTH. Sin embargo, el alto nivel de fosfato en sangre asociado con una dieta más alta en P, también puede afectar la actividad de la enzima CYP27B1. Los aumentos de fosfato en sangre hacen que los osteocitos y osteoblastos óseos secreten una hormona peptídica llamada factor de crecimiento fibroblástico 23 (FGF23). La FGF23 circula en la sangre y reduce la síntesis renal de la 1,25-dihidroxivitamina D. Desafortunadamente, la reducción de la producción de 1,25-dihidroxivitamina D puede tener consecuencias negativas en la homeostasis del calcio. Esto ayuda a explicar la conocida inhibición de la absorción de Ca en la dieta que se produce con dietas altas en fosfato.

La concentración de Mg en el plasma de las vacas suele oscilar entre 0,8 y 1,0 mM o entre 1,9 y 2,4 mg/dl. El mantener una concentración normal de Mg en plasma depende casi totalmente de la absorción diaria de Mg por dieta, ya que no existe una reserva de Mg fácilmente disponible. El magnesio es un catión intracelular importante y un cofactor necesario para las reacciones enzimáticas vitales para todas las vías metabólicas principales. El Mg extracelular es vital para la transmisión nerviosa normal, la función muscular y la formación de minerales óseos. También se necesita un nivel adecuado de Mg en sangre para permitir la secreción normal de la hormona paratiroidea y la acción de la hormona paratiroidea en su receptor. Cuando la concentración de Mg en sangre cae por debajo de 0,70 mM (1,7 mg/dl), la capacidad de la hormona paratiroidea para activar sus tejidos diana se reduce (Barber et al., 1983; Goff, 2014). Esto provoca una hipocalcemia secundaria en los animales. También reduce la ingesta de materia seca y la digestibilidad de la dieta (Ammerman et al., 1971). Si la concentración de Mg en sangre cae por debajo de 0,5 mM (~1,2 mg/dl), los nervios se vuelven demasiado excitables y el animal puede desarrollar la tetania (Mayland, 1988). La insuficiencia de magnesio se diagnostica fácilmente cuando las concentraciones de magnesio en sangre son inferiores a lo normal. En las vacas, el Mg absorbido en exceso a través de la dieta se excreta en la orina. Una concentración baja de Mg en la orina también puede ser un indicio de que la dieta es marginal o insuficiente en Mg.

El magnesio se absorbe principalmente en el intestino delgado de los terneros jóvenes, al igual que en las especies monogástricas. Sin embargo, a medida que se desarrollan el rumen y el retículo, estos se convierten en el principal, y quizás el único, lugar de absorción neta de Mg (Martens y Gabel, 1986). Esto fue demostrado de manera elegante por Tomas y Potter (1976), quienes alimentaron a ovejas con una dieta deficiente en Mg e introdujeron una solución de Mg directamente en varias secciones del tracto digestivo de los animales. La infusión de magnesio en el omaso, el abomaso o el duodeno no pudo aumentar la concentración de magnesio en sangre ni el contenido de magnesio en orina, lo que sugiere que no hay absorción neta de magnesio en estos sitios. Sin embargo, el Mg infundido en el rumen o el retículo aumentó el contenido de Mg en sangre y orina, lo que demuestra que el epitelio del rumen y del retículo es clave para la homeostasis del Mg. Por lo tanto, el Mg que se utiliza en los piensos debe ser soluble en el fluido ruminal, es decir, cuando el pH del fluido es superior a 6,0.

Si se valora la actividad alcalinizante del rumen en las dietas de las vacas lactantes, entonces la reactividad del MgO con el ácido acético podría proporcionar al nutricionista una prueba sencilla de la reactividad relativa del MgO para su uso en las raciones. Coloque 3 g de una fuente de MgO en un recipiente y añada lentamente 40 ml de ácido acético al 5 % (vinagre blanco). Tapar el recipiente y agitar bien durante 15 segundos y dejar reposar. Agítelo de nuevo a los 15 minutos y compruebe el pH a los 30 minutos. El vinagre por sí solo tiene un pH de 2,6-2,8. Las mejores fuentes de MgO elevarán el pH hasta 8,2; las peores, hasta 3,8 (Goff, 2014). Dado que el pH es una escala logarítmica, esto representa una diferencia superior a 10.000 veces en el número de iones de hidrógeno neutralizados. En un experimento con cuatro vacas con fístulas en el rumen, se descubrió que la solubilidad del MgO in vitro (probado de varias maneras) coincidía con su solubilidad en el rumen y en la excreción urinaria, lo que indicaba que la solubilidad predecía la capacidad de absorción (Schonewille et al., 1992).

Aglutinantes de calcio/fosfato para prevenir la fiebre de la leche frente a las dietas aniónicas

Desde la década de 1960 hasta la de 1980, varios laboratorios demostraron que alimentar a las vacas secas con una dieta deficiente en calcio o fósforo durante los últimos 10-12 días antes del parto podía activar la secreción de la hormona paratiroidea (dietas bajas en Ca) o la activación de la vitamina D a 1,25-dihidroxivitamina D (dietas bajas en fósforo). Si se pudiera activar la resorción ósea de Ca y la producción de 1,25-dihidroxivitamina D ANTES del parto, la incidencia de fiebre de leche se reduciría en gran medida. Por desgracia, fue difícil recrear estas dietas en las explotaciones, ya que la investigación universitaria utilizó muchos subproductos o forrajes que no se encuentran habitualmente en las explotaciones lecheras y que, además, tendían a ser bajos en proteínas o demasiado altos en almidón.

Desde entonces, se han desarrollado varias generaciones de aglutinantes Ca/P. Algunos de los primeros utilizaban trigo tratado con formalina con alto contenido de ácido fítico. El tratamiento con formalina de los piensos no está aprobado en muchas zonas, incluidos los EE. UU., y también planteaba otros problemas. El ácido fítico se hizo resistente a la digestión mediante la formalina y el ácido fítico aglutina el fósforo y el calcio, reduciendo su absorción (¡piense en los problemas que esto causa en la nutrición de aves de corral y cerdos, animales que no tienen fitasa en el rumen!). Luego llegaron las novedosas zeolitas que utilizaban los grupos veterinarios daneses (Thilsing-Hansen et al., 2002). Se trata de aluminosilicatos, a menudo unidos iónicamente al Na cuando se venden a los agricultores. La parte de silicato intercambia 2 iones Na+ por un Ca++ o un Mg++, y también puede unirse a cationes divalentes como el zinc, el cobre y el manganeso. Los enlaces formados con los cationes divalentes en el rumen probablemente se rompen durante el paso por el pH bajo del abomaso, pero pueden volver a formarse en el intestino delgado. Estos enlaces son lo suficientemente fuertes como para permanecer unidos mientras la zeolita desciende por el resto del tracto digestivo y sale por la parte trasera de la vaca. La parte de aluminio de las moléculas puede unirse a un anión fosfato (PO4-3). En conjunto, esto crea una dieta baja en calcio y fosfato y puede estimular la reabsorción del calcio óseo y la conversión renal de la vitamina D en 1,25-dihidroxivitamina D. Esto previene la fiebre de la leche y mejora el calcio en sangre en los primeros días de la lactancia.

Es necesario controlar el Ca y el Phos en la dieta. Si el fosfato aglutinante es la línea de acción; esto significa que no se puede utilizar harina de canola y hay que limitar los granos de cervecerías y destilerías. Si el Ca aglutinante es importante, se debe mantener el Ca dietético por debajo del 0,7 % aproximadamente para conseguir una aglutinación significativa del Ca dietético mediante la adición original de 500 g/día de Xzelit a la dieta. En los estudios publicados, las zeolitas provocan una disminución de entre 0,5 y 1 kg en la ingesta de materia seca antes del parto.

Resumen

Contamos con dos estrategias dietéticas para la prevención de la hipocalcemia y la fiebre de leche en vacas lecheras. Cualquiera de las dos estrategias mejorará la concentración de Ca y la salud de las vacas lecheras. Para el bien de la vaca: ¡¡por favor, utilice una de estas estrategias!!

SUPLEMENTOS PARA MEJORAR EL NIVEL DE CALCIO EN SANGRE DESPUÉS DEL PARTO

Jesse P. Goff, DVM, PhD

Ames, IA, USA

La producción de calostro y de leche de transición impone una gran y repentina demanda de Ca por parte de la glándula mamaria. Esto ocasiona una disminución en la concentración de calcio en la sangre en casi todas las vacas. Las glándulas paratiroides detectan la hipocalcemia, provocando la secreción de la hormona paratiroidea (PTH). La PTH debería estimular la reabsorción de calcio óseo y la producción renal de 1,25-dihidroxivitamina D (1,25-(OH)2D), la forma bioactiva de la vitamina D. La 1,25-(OH)2D circula por el tracto intestinal e inicia la transcripción y traducción de proteínas que intervienen en el transporte transcelular de calcio a través de las células epiteliales intestinales (Goff, 2018). La liberación de Ca de los huesos y la mayor absorción de Ca en la dieta devuelven la concentración de Ca en sangre a niveles normales en la mayoría de las vacas. Por desgracia, en algunas vacas la homeostasis del Ca no responde con la suficiente rapidez para evitar que la concentración de Ca en sangre disminuya hasta alcanzar concentraciones que no favorecen el funcionamiento normal de los nervios y los músculos. Estas vacas se quedan recostadas, mostrando la paresia puerperal conocida como fiebre de leche (Oetzel, 1988). La hipocalcemia subclínica, definida utilizando umbrales variables en los estudios, ocurre con mucha más frecuencia que la fiebre de la leche y se ha asociado con un mayor riesgo de enfermedad secundaria (Reinhardt et al., 2011; Venjakob et al., 2019; McArt).

El retraso en la síntesis de 1,25-(OH)2D se asocia con la hipocalcemia en la vaca periparto (Goff et al., 1991; Phillipo et al.,). Esto es evidente en las vacas que desarrollan fiebre de leche de forma recurrente: su concentración de Ca en sangre no vuelve a la normalidad hasta que empiezan a sintetizar 1,25-(OH)2D (Goff et al., 1989). Las estrategias para prevenir la fiebre de la leche y reducir la hipocalcemia, como la dieta baja en diferencia catión-anión (DCAD), la dieta con bajo contenido de calcio y la dieta con bajo contenido de fósforo, mejoran la producción de 1,25-(OH)2D para mejorar la homeostasis del calcio en el momento del parto (Goff 1991, Phillippo; Green et al., Kichura et al.,). Sin embargo, estas estrategias dietéticas no parecen afectar el grado de hipocalcemia que una vaca experimentará en los días 2, 3 y 4 de lactancia.

Los bolos de calcio oral se administran comúnmente a las vacas en explotaciones que no pueden utilizar una dieta aniónica o un aglutinante de Ca/P en su dieta. Los bolos de calcio por vía oral se suelen utilizar junto con estrategias dietéticas dirigidas a reducir la hipocalcemia. La mayoría de los bolos que hay en el mercado hoy en día tienen como base el cloruro cálcico y proporcionan entre 35 y 50 g de calcio. Cuando se administra a la vaca al poco de parir, aumenta la concentración de calcio en sangre en ~0,25 mM durante 1-6 horas después de la toma. Con frecuencia se administra un segundo bolo entre 12 y 24 horas después para mejorar la concentración de calcio en sangre durante unas horas más. Estos bolos deben utilizarse con precaución en el caso de las dietas aniónicas. El cloruro de calcio también es una sal aniónica. Muchos de estos bolos en el mercado proporcionarán ~ ½ de la dosis diaria de aniones utilizados para acidificar la dieta de la vaca antes del parto. Si una vaca tiene un pH urinario bajo cuando se le administra un bolo oral de cloruro de calcio, puede provocar una acidosis metabólica no

compensada. Esto ayudará a reducir la hipocalcemia, pero puede causar inapetencia, lo que conduce a un aumento de la cetosis y la metritis.

Un bolo mejorado

Mi laboratorio ha estado experimentando con un nuevo bolo basado en una planta originaria de Sudamérica. Solanum glaucophyllum (SG) es una planta autóctona de los países que se encuentran a orillas del río Amazonas en Sudamérica. Las hojas de esta planta contienen un precursor glicosilado de la 1,25-(OH)2D. Tras su ingestión por la vaca, las bacterias del rumen convierten la forma glicosilada biológicamente inerte de la vitamina D en 1,25-(OH)2D bioactiva. Incorporamos hojas de SG y sales de calcio fácilmente solubles en los bolos para su administración oral poco después del parto. La eficacia de esta composición de bolo en la hipocalcemia y la fiebre de leche se probó en varios estudios de campo utilizando vacas multíparas Holstein, Jersey y cruces Holstein/Jersey. Es necesario administrar dos bolos de Solanum/Calcio justo en el momento del parto, sin ningún otro tratamiento.

Se presenta una explotación como ejemplo. Las vacas Holstein multíparas pertenecían a una gran explotación lechera que no seguía una dieta aniónica en el momento del estudio. El pH de la orina de las vacas analizadas durante el estudio fue de 8,1 de media. Para este estudio, las vacas seleccionadas estaban comenzando su tercera lactancia o en una posterior. No se incluyeron vacas de segunda paridad. En las 5 h siguientes al parto, las vacas recibieron uno de 3 tratamientos: 2 bolos de Solanum/Ca en el momento del parto (18 vacas), 1 bolo oral de Ca que suministraba 43 g de Ca en el momento del parto y un segundo bolo 12-24 h después (12 vacas), o Ningún Bolo (12 vacas). Se tomaron muestras de sangre antes de la administración del primer bolo y a las 12, 24, 36, 48 y 72 h después del parto en todas las vacas. La concentración media de Ca en sangre de las vacas de más de 3 partos en este estudio que fueron alimentadas con una dieta sin suplementos de aniones estaba entre 6,3 y 6,7 en el momento en que se recogió el calostro y se obtuvo la primera muestra de sangre. En las vacas que recibieron los tratamientos Ningún Bolo y Bolo Ca, la concentración de Ca en sangre no aumentó significativamente hasta las 72 horas. Presentaban hipocalcemia subclínica (Ca plasmático por debajo de 8,0 mg/dl) hasta la hora 96. Las vacas que recibieron el bolo de solanum/calcio mostraron un aumento en la concentración de Ca en sangre 12 horas después de la administración, y tenían una concentración de Ca en sangre superior a 8 mg/dl a las 36 horas después del parto. Su nivel de calcio en sangre era significativamente mayor que el de las vacas de control y de las vacas a las que se administraron 2 bolos de calcio por vía oral solo entre 12 y 48 horas después del parto.

Se debatirán más a fondo los beneficios y los inconvenientes del uso de suplementos en bolo en vacas después del parto, junto con varios otros ensayos de campo basados en la utilización de bolos.

ADIPOSIDAD ABDOMINAL Y ENFERMEDADES DEL POSTPARTO

Pedro Melendez, MV, MS, PhD Dip. ABVP Dairy

Profesor Jockey Club College of Veterinary Medicine & Life Sciences, City University of Hong Kong

El período de transición en las vacas lecheras se define como el tiempo comprendido entre 3 semanas antes del parto y 3 semanas después del parto, que se caracteriza por ajustes metabólicos y endocrinos considerables que las vacas deben experimentar desde el final de la gestación hasta el inicio de la lactancia (Drackley et al., 2001; Melendez & Risco, 2021).

Una de las características del período de transición es la reducción del consumo de materia seca (CMS) a medida que se acerca el parto. Además, el inicio de la lactancia aumenta los requerimientos de energía para satisfacer las demandas de la producción de leche. Como resultado, la vaca experimenta un balance energético negativo (BNE) típico durante el período periparto caracterizado por la activación de las lipasas que liberan ácidos grasos no esterificados (AGNE o NEFA en ingles) al torrente sanguíneo a partir de los triglicéridos en el tejido adiposo (Contreras et al., 2015, 2018; De Koster & Opsomer, 2013; Drackley et al., 2001). Por lo tanto, la función principal del tejido adiposo es almacenar y liberar lípidos en respuesta a las demandas energéticas. Sin embargo, el tejido adiposo también tiene funciones inmunológicas, endocrinas, regenerativas, mecánicas y térmicas, que difieren según los tipos de depósitos de grasa (Contreras et al., 2015, 2018; Tchkonia et al., 2013). De hecho, la grasa subcutánea tiene más ácidos grasos insaturados que la grasa abdominal (De Smet et al., 2004). Por otro lado, los adipocitos viscerales son metabólicamente más activos y sensibles a la lipólisis que los adipocitos subcutáneos debido a una mayor expresión génica de la lipasa sensitiva a hormonas (Contreras et al., 2018; Locher et al., 2011). Por tanto, las vacas que depositan más grasa en la cavidad abdominal que en el tejido subcutáneo tienen mayor riesgo de liberar mayor cantidad de NEFA y presentar un incremento de enfermedades como hígado graso, desplazamiento de abomaso (DA) y/o cetosis (Contreras et al., 2018).

La distribución de la grasa corporal varía en función del género, la genética, las enfermedades, las hormonas y la edad (Tchkonia et al., 2013). De hecho, en un estudio realizado en EE.UU. se reportó que las vacas con una cantidad excesiva de grasa abdominal omental y total tenían un componente genético importante. Se concluyó que el exceso de grasa omental/abdominal en vacas Holstein con un puntaje de condición corporal (BCS) similar es al menos moderadamente heredable (Melendez et al., 2019). En otro estudio realizado en los EEUU, también se encontró una predicción genómica para DA en vacas Holstein (McNeel et al., 2017). En un estudio más reciente que analizó 28.000 registros de enfermedades de 14.000 lactancias, se encontró que una región en el cromosoma bovino 20 estaba significativamente asociada con la acumulación de grasa visceral, así como con el desarrollo de DA. En general, se concluyó que la deposición de grasa visceral en vacas lecheras está controlada por efectos tanto aditivos como no aditivos y que al menos una región genómica tenía efectos pleiotrópicos tanto en la deposición de grasa visceral como en el desarrollo de DA (Novo et al., 2022). Con esta evidencia, se sugiere que la adiposidad visceral es un factor clave en la presentación de enfermedades metabólicas

y procesos inflamatorios en la vaca lechera moderna (Contreras et al., 2018; Ji et al., 2014; Novo et al., 2022).

Al tener evidencia clara de que la adiposidad abdominal también está relacionada con la producción de leche, al ser una grasa más activa para brindar energía rápida a la vaca, es imperativo comprender con más detalle la fisiología y el metabolismo de la grasa abdominal. Debido a que la selección para la producción de leche y la producción de sólidos ha traído genes que se asocian con mayores depósitos de grasa en la cavidad abdominal, no es fácil realizar selección genética contra la adiposidad abdominal ya que podría afectar el mejoramiento genético para la producción de leche. En consecuencia, un mejor conocimiento de la fisiología y dinámica metabólica de la grasa abdominal y la evolución de ciertas enfermedades proporcionará la base de datos para establecer un mejor control y prevención de estas condiciones metabólicas (Melendez & Risco, 2021; McNeel et al., 2017; Novo et al., 2022).

Por otro lado, sabemos muy bien que las personas con barriga grande se caracterizan por tener una acumulación excesiva de grasa abdominal y son mucho más propensas a desarrollar el típico "síndrome metabólico". Este síndrome se asocia a una acumulación excesiva de grasa en el hígado (hígado graso), un mayor riesgo de contraer diabetes tipo II, con resistencia a la insulina y un estado proinflamatorio que aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, cerebrales, hepáticas y varias otras afecciones de salud, incluido el cáncer (Tchkonia et al., 2013).

Pero ¿qué pasa con las vacas lecheras? Curiosamente, las vacas lecheras también tienen grasa abdominal, ya que esta grasa juega un papel importante en todas las funciones corporales, incluida la producción de leche. El problema surge cuando, al igual que en los humanos, se acumula grasa excesiva en las vacas debido a prácticas de manejo inadecuadas como un manejo nutricional y general inadecuado, y un mal confort de las vacas. En estos casos, la grasa abdominal puede pasar de ser un componente clave en la fisiología de la vaca a convertirse en un elemento perjudicial debido a su movilización excesiva, lo que puede dar lugar a una serie de eventos y enfermedades indeseables, entre ellas la cetosis, el hígado graso y el DA. Además, la movilización excesiva de grasa puede provocar una mayor incidencia de enfermedades inflamatorias como la metritis y la mastitis, lo que se traduce en una menor fertilidad, una menor producción de leche y una mayor tasa de eliminación temprana del rebaño.

El problema radica en la dificultad de identificar aquellas vacas que tienen una mayor acumulación de grasa abdominal. A diferencia de los humanos, donde la presencia de una gran barriga se ve fácilmente, lamentablemente es prácticamente imposible detectar visualmente vacas con adiposidad abdominal excesiva.

Cuando se observa el progreso genético del ganado Holstein a lo largo del tiempo, todo tiene sentido. Hace un par de décadas, las vacas tardaban mucho más en alcanzar su pico de producción de leche. Hoy en día, las vacas pueden alcanzar su pico de producción de leche tan pronto como 20 a 30 días después del parto, mientras que hace 20 años, les llevaba entre 60 y 75 días en alcanzar ese punto. Para completar el rompecabezas, durante el período cercano al parto, las vacas experimentan una disminución en la ingesta de alimento, que aumenta gradualmente en el transcurso de 10 semanas después del parto. Las vacas necesitan una fuente rápida de energía para mantener una alta producción de leche durante el primer mes de lactancia. ¿Qué mejor que tener una cantidad adecuada de grasa abdominal, que se moviliza mucho más rápido que la grasa subcutánea y llega al hígado y la glándula mamaria mucho más rápido? Pero aquí está el problema: si no alimentamos a la vaca adecuadamente o

no le proporcionamos el mejor confort, esa grasa abdominal se convierte en un arma de doble filo. La vaca terminará movilizando mucha más grasa de lo normal, lo que la hará más propensa a enfermar. El mensaje final es que estamos tratando con una máquina metabólica de proporciones que camina finamente sobre una delgada cuerda todos los días, y cualquier desviación de su entorno y manejo normal puede inclinar la balanza, haciendo que tropiece. La buena noticia es que podemos determinar el riesgo de exceso de grasa abdominal a través de pruebas genómicas y, con suerte, en el corto plazo, la información sobre la adiposidad abdominal comenzará a incluirse en los índices de selección genética.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que la cantidad de grasa abdominal no se correlaciona al 100% con la grasa subcutánea determinada durante la evaluación del puntaje de condición corporal (BCS). Es decir, podemos tener 2 vacas con una misma BCS de 3,5 al parto y ambas presentan una cantidad de grasa abdominal completamente diferente. La buena noticia: hay estudios que han concluido que se puede lograr fácilmente una estimación adecuada del contenido de grasa abdominal midiendo ciertas partes anatómicas externas de la vaca con ecografía (Raschka et al., 2016; Melendez et al., 2024).

Sin embargo, lo que está claro es que la sobrealimentación de las vacas no es buena porque no solo conduce a una mayor BCS, sino que también hace incrementar la grasa abdominal. Por lo tanto, debemos seguir haciendo un esfuerzo concertado para evitar a toda costa tener vacas sobrealimentadas durante los períodos de secado y preparto.

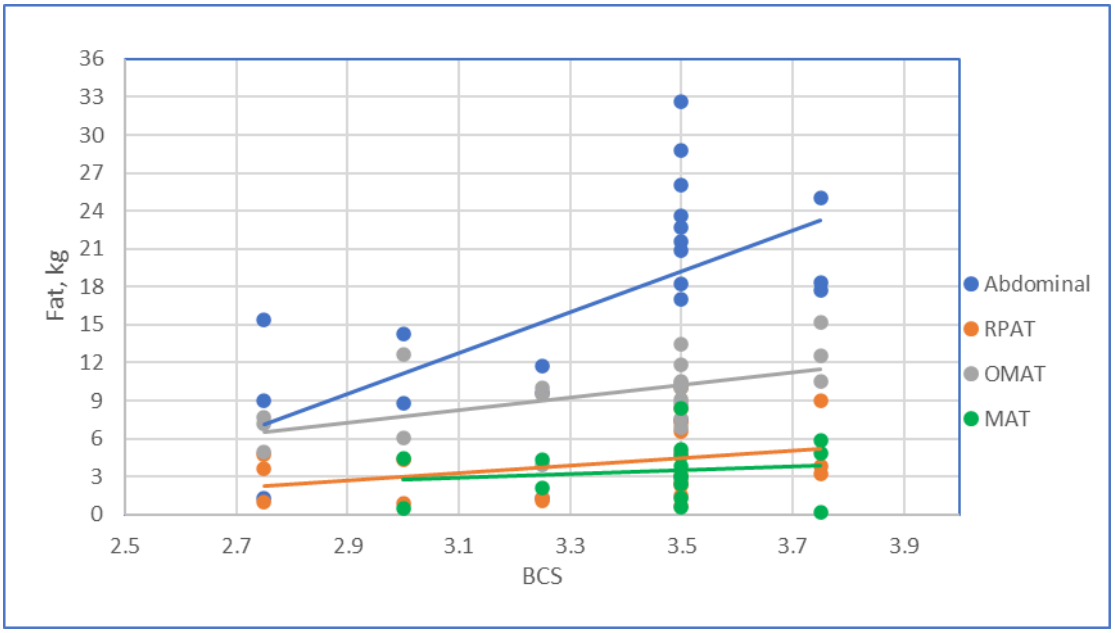
Esto no significa que la BCS ya no es útil. Aún podemos seguir utilizando la evaluación de la BCS de manera inteligente y práctica. Sin embargo, una forma rápida de identificar vacas de mayor riesgo con exceso de grasa abdominal es realizar una ecografía en el momento del secado. Las vacas pueden mostrar una alta variabilidad en la grasa abdominal con BCS muy similares. Por lo tanto, las vacas con una gran cantidad de grasa abdominal podrían manejarse por separado junto con vacas con BCS excesiva (> 3,5) y alimentarse con una dieta especial que no permita una mayor adiposidad. Pero esto es válido si el confort de la vaca y el manejo general siguen siendo eficientes. Esto es debido a que el estrés estimula la movilización e inflamación de la grasa en forma severa a través de la activación de las lipasas hormono-sensitivas. Finalmente, para realizar un seguimiento adecuado del manejo de las vacas en transición, debemos considerar la medición de los NEFA antes del parto una vez cada 3 meses o cuando se sospecha de algún problema puntual (en al menos 15 vacas) y asegurarnos de que no más de 2 a 3 vacas tengan una concentración > 0,3 mmol/L. Además, debemos medir los cuerpos cetónicos en sangre (BHB) de todas las vacas entre 3 y 10 días después del parto, con el objetivo de mantener la concentración por debajo de 1,2 mmol/L.

Bibliografia

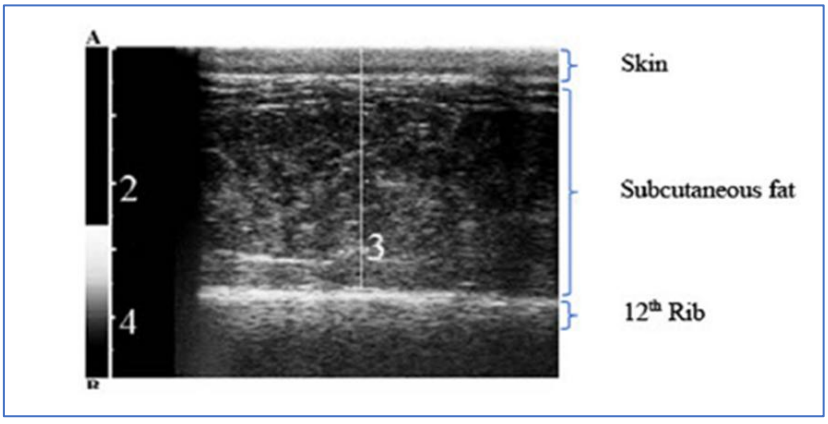
- Contreras, G. A., Kabara, E., Brester, J., Neuder, L., & Kiupelet, M. (2015). Macrophage infiltration in the omental and subcutaneous adipose tissues of dairy cows with displaced abomasum. Journal of Dairy Science, 98(9), 6176–6187.
- Contreras, G. A., Strieder-Barboza, C., & De Koster, J. (2018). Symposium review: Modulating adipose tissue lipolysis and remodeling to improve immune function during the transition period and early lactation of dairy cows. Journal of Dairy Science, 101(3), 2737–2752.

- De Koster, J. D., & Opsomer, G. (2013). Insulin resistance in dairy cows. Veterinary Clinic Food Animal Practice, 29, 299–322.
- De Smet, S., Raes, K., & Demeyer, D. (2004). Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: A review. Animal Research, 53, 81–98.
- Drackley, J. K., Overton, T. R., & Douglas, G. N. (2001). Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. Journal of Dairy Science, 84, (Supplement), E100–E112.
- Häussler, S., Germeroth, D., Friedauer, K., Akter, S. H., Dänicke, S., & Sauerwein, H. (2013). Characterization of the dynamics of fat cell turnover in different bovine adipose tissue depots. Research in Veterinary Science, 95(3), 1142–1150.
- Hostens, M., Fievez, V., Leroy, J. L. M. R., Van Ranst, J., Vlaeminck, B., & Opsomer, G. (2013). The fatty acid profile of subcutaneous and abdominal fat in dairy cows with left displacement of the abomasum. Journal of Dairy Science, 95(7), 3756–3765.
- Ioannidis, J., & Donadeu, F. X. (2018). Comprehensive analysis of blood cells and plasma identifies tissue-specific miRNAs as potential novel circulating biomarkers in cattle. BMC Genomics, 19, 243.
- Ji, P., Drackley, J. K., Khan, M. J., & Loor, J. J. (2014). Inflammation and lipid metabolism-related gene network expression in visceral and subcutaneous adipose depots of Holstein cows. Journal of Dairy Science, 97(6), 3441–3448.
- Locher, L. F., Meyer, N., Weber, E. M., Rehage, J., Meyer, U., Dänicke, S., & Huber, H. (2011). Hormone-sensitive lipase protein expression and extent of phosphorylation in subcutaneous and retroperitoneal adipose tissues in the periparturient dairy cow. Journal of Dairy Science, 94, 4514–4523.
- McNeel,A.K., Reiter,B.C.,Weigel,D., Osterstock, J.,&DiCroce, F. A. (2017). Validation of genomic predictions forwellness traits in US Holstein cows. Journal of Dairy Science, 100, 9115–9124.
- Melendez, P., Bargo, F., Tuñón, G.,&Grigera, J. (2020).Associations between postpartum diseases and milk yield and changes in body condition between drying off and parturition of dairy cows in Argentina. New Zealand Veterinary Journal, 68, 297–303.
- Melendez, P., Poock, S., Pithua, P., Pinedo, P., Manriquez, D., Moore, S. G., Neal, J.D.,&Taylor, J. F. (2019).Genome-wide study to detect SNPs associated with visceral and subcutaneous fat deposition in Holstein dairy cows. Animal, 13(3), 487–494.
- Melendez, P., & Risco, C. A. (2021). Reproduction, events and management pregnancy: Periparturient disorders. In Encyclopedia of dairy sciences (3rd ed., Vol. 1, pp. 1031–1037). Elsevier.
- Melendez, P., Romero, C., Pithua, P., Marin, M. P., Pinedo, P., & Ducehns, M. (2017). Retrospective evaluation of milk production and culling risk following either surgical, toggle-pin suture or conservative treatment of left displaced abomasum in Chilean dairy cows. New Zealand Veterinary Journal, 65, 292–296.
- Melendez, P., Whitney, M.,Williams, F., Pinedo, P., Manriquez, D., Moore, S. G., Lucy, M. C., Pithua, P.,&Poock, S. E. (2018). Technical note: Evaluation of fine needle aspiration cytology for the diagnosis of fatty liver in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 101, 4483–4490.
- Mömke, S., Sickinger, M., Lichtner, P., Doll, K., Rehage, J., & Distlet, O. (2013). Genome-wide association analysis identifies loci for left-sided displacement of the abomasum in German Holstein cattle. Journal of Dairy Science, 96, 3959–3964.
- Novo, L. C., Cavani, L., Pinedo, P., Melendez, P., & Penagaricano, F. (2022). Genomic analysis of visceral fat accumulation in Holstein cows. Frontiers in Genetics, 12, 803216.
- Raschka, C., Ruda, L., Wenning, P., von Stemm, C.-I., Pfarrer, C., Huber, K., Meyer, U., Dänicke, S., & Rehage, J. (2016). In vivo determination of subcutaneous and abdominal adipose tissue depots in German Holstein dairy cattle. Journal of Animal Science, 94(7), 2821–2834.

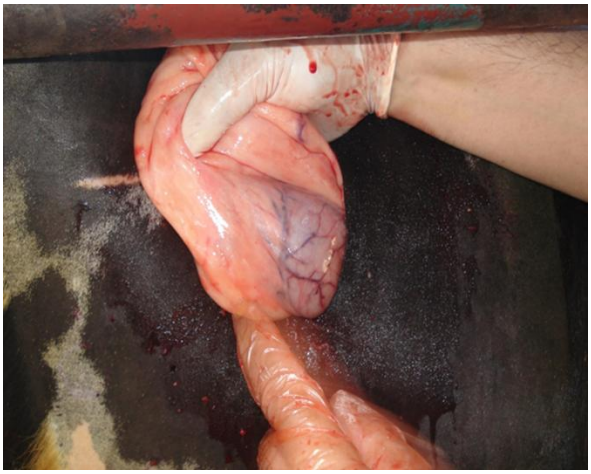
- Shen, Y., Chen, L., Yang, W., & Wang, Z. (2018). Exploration of serum sensitive biomarkers of fatty liver in dairy cows. Scientific Reports, 8, 13574.
- Tchkonia, T., Thomou, T., Zhu, Y.,Karagiannides, I., Pothoulakis, C., Jensen, M. D., & Kirklandet, J. L. (2013). Mechanisms and metabolic implications of regional differences among fat depots. Cell Metabolism, 17, 644–656.



Evaluación de diferentes depósitos de grasa abdominal mediendo grasa subcutánea con ultrasonido según Raschka et al. 2016. (Melendez et al., 2024)



Ultrasonido sobre la costilla 12 según Raschka et el., 2016.



Vaca con correccion quirurgica de desplazamiento del abomaso. La vaca había parido con BCS 3.25. Note la gran acumulacion de grasa omental al momento de exteriorizar el piloro.

ESTRATEGIAS E IMPORTANCIA DEL DESARROLLO RUMINAL TEMPRANO

Dr. Alejandro Belanche

Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Zaragoza, Miguel Servet 177, 50013, Zaragoza, España

El retículo-rumen alberga una gran diversidad de microbiota procariota (bacterias, arqueas y virus) y eucariota (protozoos y hongos) que permite a los rumiantes digerir alimentos fibrosos y sintetizar proteína microbiana. Ello representa una ventaja evolutiva en la digestión de alimentos respecto a los monogástricas, pero también ocasiona una serie de desventajas como una mejor eficiencia alimentaria y elevadas emisiones de gases de efecto invernadero. Durante las últimas décadas se han realizado esfuerzos para desarrollar aditivos nutricionales que permitan modular la microbiota ruminal para maximizar las ventajas y minimizar los inconvenientes inherentes a dicha fermentación ruminal. Sin embargo, muchas de esas intervenciones para modular la microbiota (por ej. uso de aditivos, probióticos o trasplante de microbiota) poseen efectos muy variables y poco duraderos en rumiantes adultos. Ello se debe fundamentalmente a la elevada dificultad que implica la modulación de un ecosistema microbiano maduro y estable (Kittelmann et al., 2014) que tiende a retornar a su estado inicial tras el cese de la intervención. Por contrario, el rumen en desarrollo de los rumiantes jóvenes representa una oportunidad para modular dicha microbiota ruminal con efectos más duraderos.

Los rumiantes nacen con un rumen muy poco desarrollado y precisa de un progresivo desarrollo que implica tres procesos diferenciados: el desarrollo anatómico del rumen, en lo referido al incremento del tamaño de las papilas ruminales y del rumen en su conjunto; el desarrollo microbiológico asociado a una colonización microbiana del rumen; y el desarrollo fisiológico que implica la adquisición de una capacidad fermentativa y enzimática capaz de digerir los alimentos. Cronológicamente el desarrollo rumen también se divide en tres etapas:

1) La fase lactante o pre-rumiante va desde el nacimiento hasta la semana 4 de edad. Los rumiantes son alimentados con leche que, gracias al reflejo de la gotera esofágica, es aprovechada de forma eficiente pero no favorece el desarrollo ruminal. Durante esta fase, se produce un incremento de la masa microbiana ruminal en animales con lactancia natural, pero no tanto en rumiantes con lactancia artificial.

2) La fase de transición oscila entre la semana 4 y 9 de edad y el rumiante pasa de una alimentación liquida a una sólida. Durante esta fase se inicia el proceso de rumia y produce un desarrollo anatómico, microbiológico y fisiológico del rumen de forma paulatina. La presencia de alimento sólido estimula el desarrollo anatómico, mientras que el bajo pH y la presencia de microbiota y productos de fermentación como los ácidos grasos volátiles (AGV) ejercen un estímulo químico positivo sobre el epitelio ruminal.

3) La fase de rumiante se considera tras el destete (semana 10 aproximadamente). Durante esta fase el animal se alimenta exclusivamente de alimento sólido, se instaura definitivamente la rumia y la microbiota ruminal se asemeja a la del rumiante adulto.

Durante la fase de desarrollo ruminal se instauran los “cimientos” que determinan en gran medida la productividad de animal durante su vida adulta. Se ha estimado que el 22% de la producción de vacas lecheras está explicado por su crecimiento cuando eran terneras (Soberon et al., 2012). Por ello se investiga el concepto de “programación ruminal” que hace referencia a las estrategias nutricionales aplicadas a animales jóvenes para obtener beneficios productivos o sanitarios a largo plazo (Yáñez-Ruiz et al., 2015). Entre dichas estrategias podemos encontrar:

-Tipo de lactancia: La lactancia materna suele ir asociada a rumiantes de aptitud cárnica. Dicha lactancia no solo implica la alimentación con leche materna, sino también la presencia de la madre y otros animales adultos. Ello les permite no solo adquirir la microbiota de los animales adultos sino también aprender comportamientos alimenticios. En un ensayo utilizando corderos de parto gemelar demostramos que aquellos con lactancia natural presentaron un desarrollo microbiológico y funcional del rumen más rápido que sus hermanos con lactancia artificial . Además, dichos animales digirieron mejor el alimento y mostraron mayores crecimientos post-destete (+16%) que sus hermanos criados con lacto-remplazante (Belanche et al., 2019). Por contrario, los rumiantes con lactancia artificial son separados de su madre nada más nacer y criados con lacto-reemplazante. El tipo de lacto-reemplazante, la cantidad ofertada del mismo y la frecuencia de alimentación, son aspectos clave que determina el crecimiento, salud y desarrollo ruminal. La alimentación láctea *ad libitum* permite maximizar los crecimientos, pero puede ocasionar problemas digestivos como fruto de un consumo excesivo, además del incremento de los costes de producción. La estrategia opuesta, consistente en ofertar leche en una sola toma al día, también puede llevar acarreados problemas digestivos debido al excesivo consumo puntual por parte de los animales dominantes, así como insuficiente consumo de los animales dominados si no existen suficientes puntos de alimentación. Aunque la lactancia artificial promueve un rápido crecimiento del animal joven, no contribuye a prepararlo para su eventual paso a alimentación sólida.

-La disponibilidad de forraje es fundamental para garantizar un correcto desarrollo anatómico del rumen y un destete satisfactorio. Dicho destete se ve favorecido cuando los terneros son alimentados con forraje, mientras que la disponibilidad de concentrado como alimento único ejerce efectos negativos (Khan et al., 2016). Se recomienda tengan acceso libre a alimentos sólidos desde las primeras semanas de edad para favorecer el desarrollo fisiológico ruminal. Dichos efectos positivos pueden verse modulados por la composición química (rico en celulosa > rico en almidón) y forma de presentación del alimento (forraje de fibra larga > granos de cereal > harina). Además, se han descrito diversas estrategias para estimular el consumo de alimento sólido como reducir la cantidad de leche ofertada, el número de tomas, o la temperatura de preparación para reducir su consumo (Teh et al., 1985).

-Los **aditivos químicos** pueden favorecer la transición de una dieta líquida a sólida. La mayoría de los estudios están de acuerdo en que presencia de productos de fermentación en el rumen, principalmente AGV, permite acelerar el desarrollo de las papilas ruminales. Entre estos ácidos orgánicos el butirato, seguido del acetato y el propionato son los que poseen una mayor capacidad estimulatoria. Por ello, la suplementación de animales jóvenes con derivados del butirato (isobutirato y butirato sódico) ha mostrado efectos positivos sobre la ingestión, crecimientos y desarrollo de las papilas ruminales en terneros (Wang et al., 2017) y corderos (Cavini et al., 2015), si bien esas diferencias suelen desaparecer durante la fase de cebo. Incluso se ha estudiado, con relativo poco éxito, el tratamiento con aditivos anti-metanogénicos en edades tempranas a modo de estrategia de mitigación en animales adulos (Abecia et al., 2014).

-**Extractos de plantas**: actualmente existen multitud de aditivos a base de extractos de plantas entre los que se encuentran los taninos, saponinas y aceites esenciales. Dichos aditivos pueden presentar un efecto doble cuando se suministran a rumiantes jóvenes. Por un lado, permiten modular, en cierta medida, la microbiota ruminal y el patrón de colonización microbiano. Además, pueden ejercer un efecto beneficioso a nivel intestinal mejorando la absorción de nutrientes y previniendo la inflamación. En estudios recientes hemos demostrados que la suplementación de cabras jóvenes en lactancia artificial con un extracto a base de cúrcuma, timol y oligosacáridos de levadura redujo la diversidad bacteriana ruminal y la incidencia de diarreas post-destete, además de mejorar el desarrollo anatómico de las papilas ruminales y el consumo de alimento (Belanche et al., 2023a). De forma similar, en un estudio con terneros mamones demostramos que la suplementación con aditivos a base de aceites esenciales y extractos de levadura mejoró la fermentación ruminal cuando se aplicó antes del destete (Romera-Recio et al., 2025). Sin embargo, ambos estudios no mostraron beneficios productivos a largo plazo, salvo una leve mejora de la fertilidad.

-**Probióticos**: esta estrategia se basa en modular el proceso de colonización microbiana ruminal. La levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) el microorganismo más utilizado, puesto que se ha demostrado que su inclusión al 2% en el pienso de iniciación de terneros incrementa la ingestión de materia seca y la ganancia de peso media diaria, además de mejorar el desarrollo ruminal (Lesmeister et al., 2004). La utilización del hongo anaerobio *Neocallimatrix sp* también consiguió incrementar la ingestión y la ganancia de peso vivo en corderos sometidos a destete precoz (Theodorou et al., 1990). Respecto al uso de especies bacterianas, la incorporación de bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus sp* y *Bifidobacterium sp*) en el pienso de iniciación logró acelerar el establecimiento de la rumia y el desarrollo ruminal de terneros (Nakanishi et al., 1993), si bien dichos probioticos tienen como principal objetivo mejorar la salud intestinal del animal joven.

-Trasplante de microbiota ruminal: Hoy en día parece que el mayor potencial prebiótico podría alcanzarse mediante la inoculación directa de microorganismos autóctonos del rumen. Se han observado efectos beneficiosos derivados de la inoculación de bacterias ruminales como *Megashaera elsdenii*, *Prevotella bryantii* y *Selenomonas ruminantium* en animales adultos, y la administración de un extracto comercial a base de contenido ruminal también mostró efectos beneficiosos durante la fase de destete en terneros (Ziolecka et al., 1984). En estudios recientes hemos demostrado que la inoculación oral y diaria de cabritos en lactancia artificial con líquido ruminal de animales adultos permitió acelerar el desarrollo microbiológico ruminal (Palma-Hidalgo et al., 2021a), así como incrementar la producción de AGV antes del destete (+50%), y la ingestión de forraje durante la fase post-destete (+50%) (Belanche et al., 2020). Ello podría permitir llevar a cabo un destete dos semanas antes de lo habitual, reduciendo así los costes de alimentación. Además, hemos demostrado que, con un correcto manejo, dichos efectos sobre la microbiota ruminal perduran en el tiempo. En concreto, las intervenciones tempranas encaminadas a fomentar una microbiota ruminal más diversa parecen recomendables cuando el animal adulto va a ser alimentado con dietas primordialmente forrajeras ya que mejoran la digestión de la fibra y el metabolismo energético (Belanche et al., 2023b). Por contrario, una microbiota ruminal más simplificada y sin protozoos puede resultar recomendable en rumiantes alimentados con dietas concentradas ya que mejora el metabolismo proteico. Con objeto de facilitar la implantación del concepto de trasplante de microbiota en explotaciones comerciales, hemos demostrado que la presencia de rumiantes adultos que actúen como acompañantes también favorece la transmisión natural de microbiota a rumiantes con lactancia artificial, acelerando así el desarrollo microbiológico

ruminal (Palma-Hidalgo et al., 2021b).

-**Método de destete**: El destete representa un momento estresante para el rumiante suele ocasionar perdida transitoria de peso corporal, pero puede incluso desencadenar la aparición de patologías. El destete por edad es el más común ya que facilita el manejo y permite destetar a muchos animales simultáneamente. Se recomienda estimular el consumo de alimento sólido mediante una reducción progresiva del consumo de lacto-reemplazante. El principal problema del destete por edad aparece cuando hay una levada variabilidad entre animales, que hace que se desteten algunos animales que no están todavía preparados para pasar a una dieta sólida. Por contrario el destete por peso implica un destete individualizado cuando los animales alcanzan un peso determinado (normalmente entre 2 y 2.5 veces el peso al nacimiento), si bien ello implica una mayor complejidad logística y la posible presencia de otros factores estresantes como el cambio de ubicación y problemas de jerarquías.

En conclusión, la implementación de estrategias nutricionales y de manejo orientadas a maximizar el desarrollo ruminal en animales jóvenes, sobre todo aquellos con lactancia artificial, debería ser una prioridad en los actuales sistemas de producción para reducir el estrés post-destete y optimizar la función ruminal en el futuro animal adulto.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) a través de contrato Ramón y Cajal RYC2019-027764-I y el proyecto PID2021-123206OB-100.

Bibliografía

Abecia et al., 2014. Feeding management in early life influences microbial colonisation and fermentation in the rumen of newborn goat kids. Anim. Prod. Sci. 54:1449–1454.

Belanche et al., 2023a. Early life supplementation with a natural blend containing turmeric, thymol, and yeast cell wall components to optimize rumen anatomical and microbiological development and productivity in dairy goats. J. Dairy Sci. 106:4634–4649.

Belanche et al., 2019. Short- and long-term effects of conventional and artificial rearing strategies on the health and performance of growing lambs. Animal 13:740–749.

Belanche et al., 2023b. Enhancing rumen microbial diversity and its impact on energy and protein metabolism in forage-fed goats. Front. Vet. Sci. 10:1272835.

Belanche et al., 2020. Inoculation with rumen fluid in early life as a strategy to optimize the weaning process in intensive dairy goat systems. J. Dairy Sci. 103:5047–5060.

Cavini et al., 2015. Effect of sodium butyrate administered in the concentrate on rumen development and productive performance of lambs in intensive production system during the suckling and the fattening periods. Small Rumin. Res. 123:212–217.

Khan et al., 2016. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. J. Dairy Sci. 99:885–902.

Kittelmann et al., 2014. Two different bacterial community types are linked with the low-methane emission trait in sheep. PLoS One 9:1–9.

Lesmeister et al., 2004. Effects of supplemental yeast (Saccharomyces cerevisiae) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. J. Dairy Sci. 87:1832–1839.

Nakanishi et al., 1993. Effects of feeding Lactobacillus acidophilus yogurt on performance and behavior of dairy calves. J. Dairy Sci. 76:244.

Palma-Hidalgo et al., 2021a. Inoculation with rumen fluid in early life accelerates the rumen microbial development and favours the weaning process in goats. Anim. Microbiome 2021 31 3:1–21.

Palma-Hidalgo et al., 2021b. Presence of Adult Companion Goats Favors the Rumen Microbial and Functional Development in Artificially Reared Kids. Front. Vet. Sci. 8:706592.

Romera-Recio et al., 2025. Effects of feed additives in the diet of male dairy beef calves on physiological status and rumen microbial fermentation pre- and postweaning. Anim. Feed Sci. Technol. 321.

Soberon et al., 2012. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. J. Dairy Sci. 95:783–793.

The et al., 1985. Effect of restricted milk intake on performance of goat kids. J. Anim. Sci. 61:445.

Theodorou et al., 1990. The effect of a fungal probiotic on intake and performance of early weaned calves. Anim. Prod 53:577.

Wang et al., 2017. Effects of isobutyrate supplementation in pre-and post-weaned dairy calves diet on growth performance, rumen development, blood metabolites and hormone secretion. Animal 11:794–801.

Yáñez-Ruiz et al., 2015. Manipulating rumen microbiome and fermentation through interventions during early life: a review. Front. Microbiol. 6:1–12.

Ziolecka et al., 1984. The effect of Stabilized Rumen Extract on growth and development of calves. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 51:13–20

MITIGACIÓN DE LA METANOGÉNESIS RUMINAL: RETOS Y OPORTUNIDADES

Dr. Alejandro Belanche
Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Zaragoza, Miguel Servet 177, 50013, Zaragoza, España

Los rumiantes representan un tracto digestivo muy evolucionado, caracterizado por la presencia de una fermentación microbiana ruminal, que les permite digerir alimentos fibrosos que pueden ser utilizados por especies monogástricas, incluido el ser humano. Sin embargo, dicha fermentación ruminal también lleva asociada la producción de metano (CH_4) entérico, que es un gas de efecto invernadero. En concreto, se estima que el CH_4 entérico producido por los rumiantes domésticos represente el 30% de las emisiones antropogénicas de CH_4 y el 5% de las emisiones a escala global (Jackson et al., 2020). Considerando que el 88% de las emisiones de CH_4 procedentes de la ganadería están asociadas a las a la fermentación entérica, es necesario redoblar esfuerzos para desarrollar estrategias de mitigación eficaces que nos permitan alcanzar los objetivos del Acuerdo de París consistentes en limitar el calentamiento global a 2.0°C, y preferiblemente 1.5°C, respecto a los niveles pre-industriales (Arndt et al., 2022).

La metanogénesis ruminal es un proceso natural que ocurre cuando los alimentos son fermentados de forma anaerobia por los microrganismos ruminales. Durante dicha fermentación el alimento es transformado en productos de fermentación, principalmente ácidos grasos volátiles (AGV), dióxido de carbono (CO_2) y di-hidrogeno (H_2). La acumulación de H_2 en le rumen puede inhibir la fermentación, por lo que las arqueas metanogénicas se encargan de transformarlo en CH_4 que posteriormente es eructado en forma de gas. En base a su modo de acción, las estrategias de mitigación de la metanogénesis se pueden clasificar en 5 categorías:

1-Reducir la producción de H_2 en el rumen

La fermentación de una molécula de glucosa en dos moléculas de acetato generalmente libera $4H_2$ y la de butirato libera $2H_2$. Por el contrario, la producción de propionato implica un consumo neto de $2H_2$. Por lo tanto, la modulación de la fermentación ruminal hacia una mayor producción de propionato se considera una estrategia potencial de mitigación ya que permite que más H_2 sea utilizado a través de la formación de AGV, reduciendo así la disponibilidad de H_2 para la metanogénesis.

La suplementación con **taninos** se ha asociado a menores emisiones de CH_4, aunque sus efectos parecen deberse principalmente a la inhibición de la degradación de la fibra (Bodas et al., 2012). Un meta-análisis (Orzuna-Orzuna et al., 2021) señaló que la suplementación con taninos aumentó las proporciones molares de propionato (+25%) y butirato (+20%) en el rumen, lo que podría explicar parcialmente la disminución observada en la producción de CH_4 (-47%). Sin embargo, los efectos de los taninos están altamente modulados por su tipo, siendo más efectivos aquellos de alto peso molecular, pero también más propensos a promover efectos secundarios como la reducción de la ingesta de alimento y su digestibilidad (Jayanegara et al., 2012).

Las **saponinas** afectan la fermentación ruminal, en parte debido a sus propiedades espumantes y su capacidad para interaccionar con los lípidos de las membranas celulares microbianas (Patra and Saxena, 2009). Los efectos de las saponinas sobre la producción de CH_4 han sido inconsistentes en la literatura. Algunos estudios han informado una disminución en la producción de CH_4 con la suplementación de saponinas debido a su actividad antimicrobiana sobre los protozoos ruminales y los metanógenos asociados a ellos (Belanche et al., 2014). Se ha

descrito que las saponinas pueden reducir la producción de CH_4 en un 10-20% en condiciones in vitro, pero sus efectos en estudios in vivo son menos claros debido a la degradación metabólica de las saponinas en el rumen, lo que disminuye su efectividad (Jayanegara et al., 2014).

Los **aceites esenciales** son metabolitos secundarios de las plantas con propiedades antimicrobianas que pueden modular la fermentación ruminal. Se ha demostrado que los aceites esenciales reducen la producción de CH_4 en estudios in vitro e in vivo, principalmente a través de la inhibición de los metanógenos y la promoción de rutas fermentativas que reducen la producción de H_2 (Patra and Yu, 2012). Sin embargo, sus efectos pueden depender del tipo y la dosis del aceite esencial utilizado, y el pH ruminal. Además las dosis altas pueden tener efectos negativos en la digestibilidad de los nutrientes y la ingesta de alimento (Calsamiglia et al., 2007).

Los **agentes defaunantes**, como el ácido caprílico, el ácido láurico y el ácido mirístico, entre otros, han demostrado toxicidad contra los protozoos y son útiles como agentes defaunantes del rumen (Matsumoto et al., 1991). Se ha demostrado que la defaunación reduce las emisiones de CH_4 en rumiantes en un 11%, presumiblemente debido a la reducción en la degradación de carbohidratos, cambios en la microbiota ruminal y menor producción de H_2, ya que los protozoos producen H_2 a través de sus hidrogenosomas.

2-Inhibición de las arqueas metanogénicas

La inhibición directa de los metanógenos puede ofrecer varias ventajas respecto a otras estrategias. En primer lugar, permite reducir la probabilidad de adaptación a los aditivos y la de aparición de efectos indeseables sobre la fermentación ruminal. Aunque existen diversas estrategias para inhibir los metanógenos, pocas han sido aplicadas *in vivo* y muchas aún se encuentran en etapas de desarrollo:

Alteración de la pared celular: A diferencia de las bacterias, los metanógenos del rumen poseen una pared celular de tipo pseudomureína y, por lo tanto, son insensibles a antibióticos clásicos. Se ha demostrado que los metanógenos son sensibles al antibiótico polipeptídico bacitracina, el a la escualamina y los derivados de imidazol (Khelaifia and Drancourt, 2012), pero es posible que no inhiban a todos los metanógenos del rumen y que tengan efectos no deseados sobre otras bacterias ruminales.

Inhibición enzimática directa: Ciertos aditivos pueden inhibir específicamente enzimas exclusivas de las arqueas metanogénicas. La mayoría de los inhibidores identificados hasta la fecha son **análogos de la Coenzima M** (CoM), un cofactor esencial de la enzima metil-coenzima M reductasa (MCR) que participa en el último paso de la metanogénesis de todas las especies de metanógenos. Varios compuestos halogenados, como el 2-bromoetanosulfonato, el 2-cloroetanosulfonato y el 3-bromopropanosulfonato, son análogos estructurales de la CoM pero en su mayoría son altamente tóxicos para el rumiante y para el medio ambiente, lo que limita su uso en alimentación animal. El compuesto sintético 3-nitrooxipropanol (3-NOP) también es un análogo estructural de la CoM y ha sido aprobado en varios países para la mitigación del CH_4 entérico. Un meta-análisis reciente informó una reducción promedio del 30% en la producción de CH_4 en terneros y vacas lecheras suplementadas con 3-NOP, sin impactos negativos en la productividad (Kebreab et al., 2023). Actualmente el 3-NOP esta comercializado (Bovaer®) y se considera el aditivo más prometedor, si bien su efectividad varía según la dieta, siendo más eficiente en dietas con alto contenido en concentrado.

Los **análogos del CH_4** incluyen varios compuestos alifáticos halogenados, como el cloroformo, bromoclorometano, bromoformo, bromodiclorometano, dibromoclorometano o tetracloruro de carbono entre otros. Estos análogos del CH_4 pueden reducir la metanogénesis al inhibir el penúltimo

paso de la metanogénesis en el rumen bloqueando la enzima metiltransferasa reductasa (MTR). Un meta-análisis encontró que el bromoclorometano redujo la producción de CH_4 en un 42,9% (Arndt et al., 2022). Sin embargo, muchos de estos compuestos son tóxicos y carcinógenos reconocidos, por lo que su uso como aditivos es poco probable. El alga roja **Asparagopsis** podría ser una excepción entre los análogos del CH_4, ya que posee bromoformo como el principal agente responsable de sus propiedades inhibidoras del CH_4. Se han descrito reducciones en las emisiones de CH_4 en ganado de hasta un 90% (Glasson et al., 2022), y su uso en nutrición de rumiantes ya ha sido aprobado en algunos países.

3-Sumideros alternativos de H_2

Los aceptores alternativos de H_2 son compuestos orgánicos o inorgánicos que reducen la producción de metano desviando los electrones de la metanogénesis hacia vías metabólicas alternativas.

Los **acetógenos** presentes en el rumen tienen la capacidad de producir acetato utilizando formiato, CO y H_2/CO_2 (Ljungdhal, 1986). Por lo tanto, la acetogénesis reductiva se considera una vía competitiva a la metanogénesis. Sin embargo, en el rumen ocurre muy poca acetogénesis reductiva, ya que la presión parcial de H_2 es inferior al umbral requerido para los acetógenos.

Los **ácidos orgánicos**, como malato, fumarato o succinato, permiten redirigir el H_2 hacia la producción de AGV, en particular propionato. Otros ácidos carboxílicos, como el malato y el acrilato (Newbold et al., 2007), también pueden actuar como aceptores de H_2 (Newbold et al., 2005). No obstante, una limitación significativa de este enfoque es su alto coste y la dependencia de la dieta suministrada a los animales.

El **nitrato** es un aceptor competitivo de H_2 en el rumen, ya que lo utiliza durante su reducción a nitrito y, posteriormente, a amonio, en detrimento de la metanogénesis. La reducción del nitrato resulta interesante como estrategia de mitigación debido a su mayor afinidad por el H_2 en comparación con el CO_2. Estudios a largo plazo han demostrado que la inclusión de nitrato (al 2% de MS) reduce el CH_4 hasta un 12% en ganado de carne (Lee et al., 2017) y un 16% en vacas lecheras (Van Zijderveld et al., 2011).Además, el nitrato puede afectar directamente a los metanógenos a través de su intermedio de reducción, el nitrito (Lee and Beauchemin, 2014). Sin embargo, el uso potencial del nitrato se ha visto limitado por la toxicidad de su intermedio, el nitrito. De forma similar, el **sulfato** también se considera un sumidero alternativo de H_2, ya que las bacterias reductoras de sulfato pueden respirar anaeróbicamente utilizando aceptores de electrones para oxidar H_2. Sin embargo, su uso también supone un riesgo de toxicidad asociado al sulfuro de hidrógeno.

Los **compuestos fenólicos** pueden funcionar como sumideros alternativos de H_2 en el rumen. Algunas bacterias ruminales pueden catabolizar compuestos fenólicos, como el galato, pirogalol y floroglucinol, utilizando H_2 o formiato para generar AGV, especialmente acetato (Patel et al., 1981). Ello sugiere que la asociación de inhibidores químicos de la metanogénesis con compuestos fenólicos podría capturar eficazmente el H_2 acumulado en el rumen (Romero et al., 2024).

4-Oxidación del CH_4

Los metanótrofos aeróbicos pertenecen a los phyla **Proteobacteria** y **Verrucomicrobia** y son capaces de oxidar el CH_4 (Guerrero-Cruz et al., 2021). Se ha encontrado que la metanotrofía en el rumen es muy baja, si bien la abundancia de metanótrofos se ve incrementada suplementado con nitrato. Se precisan

más estudios para valorar el potencial de esta estrategia.

5-Incrementar la productividad

Otro mecanismo a través del cual los aditivos alimentarios pueden reducir indirectamente las emisiones de CH_4 es mejorando la eficiencia en la utilización del alimento y/o la productividad animal. Aunque no reduzcan directamente la producción de CH_4, ciertos aditivos pueden diluir la cantidad de CH_4 emitida por unidad de alimento consumido o, más importante aún, la intensidad de las emisiones por unidad de producto. Estos incrementos productivos pueden lograrse mediante mejoras en la digestión, el metabolismo y la salud general del animal.

Retos y oportunidades

Como se ha descrito en este trabajo, existen diversas estrategias nutricionales y de manejo que representan una oportunidad para reducir las emisiones de CH_4, sin embargo, su aplicación práctica también presenta varios retos.

En primer lugar, muchas de las estrategias de mitigación permiten reducir, en cierta medida, las emisiones, pero también suponen un incremento del coste de producción ya que en su mayoría no implican beneficios productivos. Para evitar este problema, se precisa desarrollar estrategias nutricionales, basadas en la combinación de aditivos, que permitan tanto reducir las emisiones como incrementar la productividad. Otra alternativa consiste en habilitar herramientas que favorezcan su implantación, ya sea a través de incentivos económicos o incremento del precio de los productos, si bien ello precisaría de una certificación específica.

-En segundo lugar, la gran heterogeneidad existente entre explotaciones, en lo referido a base genética de los animales, tipo de dieta, calidad del forraje y tipo de manejo, hace que la eficacia de las diferentes estrategias de mitigación sea muy variable. Por ello se precisan más estudios que permitan realizar una mejor contextualización analizando la eficacia de dichas estrategias en cada uno de los diferentes sistemas de producción. Ello permitiría una mejor predicción y modelización de las reducciones esperadas.

-Por último, a pesar de que hoy en día la mayoría de explotaciones ganaderas utilizan, voluntaria o involuntariamente, varias estrategias e mitigación (p. ej. dieta, aditivos, manejo, sanidad, selección genética, etc.), ello no se ve reflejado de forma tangible en los inventarios regionales y nacionales de emisiones. Ello se debe a que dichos inventarios se calculan considerando los censos provinciales de cada categoría ganadera, la producción media y dietas genéricas. Por lo tanto, hoy en día los inventarios no tienen la resolución necesaria para capturar las variaciones existentes entre explotaciones. Para solucionar este problema, desde la Administración se ha trabajado en el desarrollo de las “Mejores Técnicas Disponibles” y en la herramienta “ECOGAN” que permitirá realizar un cálculo de emisiones a nivel de explotación. Su implementación debería mejorar la sensibilidad de las estimaciones y de los inventarios.

En conclusión, actualmente existe una amplia variedad de estrategias de mitigación de emisiones de

gases de efecto invernadero en la ganadería de rumiantes. Su elección debe centrarse no solo en la eficacia de la media en cuestión, sino también en su aplicabilidad y rentabilidad en cada explotación. Además, se está avanzando hacia una mejor monitorización de las explotaciones de modo que los efectos de dichas estrategias de mitigación se vean verdaderamente reflejados en el Inventarios Nacionales de emisiones.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) a través de contrato Ramón y Cajal RYC2019-027764-I y el proyecto PID2021-123206OB-100.

Bibliografía

Arndt et al., 2022. Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 °C target by 2030 but not 2050. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 119:e2111294119.

Belanche et al., 2014. Study of methanogen communities associated with different rumen protozoal populations. FEMS Microbiol. Ecol. 90:663–677.

Bodas et al., 2012. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. Anim. Feed Sci. Technol. 176:78–93.

Calsamiglia et al., 2007. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. J. Dairy Sci. 90:2580–2595.

Glasson et al., 2022. Benefits and risks of including the bromoform containing seaweed Asparagopsis in feed for the reduction of methane production from ruminants. Algal Res. 64:102673.

Guerrero-Cruz et al., 2021. Methanotrophs: Discoveries, Environmental Relevance, and a Perspective on Current and Future Applications. Front. Microbiol. 12:678057.

Jayanegara et al., 2012. Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 96:365–375.

Jayanegara et al., 2014. Meta-analysis on methane mitigating properties of saponin-rich sources in the Rumen: Influence of addition levels and plant sources. Asian-Australasian J. Anim. Sci. 27:1426–1435.

Kebreab et al., 2023. A meta-analysis of effects of 3-nitrooxypropanol on methane production, yield, and intensity in dairy cattle. J. Dairy Sci. 106:927–936.

Khelaifia et al., 2012. Susceptibility of archaea to antimicrobial agents: Applications to clinical microbiology. Clin. Microbiol. Infect. 18:841–848.

Lee et al., 2017. Effects of encapsulated nitrate on growth performance, nitrate toxicity, and enteric methane emissions in beef steers: Backgrounding phase. J. Anim. Sci. 95:3700–3711.

Lee et al., 2014. A review of feeding supplementary nitrate to ruminant animals: Nitrate toxicity, methane emissions, and production performance. Can. J. Anim. Sci. 94:557–570.

Ljungdhal 1986. The Autotrophic Pathway of Acetate Synthesis inAcetogenic Bacteria. Annu. Rev. Microbiol. 40:415–450.

Matsumoto et al., 1991. Defaunation effects of medium-chain fatty acids and their derivatives on goat rumen protozoa. J. Gen. Appl. Microbiol. 37:439–445.

Newbold et al., 2007. Propionate precursors and other metabolic intermediates as possible alternative electron acceptors to methanogenesis in ruminal fermentation in vitro. Br. J. Nutr. 94:27–35.

Newbold, C.J., N.R. McEwan, R.E. Calza, E.N. Chareyron, S.M. Duval, S.C.P. Eschenlauer, F.M. McIntosh, N. Nelson, A.J. Travis, and R.J. Wallace. 2005. An NAD(+)-dependent glutamate dehydrogenase cloned from the ruminal ciliate protozoan, Entodinium caudatum. FEMS Microbiol. Lett. 247:113–121. doi:10.1016/j.femsle.2005.04.034.

Orzuna-Orzuna, J.F., G. Dorantes-Iturbide, A. Lara-Bueno, G.D. Mendoza-Martínez, L.A. Miranda-Romero, and P.A. Hernández-García. 2021. Effects of dietary tannins' supplementation on growth performance, rumen fermentation, and enteric methane emissions in beef cattle: A meta-analysis. Sustain. 13:7410. doi:10.3390/su13137410.

Patel et al., 1981. Catabolism of phloroglucinol by the rumen anaerobe Coprococcus. Appl. Environ. Microbiol. 42:1010–1017.

Patra et al., 2009. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. Antonie Van Leeuwenhoek Int. J. Gen. Mol. Microbiol. 96:363–375.

Patra and Yu. 2012. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. Appl. Environ. Microbiol. 78:4271–4280.

Romero et al., 2024. Exploring the combination of Asparagopsis taxiformis and phloroglucinol to decrease rumen methanogenesis and redirect hydrogen production in goats. Anim. Feed Sci. Technol. 316:116060.

Van Zijderveld et al., 2011. Persistency of methane mitigation by dietary nitrate supplementation in dairy cows. J. Dairy Sci. 94:4028–4038.

SELECCIÓN GENÓMICA EN RAZAS AUTÓCTONAS

Dr.Luis Varona

Unidad de Genética Cuantitativa y Mejora Animal.

Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza.

Los programas de mejora genética se estructuran en una serie de etapas que incluyen la definición de los objetivos de selección, la recolección de datos, el establecimiento de los criterios de selección, las valoraciones genéticas y la selección y apareamiento de los reproductores. En la Figura 1 se presenta un esquema de selección típico de poblaciones de vacuno de carne autóctono.

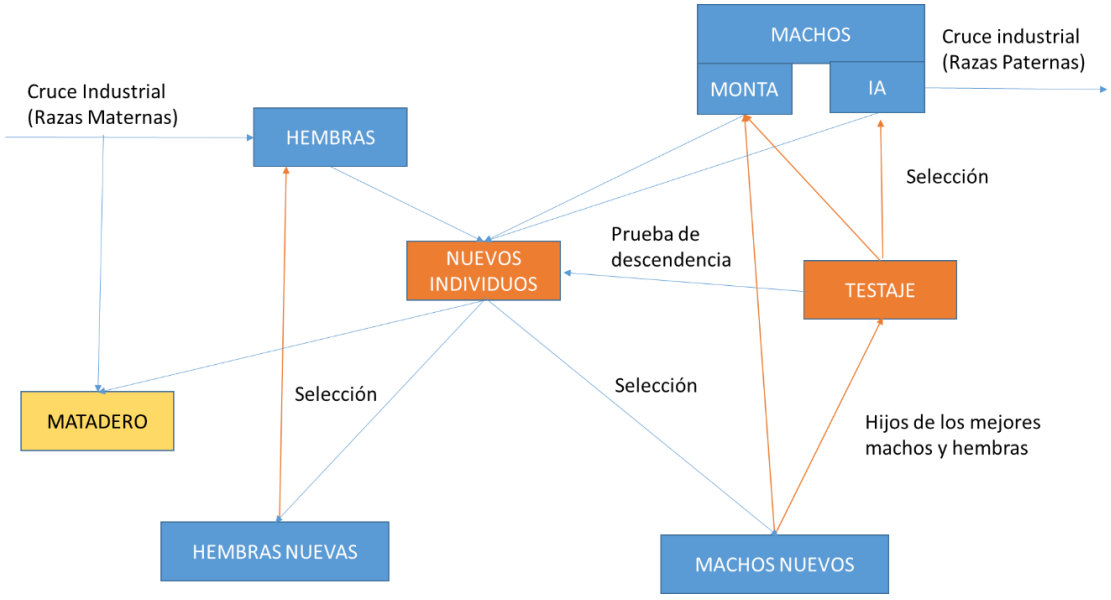


Figura 1. Esquema de mejora genética de una población de vacuno de carne.

Como puede observase en la figura, la implementación del esquema de mejora genética implica procesos de selección de las futuras madres y padres, así como la selección posterior de los machos para testaje e inseminación artificial. Estos procesos de selección se realizan a partir de los resultados de la valoración genética de reproductores. Tradicionalmente, esta valoración genética de reproductores se ha realizado mediante la utilización del mejor predictor lineal insesgado (BLUP – Best Linear Unbiased Predictor) (Henderson, 1984), que utiliza de manera óptima la información genealógica y fenotípica para la predicción de los valores mejorantes de los caracteres incluidos en el criterio de selección. Sin embargo, el desarrollo de la genética molecular y el conocimiento del mapa genómico de la especie vacuna ha permitido incorporar información procedente de la genética molecular en los procedimientos de valoración genética. Inicialmente, se pensó que la selección asistida por genes y marcador exigiría conocer los genes implicados en la variabilidad genética de los caracteres de interés. Para ello, se desarrollaron numerosos proyectos de investigación con el objetivo de identificar regiones del genoma

y genes asociadas con los caracteres de interés o QTL (Quantitative Trait Loci). Sin embargo, Meuwissen et al. (2001) planteó de manera teórica un procedimiento alternativo denominado selección genómica, que implica un número muy grande de marcadores distribuidos de manera uniforme a lo largo del genoma. En su definición original, la selección genómica (Figura 2) planteaba disponer de una población de referencia suficientemente grande de cuyos miembros se tienen tanto fenotipos de los caracteres de interés como una gran cantidad de genotipos de marcadores tipo SNP (Single Nucleotide Polymorphism).

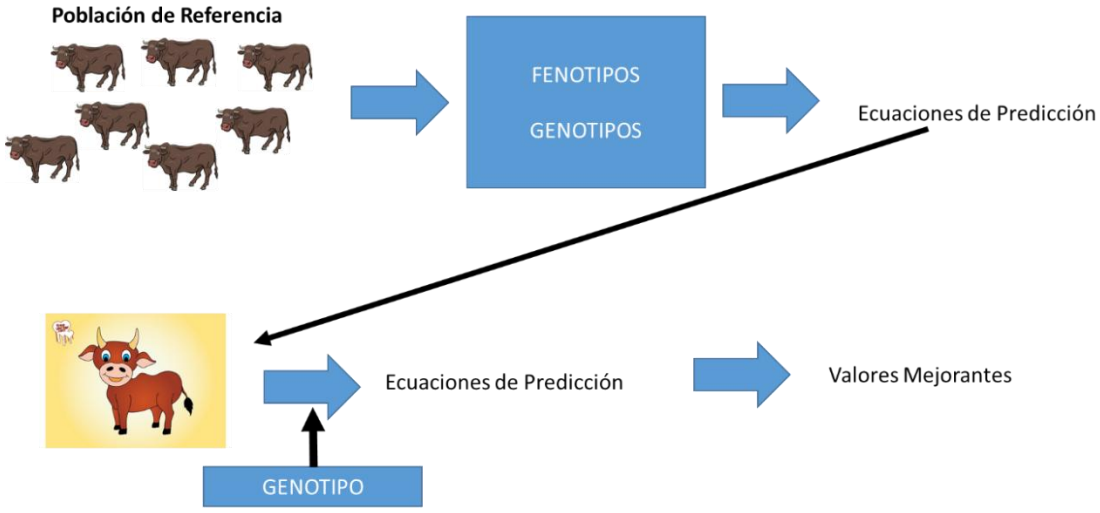


Figura 2. Selección genómica.

Con esta información y mediante procedimientos estadísticos se establecen unas ecuaciones de predicción que puede ser utilizadas para la predicción de los valores mejorantes de animales jóvenes, sin necesidad de disponer de fenotipos propios. Si la población de referencia es suficientemente grande y cercana genéticamente a los candidatos a la selección, la precisión que se obtiene es superior a la proporcionada por el BLUP, y además, es posible obtenerla cuando los posibles reproductores son jóvenes reduciendo de este modo el intervalo generacional. Este planeamiento se acomoda perfectamente a los esquemas de mejora genética de vacuno de leche, donde es sencillo disponer de una población de referencia de gran tamaño, y donde la reducción del intervalo generacional con la disminución del peso del testaje por descendencia proporciona un gran impacto en el progreso genético.

Sin embargo, en las poblaciones autóctonas no es sencillo disponer de una población de referencia fenotipada y genotipada de suficiente tamaño, por lo que este planteamiento original de la selección genómica no es sencillo de implementar. Sin embargo, bajo la asunción de una regularización gaussiana, VanRaden (2008) demostró la equivalencia de los procedimientos estadísticos utilizados para la selección genómica con el BLUP, con la única diferencia de que se debe utilizar una matriz de parentesco genómico (**G**), en lugar de la matriz de parentesco genealógico (**A**) que se usa habitualmente. La matriz **G** aproxima del parentesco realizado entre los individuos, mientras que la matriz **A** se refiere al parentesco esperado. Por ejemplo, el parentesco esperado entre dos hermanos completos es 0.5, mientras que el parentesco realizado puede oscilar entre 0.35 y 0.65 en funciona de los procesos de meiosis en la generación de los gametos paternos y maternos. Esta diferencia, explica gran parte del incremento de precisión proporcionado por la selección genómica y permite que las evaluaciones genéticas mantengan el mismo formato. Además, este procedimiento de BLUP genómico o GBLUP

puede combinarse con la información genealógica disponible (Aguilar et al., 2010; Legarra et al., 2014) mediante el procedimiento denominado Single Step GBLUP. De este modo, la disponibilidad de genotipados de algunos individuos puede incorporarse de manera rutinaria en la valoración genética, y permite constituir la población de referencia de manera paulatina, y, de este modo, aprovechar la aportación de la información genómica desde planteamientos más modestos de inversión.

El incremento de precisión proporcionado por la evaluación genómica mediante GBLUP es más evidente en los animales jóvenes que en individuos que disponen de un gran número de descendientes fenotipados (Mouresan et al., 2017), Sin embargo, el genotipado de estos individuos aporta más información a la población de referencia. Por este motivo, la aplicación práctica de la selección genómica en vacuno de carne autóctono implica una primera fase para la generación de la población de referencia mediante el genotipado de los individuos con mayor contribución genética a la población y con valoraciones genéticas precisas. Posteriormente, se requiere del diseño de un sistema de toma de muestras que permita que los candidatos a la reproducción se encuentren genotipados y evaluados en el momento de la decisión de selección. Inicialmente, este procedimiento se puede restringir a la selección de machos, pero idealmente debería realizarse para la selección de machos y hembra. Este paso implica la realización de evaluaciones genética frecuentes (trimestrales).

La aplicación sistemática de este sistema permite disponer de un número de individuos genotipados creciente que formaran parte de la población de referencia y permitirán incrementar la precisión general y, además, facilitara la sustitución de los métodos de filiación mediante microsatélites por los dispositivos de genotipado mediante SNP, ya que los costes asociados al genotipado se han reducido de manera muy importante.

Referencias:

Aguilar, I., Misztal, I., Johnson, D. L., Legarra, A., Tsuruta, S., & Lawlor, T. J. (2010). Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score. *Journal of Dairy Science*, **93**, 743–752.

Henderson, C. R. (1984). *Applications of linear models in animal breeding*. Guelph: University of Guelph Press

Legarra, A., Christensen, O. F., Aguilar, I., & Misztal, I. (2014). Single Step, a general approach for genomic selection. *Livestock Science*, **166**, 54–65.

Meuwissen, T. H. E., Hayes, B. J., & Goddard, M. E. (2001). Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, **157**, 1819–1829.

Mouresan, E. F., Altarriba, J., Moreno, C., Munilla, S., González-Rodríguez, A., Varona, L. 2017 Performance of genomic selection under a single-step approach in autochthonous Spanish beef cattle populations. J. Anim. Breed. Genet. 134: 289-299.

VanRaden, P. M. 2008. Efficient methods to compute genomic predictions. J. Dairy Sci. 91:4414-4423.

MONITORIZACIÓN NUTRICIONAL Y METABÓLICA DEL REBAÑO BOVINO PARA CRÍA

Rubén Darío Galvis Góez, Zoot, MSc, DrSc.

Profesor Asociado Departamento de Ciencias Animales, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Visión General e Importancia

Cuando se desea evaluar el estado nutricional del hato, la evaluación de la ración es esencial. Sin embargo, en la evaluación de la ración se puede incurrir en errores de cálculo a diferentes niveles: distribución, ingestión, digestión y absorción. De esta forma la ración calculada no es igual a la ración ofrecida, dado que se utilizan supuestos no siempre válidos para la estimación de muchos parámetros del consumo y los requerimientos. Estos errores generalmente conducen a discrepancias entre las raciones calculadas y los resultados de producción y salud del hato.

Los problemas asociados con las aproximaciones y suposiciones nutricionales han creado el interés en el desarrollo de metodologías complementarias para evaluar el estado metabólico y nutricional del hato, directamente a nivel del animal. Una de estas metodologías es el análisis de perfiles metabólicos, los cuales son útiles solo para responder preguntas muy específicas, más que para el monitoreo del hato en general, de igual manera el análisis de los componentes de la leche resulta un complemento importante a la evaluación nutricional dado que no utiliza técnicas invasivas y entrega información muy específica de algunos procesos metabólicos y del balance de los principales componentes de la dieta.

El análisis de la evolución del cambio de peso y la condición corporal resulta un componente muy importante de la evaluación nutricional en rebaños de cría dada su relación directa con el balance energético y sus consecuencias sobre la salud metabólica del animal. La prioridad en el diagnostico nutricional del hato deberá estar enfocada en la estimación del cambio de peso esperado con la ración suministrada y su ajuste para tratar de acercarse en lo posible al cambio de peso adecuado acorde a la etapa de lactancia y de gestación. Sin embargo, en la estimación del balance energético se requiere el conocimiento de la composición química del alimento, la estimación de los parámetros de las cinéticas de degradación ruminal, de las tasas de pasaje y de digestión intestinal. Adicionalmente la estimación del consumo forrajes en pastoreo puede ser bastante imprecisa, en consecuencia, el cálculo del consumo de nutrientes y energía tendrá sesgos importantes.

Por todo lo anterior la evaluación de metabolitos en sangre, de los componentes de la leche y del cambio real en peso y condición corporal se convierten en herramientas complementarias que permiten evaluar la concordancia entre el balance de nutrientes estimado y la condición nutricional y metabólica del animal. Queda claro que ninguna de estas herramientas reemplaza a las otras, si no que se complementan entre sí cuando se tiene muy claro la pregunta a que cada una tiene que responder.

El objetivo de esta presentación es proponer una metodología para integrar la utilización de herramientas para el diagnóstico nutricional más probable en rebaños de cría.

1. Evaluación de la Ración

Dada la importancia del balance energético y sus consecuencias sobre el cambio de peso y la salud metabólica de la vaca nodriza el diagnostico nutricional deberá enfocarse en la valoración energética de la ración, teniendo presente que esta depende de los aportes de energía fermentable y proteína degradable en rumen. A su vez el consumo de materia seca se afecta significativamente por estos parámetros a través de sus efectos sobre la degradabilidad ruminal y las tasas de pasaje.

Los modelos más precisos de valoración nutricional en rumiantes utilizan una cantidad importante de variables, algunas de estas son determinadas mediante análisis químicos: el contenido de Cenizas, Grasa, proteína bruta (PB), el contenido de fibra en detergente neutro (FDN), lignina, la PB insoluble en detergente ácido (PBIDA), Azucares y Almidones; y otras mediante estimaciones: Energía Metabolizable (EM, Mcal/kg), Energía Neta (EN, para cada propósito: Mantenimiento, Gestación, Lactancia, según eficiencias de utilización de la EM), Tasa de degradación de la PB, (Kd, %/hora), Proteína Soluble en Rumen (% de la PB), Proteína Degradable en Rumen (PDR, % de la PB), Proteína Digestible Intestinal (PDI).

La disponibilidad de las tablas de valoración nutricional para la mayoría de los alimentos disponibles para la alimentación animal, como las tablas FEDNA, hacen posible la utilización de estos modelos, principalmente para el balance energético y proteico. Respecto al contenido mineral de los forrajes, deberá tenerse en cuenta su alta variabilidad debido al efecto del contenido mineral de los suelos donde estos se desarrollan.

La tabla 1 presenta la valoración nutricional de algunos forrajes y suplementos utilizados en los rebaños de cría.

Composición	Pastura Natural	Heno de Alfalfa	Heno de Ryegrass
Proteína bruta (PB, % de la MS)	10	19.81	18.65
Proteína soluble (PS,% de la PB)	22.95	25.19	35.59
PBIDA (PB Insoluble en Detergente Acido, % de la PB)	6.53	12.21	6.13
Azucares (% de la MS)	0	8.67	0
Grasa (% de la MS)	1.8	1.55	3.35
Cenizas (% de la MS)	10.26	11.87	9.60
Almidones (% de la MS)	4.18	2.97	2.26
Fibra Neutro Detergente (FDN, % de la MS)	66.58	41.73	51.50
Lignina (% de la MS)	2.05	6.77	4.32
Energía Metabolizable (Mcal/ kg)	1.75	1.99	2.30
Kd (Tasa de degradación de la PB, %/hora)	3.29	5.08	3.59

Adaptado de FEDNA (2016) y NASEM (2016).

La primera aproximación a la evaluación de la ración deberá enfocarse en la comparación simple entre los valores encontrados y los valores recomendados de los nutrientes más limitantes en la alimentación de las vacas según su estado fisiológico. Este análisis debe enfocarse en los parámetros que afectan significativamente la valoración energética y la degradación ruminal como son: PB, PS, PBIDA, Kd, FDN, Lignina y Carbohidratos Solubles (CS = Azucares +Almidones). Respecto a los minerales el déficit de S puede llegar hacer limitante para la utilización del N por los microorganismos ruminales (MOR).

Las fracciones PB, PS, PBIDA y Kd permiten estimar el aporte de Proteína Degradable en Rumen (PDR) de la ración. La PB representa el contenido de proteína total (proteína verdadera y Nitrógeno No Proteico, NNP), la PS representa la proteína que se solubiliza en el ambiente ruminal, la cual está constituida principalmente por el NNP y las proteínas no asociada a la pared celular (PNAPC). La PS es de inmediata degradación, aportando N para los MOR en forma de amonio (NH_4^+), adicionalmente la PNAPC aporta energía de rápida disponibilidad a los MOR. La PBIDA representa las proteínas asociadas a la pared celular que no son disponibles. La fracción restante de la PB la constituye la fracción de lenta degradación en el rumen y la Kd representa el porcentaje de esta fracción que se degrada por hora. En la mayoría de los forrajes la proteína de lenta degradación en el rumen constituye la fracción más abundante (cerca del 60% de la PB), ésta aporta N y energía, ambos de lenta disponibilidad para los MOR.

Para el caso de los forrajes utilizados en los rebaños de cría se puede observar que la pastura natural presenta valores limitantes en los parámetros que permiten el aporte de cantidades suficientes de PDR. Daza (1999) reporta valores de PB que fluctuaron entre 5 y 15% acordes con las fluctuaciones climatológicas a lo largo del año en la dehesa en Extremadura y Andalucía.

Lalman y Holder (2024), indican que: aunque en algunos casos excepcionales (vacas no lactantes en gestación temprana) el cálculo de requerimientos de PB puede ser cercano al 7%, siempre debiera utilizarse un mínimo de 7.5% debido al efecto negativo de niveles inferiores a este valor sobre la fermentación ruminal, demostrado en múltiples investigaciones. Adicionalmente NASEM (2016), advierte que las ecuaciones para estimar el consumo de materia seca de vacas de cría probablemente no sean aplicables a forrajes con bajos contenidos proteicos.

Según la información anterior la dieta de las vacas de cría bajo condiciones de pastoreo de praderas naturales puede ser deficiente en proteína bruta durante algunas épocas del año, principalmente para vacas lactantes. El déficit de proteína bruta afectara la disponibilidad de la proteína degradable en rumen, el crecimiento microbiano y su consecuente reducción en la digestibilidad de la fibra y en la cantidad de masa microbiana que fluye al duodeno, principal componente de la proteína que se digiere y absorbe en el intestino denominada Proteína Metabolizable (PM). La figura 1 esquematiza la utilización de las diferentes fracciones proteicas por el rumiante.

En la nutrición de rumiantes el énfasis principal debe ser la maximización de la cantidad de proteína metabolizable generada por la ración. Nótese que la PM no es una determinación química en los alimentos, sino una estimación a partir de otras variables. En los rumiantes el principal componente de la PM es la proteína microbiana que fluye al intestino, esta a su vez es estimada a partir de la energía fermentable y el aporte de PDR de la ración. La energía fermentable a su vez es estimada a partir de los compuestos orgánicos rápidamente fermentables, los cuales son: la proteína rápidamente fermentable,

los azucares y los carbohidratos solubles.

En los forrajes la cantidad de energía fermentable de la ración presenta una relación inversa con los contenidos de FDN y lignina. Como se observa en la tabla 1, las pasturas naturales presentan altos valores de FDN y lignina y bajos valores de azucares fermentables (almidones + azúcar). Esta condición hace que la estimación de la PM en éstas sea muy baja.

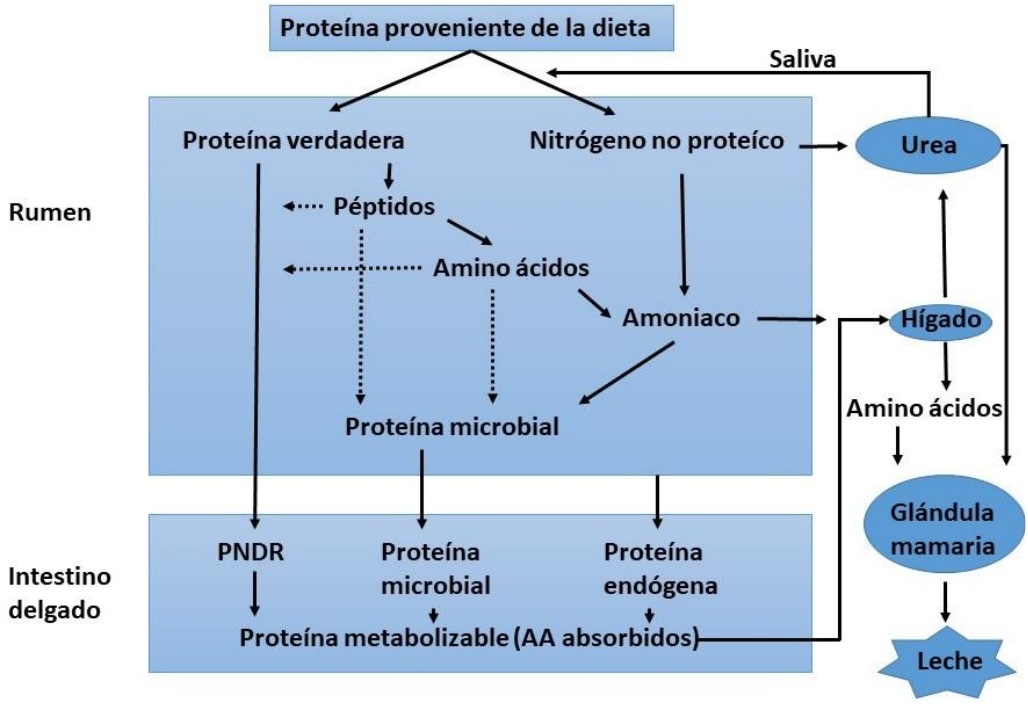


Figura 1. Fracciones proteicas en la nutrición del rumiante (Salazar, 2020).

La PM representa el aporte total de aminoácidos disponibles para los procesos de síntesis de proteínas para el mantenimiento, gestación y lactancia. Debe tenerse en cuanta que una parte importante de los aminoácidos aportados por la PM serán utilizados por el hígado en el proceso de gluconeogénesis, en la vaca lactante cerca del 50% de la glucosa generada en el hígado proviene de aminoácidos (Madsen, 1983). De esta forma estos aminoácidos suman al aporte de energía metabolizable.

Adicionalmente el bajo valor de energía fermentable en las praderas naturales limita la cantidad de ácidos grasos volátiles (AGVs) generados y absorbidos en el rumen, lo que ocasiona una baja disponibilidad de propionato para la gluconeogénesis, y de acetato y butirato para oxidación y/o síntesis de lípidos, situación que se ve reflejada en el bajo aporte de energía metabolizable (EM) disponible para los procesos de mantenimiento, gestación y lactancia.

Las anteriores consideraciones indican que las vacas de cría pastoreando praderas naturales que no reciban suplementación alimenticia pueden presentaran déficits de PM y EM. Afortunadamente en las ganaderías españolas existe la posibilidad de cultivar, cosechar y conservar recursos forrajeros con alto valor nutricional. En la tabla 1. Se puede observar la valoración nutricional del heno de Alfalfa y del heno de Ryegrass. Estos forrajes presentan valores de nutricionales suficientes para complementar de forma eficaz la dieta de vacas nodrizas pastoreando praderas naturales.

Cuando se evalúa la ración es necesario tener en consideración cual(es), serán los suplementos disponibles que permitirán el ajuste de la ración para la consecución de balances de PM y EM aceptables. El objetivo final del diagnóstico nutricional del rebaño de cría será identificar la corrección más conveniente en la ración que permita ajustar los cambios de peso acorde con el estado fisiológico de las vacas.

2. Estimación del balance nutricional

Para la determinación del balance nutricional se necesita estimar de la forma más precisa la cantidad consumida de cada pienso, y los requerimientos de nutrientes de los animales. Para este efecto se debe identificar el modelo nutricional (NASEM 2016, INRA 2007, CNCPS 2002) que se haya desarrollado bajo parámetros y condiciones de producción con la mayor similitud a las del hato.

Las principales variables que utilizan los diferentes modelos son indispensables en la estimación del consumo de materia seca y de los requerimientos. Las variables más determinantes son: peso vivo, producción de leche estimada, etapa de lactancia, número de partos, peso adulto, peso actual, condición corporal, cambio de peso, temperatura ambiental, y días de gestación. Se aconseja que usted seleccione el modelo nutricional en el que se utilicen menos supuestos; al respecto un buen modelo nutricional es aquel que utiliza información de muchas variables, pero si los datos que alimentan estas variables solo es posible asignarle supuestos, porque se carece de datos reales, será mejor utilizar un modelo que no demande la inclusión de los datos supuestos, así sea conceptualmente menos avanzado.

Dado que no es objetivo de esta presentación el análisis de los diferentes modelos nutricionales, en este caso se utilizará el modelo NASEM (2016) para estimar el balance nutricional más probable en rebaños de cría. Este modelo utiliza una buena cantidad de variables que permiten estimaciones confiables bajo diferentes condiciones asociadas a: la composición de la ración, la raza y las variaciones en peso, producción de leche y cambios de peso. Adicionalmente ofrece la versión sistematizada en archivo Excel, de uso libre. Este archivo contiene una base de datos amplia acerca de la información nutricional de muchos forrajes y piensos, a esta base datos puede adicionarse alimentos.

2.1. Estimación del consumo total de materia seca

La estimación del consumo de materia seca es un pilar fundamental para el diagnóstico nutricional porque de él depende el ingreso de nutrientes al animal. Su cuantificación se convierte en un reto en hatos bajo condición de pastoreo, como es el caso de los rebaños de cría. Para una estimación sensata del consumo total de materia seca de vacas nodrizas en pastoreo, tendrá que garantizarse una oferta forrajera que permita al animal cosechar el forraje que potencialmente pudiera consumir. Las estimaciones de consumo de materia seca es el consumo potencial que el animal puede alcanzar si la oferta forrajera es adecuada. Al respecto hay que tener en cuenta las condiciones de los hatos en extensivo donde la oferta forrajera varía considerablemente (véase figura 2). Al respecto la estimación del consumo de materia seca debe interpretarse de dos modos diferentes acordes con la oferta de forraje: cuando hay excedentes de forraje puede inferirse que el valor estimado se acerca al consumo real, y podremos realizar el diagnostico nutricional a partir de este valor, pero cuando hay déficit en la oferta forrajera, la estimación del consumo de materia seca del forraje (MSF) tendrá que ajustarse con el coeficiente de oferta forrajera (Oferta forrajera actual/oferta forrajera requerida).

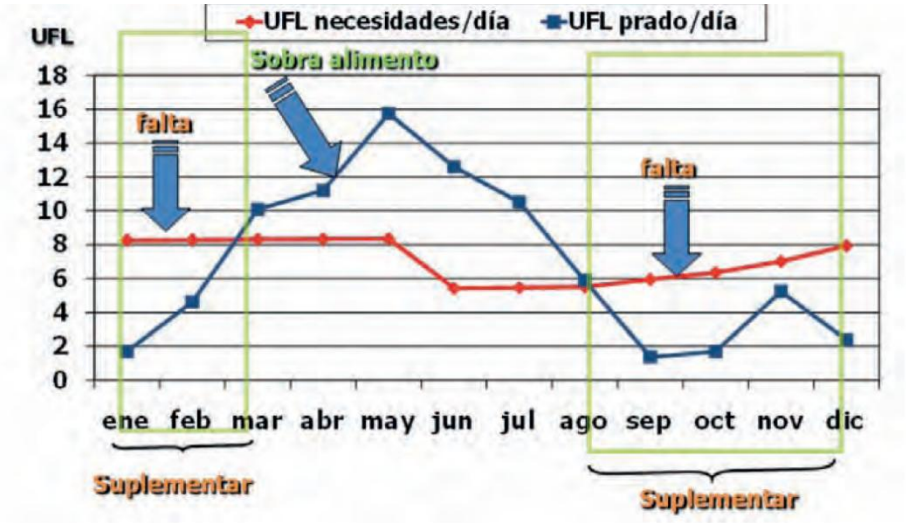


Figura 2. Oferta estacional de Unidades forrajeras de lactancia (UFL, INRA) relación a las necesidades de vacas nodrizas en zonas de dehesa (Doblas, 2011)

Si estimamos un consumo total de materia seca de 12 kg, pero la pradera solo puede ofertar 2/3 de lo requerido, el consumo estimado de MSF será: 12 x (2/3) = 8 kg MSF Vaca=día. En consecuencia, las vacas tendrán un déficit de 4 kg de materia seca que tendrá que ser suplementado, y el balance nutricional se ajustará con los suplementos que mejor ajusten el balance de Energía Metabolizable y Proteína Metabolizable.

Una vez estimada la oferta forrajera, y definidos cuáles serán los suplementos utilizados para alcanzar el consumo total de materia seca (CMS) el paso siguiente será la estimación del CMS a través de ecuaciones de predicción. Una ecuación de predicción de CMS debe incluir las principales variables que los afectan, las cuales son derivadas directamente del animal: el peso, la producción de leche, la condición corporal, el cambio de peso y en general todas las variables que afecten su demanda de energía. Las otras variables igualmente importantes son las propias de la dieta, principalmente su digestibilidad, la cual afecta considerablemente su valoración energética.

Para este caso utilizaremos el modelo NASEM 2016, el cual utiliza las siguientes ecuaciones:

Consumo de NEm, (Mcal/d) = $PV^{0.75}$ x (0.04997 x NEm2 + 0.04631), para vacas gestantes.

Consumo de NEm, (Mcal/d) = $PV^{0.75}$ x (0.04997 x NEm2 + 0.03840), para vacas NO

Gestantes.

Consumo de NEm, (Mcal/d) = ($PV^{0.75}$ x (0.04997 x NEm2 + 0.04631)) + (0.2 x PL), para vacas lactantes.

Dónde: PV= Peso vivo (kg), NEm = Valoración energética de la ración como Energía Neta de mantenimiento (Mcal/kg de MS), PL = Producción de leche (kg/d)

El consumo de materia seca (CMS) de la ración se calcula dividiendo el consumo total previsto de NEm (Mcal/d) por la concentración de NEm (Mcal/kg de MS) en la dieta. En forrajes de baja calidad con concentraciones de NEm inferiores a 1 Mcal/kg (aproximadamente 50% TDN), el divisor debe establecerse en un valor mínimo de 0,95.

Por fortuna la utilización de estas ecuaciones ya está sistematizada e integrada al cálculo de la valoración energética y del balance nutricional en la hoja cálculo de libre acceso publicada por NASEM (2016).

Se puede afirmar que el CMS depende directamente de las necesidades de energía del animal, y como tal tendrá variaciones acordes con la etapa fisiológica en que se encuentre la vaca (véase figura 3)

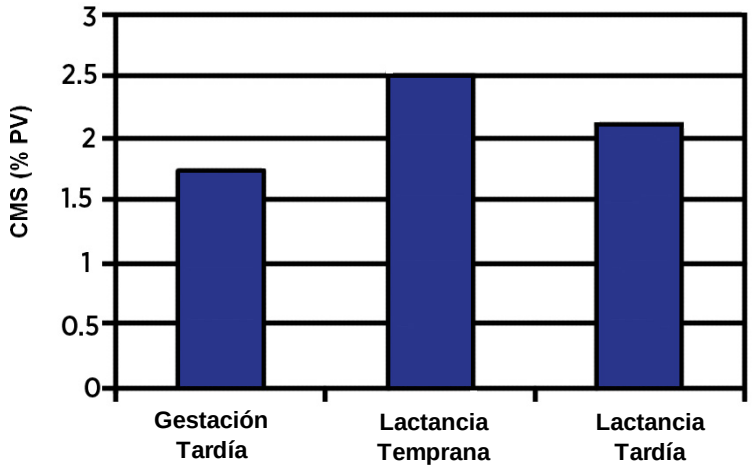


Figura 3. Consumo de materia seca en vacas nodrizas consumiendo dietas de relativa baja digestibilidad. (Lalmal y Holdel, 2024).

La predicción del CMS por las ecuaciones propuestas por NASEM (2016) ha sido revisada por varios autores, la mayoría coinciden en que para vacas gestantes no lactantes su precisión es buena, mientras que subestima el consumo de materia seca en vacas lactantes. Al respecto Gross et al (2020), proponen un ajuste a la ecuación para vacas lactantes, el cual derivo la siguiente ecuación, con la cual se obtuvo un coeficiente de determinación aceptable (R^2 =0.84).

CMS= (-4.336 + (0.086427 ($PV^{0.75}$) + 0.3 (PL) + 6.005785 (NEm)).

Gunter (2017) indica que la producción de leche explica el 56 % de la variación en el consumo de materia seca de vacas nodrizas. Sin embargo, la producción de leche es difícil de medir en las vacas nodrizas. Coleman et al (2014), determinaron que la ganancia media de peso (GMP) de las crías está estrechamente relacionada con la producción de leche. Este autor encontró que la GMP pudo explicar el 64% de la variación en el CMS (véase figura 4).

Coleman et al (2014) introdujeron la GMP de la cría en una ecuación que combina los efectos del PV de la madre y la digestibilidad de la ración para estimar el consumo de materia orgánica de la nodriza. La ecuación se presenta a continuación:

CMO (kg/d) = 251 – 0,06 × BW + 0,00008 × BW2 – 7,6D + 0,062 × D2 – 265 × G + 8,7 × G × D – 0,07 × G × D2;

Dónde: CMO = consumo de Materia orgánica. W = peso de la vaca (kg), D = digestibilidad (% de la materia orgánica) y G = GMP (kg) del ternero antes del destete.

Esta ecuación puede ser integrada a la determinación del balance nutricional en vacas nodrizas

eliminado el error al introducir datos supuestos de la producción de leche, facilitando su uso práctico con la información disponible en el hato.

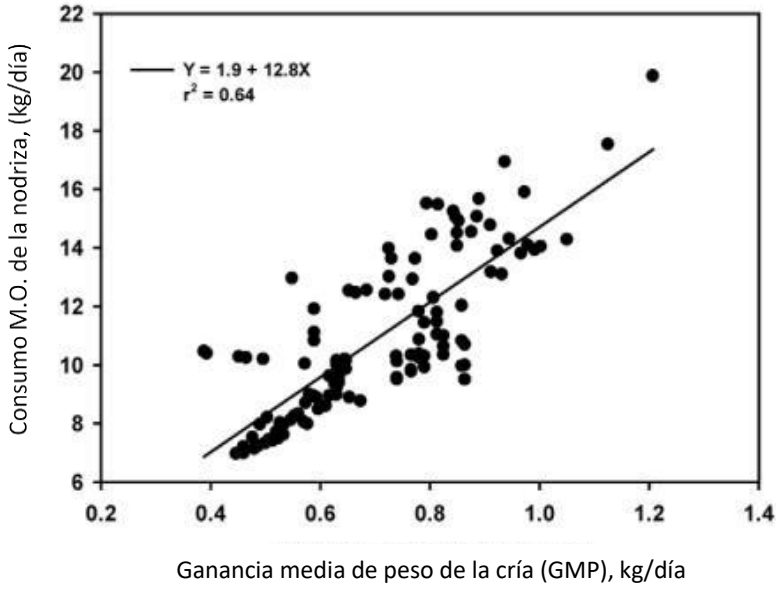


Figura 4. Relación entre el consumo M.O de la nodriza y la ganancia de peso diaria de la cría

(Coleman et al, 2014).

Respecto a los efectos de la ración sobre el CMS, NASEM (2016) enfatiza que las ecuaciones de predicción probablemente no son adecuadas para forrajes deficientes en proteína y con valores de TDN inferiores al 50%. En la formulación de las raciones para vacas nodrizas tendrá que ponerse atención en superar estos valores, principalmente por sus efectos negativos sobre la digestibilidad y sobre la disminución en el CMS. Al respecto Rasby (2020), reporta que el consumo de vacas nodrizas lactantes puede ser del 2.0 % de su PV cuando consume forrajes con 52%de TDN, pero cuando la ración se ajusta a valores de TDN entre 52 y 59% de TDN el consumo se puede incrementar hasta el 2.3% de su PV. Este aumento significativo en el consumo tiene efectos positivos en el balance energético, cambio de peso y productividad de la vaca nodriza.

2.2 . Estimación de los requerimientos de Energía y Proteína

Los requerimientos de energía y proteína de las vacas nodrizas están asociados a la intensidad de sus procesos metabólicos. La gestación tiene poco efecto sobre los requerimientos proteicos hasta aproximadamente el séptimo mes de gestación. Aproximadamente dos tercios del crecimiento fetal ocurre durante el último tercio de la gestación. En términos de la partición de energía y nutrientes al final de la gestación, el crecimiento fetal es priorizado a expensas del mantenimiento del peso corporal materno, por lo tanto, puede producirse una pérdida de condición corporal durante la última etapa de gestación si el aporte de EM y PM son insuficientes.

La lactancia es la actividad de mayor intensidad metabólica en la vaca nodriza. Lalmal y Holder (2024) afirman que las vacas nodrizas producen alrededor 12 litros de leche por día durante el pico de lactancia.

La leche contiene una alta concentración de proteínas, y por lo tanto las vacas en lactancia temprana, requieren casi el doble de proteína diaria que las vacas no lactantes. El aumento del tamaño de la vaca aumenta el requerimiento diario de proteínas, pero no tanto como lo hace la lactancia. A medida que aumenta el tamaño corporal, se requiere más proteína para mantener la masa muscular más pesada.

La vaca requiere energía para la actividad física (pastoreo y desplazamiento), para el desarrollo fetal, la producción de leche, el mantenimiento de la temperatura corporal, y los demás procesos fisiológicos. Adicionalmente las vacas de primer y segunda lactancia, requieren energía para crecer hasta alcanzar su madurez. Si las vacas presentan una baja condición corporal necesitarán energía adicional para restaurar su condición corporal a un nivel moderado.

Como se describe en los parámetros de evaluación de la ración el aporte de PDR y energía fermentable de la ración permiten el crecimiento y actividad de la población de MOR, el flujo de estos al duodeno constituye el principal aporte de PM a la vaca nodriza, por consiguiente, en el diagnostico nutricional de los hatos de cría es indispensable estimar el balance de PDR y procurar su ajuste al valor adecuado.

De los párrafos anteriores podemos inferir las principales variables que afectan los requerimientos de energía y proteína. Los modelos de predicción de requerimientos nutricionales para vacas nodrizas (NASEM 2016, INRA 2007, CNCPS 2002) utilizan directa o indirectamente estas variables para la predicción de los requerimientos de nutrientes estimados para cada proceso fisiológico en particular: crecimiento, mantenimiento, gestación, y lactancia.

2.3 Estimación e interpretación de los balances de energía y proteína en vacas nodrizas

La figura 5 representa la dinámica del balance de energía metabolizable y las principales variables que lo afectan, para una vaca nodriza con alto potencial productivo, bajo condiciones de pastoreo extensivo de praderas naturales sin suplementación. La información fue generada utilizando el modelo NASEM (2016).

La información corresponde a una vaca *Bos* taurus, de raza con tamaño corporal grande, y con habilidad superior para la producción leche. La información ingresada fue: 600 kg de PV, vaca adulta, con una condición corporal (CC) al parto de 6 (en la escala de 1-9), producción de leche 6-10 kg/día, con un intervalo entre partos (IEP) de 400 días. El cambio de peso por día fue calculado a partir del valor en kg de PV equivalente a un punto de CC (7% del PV, NASEM 2016).

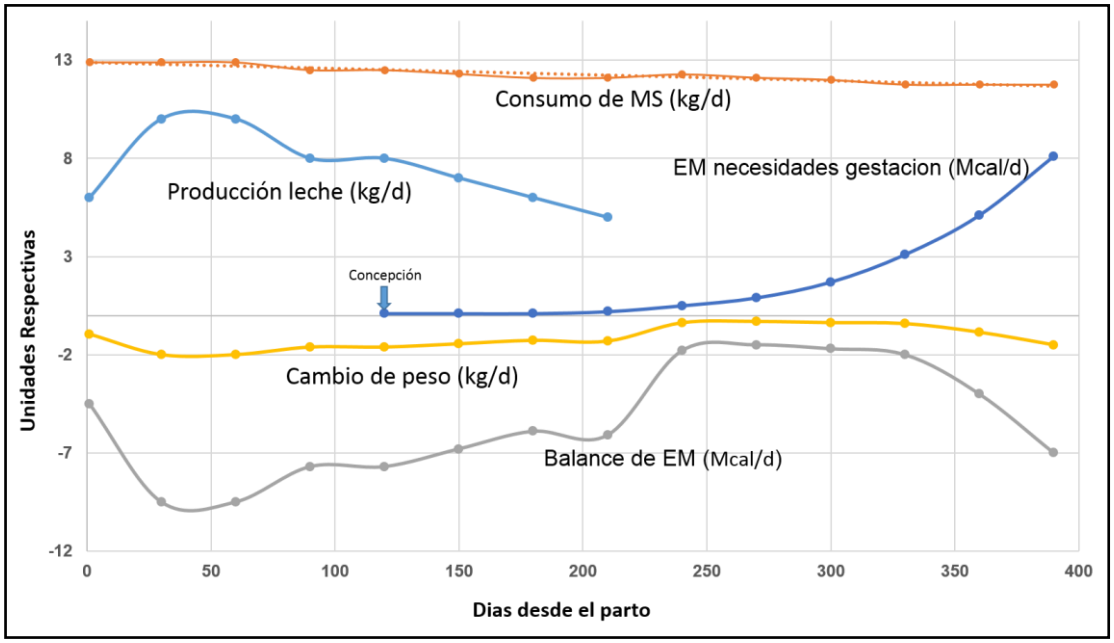


Figura 5. Dinámica del Balance de Energía Metabolizable (EM) en Vacas Nodrizas de alto potencial productivo consumiendo forrajes deficientes en energía y proteína.

Como puede observarse el balance de EM siempre fue negativo, indicando que en ninguna etapa se cubrieron las necesidades de EM. El menor valor coincide con el pico estimado de producción láctea indicando que la producción de leche es el principal factor que afecta las necesidades de EM. Con el cese de la producción láctea posterior al desmame, el balance de EM aumento, pero siguió siendo negativo. Hipotéticamente la concepción se dio a los 120 días después del parto, situación poco probable debido a su condición nutricional. Si la concepción ocurre se observa como el balance de EM decrece de forma significativa después del día 180 de gestación cuando aumenta de forma exponencial el tamaño del feto y los requerimientos de EM para la gestación. El cambio de peso es la consecuencia directa del balance de EM sobre el cuerpo del animal. Se observa como la estimación de pérdida de peso fluctuó entre 0.31 y 2.0 kg/día, acorde con el balance de EM. Estos valores de cambio de peso son incompatibles con la salud y la productividad de la nodriza y obligan un ajuste inmediato en la ración.

La tabla 2 presenta la caracterización nutricional de la pastura natural ofrecida al animal. Como puede observarse aunque los valores de PB son mayores al valor mínimo recomendado (7.5%, Lalman y Holder., 2024) los valores de la Kd son bastante bajos, ocasionando una disminución en la PDR y un balance negativo de PDR y N en el rumen. Adicionalmente los valores de FDN son bastante altos, restando el aporte de carbohidratos solubles, los cuales constituyen el aporte de energía para el crecimiento microbiano. La sumatoria de estos factores conduce a una baja valoración de la EM de la ración (1.75 Mcal/kg de MS) y a unas estimaciones poco confiables de la proteína metabolizable de la ración, dado su bajo aporte de PDR y energía para el crecimiento microbiano.

Tabla 2 Caracterización Nutricional de una Pastura Natural Ofrecida a Vacas Nodrizas

Composición de la dieta	Valores

Proteína bruta (PB, % de la MS)	10
Proteína soluble (PS,% de la PB)	22.95
PBIDA (PB Insoluble en Detergente Acido, % de la PB)	6.53
Azucares (% de la MS)	0
Grasa (% de la MS)	1.8
Cenizas (% de la MS)	10.26
Almidones (% de la MS)	4.18
Fibra Neutro Detergente (FDN, % de la MS)	66.58
Lignina (% de la MS)	2.05
Energía Metabolizable (Mcal/ kg)	1.75
Kd (Tasa de degradación de la PB, %/hora)	3.29
Parámetros del Metabolismo Ruminal del N y la Proteína, estimados según NASEM 2016	
Balance de Proteína Degradable en Rumen (PDR) (g/día)	-150
Balance de N en Rumen (g N/día)	-24.15
Balance de N en Rumen (% del Requerimiento)	-18.49
TDN disponible para síntesis de proteína microbiana (kg/día)	0.82

El Ajuste de la ración de la vaca nodriza deberá enfocarse en la suplementación con forrajes que disminuyan los principales limitantes de las pasturas naturales. Según la situación descrita se debe procurar acercarse a los requerimientos de PDR y energía fermentable (carbohidratos solubles), esto aumentará significativamente el aporte de EM de la ración. La meta en el balance de EM deberá enfocarse en alcanzar valores que permitan conseguir cambios aceptables en el peso de las vacas nodrizas a lo largo de su ciclo productivo.

Un juste posible a la dieta deficiente, basada en pasturas naturales que contienen cerca de 1.75 Mcal de EM /kg de MS y deficientes en PDR, puede hacerse con la suplementación de forrajes con un contenido alto de PDR y con valores superiores de EM, como el heno de Rie Grass y el heno de Alfalfa presentados

en la tabla 1 y 3.

Tabla 3. Energía Metabolizable de la dieta y Balance de PDR y N Ruminal en Vacas Nodrizas Consumiendo Heno de Alfalfa o Heno de Rie Grass, estimados según NASEM (2016).

Parámetro	Heno de Alfalfa	Heno de Rie Grass
Energía Metabolizable (Mcal/ Kg)	1.99	2.3
Balance de Proteína Degradable en Rumen (PDR) (g/día)	520	610
Balance de N en Rumen (g N/día)	82.99	96.94
Balance de N en Rumen (% del Requerimiento)	52.12	63.17
TDN disponible para síntesis de proteína microbiana (kg/d)	1.00	0.96

Como puede observarse la inclusión de estos forrajes en diferentes proporciones en la dieta de las vacas nodrizas puede acercar o inclusive superar el aporte de PDR y energía fermentable a las necesidades de las vacas nodrizas.

Respecto al aporte energético, la utilización de los tres forrajes descritos en esta presentación puede originar raciones con valores de EM desde 1.75 a 2.3 Mcal /kg de MS, dependiendo la proporción usada de cada uno. La figura 6. Muestra la dinámica del balance de EM en vacas nodrizas consumiendo tres dietas con diferente valor de EM. Como es evidente, la magnitud del balance energético se afecta drásticamente con el valor de EM de la ración.



Figura 6. Estimación de la dinámica del balance de Energía Metabolizable (EM) en vacas nodrizas consumiendo raciones con diferente concentración de EM

La interpretación de los balances de EM a lo largo del ciclo productivo se hace bastante compleja si se realizan a partir de los valores absolutos de Mcal de EM/día. Dado que la consecuencia directa del balance de EM es el cambio de peso, la interpretación de los balances de energía deberá enfocarse en sus efectos sobre el cambio de peso. De esta manera será factible determinar qué tan adecuado es o no lo es el balance de EM a lo largo del ciclo productivo de la nodriza. Los datos de balance de EM son fácilmente intercambiables con el respectivo cambio de peso esperado, esto a través del valor calórico de las reservas corporales. Esta información es aportada directa o indirectamente por los modelos como el NASEM (2016). La figura 7. Muestra los cambios de peso esperados acorde con los balances de EM de la figura 6.

En la figura 7 se observa como las pérdidas de peso estimadas estuvieron entre 0.3 a 1.1 Kg/día para los 100 primeros días después del parto, dependiendo de la concentración energética de la ración. Se observa como las vacas que consumen las dietas con mayor concentración de EM (2.3 Mcal/kg de MS) no tienen pérdidas de peso, mientras que en las vacas que consumen el forraje con menor concentración de EM (1.75 Mcal/kg de MS) se estiman perdidas de peso "críticas", y su balance de EM alcanza valores de cero cuando la producción de leche cae drásticamente, sin lograr ganancias de peso en ninguna etapa del ciclo productivo.

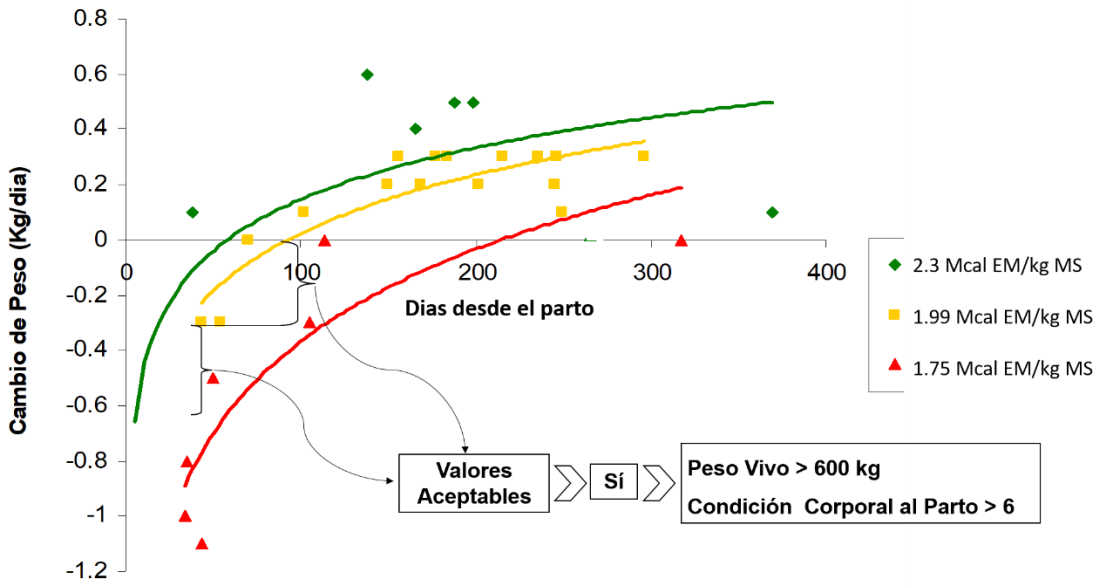


Figura 7. Pérdidas de peso estimadas para vacas nodrizas consumiendo dietas con diferente concentración de Energía Metabolizable (EM).

En las vacas que consumen la ración con 1.99 Mcal/kg, se observa como los cambios de peso estimados estuvieron en rangos aceptables bajo las siguientes premisas: 1. Al momento del parto tienen una condición corporal mayor a 6 (en la escala de 1 a 9). 2. Las pérdidas de peso durante la lactancia temprana son aceptables, es decir menos de 1 punto de condición corporal al día 100 posparto, entonces al día 100 posparto alcanzaran una condición corporal mayor a 5; la cual no afecta el reinicio de la función reproductiva (Lalman y Stein, 2024). El intervalo de variación entre 5 y 7 (en la escala de 1 a 9) en la puntuación de condición corporal se considera aceptable a lo largo del ciclo productivo (Ward 2021).

En la lactancia temprana las pérdidas de peso moderadas permiten ajustar el balance energético del animal a las demandas de la producción de leche, pudiendo mantener una producción de leche

adecuada para la cría. Los cambios de peso estimados por cada punto de condición corporal equivalen al 7% del PV de la nodriza (NASEM 2016). Por consiguiente una vaca de 600 kg de PV podrá perder no más de 42 kg de PV durante la lactancia temprana, esto es una media de pérdida de peso de 0.42Kg/día. Si se tiene en cuenta que durante la lactancia temprana el balance de EM alcanza los valores más críticos en los primeros 40 días, entonces es de esperarse pérdidas de peso superiores durante este periodo; que deben disminuir gradualmente hasta alcanzar un balance cero. De este modo para una vaca de 600 kg de PV podrán ser aceptables pérdidas de peso de hasta 0.6 kg/día durante los primeros 40 días después del parto y de hasta 0.3 kg/día desde el día 40 hasta el día 100 posparto.

En todos los casos debe ajustarse la ración para que no haya pérdidas de peso "críticas" durante la lactancia temprana, y para conseguir ganancias de peso adecuadas durante la lactancia tardía y durante la gestación tardía pudiendo restaurar la condición corporal a valores no mayores a 7 al momento del parto. Valores de condición corporal al parto superior a 7, han sido reportados por muchos autores como indeseables, dado sus efectos sobre la dificultad al parto y su asociación con una mayor frecuencia de alteraciones metabólicas durante el posparto.

De la figura 7 podemos inferir que las vacas nodrizas que reciben dietas con una concentración de EM cercana a 2.0 Mcal/Kg de MS presentan cambios de peso adecuados durante todas las etapas de su ciclo productivo, teniendo perdidas de peso moderadas en la lactancia temprana y ganancias de peso adecuadas para reestablecer su condición corporal a valores óptimos al momento del parto. Durante la lactancia tardía y la gestación tardía, la ganancia media de peso estimada con esta ración fue aproximadamente de 0.5 kg/día. Una vaca con un intervalo entre partos de 400 días, tendría aproximadamente 300 días de balance energético positivo, lo que sería suficiente para acumular una ganancia de 45 kg, equivalente a 1 punto de condición corporal. Las raciones con valores superiores de energía probablemente no sean adecuadas debido al sobre acondicionamiento (exceso de condición corporal al parto) que puedan causar en las vacas.

Si la base de la alimentación de la vaca nodriza de alto potencial productivo fuera una pastura natural como la que se describió previamente, para lograr el aporte adecuado de PDR y EM la pradera natural no deberá superar el 50% de la ración total; el otro 50% deberá suministrase realizando combinaciones de forrajes de alto valor nutricional como los henos de alfalfa y de rie grass.

3. Indicadores Metabólicos Complementarios al Diagnóstico del Balance de Proteína y Energía en Vacas Nodrizas

Como se describió en el numeral anterior, el diagnostico nutricional más probable en los rebaños de cría pastoreando praderas naturales, será el balance negativo de proteína y energía, principalmente durante la lactancia temprana. Acorde con esto, es de esperarse que los indicadores relacionados con el metabolismo de la proteína y de la energía sufran alteraciones. Estas alteraciones pueden utilizarse en la confirmación del balance nutricional más probable. Esto se hace necesario por la posibilidad de incurrir en errores importantes, dada la gran cantidad de determinaciones químicas, predicciones matemáticas y supuestos, utilizados en la determinación del mismo.

Está claro que la prioridad será establecer el balance nutricional más probable, porque solo a partir de este se podrán realizar los ajustes a la ración para acercarla al balance nutricional adecuado.

Para el análisis de los indicadores metabólicos debiera muestrearse un número apropiado de animales dependiendo del tamaño del rebaño. El número mínimo que disminuya el efecto asociado a la

individualidad del animal, puede ser de cinco animales por etapa productiva (Lactancia temprana, lactancia tardía, gestación tardía). Las muestras de animales enfermos deben excluirse cuando lo que se pretende es determinar el estado nutricional del hato.

Se debe escoger un grupo de análisis complementarios entre sí, más que un perfil metabólico completo. Se debe ponderar cuales deben ser los análisis apropiados, la escogencia de los indicadores metabólicos complementarios deberá fundamentarse en el conocimiento de los ajustes metabólicos derivados del balance nutricional. Respecto al balance negativo de energía (BEN) su consecuencia directa es la pérdida de peso del animal, la cual ocurre por la movilización de los ácidos grasos no esterificados (AGNES) desde el tejido adiposo, principalmente para su oxidación hepática. De este modo los AGNES se convierten en un indicador metabólico confiable del BEN y de la pérdida de peso (Ospina et al 2010). Bajo condiciones normales los niveles de AGNES en sangre bovina se encuentran entre 0.1 a 0.3 mM (Adawuyi et al., 2005). Estos valores coinciden con los reportados por Orquera-Arguero et al (2023a) para vacas nodrizas en España. Orquera-Arguero et al (2023b) caracterizaron los indicadores metabólicos en respuesta a periodos de restricción alimenticia de corta duración y de realimentación en vacas nodrizas con diferente estado nutricional, encontrando que: la concentración plasmática de AGNES se vio afectada significativamente por el período de alimentación y aumentó durante la restricción, para luego disminuir durante el período de realimentación. La concentración de AGNES presentó una respuesta inmediata a los cambios en la dieta, aumentando al día siguiente de someter los animales a la restricción, encontrando además que los valores basales de AGNES se recuperaron después de 1 día de realimentación y se correlacionaron negativamente ($p<0.001$) con la ingesta de energía y con el balance de energía. Véase figura 8.

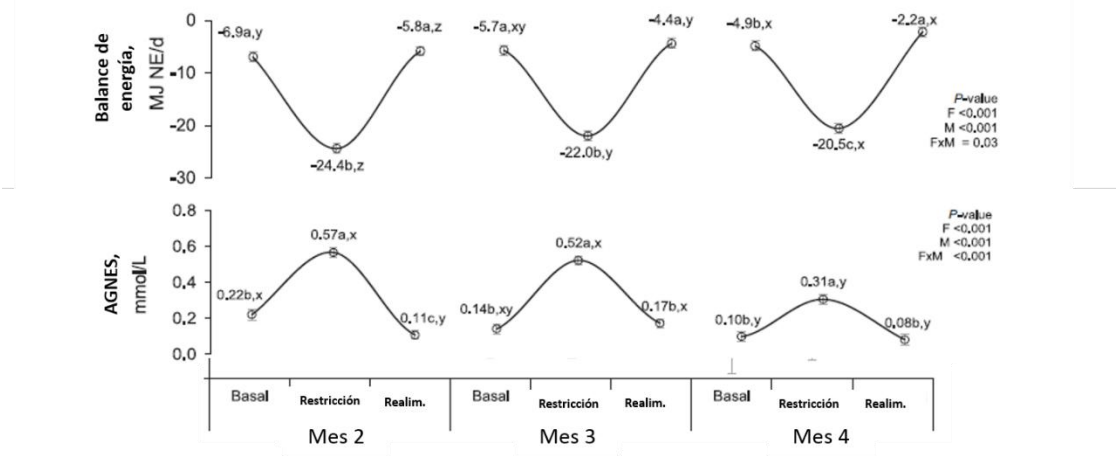


Figura 8-Variación de los valores de AGNES en función del Balance de Energía Neta en vacas nodrizas sometidas a restricción alimenticia en los 2,3 y 4 meses de lactancia.

Adaptado de Orquera-Arguero et al (2023b).

En esta figura 8, se observa como a medida que avanza los meses en lactancia (2, 3 y 4) los valores del balance energético (MJ EN/día) se hacen menos negativos, esta condición condujo a disminuciones significativas en los valores de AGNES. Lo anterior pone en evidencia la eficacia de los valores de AGNES como indicador metabólico confiable para corroborar y complementar los diagnósticos del balance energético en vacas nodrizas a lo largo de la lactancia.

Las concentraciones de urea en sangre se pueden utilizar para evaluar el balance de proteína en los rumiantes (Hammond, 2006). Los valores de urea en sangre cercanos a 3.6 mmol/l indican que la proteína degradable ruminal (PDR) es adecuada. La concentración de urea en sangre también puede aumentar a pesar de una dieta baja en PDR si se restringe la ingesta de energía, lo que se cree que refleja una mayor descomposición de las proteínas endógenas para la producción de energía. Sin embargo, la condición más probable con dietas bajas en PDR es una disminución en los niveles de urea en sangre.

Orquera-Arguero et al (2023a) reportaron valores de urea en sangre de 4.21 mM para vacas nodrizas en España, consumiendo 8 kg de heno con 10,9 % de PB y 3 kg de concentrado con 16.7% de PB, indicando que en estos animales el balance de PDR posiblemente era el adecuado.

Las concentraciones de AGNES y urea en sangre son un complemento eficaz para el monitoreo de los balances de EM y PDR del rebaño de cría. En el caso del balance de PDR se suele utilizar los contenidos de urea en la leche como un indicador eficaz de su balance. Si en los rebaños de cría no fuera posible obtener muestras de leche, los valores de urea en sangre son igualmente útiles, al respecto Galvis et al (2011), reportaron una correlación de 0.87 ($p<0,05$) entre las concentraciones de urea en sangre y las concentraciones de urea en leche de vacas sometidas a diferentes balances de PDR.

Los balances de Energía Fermentable en Rumen (EFR) pueden monitorizarse a través de los componentes de la leche. Desafortunadamente es difícil la obtención de muestras de leche representativas en los rebaños de cría. El análisis de los componentes de la leche también permite monitorear los balances de PDR y EM.

En las vacas en lactancia temprana que reciben dietas con baja concentración de EM, la movilización de reservas corporales tiende a aumentar la grasa de la leche. Una parte de los ácidos grasos libres que se movilizan se incorporan directamente a la grasa de la leche, lo que da como resultado un aumento del porcentaje de grasa de la leche. Por el contrario, el porcentaje de proteína de la leche disminuirá ligeramente en estas vacas, debido a una reducción en el suministro de energía (Eicher, 2004). La relación grasa-proteína en la leche se puede utilizar para monitorear el grado de movilización de reservas y la magnitud del BEN. Acorde con esto, Orquera-Arguero et al (2023a) encontraron una tendencia al aumento en las concentraciones de grasa láctea en vacas nodrizas con un balance energético más negativo (-10 vs -3.5 MJ EN/día). Estos autores también encontraron que la restricción alimenticia de corta duración condujo a una disminución en la proteína de la leche, indicando una relación inversa entre la proteína de la leche y el balance de energía.

La urea en leche está relacionada con la cantidad de energía que está disponible para la fermentación ruminal (EFR), en proporción a la proteína degradable en rumen (PDR). La proteína de la leche es limitada principalmente por los requerimientos de energía de los microorganismos ruminales. La figura 9 indica las relaciones entre EFR y PDR a través de las concentraciones de urea y proteína en leche, propuestas por Eicher (2004).

En la figura 9 se presentan 6 zonas de acuerdo a los valores de referencia de las dos variables. Cada vaca es identificada con un símbolo de acuerdo a sus días en lactancia. La ubicación de un animal en una zona en particular permite identificar su balance de PDR y EFR más probable.

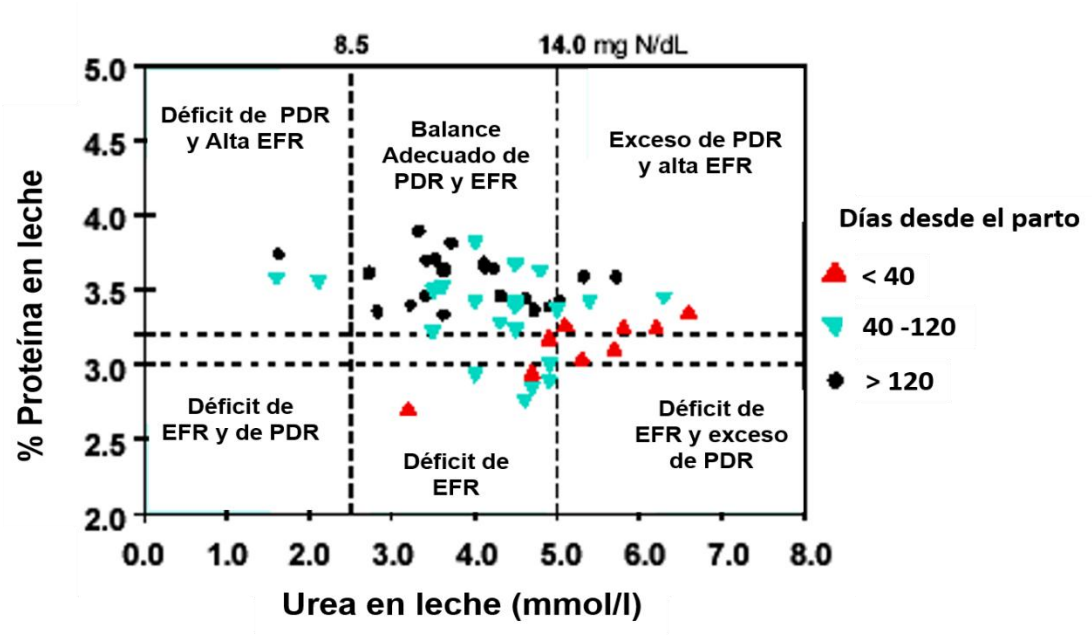


Figura 9. Categorización del balance de proteína degradable en rumen (PDR) y Energía Fermentable en Rumen (EFR) de las vacas acorde con los contenidos de urea y proteína en leche. (Adaptado de Eicher, 2004).

4. Consideraciones Finales

Bajo las condiciones nutricionales que prevalecen en los rebaños de cría que pastorean praderas naturales, el monitoreo del diagnóstico nutricional deberá estar enfocado en la determinación de los balances de los nutrientes más limitantes, como lo son PDR y EM. La estimación del balance nutricional más probable a través de modelos como NASEM (2016), INRA (2007), será la herramienta principal, dada la posibilidad de calcular el mejor ajuste a la ración a través de estas mismas herramientas. La estimación del balance de PDR y su ajuste con suplementación, debe ser el primer paso para conseguir estimaciones confiables en los CMS y balances de EM. El balance de EM deberá interpretarse a partir de los cambios de peso estimados para cada balance. La suplementación energética deberá estar enfocada en alcanzar en la dieta la densidad energética, que consiga unos cambios de peso aceptables acorde con la etapa de gestación y lactancia. La estimación del balance de EM y PDR puede complementarse de forma eficaz con la interpretación de los valores plasmáticos de AGNES y urea.

Referencias bibliográficas

Adewuyi A.A., Gruys E., van Eerdenburg F.J. 2005. Non esterified fatty acids (NEFA) in dairy cattle. A review. Vet. Q.27:117–126.

Coleman, S. W., S. A. Gunter, J. E. Sprinkle, and J. P. S. Neel. 2014. Difficulties associated with predicting forage intake by grazing beef cows. J. Anim. Sci.92:2775-2784.

Daza, A. 1999, “Producción de vacuno de carne en la dehesa”, Bovis nº 87.

Eicher R. 2004. Evaluation of the metabolic and nutritional situation in dairy herds: Diagnostic use of

milk components. 23rd World Buiatrics Congress, Quebec City, Canada.

FEDNA. 2016. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición animal. Tablas de valor nutritivo de forrajes y subproductos fibrosos húmedos. S Calsamiglia, A Ferret y A Bach. Madrid, 93p.

Galvis R, Cardona H, Barrientos S, Cataño Y. 2011. Efecto de niveles crecientes de nitrógeno no proteico dietario en vacas lactantes sobre las concentraciones de metabolitos nitrogenados en sangre leche y orina. Rev Fac Agron Med 64(2):2191-2198.

Gross M, Andresen C, Holder A, Moehlenpah A, Goad C, Freetly H, Beck P, DeVuyst E and Lalman D. 2020. Predicting Dry Matter Intake of Gestating and Lactating Beef Cows J Anim Sci. 98(Suppl 2):58

Gunter, S.A. 2017. Predicting forage intake by grazing beef cattle. Florida Ruminant Nutrition Symposium, 28th Annual Meeting University of Florida, Institute of Food Agriculture Science, Gainsville, FL. Pages 125-136

Hammond AC 2006. Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle, US Department of Agriculture, Florida.

INRA. 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des Animaux-Valeur des aliments. Paris, France: Quae Versailles.

Lalman D, Holder A. 2024. Requereiments of Beef cattle. Oklahoma State INRA. 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des Animaux-Valeur des aliments. Paris, France: Quae Versailles.

University. Department Of animal and Food science. 23p.

Lalman D, Stein D. 2024. Body Condition Scoring a Cows. Oklahoma State University. Department Of animal and Food science. 4 p.

Madsen A. 1983. Metabolism in liver cells. In: Riis PM. Dynamic Biochemistry of Animal Production. Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V. p. 53 - 74.

NASEM. 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th ed. Natl. Acad. Sci. Eng. Med., Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Orquera-Arguero K, Blanco M, Bertolín J, Ferrer J, and Casasús I. 2023. Performance and milk fatty acid profile of beef cows with a different energy status with short nutrient restriction and refeeding. *Journal of Animal Science*, 101: 1–16

Orquera-Arguero K, Casasús I, Ferrer J, and Blanco M, 2023b. Beef cows performance and metabolic response to short nutritional challenges in different months of lactation. Research in Veterinary Science 159: 26–34.

Ospina, P.A.; Nydam, D.V.; Stokol, T.; Overton, T.R. 2010. Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level. J. Dairy Sci. 93, 3595–3601

Rasby R. 2020. Determining How Much Forage a Beef Cow Consumes Each Day. Institute For Agriculture and Natural Resorce UNL beef. UN Nebraska, Lincoln.

Salazar JAE, 2020. Estimación del suministro de proteína metabolizable en una ración para ganado de leche. Nutrición Animal Tropical 14(2): 85-100. Julio-Diciembre, 2020.

Ward M. 2021 Managing and Feeding Beef Cows Using Body Condition Scores. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences. New Mexico State University. 12 p.

EL PERIPARTO: SUPLEMENTACIÓN NUTRICIONAL ESTRATÉGICA, SALUD METABÓLICA Y FUNCIÓN REPRODUCTIVA

Rubén Darío Galvis Góez, Zoot, MSc, DrSc.

Profesor Asociado Departamento de Ciencias Animales, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Los períodos de déficit de nutrientes son frecuentes en las vacas nodrizas. Estos pueden ser causados por la disminución en la calidad y en la oferta de los forrajes. La mayoría de las explotaciones ganaderas utilizan el pastoreo de forrajes con calidad variable para la alimentación de las vacas nodrizas gestantes. Esta situación, puede crear un balance de nutrientes negativo para la madre y puede afectar al feto durante los períodos críticos de desarrollo. Ante esta situación se hace necesario conocer cuáles son los cambios metabólicos y los desbalances nutricionales a que están expuestas las vacas nodrizas durante la gestación y el posparto temprano con el objeto de identificar cuál debe ser esquema de suplementación más adecuado que permita un adecuado balance de tejidos y hormonas tanto en la madre como en el feto que permitan un adecuado desarrollo de la cría y una buena salud metabólica y un pronto reinicio de la actividad reproductiva en la madre.

1. Gestación tardía en la vaca nodriza: Ajustes fisiológicos y metabólicos

La nutrición adecuada durante la gestación tardía debe conseguir un balance nutricional positivo que permita el crecimiento fetal y la restauración de las reservas corporales de la madre, en lo posible este balance nutricional tiene que ser preciso. Balances nutricionales inferiores no conseguirán la restauración completa de las reservas corporales al momento del parto, y balances nutricionales superiores pueden ocasionar elevados pesos al nacimiento y sobre acondicionamiento de la madre, ambas condiciones indeseables. Adicionalmente las investigaciones recientes sobre la nutrición de la nodriza durante la gestación tardía han puesto en evidencia el efecto de los excesos de energía y proteína metabolizable (PM) sobre la salud metabólica de la nodriza durante la gestación tardía y el periparto.

La condición metabólica en la gestación tardía puede caracterizarse como el anabolismo gravídico, que garantiza la aceleración y culminación del desarrollo fetal y el desarrollo mamario. (Jeckel et al., 2018). La figura 1 describe las relaciones hormonales que ocurren en las vacas durante el último tercio de gestación. En el último tercio de gestación la placenta de las vacas aumenta la secreción de Lactógeno Placentario (LP) hasta en 10 veces respecto al inicio de gestación, esta hormona “orquesta” una serie de procesos metabólicos en el feto y en la madre que priorizan la utilización de los nutrientes para el desarrollo fetal. La misma placenta, el hígado, el tejido adiposo y la glándula mamaria de la madre expresan receptores (RLP) para el LP. El LP induce en el tejido adiposo de la madre una baja respuesta a la insulina, lo que indirectamente favorece la liberación de ácidos grasos no esterificados (AGNES), que son principalmente utilizados por el hígado materno. En la placenta el LP aumenta la expresión de los sistemas de ingreso de glucosa, aminoácidos y colesterol.

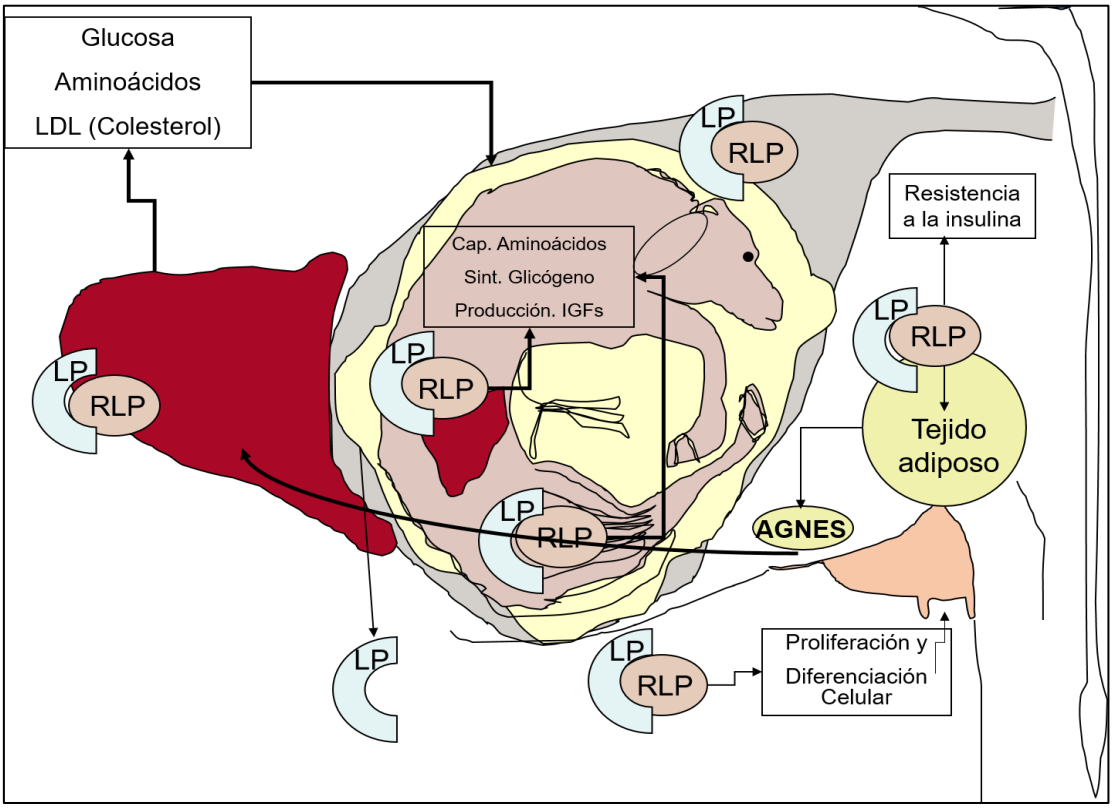


Figura 1. Cambios metabólicos inducidos por el lactógeno placentario durante el último tercio de gestación.

Adicionalmente, el aumento en el flujo sanguíneo al útero provoca un gran aumento en la captación de glucosa, aminoácidos y oxígeno (Vonnahme et al, 2018).

En el feto el LP tiene funciones de hormona promotora del crecimiento: En el hígado estimula la secreción de los factores insulinoides de crecimiento (IGFs), estos a su vez en el musculo y en el hígado estimulan la síntesis de glucógeno, la captura de aminoácidos y la síntesis proteica. A la par los IGFs promueven la proliferación y diferenciación celular. Todo esto se traduce en crecimiento fetal acelerado. En la glándula materna el LP promueve la proliferación y diferenciación celular lo que se traduce en un aumento del tejido secretor, principalmente durante el último mes de gestación.

Los cambios fisiológicos que ocurren durante el periparto constituyen un reto para la adecuada nutrición de la vaca nodriza, su salud metabólica y el restablecimiento de la actividad reproductiva. La interacción entre el estado nutricional y los cambios metabólicos propios del periparto son complejos y dan lugar a cambios en varios metabolitos y hormonas. Las concentraciones de ácidos grasos no esterificados (AGNES) y β-hidroxibutirato (βHB) son un índice de movilización de lípidos y de oxidación de ácidos grasos, por lo que las concentraciones altas sugieren un déficit energético; adicionalmente hormonas como el factor de crecimiento similar a la insulina tipo I (IGF-I) está relacionado tanto al balance energético como al balance proteico. Las concentraciones de IGF-1, βHB y AGNES cambian considerablemente durante el periparto y la lactancia temprana en relación a las condiciones nutricionales y metabólicas que imponen el parto y la iniciación de la lactancia, como puede observarse en la figura 2.

El balance nutricional condiciona significativamente la secreción de hormonas claves como la insulina, los IGFs y la leptina. La leptina es sintetizada y secretada por el tejido adiposo, sus concentraciones en el plasma están correlacionadas positivamente con la cantidad de grasa corporal. Lents et al (2005), encontraron que en vacas nodrizas el balance nutricional influye en las concentraciones de leptina. Con diferentes planos nutricionales las concentraciones plasmáticas de leptina se correlacionan con las concentraciones plasmáticas de insulina e IGF-I. Aunque las concentraciones de leptina en plasma se correlacionan con la condición corporal, los efectos nutricionales pueden ocurrir independientemente de la cantidad de grasa corporal. Estos autores encontraron que la condición corporal de las vacas influyó significativamente en las concentraciones de leptina, insulina e IGF-I, sin embargo, la condición corporal sólo representó menos del 12% de la variación en las concentraciones de leptina en plasma, y no influyó en las concentraciones plasmáticas de insulina e IGF-I. Estos autores concluyen que los efectos del balance nutricional de las vacas nodrizas gestantes sobre las concentraciones plasmáticas de leptina, insulina e IGF-I son mayores que el efecto de las reservas de grasa corporal.

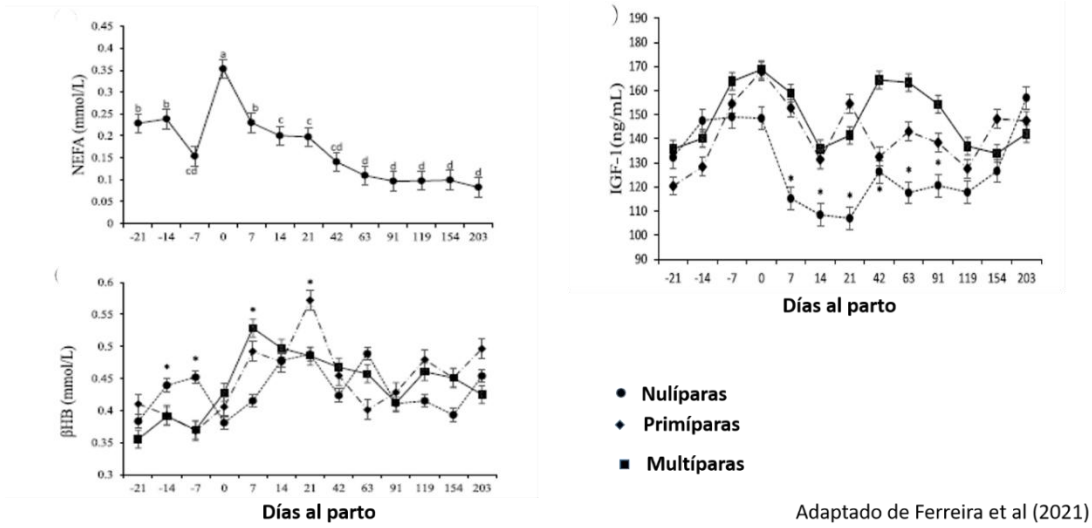


Figura 2. Cambios metabólicos y hormonales en vacas nodrizas durante el periparto.

La utilización de los nutrientes en la nodriza durante el último tercio de gestación puede influenciarse por el balance nutricional, el cual probablemente afecta la secreción hormonal, teniendo efectos significativos tanto en el cuerpo de la nodriza como del feto en desarrollo. El aumento de la ingesta de energía durante el último tercio de gestación se ha relacionado con un aumento en la secreción de IGFs materno (Lemley et al., 2014). Los IGFs aumentan significativamente la captación de glucosa y aminoácidos por los tejidos fetales y maternos. (Sferruzzi-Perri et al., 2007).

2. Subnutrición durante el periparto: Efectos sobre los cambios hormonales, la calostrogénesis y el parto.

La subnutrición durante las últimas semanas de gestación puede afectar potencialmente la secreción de calostro y retrasar la liberación de este a las crías, lo que conduce a una transferencia deficiente de inmunidad pasiva, altas tasas de mortalidad y una reducción del crecimiento de los terneros en etapas tempranas de la vida (McGee and Earley 2019). Se ha observado que el inicio y la finalización de la producción de calostro ocurren aproximadamente 14 días antes del parto, y que la tasa de

colostrogénesis se acelera gradualmente hasta alcanzar su punto máximo entre 24 y 48 horas antes del parto. (Baumrucker and Bruckmaier 2014, citados por Silva et al, 2023). Estudios recientes han sugerido que incluso deficiencias temporales durante el periparto pueden disminuir significativamente la producción de calostro y dificultar la transferencia de inmunidad pasiva, en estos estudios el impacto de la desnutrición no dependió de la condición corporal de la madre (Silva et al 2022). Kennedy et al (2019) encontraron que la suplementación con derivados DDGS al 0.3% del peso vivo durante la gestación tardía en vacas pastoreando forrajes de bajo contenido nutricional incremento significativamente el flujo sanguíneo hacia la glándula mamaría, teniendo efectos positivos sobre la producción de calostro. Silva et al (2023) basados en los hallazgos de varios autores (Burton *et al*. 1984; Hough *et al*. 1990*b*; LeMaster *et al*. 2017, citados por silva et al 2023) afirman que las restricciones nutricionales durante preparto aumentan el cortisol plasmático y reducen las concentraciones de triyodotironina (T3) en los terneros recién nacidos, y reducen la eficiencia de absorción y la concentración plasmática de IgG1. Los efectos de la subnutrición durante el preparto sobre la disminución en la secreción de progesterona en los días previos al parto han sido poco estudiados, Silva et al (2022) encontraron que la suplementación con proteína a vacas que consumían henos de baja calidad nutricional durante los 14 días previos al parto disminuyó la progesterona plasmática antes del parto y la inclusión de productos de fermentación de levadura adelantó aún más el inicio de la disminución de la progesterona, lo que según estos autores tiene efectos benéficos sobre el balance hormonal adecuado durante el periparto.

Silva et al (2023) postulan una serie de mecanismos por los cuales la subnutrición durante el preparto puede afectar la producción de calostro, su composición y su absorción por el neonato. Un posible mecanismo implica un suministro reducido de nutrientes, que probablemente esté relacionado con la disminución del flujo sanguíneo tanto al útero como a la glándula mamaria. El menor suministro de nutrientes puede resultar en un menor peso al nacimiento y una menor producción de calostro. El segundo mecanismo potencial se caracteriza por concentraciones elevadas de progesterona y concentraciones reducidas de estrógeno en la sangre en las semanas previas al parto. Como resultado, se obstaculiza la transferencia de IgG1 a las secreciones mamarias, lo que conduce a una calidad reducida del calostro y una posible falla en la transferencia de inmunidad pasiva. Además, como tercer mecanismo potencial, un aumento en las concentraciones de cortisol tanto en la vaca como en el ternero recién nacido puede disminuir la capacidad del intestino delgado para absorber IgG. y aumentar la labor en el parto y retrasar la liberación de calostro. Estos mecanismos se presentan en la figura 3.

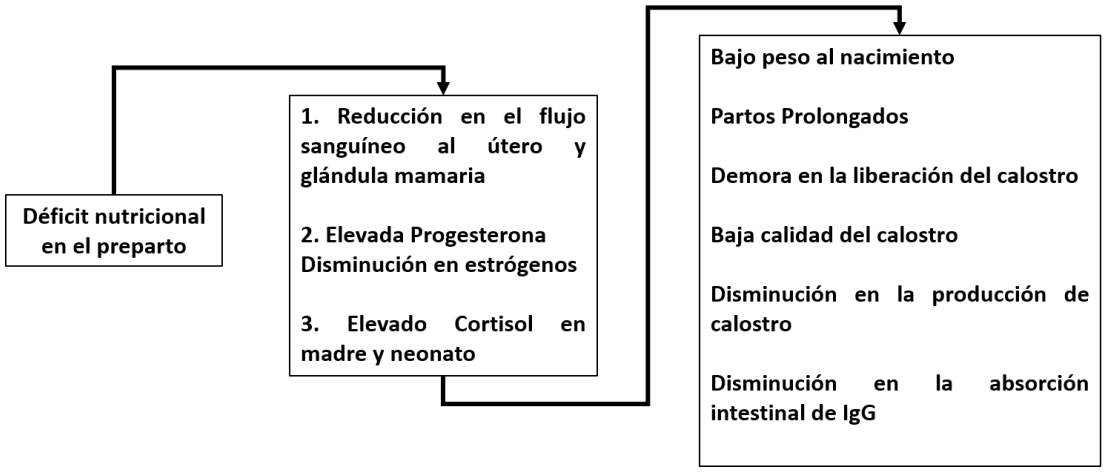
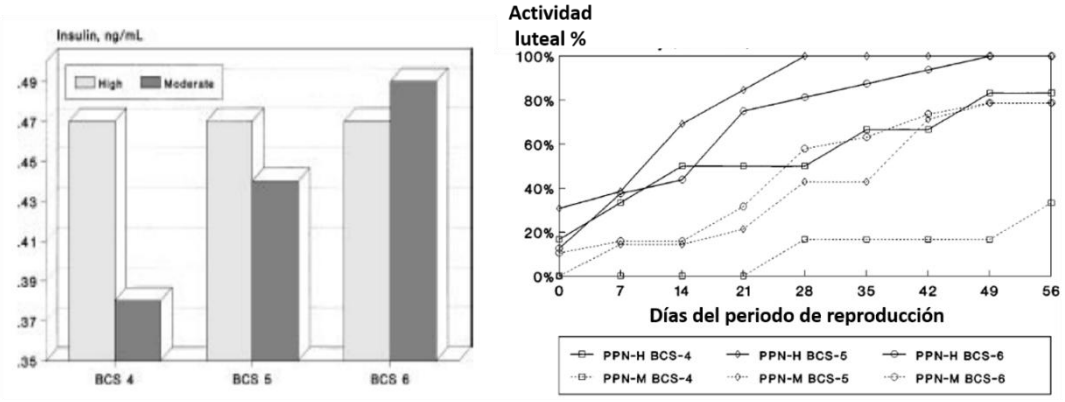


Figura 3. Efectos negativos del déficit nutricional durante el preparto de vacas nodrizas. Adaptado de Silva et al (2023)

3. Estado nutricional y metabólico de la nodriza durante el preparto y posparto temprano: efectos sobre la reiniciación de la función reproductiva.

El balance nutricional afecta de forma significativa la adaptación a los cambios metabólicos en la lactancia temprana y su efecto sobre la reiniciación de la función reproductiva. Vizcarra et al (1999) encontraron que la condición corporal al parto (CC) y la nutrición durante el posparto temprano influyen en las concentraciones plasmáticas de glucosa y AGNES y en el inicio de la actividad lútea en vacas nodrizas de primer parto. Estos autores encontraron que con un plano de alimentación moderado las concentraciones de insulina fueron significativamente más bajas en las vacas con menor condición corporal al parto, el efecto de la CC se pudo eliminar con un plano de alimentación alto, lo que estuvo correlacionando con el reinicio de

la actividad ovárica, pues un porcentaje mayor de vacas reiniciaron su actividad luteal cuando tenían mayor condición corporal y fueron alimentadas con un plano nutricional alto, como se puede observar en la figura 4. (Vizcarra et al 1999)



BCS: Condición corporal al parto **Plano Nutricional durante el posparto: PPN-H: Alto, PPN-M: Moderado**

Figura 4. Efecto de la condición corporal al parto y el plano nutricional durante el posparto sobre la concentración de insulina y la actividad luteal en nodrizas de primer parto.

Vizcarra et al (1999).

Watteman y bossis (2000) en una amplia revisión postulan que el desarrollo folicular que conduce a la ovulación está estrechamente relacionado con la concentración de IGF-1 durante la lactancia temprana. Estos indican que en las ondas foliculares anovulatorias las vacas presentan concentraciones inferiores de IGF-1 respecto a la onda ovulatorias y que las concentraciones de IGF-1 se relacionan directamente con el plano nutricional. Acorde con lo anterior el mantenimiento de las condiciones nutricionales que permitan una condición corporal al parto adecuada y un plano nutricional que permita el mantenimiento de la secreción de las hormonas intermediarias de la energía como lo son la insulina e IGF-1 deberán

favorecer la salud metabólica y el restablecimiento de la función reproductiva.

Lents et al (2008), evaluaron el efecto de la suplementación proteica durante los 60 días posparto en vacas con diferente condición corporal al parto encontrando que la CC al parto tuvo efectos sobre las concentraciones de IGF-1, mientras que la suplementación con proteína no. Adicionalmente encontraron que las concentraciones de IGF-1 se incrementaron linealmente en las tres semanas previas al primer estro posparto. Lo que se puede observar en la figura 5.

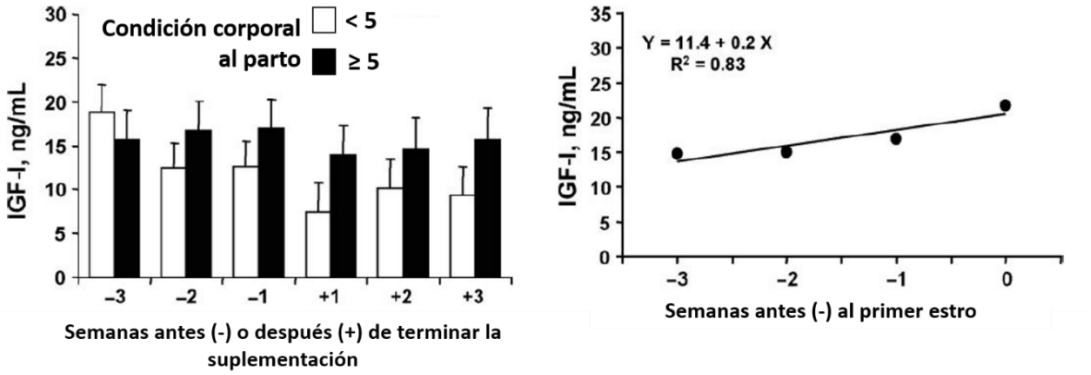


Figura 5. Interacciones entre la condición corporal al parto, las concentraciones de IGF-1 y la reactivación ovárica posparto. Lents et al (2008).

Lents et al (2008) concluyen que las vacas deben ser alimentadas para parir con una condición corporal moderada y para mantener el peso corporal después del parto, esto debe disminuir el intervalo hasta el primer estro, aumentar el desarrollo folicular y maximizar la tasa de preñez.

4. Suplementación con proteína a vacas nodrizas durante el preparto.

La suplementación de las vacas nodrizas durante las épocas donde la oferta de forraje no es suficiente o de baja calidad para cubrir sus requerimientos de materia seca y proteína bruta genera beneficios inminentes. En estos casos en primera instancia se debe recurrir a los forrajes conservados (Henos, ensilajes), que por sus costos de producción pueden suministrarse en cantidades suficientes para alcanzar los requerimientos de materia seca. Siempre se debiera ensilar o henificar forrajes que por su valor nutricional realicen un aporte significativo de los nutrientes más limitantes en la pradera. Comúnmente las praderas de pastos naturales son deficientes en Proteína Bruta (PB) y presentan altos valores de FDN (Fibra en detergente neutro) y lignina, lo que disminuye significativamente su degradabilidad ruminal y el aporte de energía fermentable al rumen. Bajo esta condición la suplementación con forrajes conservados de calidad superior puede compensar las deficiencias de la pradera.

Weder et al (1999), suplementaron a vacas gestantes que pastoreaban una pradera natural de muy baja calidad nutricional (5.5%PB) con henos de alfalfa con 15.2% de PB o con heno de alfalfa de 18% de PB. Estos autores encontraron que las vacas suplementadas ganaron más peso corporal ($P<0,01$), más puntuación de condición corporal ($P<0,01$) y el peso al nacimiento de sus crías fue mayor ($P<0,01$) comparado que las vacas que solo consumieron la pradera de baja calidad nutricional.

Cuando la utilización de suplementos concentrados sea económicamente viable podrán ser utilizados para corregir las deficiencias nutricionales en las vacas nodrizas que pastorean praderas de baja calidad

nutricional. Moreno et al (2023), evaluaron la suplementación durante el último tercio de gestación y/o durante los 60 días posparto con 1.5 kg/d de un concentrado con 25% de PB conteniendo: 50% de harina de maíz, 27% salvado de trigo, 20% torta de soya, 2.7% de Urea y 0,3% de sulfato de amonio a vacas que consumían praderas con un bajo contenido de PB (8,9%) y altos contenidos de FDN (68.9%). Estos autores encontraron que la suplementación durante el posparto redujo las concentraciones de AGNES y aumentó las concentraciones de progesterona plasmática, sin embargo la suplementación durante el preparto disminuyo los valores de AGNES, mejoró significativamente, la condición corporal al parto, y el desempeño productivo y los indicadores metabólicos tanto en el preparto como en el posparto, sugiriendo que los efectos favorables de la suplementación durante el preparto se prolongan hasta el periodo posparto. De este estudio es importante inferir que la suplementación con fuentes de NNP acompañadas de alimentos fuentes de carbohidratos fermentables puede corregir los déficits de proteína degradable en rumen (PDR) presentes en los forrajes de baja calidad y con altos niveles de FDN.

Según Bohnert (2013), "Cuando la disponibilidad de forraje no es limitante, la primera prioridad de un suplemento proteico debe ser satisfacer el requerimiento ruminal de PDR (10 a 12% de la ingesta total de nutrientes digestibles; ingesta de TDN). Las razones para esto incluyen: 1) los microorganismos ruminales pueden usar PDR para producir proteína microbiana (fuente de proteína de alta calidad); 2) las fuentes de PDR son normalmente menos costosas que las fuentes de Proteína No Degradable en Rumen (PNDR); 3) la PDR puede mejorar la fermentación y digestión ruminal; y 4) la suplementación de PNDR a forrajes de baja calidad no parece generar mejoras sustanciales en el rendimiento del ganado vacuno de carne en comparación con la suplementación con PDR. Sin embargo, una vez que se satisface el requerimiento ruminal de PDR, la PDR adicional no aumentará la producción de proteína microbiana ni mejorará la fermentación ruminal. Por lo tanto, si aún se requiere proteína adicional para obtener un nivel deseado de producción, debe suplementarse con PNDR".

El efecto positivo de la suplementación con PB a las vacas nodrizas que pastorean forrajes de baja calidad (<7%PB) se basa en el aumento considerable en la digestibilidad de la dieta total y en su consumo. Mathis y Sawyer (2007) Citado por Bohnert (2013), encontraron que el consumo total de materia seca aumento un 3% cuando las vacas consumieron suplementos con menos de 15% de PB, 10% cuando consumieron suplementos con 15 a 20% de PB, 21% cuando consumieron suplementos con 20 a 30 % de PB y 44% cuando consumieron suplementos con más del 30% de PB.

Una alternativa para suplementar las praderas de baja calidad nutricional deficientes en PB, es la suplementación con fuentes de nitrógeno no proteico (NNP). Una ventaja obvia de las fuentes de NNP es el costo. Las fuentes de NNP suelen ser menos costosas (en términos de PB). Los microorganismos ruminales pueden utilizar eficazmente el NNP como fuente de nitrógeno en la producción de proteína microbiana, sin embargo, cuando la producción de proteína microbiana no está limitada por la disponibilidad de nitrógeno ruminal, las fuentes de proteína verdadera suelen ser superiores a las fuentes de NNP como suplemento de PB (Bohnert 2013).

LeMaster (2015) encontró que las concentraciones plasmáticas de insulina disminuyen significativamente en vacas nodrizas sometidas a balance nutricional negativo (NR) y que la suplementación con 0.45 kg/día con torta de soya en los animales restringidos (NRS) consiguió disminuir la pérdida de peso, pero no elevar los niveles de insulina respecto a las nodrizas alimentadas para llenar sus requerimientos de gestación y ganancia de peso (Control) Véase figura 6.

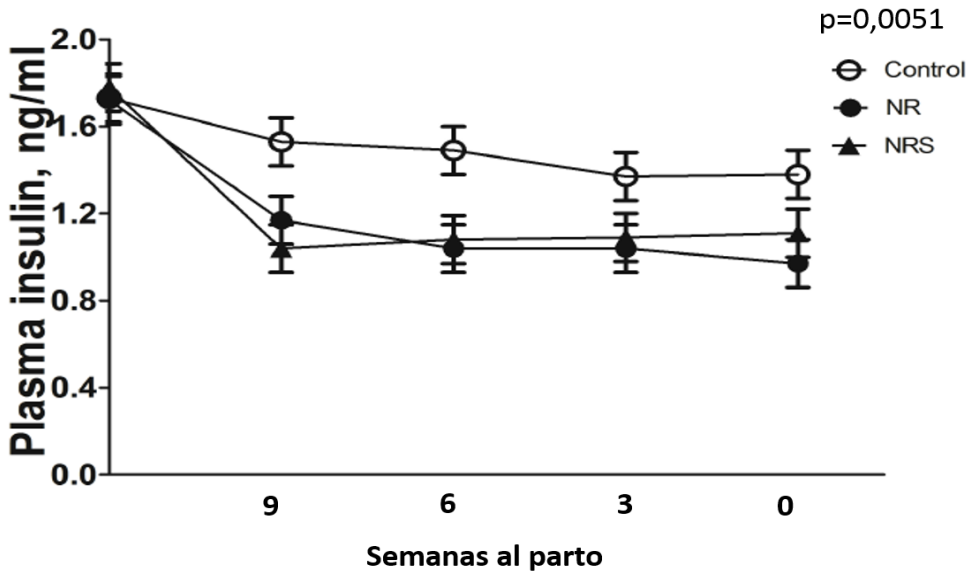


Figura 6. Concentraciones plasmáticas de insulina durante la última etapa de la gestación. Adaptado de LeMaster (2015).

En los resultados presentados por LeMaster et al (2015) se observa que, aunque la suplementación no logro conseguir un balance nutricional positivo consiguió disminuir los efectos de la restricción de nutrientes sobre el peso de las crías al nacimiento. Véase tabla 1.

Tabla 1. Peso al nacer del ternero (kg) nacido de vacas multíparas alimentadas con una dieta de control (Con), una dieta restringida en nutrientes (NR) o restringida en nutrientes con suplementadas con 0.45 Kg/d de torta de soya (NRS) durante los últimos 100 días de gestación.

Item	Con	NR	NRS	*P*-value
Crías	19	19	19	
Peso al nacimiento	37.2 ± 1.2	33.4 ± 1.3	35.0 ± 1.3	0.0406

Adaptado de LeMaster (2015).

Sletmoen-Olson et al (2000a), lograron disminuir significativamente la pérdida de peso en vacas consumiendo praderas de bajo valor nutricional. Estos suministraron 1,3 kg de MS/día de uno de tres suplementos proteicos conteniendo 53, 223 o 412 g PNDR/kg de MS, respectivamente. Los suplementos fueron isocalóricos (1,77 Mcal NEm/kg) y contenían cantidades iguales de proteína degradable en rumen (PDR; 211 g /kg de suplemento de MS). Los puntajes de condición corporal de las vacas suplementadas fueron más altos al momento del parto y durante el tercer mes de lactancia en comparación con las vacas no suplementadas. Estos resultados fueron coherentes con las concentraciones de metabolitos y hormonas. Durante la gestación, la concentración plasmática de insulina aumento significativamente con la suplementación; la insulina aumentó significativamente a medida que aumentaba la suplementación con PNDR. Durante la lactancia, la insulina plasmática fue significativamente mayor en las vacas suplementadas que en las vacas control. Las concentraciones de AGNES fueron mayores en todos los períodos medidos excepto en el primer mes de la lactancia en las vacas control que en las vacas

suplementadas. Estos resultados sugieren que la suplementación con PNDR aumenta significativamente las concentraciones plasmáticas de hormonas y metabolitos en vacas nodrizas gestantes y lactantes que consumen praderas de baja calidad.

La suplementación con proteína no degradable en rumen (PNDR) durante la gestación tardía puede provocar efectos dramáticos sobre el desarrollo de los fetos. Costa et al 2022 encontraron que la suplementación con PNDR después del día 180 de gestación aumentó las concentraciones sanguíneas de aminoácidos de cadena ramificada y tendió a aumentar los niveles de óxido nítrico, lo que probablemente mejoró el suministro de nutrientes al feto, como consecuencia las crías presentaron un aumentó en el número de fibras musculares y en la adipogenesis.

Hare et al 2022 encontraron que un exceso de proteína metabolizable (PM) del 33% en vacas de primer parto en relación con sus requerimientos durante la gestación tardía puede aumentar el riesgo de resistencia a la insulina (IR) antes del parto y aumentar las concentraciones de insulina en el calostro, lo que sugiere que la IR al final de la gestación puede estar asociada con el consumo excesivo de PM. Véase tabla 2.

Tabla 2. Efectos de los excesos de Proteína Metabolizable (PM) durante 60 días preparto sobre los índices de resistencia a la insulina.

	Control	Exceso de PM	
Valores preparto			p
Insulina plasmática µg/L	0.21 ± 0.03	0.37 ± 0.06	0.017
Glucosa plasmática mg/dl	61.55 ± 6.90	74.58 ± 8.15	0.038
Índices de resistencia a la insulina			
HOMA-IR, µU/L x mmol/L	0.83 ± 0.18	1.89 ± 0.37	0.011
QUICKI, $\mu U/L^{-1} \times mg/dL^{-1}$	0.40 ± 0.01	0.35 ± 0.01	0.009
Insulina en el calostro µg/L	25.7 ± 2.87	50.4 ± 6.23	0.004

Control: Consumo del 100% de los requerimientos de Proteína Metabolizable (PM)
Exceso de PM: Consumo del 133% de los requerimientos de PM

Adaptado de Hare et al (2022).

La mayor disponibilidad de nutrientes asociada con el exceso de PM durante la gestación tardía en novillas pueda alterar el estado homeorético al inducir IR. Los resultados de varias investigaciones demuestran que la suplementación con proteína no degradable en rumen durante el preparto a las vacas nodrizas aumenta significativamente las concentraciones de glucosa e insulina (Sletmoen-Olson et al, 2000b), lo que sugiere un posible aumento en el índice de resistencia a la insulina.

Acorde con los autores revisados, la suplementación con proteína degradable en rumen trae efectos benéficos sobre el balance nutricional de las vacas nodrizas gestantes. Dado que los requerimientos de proteína metabolizable en vacas nodrizas gestantes son relativamente bajos, es de esperar que la suplementación con fuentes de proteína degradable en rumen realicen un aporte suficiente de N y

energía fermentable al rumen para optimizar el crecimiento microbiano, la degradabilidad de la FDN y el aporte de proteína microbiana al intestino.

Los resultados reportados respecto a los efectos de la suplementación con PNDR y PM a vacas nodrizas gestantes sugieren una elevación significativa en el aporte de aminoácidos y energía, que posiblemente supera los requerimientos de las nodrizas gestantes. Esto podría explicar las elevadas concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina en estos animales, y poner en evidencia un mayor riesgo de exacerbar el mecanismo de resistencia a la insulina expresado fisiológicamente durante las últimas semanas de gestación. Acorde con lo anterior se sugiere que la suplementación con PNDR y PM a vacas nodrizas gestantes no es necesaria, adicionalmente puede tener efectos desfavorables en la salud metabólica de las vacas y en aumentar significativamente el tamaño de las crías al nacimiento.

5. Suplementación energética durante el preparto de la vaca nodriza

Chem et al (2022) encontraron que la concentración energética (1,67 vs 153 vs 136 Mcal de ENm / kg MS) de una dieta isoproteíca (11.7% PB) formulada para proveer el 110 vs 100 vs 90% de los requerimientos de energía, en los 45 días previos al parto tuvo efectos sobre la condición corporal al parto, la ingesta total de energía, la concentración plasmática de glucosa y NEFAS, y el peso al nacimiento de las crías macho, estos datos se pueden observar en la tabla 3.

Tabla 3. Efecto de la concentración energética en dietas isoproteícas durante los 45 días previos al parto sobre la ganancia de peso y la concentración de glucosa y Ácidos Grasos No Esterificados (AGNES).

	Mcal de ENm / kg de MS			
	1,67	1,53	1,36	p
Peso Corporal al inicio kg	517	505	509	0.59
Peso corporal al parto kg	573	558	546	0.21
Condición corporal al inicio	5.72	5.71	5.68	0.86
Condición corporal al parto	6.05^{a}	5.89^{ab}	5.81^{b}	0.03
Consumo materia seca kg/d	10.82	10.71	10.48	0.73
Consumo de ENm Mcal/d	18.03^{a}	16.37^{ab}	14.46^{b}	0.021
Consumo de Proteína Cruda kg/d	1.25	1.22	1.23	0.59
Glucosa plasmática mmol/L	4.86^{a}	4.18^{ab}	3.75^{b}	0.025
AGNE, µmol/L	426.05^{b}	448.47^{b}	566.31^{a}	0.019

Adaptado de Chem et al (2022)

Estos resultados sugieren que cambios moderados (+/-10%) en el balance energético durante el preparto tiene efectos significativos en la condición corporal al parto y sobre la concentración plasmática

de glucosa y AGNES. Estos mismos autores reportaron un aumento significativo en el peso al nacimiento de las crías macho de las vacas que recibieron un exceso del 10% de energía, lo que puede considerarse un efecto desfavorable por el aumento de la dificultad de parto asociada con crías machos significativamente más grandes, véase tabla 4.

Klein et al (2022) Reportaron pesos al nacimiento significativamente diferentes para las crías de vacas que pastorearon forrajes nativos y que presentaron balance nutricional negativo (RES) en comparación con las vacas que fueron suplementadas para satisfacer sus requerimientos energéticos (REQ) o para superarlos en un 50% (ALTO) durante el último tercio de gestación, como se observa en la tabla 5.

Tabla 4. Efecto de la concentración energética en dietas isoproteícas durante los 45

días previos al parto sobre el peso al nacimiento de crías macho y hembra.

	Mcal de ENm / kg de MS			
	1,67	1,53	1,36	p
Peso al nacimiento machos, kg	41.88[a]	37.92[ab]	34.13[b]	0.020
Peso al nacimiento hembras, kg	37.63	35.84	33.28	0.156

Adaptado de Chem et al (2022)

Tabla 5. Peso al nacer de crías macho o hembra (kg) nacidos de vacas alimentadas con una dieta de restringida en nutrientes (RES) o una dieta con suplementación para satisfacer requerimientos (REQ) o para superarlos en un 50% (ALTO) durante el último tercio de gestación.

	Tratamiento[1] (n)			Valor
Peso al Nacimiento (Kg)	RES (14)	REQ (16)	ALTO (12)	de *P*
Machos	34.58[b] ± 1.32	39.28[a] ± 1.24	39.13[a] ± 1.43	0.0248
Hembras	32.79 ± 1.25	35.45 ± 1.38	34.01 ± 1.24	0.3730

Adaptado de Klein et al (2022).

Los resultados de Klein et al (2022) sugieren un mayor efecto de la subnutrición durante la gestación tardía sobre el peso de las crías machos al nacimiento, sin embargo, el mayor consumo de energía por encima de los requerimientos no aumentó significativamente el peso de estos.

Un mayor peso al nacer de los terneros es favorable para la productividad futura, sin embargo, una dieta alta en energía durante la última etapa de la gestación puede generar un aumento en las dificultades al parto.

Kang et al (2022) reportaron un aumento significativo en el peso al nacimiento y en las hormonas relacionadas con el metabolismo de la energía en las crías de vacas primerizas sometidas a dietas altas en energía durante los 45 días preparto (véase tabla 6). En este estudio, los niveles de energía metabolizable (EM) fueron de 2.09, 2.26 y 2.43 Mcal EM/kg. Según NASEM (2016) novillas con características similares a las utilizadas por Kang et al (2022) requieren cerca de 2.20 Mcal de EM/Kg MS

para cubrir sus requerimientos de mantenimiento, crecimiento y gestación. En este estudio al menos en el tratamiento con 2.43 Mcal EM/kg MS se presentó un excedente importante que pudo ocasionar un sobre acondicionamiento de las novillas al momento de su primer parto, lo que sumado a un tamaño de la cría significativamente mayor y aun desarrollo corporal inmaduro (Edad < 22 meses, peso corporal < 350 kg, al inicio del experimento), pueden explicar la alta tasa de distocia (33.33%) que se presentó en estos animales. Estos autores no detallaron el efecto de las dietas altas en energía durante la gestación tardía sobre el sobre acondicionamiento de las novillas, sin embargo los resultados reportados deben sugerir que este factor debe controlarse cuando se suplementen los animales durante este periodo.

Tabla 6. Efecto de la concentración de Energía Metabolizable (EM Mcal Kg de MS) durante los 60 días preparto sobre el peso al nacimiento y la concentración de hormonas en la sangre de los neonatos.

	Mcal EM/kg MS				
	2.09	2.26	2.43	SEM	p
Peso al Nacimiento (kg)	26.83^{b}	29.43^{ab}	32.38^{a}	1.22	0.02
IGF-1, ng/mL	150.91^{b}	171.08^{a}	169.31^{a}	2.81	0.04
LEP, ng/mL	0.80^{c}	0.85^{b}	0.93^{a}	0.02	<0.01
FGF-21, ug/L	1.35^{b}	1.34^{b}	1.42^{a}	0.02	0.02

IGF-1: Factor Insulinoide de Crecimiento Tipo1. LEP: Leptina FGF-21: Factor de crecimiento de fibroblastos 21.

Adaptado de Kang et al (2022).

Kang et al (2022), estudiaron el efecto del nivel de EM en el último tercio de gestación sobre la captura de nutrientes por la placenta y sobre la concentración de hormonas relacionadas con el metabolismo de la energía en la sangre de los neonatos. Estos autores encontraron que la concentración de IGF-1, de Leptina y del Factor de crecimiento de fibroblastos 21 (FGF-21) en las crías de las novillas que recibieron 2.43 Mcal EM/kg MS fue mayor comparado con las crías de las novillas que recibieron 2.09 Mcal/kg MS. Según los autores estas hormonas son indicadoras de un balance nutricional favorable al crecimiento, y el FGF-21 puede promover la expresión de los transportadores de glucosa por los adipocitos, lo que tiene efectos importantes en el metabolismo de lípidos y carbohidratos. Respecto a la captura de nutrientes por la placenta estos autores encontraron que la expresión de los sistemas de transporte en la placenta para glucosa (GLUT1 y GLUT3), para aminoácidos (SLC38A1), así como de los factores insulinoides de crecimiento (IGF1 e IGF-2) aumentó significativamente en las novillas que recibieron 2.43 Mcal EM/kg MS, véase figura 7.

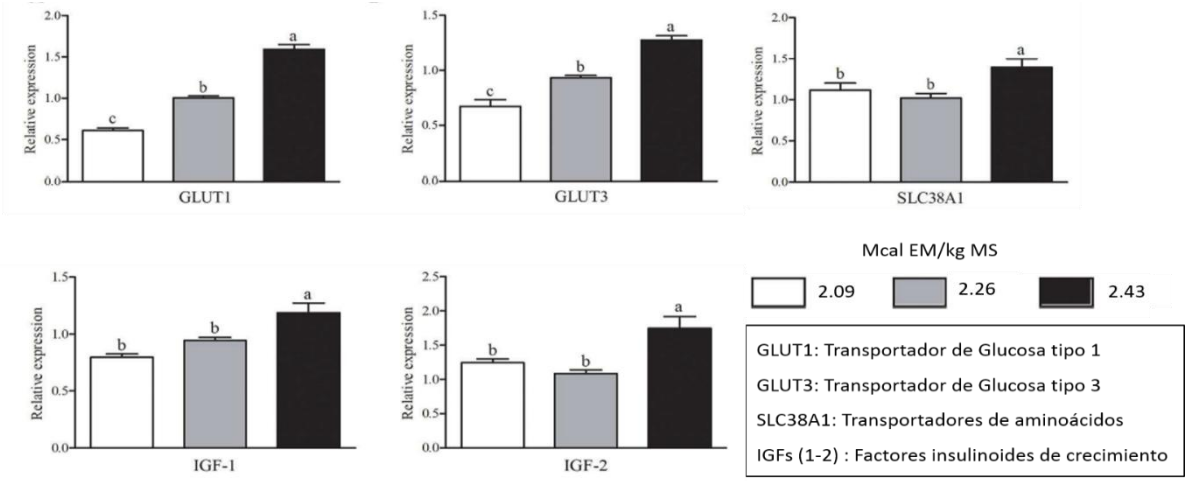


Figura 7. Expresión placentaria de sistemas de transporte de nutrientes y de factores de crecimiento en relación a la concentración de energía metabolizable (EM, Mcal Kg MS) durante los 60 días preparto. Adaptado de Kang et al (2022).

El acceso fetal a los nutrientes maternos requiere la participación de transportadores de nutrientes en la placenta. Como fuente importante de energía, la glucosa es esencial para el crecimiento saludable del feto. El transporte de glucosa en la placenta está regulado por la difusión facilitada a través de los transportadores de glucosa (GLUT). Los GLUT1 se expresan principalmente en la membrana basal de la placenta, mientras que los GLUT3 se encuentran en la membrana de las microvellosidades (Wooding et al 2005, citados por Kang et al 2022). Las expresiones aumentadas de GLUT1 y GLUT3 pueden estar relacionadas con el aumento de la angiogénesis placentaria. Tanto en este trabajo como en otros (Batistel et al 2017) el aumento en la expresión de los sistemas de transporte de glucosa, como los sistemas de transporte de aminoácidos (SLC38A1) se relacionó significativamente con el aumento del peso en los terneros al nacimiento (Kang et al, 2022).

Los factores de crecimiento similares a la insulina (IGFs) en la placenta están involucrados en la regulación del transporte de glucosa y aminoácidos, así como en la reserva de glucógeno, y están asociados con el desarrollo fetal. Las dietas altas en energía durante los 60 días previos al parto aumentan significativamente la expresión de IGFs en la placenta (Kang et al, 2022).

Los resultados de los autores revisados indican que la suplementación energética en nodrizas gestantes debe ajustarse para cubrir de forma precisa sus requerimientos gestación, crecimiento y ganancia de peso. Los excesos de energía durante la gestación tardía inducen cambios hormonales que incrementan significativamente la condición corporal de la madre y el tamaño de las crías al nacimiento. Algunos resultados sugieren un mayor efecto en el peso al nacimiento de las crías macho, lo que puede aumentar la frecuencia de partos difíciles.

6. Suplementación con grasa a vacas nodrizas durante el preparto

Añez-Osuna et al (2019), evaluaron los efectos del nivel y la fuente de grasa en la dieta de vacas nodrizas gestantes sobre su estado metabólico y el peso de las crías al nacimiento. Estos autores compararon el efecto de una dieta baja en grasas (LF; 1,4 ± 0,12 % Extracto Etéreo) que consistía en heno de gramíneas y leguminosas, paja de cebada y grano de cebada, con el efecto de una dieta alta en grasa (HF; 3,3 ± 0,20 % Extracto Etéreo) que incluían un alimento granulado a base de semillas de canola (CAN) o de semillas

de lino (FLX). Destaca que en este experimento cada dieta entregó cantidades diarias similares de energía digestible (31,2 ± 2,8 Mcal/vaca), proteína bruta (1,36 ± 0,13 kg/vaca) y materia seca (12,9 ± 1,0 kg/vaca), por lo que los resultados son atribuibles al nivel y fuente de grasa utilizado en cada dieta. Estos autores encontraron que al final de la gestación, la concentración de AGNES fue significativamente menor en las vacas que consumieron la dieta baja en grasas. Las vacas que consumieron la dieta a base semillas de lino tuvieron una mayor concentración AGNES que las vacas que consumieron la dieta a base de semillas de canola. Las vacas que recibieron la dieta baja en grasas dieron a luz terneros más livianos en comparación con las que recibieron las dietas altas en grasa HF (40,2 frente a 42,9 kg), la alimentación con la dieta baja en grasas produjo un aumento de la CC y del espesor de la grasa subcutánea. Cuando el peso corporal de las vacas se corrigió en función del peso fetal y del útero grávido, las vacas alimentadas con la dieta baja en grasas eran más pesadas que las alimentadas con dietas ricas en grasas, por el contrario, la alimentación con dietas ricas en grasas durante la gestación resultó en vacas más delgadas y crías machos más pesados al nacimiento, lo que no se evidenció en las crías hembra. Véase la tabla 7.

Tabla7. Efecto del nivel y la fuente de grasa en la dieta de vacas en el último tercio de gestación sobre los cambios de peso y condición corporal y sobre el peso de las crías al nacimiento.

					Comparaciones	
	LF	CAN	FLX	SEM	LF vs. HF	CAN vs. FLX
	(*n* = 10)	(*n* = 10)	(*n* = 10)			
AGNES µEq/L	592	636	961	56.9	<0.01	<0.01
BHBA mg/dl	9.75	10.2	8.96	0.96	0.78	0.13
Ganancia de peso promedio corregida por conceptus (kg/d)	0.31	0.25	0.24	0.12	<0.01	0.76
Condición Corporal	2.80	2.64	2.68	0.12	0.01	0.52
Peso al nacimiento Kg)						
Machos	41.4	44.6	45.2	1.08	<0.01	0.68
Hembras	39.0	40.5	41.0	1.65	0.20	0.73

LF: dieta baja en grasas, CAN: dieta alta en grasas a base de canola, FLX: dieta alta en grasas a base de semillas de linaza. HF = promedio de CAN y FLX. BHBA: β-Hidroxibutirato, AGNES: Ácidos Grasos No Esterificados.

Adaptado de Añez-Osuna et al (2019).

Cornand et al (2023), evaluaron la suplementación con 0, 150 y 300 g de grasa por día proveniente de semilla de canola en vacas durante el último tercio de gestación, que consumían dietas isoproteícas e isoenergéticas, y que llenaban sus requerimientos nutricionales. Estos autores encontraron que la condición corporal disminuyo cuadráticamente (p=0.01) desde el inicio de la suplementación y hasta el día 21 posparto a medida que aumentaba la inclusión de grasa, el peso de las crías hembras al nacimiento disminuyó cuadráticamente (p=0,01) a medida que aumentaba la inclusión de grasa, pero no hubo efecto (P≥ 0,75) en el peso de las crías machos.

Los resultados anteriores sugieren que la suplementación a nodrizas con grasa durante la gestación tardía puede tener efectos desfavorables sobre la condición corporal al parto y sobre los cambios de condición corporal durante el posparto temprano. Los efectos sobre el peso de las crías al nacimiento no son claros, pues los resultados entre varios autores no son coincidentes, sin embargo, la disminución en el peso de las hembras reportado por Cornand et al (2023), y el aumento significativo del peso de las

machos reportado por Añez-Osuna et al (2019) pueden considerarse desfavorables debido a sus efectos sobre la vitalidad y sobrevivencia de las crías hembras al nacimiento y sobre la mayor dificultad de parto en crías machos con pesos significativamente mayores.

7. Consideraciones finales

En el contexto de vacas nodrizas durante el último tercio de gestación que pastorean praderas de relativo bajo valor nutricional (Deficientes en PB y altas en FDN) la suplementación con fuentes de Proteína Degradable en rumen (forrajes y suplementos) trae efectos favorables sobre el aporte de N y energía fermentable al rumen, incrementa la degradabilidad de la FDN, el consumo total de materia seca y el aporte de proteína microbiana al intestino. Bajo esta condición los productos generados en el rumen (ácidos grasos volátiles y proteína microbiana) son suficientes para llenar los requerimientos de las vacas nodrizas gestantes, recuperar su condición corporal al parto y tener un balance hormonal que favorezca su salud metabólica y el reinicio de su actividad reproductiva durante el posparto temprano. La suplementación con fuentes de grasa, o con suplementos que superen las necesidades de energía y proteína metabolizable puede generar incrementos exagerados en las hormonas intermediarias del metabolismo de la energía, las cuales aumentan la captación de nutrientes por la madre y el feto, causando efectos desfavorables en la condición corporal y en el peso de las crías al nacimiento.

Referencias Bibliográficas

Añez-Osuna F, Penner B, Campbell J, Dugan M, Fitzsimmons C, Jefferson P, Lardner H, and McKinnon J. 2019. Level and source of fat in the diet of gestating beef cows: I. Effects on the prepartum performance of the dam and birth weight of the progeny. J. Anim. Sci. 97:3103–3119.

Batistel F, Alharthi A, Wang L, Parys C, Pan Y, Cardoso F, et al. Placentome nutrient transporters and mammalian target of rapamycin signaling proteins are altered by the methionine supply during late gestation in dairy cows and are associated with newborn birth weight. J Nutr. (2017) 147:1640-7.

Bohnert D. 2013. Supplementation of beef cattle on pasture. Text prepared for VIII NESPRO Meeting / I International Symposium in Beef Cattle Production System. Porto. Alegre, RS, Brazil. September 24th. - 26th, 2013.

Chen H, Wang C, Huasai S and Chen A. 2022. Effect of prepartum dietary energy density on beef cow energy metabolites, and birth weight and antioxidative capabilities of neonatal calves. Scientific Reports 12:4828

Cornand E, Larson K, Fitzsimmons C, McKinnon J, Lardner H. 2023. Level of Supplemental Fat in the Diet of Gestating Beef Cows: Effects on Cow and Calf Performance. J. Anim. Sci. 101, Suppl. S3.

Costa T, Lourenço P, Souza R, Lopes M, Araújo R, Santos M,,Luciano L, Massensini J, Chalfun L, Rennó L,Sampaio C. Veroneze R, Paulino P, Gionbelli M, ,Duarte M. 2022. Ruminal undegradable protein enriched diet during late gestation of beef cows affects maternal metabolism and offspring's skeletal muscle development. Anim. Feed Sci and Tech 291:

Ferreira M, Navajas L, Rodrigues I, Detmann E, Fonseca M, De Campos S, Hudson Caio H, Silveira C and Silveria D. 2021. Effects of parity order on performance, metabolic, and hormonal parameters of grazing beef cows during pre-calving and lactation periods. BMC Veterinary Research 17:311, 2-15.

Hare K, Penner G, Steele M, Wood K 2022. Oversupplying metabolizable protein during late gestation to beef cattle does not infuence ante- or postpartum glucose-insulin kinetics but does affect prepartum insulin resistance indices and colostrum insulin content. J Anim Sci 100, 1–14

Jeckel KM, Boyarko AC, Bouma GJ, Winger QA, Anthony RV. 2018. Chorionic somatomammotropin impacts early fetal growth and placental gene expression. J Endocrinol. 237:301310.

Kang K, Zeng L, Ma J, Shi L, Hu R, Zou H, Peng Q, Wang L, Xue B and Wang Z. 2022. High energy diet of beef cows during gestation promoted growth performance of calves by improving placental nutrients. Frontiers in Veterinary Science: 24 Nov 2022.

Kennedy VC, Gaspers JJ, Mordhorst BR, Stokka GL, Swanson KC, Bauer ML, Vonnahme KA 2019 Late gestation supplementation of corn dried distiller's grains plus solubles to beef cows fed a low-quality forage: III. Effects on mammary gland blood flow, colostrum and milk production, and calf body weights. *J Anim Sc* 97, 3337–3347

Klein A, Adams S,Farias de Moura A, Borchate D, Alves Filho D, Pansiera D, Moro F, Dos Santos G, Brondani I, Gonçalves R. 2022. Efecto de la nutrición en el último tercio de la gestación de vacas de carne sobre el desarrollo de la progenie. Rev Mex Cienc Pecu 13(3):658-673

Lemley CO, Meyer AM, Neville TL, Hallford DM, Camacho LE, Maddock-Carlin KR, Wilmoth TA, Wilson ME, Perry GA, Redmer DA. 2014. Dietary selenium and nutritional plane alters maternal endocrine profiles during pregnancy and lactation. *Domest Anim Endocrinol*, 46:1-11.

LeMaster C. 2015 "the effects of late gestation maternal nutrient estriction with or without protein supplementation in endocrine regulation of newborn and postnatal beef calves" a thesis presented to the graduate school of Clemson University.

Lents C, Wettemann R, White F, Rubio I, Ciccioli N, Spicer J, Keisler D and Payton M. 2005. Influence of nutrient intake and body fat on concentrations of insulin-like growth factor-I, insulin, thyroxine, and leptin in plasma of gestating beef cows. J. Anim. Sci. 2005. 83:586–596.

Lents C, White F, Ciccioli N, Wettemann R, Spicer J, and Lalman D. 2008. Effects of body condition score at parturition and postpartum protein supplementation on estrous behavior and size of the dominant follicle in beef cows. J. Anim. Sci. 86:2549–2556.

Mathis, C. P., and J. E. Sawyer. 2007. Nutritional management of grazing beef cows. Vet Clinics of N Am-Food Anim. Pract. 23:1-19.

McGee M, Earley B (2019) Review: passive immunity in beef-suckler calves. *Animal* 13, 810–825. Anim Prod Science, 63(18), 1970–1982

NASEM. 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th ed. Natl. Acad. Sci. Eng. Med., Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Sferruzzi-Perri AN, Owens JA, Standen P, Taylor RL, Keinemann GK, Robinson JS, Roberts CT. 2007. Early treatment of the pregnant guinea pig with IGFs promotes placental transport and nutrient partitioning near term. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 292:E668-E676.

Silva L, Muller J, Cavalieri J, Fordyce G 2022 Immediate prepartum supplementation accelerates progesterone decline, boosting passive immunity transfer in tropically adapted beef cattle. *Anim Prod Sci,* 62: 983–992.

Silva L, Coimbra L and Eyre K. 2023. Malnutrition of pregnant beef cows and the impact on passive immunity transfer to calves. Anim. Prod. Sci, 63: 1970–1982.

Sletmoen-Olsin K, Caton J, Olson C, and Reynolds L. 2000a Undegraded intake protein supplementation: I. Effects on forage utilization and performance of periparturient beef cows fed low-quality hay. J. Anim. Sci. 78:449–455

Sletmoen-Olson K, Caton J, Olson K, Redmer D, Kirsch J, and Reynolds L. 2000b. Undegraded intake protein supplementation: II. Effects on plasma hormone and metabolite concentrations in periparturient beef cows fed low-quality hay during gestation and lactation. J. Anim. Sci. 78:456–463

Moreno D; Ortega R; Paulino M, RennóvL;vDetmann E. 2023. Pre- and postpartum supplementation strategies on performance and metabolic status of grazing beef cows. Pesq Agrop Brasileira, 58: e03102.

Vizcarra J, Wettemann R, Spitzer C, and Morrison D. 1999. Body Condition at Parturition and Postpartum Weight Gain Influence Luteal Activity and Concentrations of Glucose, Insulin, and Nonesterified Fatty Acids in Plasma of Primiparous Beef Cows. J. Anim. Sci. 76:927–936.

Vonnahme K, Tanner A, Vasquez Hildago M. 2018. Effect of maternal diet on placental development, uteroplacental blood flow, and offspring development in beef cattle. Anim. Reprod., v.15, (Suppl.1), p.912-922.

Weder C, DelCurto T, Svejcar T, Jaeger J, and Bailey R. 1999. Influence of suplemental Alfalfa Quality on the Intake, Use, and Subsequent Performance of Beef Cattle Consuming Low-Quality Roughages. J. Anim. Sci. 77:1266–1276.

Wettemann R and Bossis I. 2000. Energy intake regulatesov arian function in beef cattle. Proc. Am. Soc. Anim. Sci. 1999.

Wooding F, Fowden A, Bell A, Ehrhardt R, Limesand S, Hay W. Localisation of glucose transport in the ruminant placenta: implications for sequential use of transporter isoforms. Placenta. (2005) 26:626-40.

COMUNICACIONES ORALES

Abstract ID: CO-268 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

CRIBADO DE NUEVOS CANDIDATOS VACUNALES FRENTE A LA TUBERCULOSIS EN EL MODELO DE RATÓN

SCREENING OF NEW VACCINE CANDIDATES AGAINST TUBERCULOSIS IN THE MOUSE MODEL

David Sánchez Martel[1], Leire Fernández Veiga[1], María Virtudes Geijo[1], Elena Molina[1], Maitane Mugica Unamuno[1], Bernat Pérez de Val[2], Ramón A. Juste[1], Natalia Elguezabal[1], Joseba M. Garrido[1], Iker Agirregomoskorta Sevilla[1]

(1)-NEIKER

(2)-IRTA

La tuberculosis (TB) es una enfermedad zoonótica causada por bacterias del complejo *Mycobacterium tuberculosis* (CMT), siendo *M. bovis* y *M. caprae* las más importantes en ganadería. Representa un importante problema de salud pública en algunos países y provoca grandes pérdidas económicas a nivel global. A nivel estatal, se lleva a cabo el Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina, que tiene como pruebas de diagnóstico *in vivo* de rutina la Intradermotuberculinización y la prueba del interferón-gamma, mientras que la detección de anticuerpos mediante la técnica ELISA se considera una prueba complementaria. La legislación vigente establece que los animales reaccionantes deben ser sacrificados para llevar a cabo la investigación del caso mediante histopatología, inmunohistoquímica, PCR directa y/o cultivo microbiológico. Este abordaje ha permitido que algunos países y algunas regiones del estado hayan alcanzado la calificación de libres de TB bovina. Sin embargo, algunas comunidades autónomas o regiones están lejos de esta situación en la actualidad. La cría de ganado en extensivo, su interacción con la fauna silvestre, la patogenia de la enfermedad y la falta de sensibilidad y especificidad de las técnicas son las razones esgrimidas para explicar esta realidad.

Por esta razón se ha planteado la vacunación como método complementario a los programas de control o para su aplicación en fauna silvestre. La BCG subcutánea es la vacuna más ampliamente estudiada a nivel de campo en diferentes especies. Sin embargo, la protección que confiere es incompleta, y al tratarse de una vacuna viva, su uso conlleva algunos problemas de bioseguridad. Además, provoca interferencias con las pruebas oficiales de diagnóstico de la TB, a pesar de que se han desarrollado reactivos de diagnóstico no oficiales que son capaces de diferenciar los animales vacunados de los infectados (antígenos DIVA). Por otro lado, nuestro grupo ha realizado varios estudios con vacunas inactivadas, obteniendo resultados comparables a los de la BCG. Así, con el objetivo de salvar o minimizar algunas de las limitaciones mencionadas, en este trabajo nos propusimos probar nuevas formulaciones de vacunas y rutas de administración, incluyendo vacunas inactivadas y la BCG.

Para ello, se utilizaron 7 grupos de 9 ratones cada uno: grupo A, vacuna subcutánea (SC) de *M. bovis*

inactivado por calor (HIMB, "heat-inactivated *M. bovis*") con adyuvante parenteral; grupo B, vacuna SC de HIMB con adyuvante parenteral para el cebado y vacuna intranasal (IN) de HIMB con adyuvante mucosal para el refuerzo; grupo C, vacuna IN de BCG; grupo D, vacuna IN de HIMB; grupo E, vacuna IN de HIMB con adyuvante mucosal; grupo F, control no vacunado infectado; grupo G, control no vacunado no infectado. La vacunación de los grupos A, C, D y E se llevó a cabo 6 semanas antes del desafío. El grupo B, recibió la vacuna de cebado 8 semanas antes del desafío y la de refuerzo 4 semanas antes del desafío. En la semana del desafío, después de tomarles muestra de sangre, se sacrificaron 3 animales de todos los grupos excepto del grupo F y se les extrajeron células inmunitarias (neutrófilos y monocitos) a partir de médula ósea. Después, se procedió a desafiar al resto de ratones con una cepa de *M. caprae* por vía intranasal, exceptuando a los del grupo G. Cuatro semanas después del desafío, se extrajo sangre a todos los ratones y fueron sacrificados. Tras el sacrificio, se obtuvieron células inmunitarias de medula ósea de 3 animales de los grupos F y G. También se extrajeron y homogeneizaron los pulmones y bazos de los animales para estimar la carga bacteriana por medio de cultivo de diluciones seriadas y qPCR. Las muestras de sangre se obtuvieron para estudiar la producción de anticuerpos (IgG e IgA), y las células inmunitarias, para someterlas a ensayos funcionales *ex vivo* utilizando citometría de flujo y el sistema de análisis de células vivas Incucyte®, para evaluar la viabilidad micobacteriana y para analizar diferentes citoquinas y los niveles de lactato.

De acuerdo con los resultados preliminares, todos los grupos vacunados muestran una menor carga bacteriana en comparación con el grupo control no vacunado infectado, especialmente en los grupos C y E vacunados intranasalmente con BCG y HIMB con adyuvante mucosal, respectivamente. Estos resultados preliminares son muy prometedores y refuerzan el interés en la vía intranasal para la vacunación antituberculosa de los animales. Una vez analizados todos los resultados, se seleccionarán los mejores candidatos para continuar con su evaluación en especies animales de destino de las vacunas.

Proyectos PID2022-142939OR-C21 financiado por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y por FEDER, UE y Proyecto EFA115/01 INNOTUB II financiado por el Programa INTERREG-POCTEFA 2021-2027 de la UE. David Sánchez-Martel obtuvo una beca PREP2022-000469 financiada por MICIU/AEI

/10.13039/501100011033 y por el FSE+. Leire Fernández obtuvo una beca del Programa Ikertalent 2021 del Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.

Abstract ID: CO-282 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

IDENTIFICACIÓN DE VARIANTES GENÉTICAS DELETÉREAS EN EL TRANSCRIPTOMA DE VACAS FRISONAS INFECTADAS DE MANERA NATURAL POR MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS

IDENTIFICATION OF DELETERIOUS GENETIC VARIANTS IN THE BOVINE TRANSCRIPTOME FROM HOLSTEIN CATTLE NATURALLY INFECTED WITH MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS

Gerard Badia Bringué[1], Stephanie Lam[2], Ángela Cánovas[2], Marta Alonso-Hearn[1]

(1)-NEIKER - Instituto Vasco de Investigacion y Desarrollo Agrario

(2)-University of Guelph

La paratuberculosis bovina (PTB) es una enteritis granulomatosa crónica causada por *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP) que provoca pérdidas económicas muy importantes al sector de vacuno de leche en todo el mundo. El control de la enfermedad se fundamenta en la aplicación de medidas higiénico-sanitarias en las explotaciones y en el diagnóstico y eliminación de animales infectados. Sin embargo, el diagnóstico está fuertemente condicionado por la falta de sensibilidad de las técnicas de diagnóstico disponibles, por lo que es necesario desarrollar nuevas estrategias de control de la PTB como la selección genética de animales más resistentes o menos susceptibles al a infección por MAP. Análisis previos de asociación a genoma completo (*genome-wide association studies*, GWAS) han permitido identificar polimorfismos de un solo nucleótido (*single nucleotide polymorphisms,* SNPs) asociados a la susceptibilidad/resistencia a la PTB. Sin embargo, estos SNPs se localizan en regiones no codificantes, por lo que la identificación de los genes y los mecanismos que influyen en la susceptibilidad/resistencia a la PTB es difícil. El objetivo de este estudio fue identificar SNPs en regiones codificantes del genoma, con efecto deletéreo en las correspondientes proteínas y que aparecieran únicamente en animales sin lesiones o con lesiones focales o difusas asociadas a la PTB. Para ello se utilizaron datos de secuenciación de RNA (RNA-Seq) de muestras de sangre y válvula ileocecal de vacas sin lesiones (N = 4) y con lesiones focales (N = 5) y difusas (N = 5), y se aplicó el flujo de trabajo descrito por Lam et al. (2020), para identificar todas las variantes presentes en los genes expresados en esas muestras. Las lecturas de RNA-Seq se alinearon al genoma de referencia de *Bos taurus* (ARS-UCD1.2.109) usando el programa *STAR*. Para identificar todas las variantes presentes en las lecturas alineadas, se usó el programa *BCFtools*. Las variantes identificadas se analizaron mediante *Variant Effect Prediction* (*VEP)* para identificar las que tenían efectos deletéreos, y los genes afectados por variantes deletéreas se analizaron con *ClusterProfiler* para identificar sus funciones, ya que cambios en su función podrían impactar en la regulación de rutas metabólicas importantes. Los SNPs identificados se distribuían a lo largo de todo el genoma, aunque los cromosomas 18 y 23 acumulaban más densidad de SNPs. Se realizaron comparaciones entre los tres grupos para identificar variantes que aparecían únicamente en

cada uno de los grupos, obteniéndose un total de 2.128 SNPs únicos de la comparación control *vs* focal, 2.194 SNPs en la comparación control *vs* difusa, 2.388 en la comparación focal *vs* control, 1.956 SNPs en la comparación difusa *vs* control, 1.939 SNPs en la comparación focal *vs* difusa, y 1.656 SNPs en la comparación difusa *vs* focal. De las 856, 625 y 603 variantes identificadas únicamente en vacas sin lesiones, con lesiones focales y con lesiones difusas; 31, 15 y 31 tenían efecto deletéreo, respectivamente. Los SNPs con efecto deletéreo de las vacas sin lesiones se localizaban en regiones codificantes de los genes *CHGA, AP3B1* y *BOLA*. Estos genes están relacionados con producción de colesterol, rutas pro-inflamatorias y presentación de antígenos. Los SNPs deletéreos en estos genes podrían mejorar la homeostasis del colesterol y aumentar la resistencia a la infección por MAP. En vacas con lesiones focales, los SNPs con efecto deletéreo afectaban los genes *ORMDL3* y *KANK2*, asociados a la inhibición de muerte celular programada, procesos de biosíntesis y metabolismo celular. Estos genes están asociados a diferentes enfermedades inflamatorias humanas, por lo que mutaciones deletéreas en estos genes pueden afectar a su función, lo cual podría resultar en el control de la inflamación y carga de MAP propia de los estadios subclínicos de la infección. En las vacas con lesiones difusas, los SNPs deletéreos afectaban a varios miembros de la familia de genes *BOLA*. Determinadas variantes con efecto deletéreo en los genes *BOLA* podrían influir en la capacidad del sistema inmune de responder de manera adecuada a la infección por MAP. Por tanto, las variantes en los genes *BOLA* detectados en las vacas sin lesiones podrían estar confiriendo más resistencia, mientras que las identificados en vacas con lesiones difusas conferirían una mayor susceptibilidad mediante la exacerbación de la respuesta pro-inflamatoria, tal y como se ha observado en humanos. Los resultados permiten ahondar en el conocimiento del papel de la genética en el desarrollo de lesiones asociadas a la PTB y las variantes identificadas podrían usarse para la identificación y selección de animales más susceptibles o resistentes a la infección por MAP.

Financiacion:

RTI2018-094192-R-C21 y PID2021-122197OR-C21 financiados por AEI/10.13039/501100011033 y

FEDER, “una manera de hacer Europa”.

Bibliografía:

Lam S, Zeidan J, Miglior F, Suárez-Vega A, Gómez-Redondo I, Fonseca PAS, Guan LL, Waters S, Cánovas A. Development and comparison of RNA-sequencing pipelines for more accurate SNP identification: practical example of functional SNP detection associated with feed efficiency in Nellore beef cattle. BMC Genomics. 2020 Oct 8;21(1):703. doi: 10.1186/s12864-020-07107-7.

Abstract ID: CO-238 Tipo: Oral Categoría: Extensivo

EFECTOS DE LA SUBNUTRICIÓN Y DEL HIDROXITIROSOL A FIN DE GESTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y METABÓLICOS DE LAS VACAS NODRIZAS EN GESTACIÓN Y LACTACIÓN

EFFECTS OF UNDERNUTRITION AND HYDROXYTYROSOL SUPPLEMENTATION IN LATE PREGNANCY ON PRODUCTIVE AND METABOLIC PARAMETERS OF SUCKLER COWS DURING GESTATION AND LACTATION

Leire López de Armentia Osés[1], Agustí Noya[2], Beatriz Serrano-Pérez[2], Javier Álvarez- Rodríguez[2], Javier Ferrer[3], Isabel Casasús[3], Nieves Escalera-Moreno[2], Graciela Quintans[4], Olaia Akesolo-Atutxa[3], Albina Sanz[3]

(1)-CITA (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria) de Aragón, Zaragoza, España

(2)-Departament de Ciencia Animal-UdL (Universidad de Lleida), España

(3)-CITA de Aragón - IA2 (UNIZAR), Zaragoza, España

(4)-INIA Treinta y Tres, Uruguay

La escasez de alimento en sistemas ganaderos semi-extensivos es una situación recurrente, generando periodos de subnutrición en las vacas. El último tercio de gestación es un periodo crítico, ya que en él se produce el 75% del crecimiento fetal, seguido por la lactación, periodo nuevamente exigente para la vaca a nivel metabólico. El hidroxitirosol (HT) es un alcohol fenólico presente en las hojas de olivo que posee propiedades antioxidantes y que podría actuar como agente terapéutico para mejorar el estrés metabólico de las vacas subnutridas. El objetivo del trabajo fue conocer los efectos de la subnutrición y de la adición de hidroxitirosol en la dieta durante el último tercio de gestación sobre los parámetros productivos y los perfiles metabólicos de las vacas nodrizas a corto (gestación) y medio plazo (lactación siguiente).

Se realizó un ensayo con 110 vacas multíparas (razas Parda de Montaña y Pirenaica), distribuidas en 4 grupos siguiendo un diseño factorial 2x2: nivel de alimentación (100 vs. 60% necesidades) y aporte de hidroxitirosol (Control vs. HT, 0 y 180 mg HT/kg unifeed). El tratamiento nutricional se aplicó entre los 6,5 meses de gestación (semana 28) y el parto (semana 40). Del parto al destete (semana 17 postparto), las vacas recibieron una dieta para cubrir el 100% de sus necesidades y sin aporte de hidroxitirosol. Se registraron el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC, escala 1-5) de las vacas y se tomaron muestras de sangre cada tres (gestación) o cuatro semanas (lactación) para determinar la concentración de glucosa, ácidos grasos no esterificados (AGNE), colesterol y urea. Los datos se analizaron mediante un modelo mixto lineal con nivel de alimentación, hidroxitirosol, semana, raza y sexo del ternero como

efectos fijos, vaca como efecto aleatorio, y PV inicial anidado en la raza como covariable (SAS v 9.4, SAS Institute Inc., Cary,NC, USA).

Los lotes subnutridos (60%) tuvieron menor PV (717, 718, 672 y 679 kg, para 100-Control, 100-HT, 60-Control y 60-HT; P<0,05) y CC al parto (3.6, 3.6, 3.0 y 3.1; P<0,05) que los lotes 100%. Sin embargo, las vacas subnutridas que recibieron HT durante la gestación alcanzaron mayor PV y CC al destete que las vacas 60-Control (P<0.01), sin diferencias con respecto a los lotes 100%.

Durante la gestación los lotes subnutridos mostraron niveles superiores de AGNE, siendo además mayor en el grupo 60-Control con respecto al 60-HT desde la semana 34 de gestación hasta el parto (P<0.05). Después del parto, las vacas 100% tuvieron un pico de AGNE en la semana 5 postparto, coincidiendo con el pico de lactación. Por su parte, las vacas subnutridas tuvieron menores niveles de glucosa durante la gestación, manteniéndose esta diferencia hasta la semana 5 de lactación. No hubo diferencias con respecto al HT en los niveles de glucosa. Durante la gestación las vacas 100-HT presentaron mayor concentración plasmática de colesterol de que las vacas 60-Control (P<0.05), y durante la lactación el colesterol fue aumentando progresivamente, sin observarse diferencias entre grupos. La inclusión de HT redujo los niveles de urea en sangre de las vacas durante la gestación, siendo más acusado en las vacas 100% (que recibieron una mayor cantidad total de HT). Este efecto no se mantuvo en lactación, igualándose los cuatro grupos desde la semana 9 de lactación. No se observó ningún efecto debido al sexo del ternero, ni a la raza.

Consideraciones finales

Estos resultados preliminares sugieren que algunos de los efectos que tuvo la subnutrición en último tercio de gestación se corrigieron tras las primeras semanas después del parto (concentraciones de glucosa, colesterol y urea), mientras que otros perduraron más tiempo (PV y CC), pudiendo verse comprometida la recuperación de las vacas subnutridas antes de la siguiente gestación. El HT mitigó el efecto adverso de la subnutrición en último tercio de gestación y permitió a las vacas subnutridas

(60-HT) alcanzar el mismo PV y CC que las vacas 100% al momento del destete. Además, las vacas de lotes 100% tuvieron una mayor movilización grasa para hacer frente al pico de producción de leche.

Agradecimientos: Al personal de La Garcipollera. Proyecto financiado por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 (FETALNUT). Contrato FPI-AEI de L. López de Armentia. Gobierno de Aragón (Grupo de investigación INPASS A25_23R).

Abstract ID: CO-198 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

COMPOSICIÓN MICROBIANA DEL CALOSTRO Y SU CONTRIBUCIÓN AL ESTABLECIMIENTO DE LA MICROBIOTA INTESTINAL EN TERNEROS

MICROBIAL COMPOSITION OF COLOSTRUM AND ITS CONTRIBUTION TO CALF GUT MICROBIOTA ESTABLISHMENT

Leire Urrutia-Angulo[1], Medelin Ocejo[1], Timur Yergaliyev[2], Beatriz Oporto[1], Gorka Aduriz[1],

Amélia Camarinha-Silva[2], Ana Hurtado[1]

(1)-NEIKER- Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Departamento de Sanidad Animal, Basque Research & Technology Alliance (BRTA), 48160 Derio, Bizkaia, España

(2)-Department of Livestock Microbial Ecology, Institute of animal Science, University of Hohenheim, Stuttgart, Alemania

El calostro, la primera secreción láctea tras el parto, es esencial para la nutrición y protección inmunológica del ternero, inmunodeficiente al nacimiento. El calostro es una de las fuentes iniciales de microorganismos que contribuyen al establecimiento de la microbiota intestinal del ternero, la cual puede verse influenciada por factores como el entorno de la granja, los tratamientos antibióticos o las prácticas de manejo. La microbiota intestinal desempeña un papel clave en la maduración del sistema inmunológico del ternero, entrenándolo para tolerar bacterias beneficiosas, defenderse de patógenos y adaptarse a los cambios digestivos asociados al destete. En este estudio se investigó la microbiota del calostro de las vacas y la evolución de la microbiota intestinal de sus terneras durante sus primeros meses de vida, evaluando además el impacto de los tratamientos con antibióticos, tanto en la terapia de secado en vacas como en el tratamiento de infecciones en terneras. Para ello, se empleó la tecnología de secuenciación de basfragmentos largos de Oxford Nanopore (ONT), que permitió analizar el gen 16S ARNr completo.

El estudio se llevó a cabo en una explotación lechera de vacas Holstein-Friesian. Se recogieron muestras de calostro tras el parto de 42 vacas (16 tratadas antibiótico al secado -DCT y 26 no tratadas) y heces rectales de sus 43 respectivas terneras (un parto gemelar) en los días 1 (d1), 16 (d16) y 57 (d57) de edad. Se extrajo el ADN de las muestras de calostro y heces y se prepararon las librerías que se secuenciaron siguiendo el protocolo 16S Barcoding (SQK-16S024) en un equipo MinION Mk1C (ONT). El *basecalling* de alta precisión se realizó con Guppy, eliminando los adaptadores ONT. La calidad de las secuencias fue evaluada con FastQC, y la asignación taxonómica se realizó con NanoCLUST, tomando como referencia la base de datos 16S ARNr del NCBI. Los análisis posteriores se realizaron en R con diversos paquetes (phyloseq, vegan, MicrobiomeStat, ANCOMBC, microbiomeutilities, etc.).

Con una mediana de 53.317 lecturas/muestra, la secuenciación permitió capturar la biodiversidad microbiana de las muestras e identificar 544 especies bacterianas pertenecientes a 297 géneros. En general, la diversidad alfa, que estima el número de especies presentes (riqueza) y el grado de

homogeneidad (distribución de la abundancia de especies), varió significativamente entre los diferentes tipos de muestra, observándose a d1 la diversidad alfa más baja. La diversidad beta, que compara la composición microbiana entre muestras, mostró perfiles microbianos significativamente distintos entre los tipos de muestra (PERMANOVA, F = 38,391, *p* = 0,001), con las heces de d16 mostrando un perfil intermedio entre d1 y d57.

Pseudomonadota, Bacillota y *Bacteroidota* estuvieron entre los cinco filos más abundantes en todos los tipos de muestra, pero a nivel de género se observó una mayor diversidad tanto entre tipos de muestra como entre individuos. Aunque los patrones individuales variaron, las muestras de calostro estaban compuestas principalmente por los géneros *Paraclostridium, Romboutsia, Sporobacter* y *Staphylococcus*, mientras que en las heces del d1 predominaron *Streptococcus, Escherichia, Shigella, Butyricicoccus* y *Clostridium*. Conforme los terneros crecieron y su microbiota intestinal se diversificó, estos géneros disminuyeron mientras que *Blautia, Faecalibacterium* y *Succinivibrio* se hicieron más predominantes en d16 y d57. Casi la mitad de todas las especies identificadas (45,0%) se detectaron en un único tipo de muestra, y solo 23 especies, principalmente de los géneros *Clostridium, Acetivibrio, Escherichia* y *Shigella*, fueron comunes a los cuatro tipos de muestra. Cabe destacar que el 56,2% de las especies identificadas a d1 también se detectaron en el calostro, lo que indica que este es una fuente clave para la colonización inicial del intestino. Además, el 37,4% de las especies del calostro también se encontraron en el d57. Esto reflejaría la persistencia en el tiempo de ciertos microorganismos transmitidos del calostro al intestino. La administración de antibióticos (DCT y tratamiento en terneros) no produjo diferencias en la diversidad alfa ni beta, ni afectó significativamente a la abundancia relativa de los géneros predominantes, posiblemente debido al largo intervalo tratamiento-muestreo, lo que sugeriría el posible restablecimiento de la microbiota previa al tratamiento.

Estos hallazgos demuestran que el calostro es crucial en el establecimiento de la microbiota intestinal durante las primeras semanas de vida, período caracterizado por una alta variabilidad interindividual en la composición de la microbiota intestinal y gran susceptibilidad a infecciones gastrointestinales. Con la edad, la microbiota intestinal se vuelve más rica y diversa, mientras que la variabilidad entre individuos disminuye, resultando en una mayor uniformidad entre animales. Aunque no se han observado diferencias significativas en la composición microbiana de animales tratados con antibióticos y no tratados, no puede descartarse su impacto negativo en la aparición y propagación de genes de resistencia antimicrobiana.

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PID2019-106038RR-100: MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y PRE2020-096275:

MICIU/AEI/10.13039/501100011033 FSE invierte en tu futuro) y el Departamento de Alimentación, Desarrollo Rural, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco.

Abstract ID: CO-283 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

LONG NON-CODING RNAS COMO REGULADORES DE PROCESOS INMUNITARIOS DURANTE LA INFECCIÓN POR MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS Y SU POSIBLE USO COMO BIOMARCADORES DE DIAGNÓSTICO

IMMUNE REGULATORY ROLE OF LONG NON-CODING RNAS DURING MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS INFECTION IN CATTLE AND THEIR POTENTIAL USE AS DIAGNOSTIC BIOMARKERS

Gerard Badia Bringué[1], Victoria Asselstine[2], Ángela Cánovas[2], Marta Alonso-Hearn[1]

(1)-NEIKER - Instituto Vasco de Investigacion y Desarrollo Agrario

(2)-University of Guelph

La paratuberculosis bovina (PTB) es una enteritis granulomatosa crónica de rumiantes domésticos causada por *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), que provoca pérdidas económicas muy importantes en el sector de vacuno lechero. El control de la enfermedad se fundamenta en la aplicación de medidas higiénico-sanitarias en las explotaciones y en el diagnóstico y eliminación de animales infectados. Sin embargo, el diagnóstico de animales infectados con MAP está fuertemente condicionado por la falta de sensibilidad de las técnicas de diagnóstico disponibles sobre todo para la detección de animales subclínicos con lesiones focales en tejido intestinal. Esta limitación incide sobre la necesidad de desarrollar nuevas estrategias de control de la PTB que permitan la detección de animales con infección subclínica. Los RNAs no codificantes (ncRNAs) son moléculas de RNA que no se traducen en proteínas pero que están implicadas en la regulación de la expresión génica y juegan un papel muy relevante en la regulación de la respuesta inmune. Los ncRNAs largos (*long non-coding RNAs*, lncRNAs) son RNAs de más de 200 nucleótidos que se han asociados a la presencia y al pronóstico de varias enfermedades humanas, pero su anotación en vacuno de leche y el conocimiento de su interacción con mRNAs en los tejidos intestinales de los animales infectados naturalmente con MAP es muy limitado. Por ello, el objetivo de este estudio consiste en la identificación de lncRNAs (anotados y noveles) expresados en válvula ileocecal de vacas frisonas sin lesiones (N = 4), y con lesiones focales (N = 5) y difusas (N = 5) en tejidos intestinales usando la tecnología de secuenciación masiva de RNA (RNA-Seq). El análisis bioinformático se realizó usando la plataforma *CLC Genomics Workbench.* Las lecturas brutas se filtraron por calidad y se alinearon al genoma de referencia de *Bos taurus* (ARS_UCD1.2.109) usando el método *Large Gap Read Mapping* (LGRM). Este tipo de alineamiento permite alinear secuencias que contienen deleciones muy grandes sin la necesidad de que el genoma esté anotado, por lo que facilita el descubrimiento de lncRNAs noveles. Posterior al alineamiento y para identificar los lncRNAs noveles se empleó la herramienta *FlExible Extraction of lncRNAs* (FEELnc), El flujo de trabajo del FEELnc se divide en tres partes: primero, se eliminan los tránscritos de menos de 200 nucleótidos, después se seleccionan los tránscritos no codificantes, y finalmente éstos se clasifican según su posición y el RNA con el que interaccionan.

La anotación resultante identificó un total de 1434 lncRNAs, 899 de ellos noveles. A continuación, se realizó el análisis de expresión diferencial con la librería de *R DESeq2*, identificando un total de 8 lncRNAs diferencialmente expresados, 5 de ellos no anotados, por los que se los podría considerar noveles. Cuatro de los cinco lncRNA noveles tenían por lo menos homología parcial con al menos un ncRNA anotado de mamíferos. La homología entre los lncRNA noveles y sus homólogos en otras especies tomaban valores entre el 80% y el 3%, lo cual es consistente con el hecho que los lncRNAs suelen mostrar bajos grados de conservación. Concretamente, se identificaron 1, 6 y 2 lncRNAs diferencialmente expresados en las comparaciones de vacas con lesiones focales *vs* controles, con lesiones difusas *vs* controles, y con lesiones difusas *vs* focales, respectivamente. Se identificaron correlaciones significativas entre la expresión de los lncRNAs lncRNA1086.1, lncRNA ENSBTAG00000050406, lncRNA_2340.1 y la de los genes *Inactive Phosphatidylinositol 3-Phosphatase 9* (*MTMR9), GM Domain Family member B (RGMB*) y *homeobox A6* (*HOXA6*), respectivamente. El gen *MTMR9* regula negativamente la apoptosis, el gen *RGMB* inhibe la expresión de la interleukina 6, y el gen *HOXA6* regula la diferenciación celular y la inflamación. Adicionalmente, se realizó un análisis de enriquecimiento de regiones genéticas (*qualitative trait loci* (QTLs) para identificar a qué caracteres estaban asociados las regiones en las que se localizaban los lncRNAs diferencialmente expresados. Los resultados mostraron que los lncRNAs se encontraban en regiones genómicas previamente asociadas a mamitis clínica, colesterol HDL, y susceptibilidad a la tuberculosis, PTB y leucosis bovina. Los resultados de este estudio son útiles para el conocer la regulación de la respuesta inmune del hospedador en las diferentes fases de la infección, y demostrar que los lncRNAs son moléculas importantes en la válvula ileocecal, el sitio de infección primario de MAP. Los lncRNAs identificados en este estudio también podrían permitir el desarrollo de nuevas técnicas de diagnóstico de la PTB basadas en su detección.

Financiación:

RTI2018-094192-R-C21 y PID2021-122197OR-C21 financiados por AEI/10.13039/501100011033 y FEDER, “una manera de hacer Europa”.

Abstract ID: CO-300 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

CONTROL DE PARATUBERCULOSIS: UN PROGRAMA CON UN HORIZONTE A 10 AÑOS

PARATUBERCULOSIS CONTROL: A PROGRAM WITH A 10 YEARS HORIZON

Ramón Justé[1], Joseba Garrido[1]

(1)-NEIKER

In Spain, paratuberculosis (PTB) was first documented in Charolais cattle in Bizkaia (Juste et al., 1983). Currently, it can be considered widely distributed as the latest large slaughterhouse study showed (Vazquez et al., 2014). There are different voluntary control plans based on test-and-cull (T&C) strategies and good management practices carried out by cattle, sheep and goats' health defense groups, which are subsidized by regional administrations (Whittington et al., 2019). Although cost- benefit analyses (Cho et al., 2012; Juste and Casal, 1993), show that vaccination against PTB is the best way of controlling the disease and, in Spain, it is widely practiced in dairy sheep and goats, its use in cattle has been restricted to a field trial in the Basque Country that has lasted 15 years. In it, we showed that paratuberculosis was associated with a 8% milk production drop, with vaccination reducing overall mortality by 30% in the first two years of life (Juste et al., 2021) and that MAP shedding could be stopped in less than 10 years of annual replacers vaccination or T&C (in preparation). The study showed that ELISA testing was useless, while fecal PCR proved to be a reliable indicator of prevalence.

The program contemplates two strategies: T&C and vaccination. Each farm has to choose one of them and both should be available in officially tuberculosis free (OTF) regions.

For T&C, all animals aged 12 months or more should be submitted to a recognized fecal PCR with killing of positives in less than one month. According to time and results, five categories will be recognized. Unknown: No confirmatory tests have been carried out. PTB1: The herd has been annually tested between 1 and 4 years and all positive animals have been culled. PTB2: The program has been carried out for 5 years and 10 years and all positive animals have been culled. PTB3: The herd has been submitted to annual testing for more than 4 years and no positive results have been found in the last two consecutive years. PTB free: The herd has been submitted to annual testing for more than 5 years and no positive animals have been found in the last three consecutive controls. Farms in status PTB4 can reduce controls to semiannual antibody detection in bulk tank milk or in an annual fecal sample of not less than 10 animals in order to keep that status. Herds in the higher status levels (PTB3 and PTB4) cannot introduce animals from farms at lower levels. Farms with lower status should only buy animals from farms with higher status but can also exchange animals within their own level. These farms can never introduce vaccinated animals.

Only farms with an initial prevalence higher than 5% by any method and where the local animal health authority have assessed its compatibility with the national bovine tuberculosis eradication program are

eligible for vaccination. At the start of the program, to estimate the PTB herd prevalence, blood and feces will be sampled. At that moment, all animals to be kept in the farm should be vaccinated.

Afterwards, only replacers (not those to be sold for meat or killed before 18 months). Vaccination should be given as soon as possible and always before the first month of life. After vaccination, PTB confirmation of suspected cases will be carried out by fecal PCR and positive animals must be culled as soon as possible. A biannual PCR control of all cows, 3 surfaces and 3 watering points should be carried out to determine overall paratuberculosis situation. Vaccination of replacers should be indefinitely maintained. Vaccinated farms will be classified as follows. PTB vaccinating farm: Farms that have been vaccinating for less 5 years. PTB vaccinating-negative farms: Farms that have been vaccinating for more than 5 years and are negative in fecal and environmental PCR. Vaccination status will be recorded in the individual bovine identification document. Vaccinating farms can exchange animals only with other farms in vaccination but cannot sell for life to herds in T&C. The farm can acquire animals from T&C at any stage that will be vaccinated at entrance. PTB-free farms: Farms that have been negative in 5 or more consecutive years in each of the strategies monitoring.

In regions not officially tuberculosis free only T&C would be allowed except in special cases such as herds of special genetic value with a risk of extinction or in any other situations that the local competent authority deems necessary. Farms within this strategy can only be submitted to comparative cervical (Serrano et al., 2017) testing in the national bovine tuberculosis program and must be very wary of possible cases.

Both strategies allow to completly eliminate shedders in between 6 and 10 yearly cycles of testing and culling or vaccination or both.

Abstract ID: CO-213 Tipo: Oral

Categoría: Reproducción

EFECTO DEL ESTRÉS TÉRMICO EN EL PERIODO PRENATAL SOBRE LA SALUD, LA REPRODUCCIÓN Y LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN VACUNO DE LECHE HASTA LA TERCERA LACTACIÓN

EFFECT OF PRENATAL HEAT STRESS ON SUBSEQUENT HEALTH, REPRODUCTIVE, AND MILK PRODUCTION OUTCOMES IN DAIRY CATTLE UP TO THE THIRD LACTATION

Inmaculada Cuevas-Gómez[1], Javier Lozano[2], Dimitrios Rizos[3], José María Sánchez[4]

(1)-Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Madrid, Spain.

(2)-Explotación Agropecuaria Las Rozuelas del Valle S.L, Torrecampo, Córdoba, Spain.

(3)-Departmento de Reproducción Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Madrid, Spain.

(4)-Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Hinojosa del Duque, Córdoba, Spain.

In cattle, maternal factors such as nutrition, milk yield, and diseases during gestation indirectly influence offspring long-term performance through fetal programming. Heat stress (HS), with well-documented direct effects on milk production and reproductive performance, has gained attention as one of these factors. However, its impact during oocyte development/early and late gestation remains less understood. During these stages, HS exposure may cause permanent structural and functional changes in the developing embryo/foetus, with potential long-term consequences for the offspring. We hypothesize that HS during early and late gestation negatively impacts offspring health, reproduction, and milk production. This retrospective cohort study aims to evaluate the association between HS exposure during these critical periods and offspring outcomes up to the third lactation. The dataset included records of 1,227 Holstein females (offspring F1) born between 2016 and 2022 on a single farm, monitored during the first lactation, with 440 and 286 followed through their second and third lactation, respectively. Offspring (F1) were grouped in three HS groups: (i) HS during early gestation (HS_EARLY), mean daily maximum temperature-humidity index (THI) >= 72 over the two months before and 45 days after successful insemination date; (ii) HS during late gestation (HS_LATE), mean daily THI >= 72 over the two months before calving date; and (iii) thermoneutral conditions (NO_HS), mean daily THI < 72 during both early and late gestation. Notably, dams (F0) were housed in bedded pack barns and cooled every 4 hours between 6 a.m. and 10

p.m. during the warm season (June-September) using fans and soakers operating for 45 minutes (45-second soaking, 3-minute fan intervals). Daily THI was calculated using meteorological data from a nearby AEMET station as follow: (1.8×Tºmax+32)-(0.55-0.0055×RHmin)×(1.8×Tºmax-26). Generalized

linear mixed models were constructed in SAS to analyse associations between health, reproduction and milk production outcomes and the independent variable (HS group), adjusting for covariates related to the offspring (birth year, dam's parity, genetic indexes, passive immune transfer failure, diarrhoea, bovine respiratory disease [BRD], weaning average daily gain [ADG], HS at artificial insemination [AI], semen type, calving difficulty, HS during calving season, calf breed, calf sex, and postpartum diseases). Repeated milk yield measures (first 30 weeks in milk) were analysed with ANOVA (MIXED procedure) for each lactation, and mortality risk was assessed using a Cox proportional hazards model. Results are summarised in Table 1. Regarding health, NO_HS and HS_LATE heifers showed the highest incidence of preweaning diarrhoea and BRD ($P<0.05$), respectively, but no differences were observed in postpartum diseases incidence (retained placenta, metritis, ketosis, or displaced abomasum) or survival probability across groups. Regarding reproduction, no differences were observed in age (~422 d) or pregnancy per AI at first AI (P/AI) during the heifer period. However, HS_EARLY heifers tended to require more AI per conception (AI/C; $P=0.08$), leading to a greater age at first calving compared to NO_HS and HS_LATE ($P<0.05$). During the first lactation, HS_EARLY cows showed reduced P/AI, longer calving-to-pregnancy interval, and required more AI/C compared to NO_HS and HS_LATE cows ($P<0.01$). No differences in reproductive parameters were observed across the second and third lactations. Regarding milk production, HS_EARLY cows had lower milk yield by 0.7 and 1.0 L/day compared to NO_HS during the first and second lactations ($P<0.05$), respectively, and by 0.7 L/day compared to HS_LATE during the first lactation ($P=0.046$). Cows in the HS_EARLY group exhibited impaired reproductive and milk production outcomes, supporting our hypothesis. Conversely, HS_LATE cows showed no substantial impairments compared to NO_HS, likely due to the active cooling strategy implemented in our farm, which has been shown previously to mitigate the negative effects of late-gestation HS. In conclusion, HS exposure during early gestation was associated with reduced offspring milk production during the first two lactations and impaired reproductive performance, particularly until the first lactation. Although causality cannot be established due to the observational nature of this study, these findings highlight the importance of considering conception timing in on-farm breeding and management strategies. Future research should investigate the mechanisms underlying these associations.

Table 1. Health, reproduction, and milk production outcomes variables of offspring (F1) from dams (F0) exposed to early (HS_EARLY) or late gestation heat stress (HS_LATE), and thermoneutral conditions (NO_HS).

Period	**Outcome variable**	**HS_EARLY**	**HS_LATE**	**NO_HS**	***P-value***
Early gestation[1]	Mean daily maximum THI	74.6±0.44[a]	61.0±0.20[b]	62.2±0.18[c]	***<0.001***
Late gestation[2]		62.7±0.37[a]	75.6±0.25[b]	60.7±0.18[c]	***<0.001***
Heifers	Preweaning diarrhoea (%)	37.9[a]	39.3[a]	51.5[b]	***0.009***

(n=1,227)	Preweaning BRD (%)	25.5[a]	32.3[b]	27.8[a]	***0.011***
	P/AI (%)	50.4	58.2	50.7	*0.133*
	AI/C (Number)	2.1±0.13[x]	1.7±0.07[y]	1.8±0.06[y]	***0.082***
1st lactation	Age at first calving (d)	723±4.1[a]	712±2.9[b]	717±2.6[b]	***0.022***
(n=1,073)	Postpartum diseases (%)	20.3	20.7	20.4	*0.768*
	P/AI (%)	28.5[a]	44.8[b]	40.9[b]	***0.005***
	AI/C (Number)	3.4±0.29[a]	2.6±0.17[b]	2.7±0.17[b]	***0.003***
	Calving-to-pregnancy interval (d)	135±6.1[a]	116±2.9[b]	120±2.8[b]	***0.007***
	Daily milk production (L/d) 30 weeks	34.2±0.29[a]	34.9±0.19[b]	34.9±0.19[b]	***0.046***
2nd lactation	Postpartum diseases (%)	22.8	20.1	16.7	*0.379*
(n=440)	P/AI (%)	25.9	28.1	28.3	*0.780*
	AI/C (Number)	3.1±0.33	3.1±0.20	3.4±0.21	*0.657*
	Calving-to-pregnancy interval (d)	135±8.7	138 ± 5.3	146±5.7	*0.397*
	Daily milk production (L/d) 30 weeks	40.9±0.60[a]	40.7±0.38[a]	41.9±0.38[b]	***0.020***
3rd lactation	Postpartum diseases (%)	21.1	14.6	14.9	*0.761*
(n=286)	P/AI (%)	13.3	27.5	21.8	*0.252*
	AI/C (Number)	4.6±0.68	3.6±0.37	3.7±0.39	*0.269*
	Calving-to-pregnancy interval (d)	178±22.1	159±15.0	165±14.9	*0.572*
	Daily milk production (L/d)	41.7±0.80	42.3±0.52	42.7±0.47	*0.420*

	30 weeks				

Within a row, Lsmeans ± SE or percentages with different superscripts differ ($^{a,b}P<0.05$) or tend to differ ($^{x,y}P=0.10$-0.05).

[1]Two months before and 45 days after successful insemination date. [2]Two months before calving date.

Abstract ID: CO-251 Tipo: Oral

Categoría: Reproducción

PRESENCIA DE ANTICUERPOS DE COXIELLA BURNETTII EN TANQUE DE LECHE EN EXPLOTACIONES DEL NOROESTE DE ESPAÑA: EVOLUCIÓN EN LOS ÚLTIMOS 14 AÑOS

PRESENCE OF COXIELLA BURNETTII ANTIBODIES IN MILK TANKS OF FARMS IN NORTH-WESTERN SPAIN: EVOLUTION DURING THE LAST 14 YEARS.

Renato Barrionuevo Ponce[1], Jacobo Álvarez Torres[2], Antía Acción Carro[2], Uxía Yañez Ramil[2], Juan Jose Becerra Gonzalez[3], Cristina Pisón Marcos[2], Antonio Jiménez[4], Philippe Gisbert[4], Pedro García Herradón[3], Ana Peña Martínez[5], José Manuel Diaz Cao[6], Alberto Prieto Lago[6], Luis Angel Quintela Arias[7]

(1)-Reproducción y obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, USC, Lugo, España.

(2) -Reproducción y obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, USC, Lugo, España.

(3) -Reproducción y obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, USC, Lugo, España. 2 Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER), USC, Lugo, España.

(4) -CEVA SALUD ANIMAL S.A., Barcelona, Spain.

(5) -Reproducción y obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, USC, Lugo, España

(6) -INVESAGA, Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España.

(7)-Reproducción y obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, USC, Lugo, España. - Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER), USC, Lugo, España

Coxiella burnetii es el agente etiológico de la fiebre Q en humanos y de la coxielosis en animales (Trachsel et al., 2023). Su resistencia ambiental la ha convertido en un patógeno altamente virulento, presente en todos los países del mundo, a excepción de Nueva Zelanda y la Antártida (Trachsel et al., 2023). La infección por este agente en el ganado bovino se presenta mayormente de forma asintomática, no obstante, se sugiere una posible relación con diversos problemas reproductivos. Debido a su alta capacidad zoonótica y a los trastornos reproductivos asociados, *C. burnetii* ha sido objeto de estudio durante la última década. Uno de los países europeos con mayor incidencia de fiebre Q es España. Sin embargo, los datos epidemiológicos en el ganado vacuno en noroeste de España, principalmente en Galicia, son limitados (Yáñez et al., 2024). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la seroprevalencia de *C. burnetii* en leche de tanque en el noroeste de España y su evolución durante los últimos 14 años. Se recogieron un total de 118 muestras de leche en tanques (50 en 2010 y 68 en 2024) en tubos Falcon estériles de 50 mL, asegurándose que la leche del tanque estuviese bien mezclada. Las muestras se mantuvieron en refrigeración (entre 4-8ºC) para su traslado al laboratorio. Al mismo tiempo, se realizó el análisis de las muestras de leche en tanques utilizando un kit comercial de ELISA (ELISA ID

Screen® Q Fever Indirect Multi-species, IDvet, Grabels, Francia). La lectura del ELISA se realizó con el espectrofotómetro «Multiskan EX» (Thermo Scientific®, Waltham, MA, EE. UU.) a una longitud de onda de 450 nm. Por otro lado, las absorbancias se convirtieron en una relación de densidad óptica entre la muestra y el control (S/P) de acuerdo a la siguiente fórmula: SP= (Densidad óptica de la muestra

- Densidad óptica del contro negativo / Densidad óptica del contro positivo - Densidad óptica del control negativo) x100

La variable S/P se categorizó como NG (negativa) (S/P ? 30), positivas débiles (30 < SP ? 100), positivas (100 < SP ? 200) y positivas fuertes (SP > 200). Nuestros resultados presentan que, en 2024, el 97,1% de las granjas mostraron anticuerpos contra *C. burnetii,* es decir, un S/P >30 (66/68 granjas) en comparación al 60% (30/50 granjas) mostrado en el año 2010. Un total del 2,9% de las granjas fueron NG en la actualidad en comparación con los datos obtenidos en el año 2010, los cuales mostraron un 39,9% de muestras negativas. De igual modo, en 2024 se registraron un total de 29.4% de muestras positivas débiles con respecto al 34.2% mostrado en el año 2010, un 66.2% de muestras positivas comparadas con un 25,5% de las muestras halladas anteriormente y, por último, un 1,5% de muestras positivas fuertes, con respecto al 0,4% de las mismas halladas en el año 2010. El análisis ELISA de leche de tanque realizado en 2024 se ha observado un incremento de los casos positivos (100 < SP ?

200) en los últimos años con respecto a los mostrados 14 años atrás. Esta información contrasta con un estudio realizado en 2018 que concluyó que, en el País Vasco, la seroprevalencia en rebaños ovinos no cambió significativamente desde 2005 (40,3%) hasta 2015 (32,1%), observando incluso una disminución durante este periodo (Álvarez-Alonso et al., 2018).

El presente estudio sugiere que la exposición y la presencia de *C. burnetii* en las explotaciones ganaderas del noroeste de España se han incrementado en los últimos años. Por último, es importante considerar que la elevada presencia del patógeno en las explotaciones de vacuno lechero podría suponer un riesgo para la salud pública, por lo que consideramos necesario genotipar las cepas circulantes en los rebaños en la región para caracterizar la epidemiología.

Bibliografía

Trachsel, C., Hirsbrunner, G., Herms, T. L., Runge, M., Kiene, F., Ganter, M., Zanolari, P., & Bauer, B.

U. (2023). Two Years after Coxiella burnetii Detection: Pathogen Shedding and Phase-Specific Antibody Response in Three Dairy Goat Herds. Animals, 13(19). https://doi.org/10.3390/ani13193048

Yáñez, U., Álvarez, J., Pisón, C., Acción, A., Becerra, J. J., Jiménez, A., Gisbert, P., Herradón, P. G., Peña, A. I., Prieto, A., Díaz-Cao, J. M., & Quintela, L. A. (2024). Prevalence, Risk Factors, and Relationship between Reproductive Performance and the Presence of Antibodies against Coxiellosis in Dairy Farm Milk Tanks in the Northwest of Spain. Animals, 14(3). https://doi.org/10.3390/ani14030367

Álvarez-Alonso, R., Barandika, J. F., Ruiz-Fons, F., Ortega-Araiztegi, I., Jado, I., Hurtado, A., & García-Pérez, A. L. (2018). Stable levels of Coxiella burnetii prevalence in dairy sheep flocks but changes in genotype distribution after a 10-year period in northern Spain. *Acta Veterinaria*

Scandinavica, *60*(1). https://doi.org/10.1186/s13028-018-0429-x

Abstract ID: CO-201 Tipo: Oral Categoría: Cebo

TEMPERATURA RECTAL VS. ULTRASONOGRAFÍA TORÁCICA: EVALUACIÓN DE LAS DOS TÉCNICAS PARA EL DIAGNOSTICO PRECOZ DEL SÍNDROME RESPIRATORIO BOVINO (SRB) EN EL SISTEMA DE RECRÍA DE MAMONES

RECTAL TEMPERATURE VS. THORACIC ULTRASONOGRAPHY: EVALUATION OF THE TWO TECHNIQUES FOR THE EARLY DIAGNOSIS OF BOVINE RESPIRATORI SYNDROME IN THE PRE WEANED CALVES FATTENING UNITS

JOAN TUTUSAUS BATLLE[1], RAMON ARMENGOL[2]

(1)-CLÍNICO FREELANCE

(2)-UNIVERSITAT DE LLEIDA

Introducción

El Síndrome respiratorio bovino (SRB) es la causa principal de morbilidad y mortalidad en la industria de recría de mamones y su detección temprana continúa siendo un reto. La inspección visual tiene una sensibilidad baja y es un método subjetivo que solo permite detectar a los enfermos clínicos. Sin embargo los protocolos basados en la toma de temperatura rectal y la ultrasonografía torácica (TUS, por sus siglas en inglés), se han considerado como técnicas precisas para diagnosticar los animales subclínicos.

El objetivo del presente trabajo ha sido comparar temperatura rectal y TUS, como métodos de diagnostico precoz del SRB en un sistema de mamonera comercial

Material y métodos

Se analizaron 1148 terneros mamones machos recriados en una mamonera comercial en el Noreste de España (Lleida) y entrados en lotes des del 24 de noviembre de 2023 al 5 de noviembre de 2024. Los animales eran de raza frisona y sus cruces de 1-1,5 meses de edad y pesos de entre 40 y 80 kg. Los paises de orígen fueron Francia, Irlanda, República Checa, Alemania y Bélgica.

A los terneros se les tomó la temperatura rectal a la entrada (dia 1±3) y 21 ±3 días más tarde. Se consideró fiebre a partir de 39,7º C y fiebre alta a partir de los 40º C. De forma simultania se realizó TUS. La puntuación utilizada para la evaluación ecográfica fue la que propusieron *Buczinski et al*. modificada: 1 para animales sin lesiones, 2 para el parénquima pulmonar que presentaba líneas B, 3 para las áreas de consolidación de≥ 3-6 cm de profundidad y

4 cuando las lesiones superaban los 6 cm. Las puntuaciones 1 y 2 se agruparon dentro de una misma categoría, grado 2. Los animales con temperaturas inferiores a 39,7ºC y/o grado 2 a la TUS se les consideró sanos, sin necesidad de tratamiento.

La toma de temperaturas y las ecografías siempre se sealizaron con los mismos dispositivos y el mismo

veterinario. Se utilizaron un termómetro digital modelo GLA M900 (GLA Agricultural Electronics San Luis Obispo, CA 93401-7331, USA) y un ecógrafo portátil para reproducción bovina con un transductor lineal de 7.5 MHZ (Easy-scan BCF Technology Ltd. Livingston, UK).

El origen, país de llegada, mes y peso a la entrada del engorde se recopiló de todos los animales examinados. Los datos obtenidos en granja se analizaron estadisticamente con un sistema SAS V.9.1.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). Tomando la ecografía como técnica de referencia se realizaron varios análisis de contingencia emparejando la ecografia a dia 1±3 con la temperatura (39,7ºC y 40ºC) en el mismo periodo y se repitió el analisis de las exploraciones ecograficas realizadas 21±3 dias más tarde para los 2 puntos de corte de la temperatura del mismo periodo.

Resultados

El peso medio a la entrada de los terneros fue de 57 kg. A la entrada se diagnosticaron 330 terneros con fiebre (217 con 39,7ºC y 113 con 40ºC) y se detectaron 310 con lesión pulmonar (254 y 56 de grado 3 y 4, respectivamente). A las 3 semanas, fueron 146 los terneros febriles (98 con 39,7ºC y 48 con 40ºC) y 515 los animales con lesión pulmonar (366 y 149 de grado 3 y 4, respectivamente). Tomando la TUS a dia 1±3 como la técnica de referencia, para la temperatura a la entrada se calculó una sensibilidad del 42,6% y 23,2% (criterio de fiebre a 39,7ºC y 40ºC, respectivamente). Cuando se consideró la TUS a dia 21±3 como técnica de referencia, la sensibilidad de la temperatura tomada en el mismo momento fué del 15,3% y 7,4% (criterio de fiebre a 39,7ºC y 40ºC, respectivamente).

Conclusión

No hay correlación positiva entre fiebre y presencia de lesiones pulmonares. En igualdad de condiciones, la TUS se presenta como un método de mayor sensibilidad que la temperatura rectal para la detección precoz del SRB en los cebaderos de mamones.

Bibliografía

Loneragan G. H., Dargatz D. A., Morley P. S., and Smith M. A. Trends in mortality ratios among cattle in US feedlots. J. Am. Vet. Med. Assoc. 2001; 219:1122–1127.

OlliOllivett TL, Buczinski S. On-Farm Use of Ultrasonography for Bovine Respiratory Disease. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2016; Mar;32(1):19-35.

Adams EA, Buczinski S. Short communication: Ultrasonographic assessment of lung consolidation postweaning and survival to the first lactation in dairy heifers. J Dairy Sci. 2016; Feb;99(2):1465-1470.

Abstract ID: CO-297 Tipo: Oral Categoría: Medicina

DESCRIPCIÓN DE SEIS BROTES DE IBR EN REBAÑOS LIBRES, DENTRO DE UN PROGRAMA DE CONTROL SANITARIO, CON UNA PROBABLE VÍA INDIRECTA DE ENTRADA DEL VIRUS.

DESCRIPTION OF SIX IBR OUTBREAKS IN FREE HERDS, WITHIN A SANITARY CONTROL PROGRAM, WITH A PROBABLE INDIRECT ROUTE OF ENTRY OF THE VIRUS.

Laura Elvira Partida[1], Carlos Carbonell[2], Manola Ramos Agra[3], Paula Alcalde [4]

(1)-Directora Técnica Rumiantes, MSD Animal Health

(2)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health

(3)-Agrobarcala

(4)-Veterinaria Adsg

La Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBR), producida por el Herpesvirus Bovino 1 (HVB-1), es una enfermedad ampliamente extendida a nivel mundial en el ganado vacuno (Muylkens et al., 2007). Su éxito se debe, en parte, a la gran cantidad de virus producida durante la primoinfección, causa de la alta velocidad de propagación intra-rebaño, (Hage et al., 1996) y a la re-excreción tras la reactivación de los casos latentes (Nettleton & Russell, 2017).

La entrada de la enfermedad a un nuevo rebaño ha sido ampliamente estudiada, siendo el contacto directo con animales infectados la principal causa descrita: ya sea debido a compras, ferias, pastos comunales, contacto entre animales de granjas vecinas, u otros (Nettleton y Russell, 2017; Waldeck et al., 2021). A pesar de que el virus tiene escasa supervivencia ambiental, se ha descrito el riesgo de infección a través de fómites indirectos (Gu & Kirkland, 2008; Nettleton & Russell, 2017; Waldeck et al., 2021). Distintos estudios han observado que el uso de ropa de protección por parte de los veterinarios tiende a ser un factor protector a la entrada del virus en la granja (Van Schaik et al., 2001; Waldeck et al., 2021), al igual que proporcionar ropa de protección a los visitantes, ya sean vecinos, amigos u otros (Van Schaik et al., 2002).

El IBR ha sido erradicado en algunos países de la Unión Europea, mientras que en otros está sometido a programas de control y erradicación oficiales y/o voluntarios (como España). En Galicia, se desarrolla desde hace años un programa de control voluntario mediante las asociaciones de defensa sanitaria de vacuno (ADSG). El programa consta de: a) control serológico de los movimientos, limitando la incorporación de animales positivos a ELISA gB o gE; b) uso de vacunas marcadas gE-negativo desde hace años, lo que permite la diferenciación de anticuerpos del virus campo; c) monitorización y clasificación anual del estatus de IBR mediante tres muestras de leche al año y una serología de control en animales entre 9 y 36 meses. A pesar de estas medidas, continúan apareciendo nuevos brotes de IBR, en base a criterio serológico, en rebaños clasificados como libres.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue describir 6 brotes de IBR ocurridos en el último trimestre del 2024 afectando ganaderías lecheras pertenecientes a una misma ADSG y ubicadas en un mismo ayuntamiento con alta carga ganadera de A Coruña; y analizar las posibles vías de entrada indirectas de la infección.

Materiales y métodos

Para el estudio se analizaron las serologías realizadas en el programa de ADSGs y los hisopos recogidos durante los brotes en las granjas con cuadro clínico respiratorio grave. Además, se realizó un cuestionario al técnico de la ADSG para identificar las posibles vías de entrada de la infección.

Resultados y discusión

En 2023, la ADSG analizó 2.988 sueros frente a IBR, encontrando una seropositividad bastante baja: 4,63% y 2,58% para IBRgB y IBRgE, respectivamente.

El 15 de octubre de 2024, la primera ganadería experimentó un brote agudo de neumonía en vacas adultas y terneras: descarga nasal, conjuntivitis, fiebre alta y una bajada de producción. Inicialmente, se sospechó de un virus respiratorio sincitial, y se administró una vacuna parenteral inactivada. Un mes antes, la serología anual de control de esta granja era 100% seronegativa a IBR gB. No obstante, se tomaron 18 sueros y 4 hisopos nasales profundos, resultando en tres positivos a la PCR de IBR y 55% de seropositividad a IBR gB. Esto confirmó el brote de IBR y se vacunó con una vacuna viva marcada monovalente.

A partir de octubre, el brote se extendió a otras granjas: dos en noviembre y tres en diciembre, todas teóricamente libres de IBR, y ubicadas en un mismo ayuntamiento. Los cuadros clínicos variaron: tres explotaciones presentaron problemas respiratorios graves; dos tuvieron abortos en el último tercio de la gestación (desafortunadamente no se pudo confirmar la etiología) y en la última el curso fue subclínico.

Las vías de entrada del virus fueron probablemente indirectas dado que los animales incorporados: uno en dos de las granjas y las novillas de recría procedentes de un centro externo, fueron negativos a IBR gE.

Al analizar los posibles riesgos de entrada, se trata de un ayuntamiento con alta carga ganadera de bovinos, con un censo en 2023 de 18.335 animales repartidos en 293 ganaderías. De las seis granjas: cinco comparten un carro mezclador comunal, dos equipos veterinarios se reparten 3 granjas cada uno en servicio de clínica y reproducción. En una sus vacas pastorean y ninguna vacunaba previamente frente a IBR, ni disponía de ningún cierre perimetral ni control de entrada de personas.

Conclusiones

Sin la implementación de medidas de bioseguridad básicas, entre ellas la vacunación y el control de entrada de personas, no se podrá controlar la aparición de nuevos brotes de IBR en zonas con alta carga ganadera.

Abstract ID: CO-290 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

PULMONES SANOS EN TERNERAS AGRUPADAS A EDADES TEMPRANAS, ¿MITO O REALIDAD?

HEALTHY LUNGS IN DAIRY CALVES GROUPED AT EARLY AGES, MYTH OR REALITY?

MOLINA L[1], MAROTO F [2], TEJERO C [3]

(1) Rusama Ganadería S.L, Pozoblanco 14400, España

(2) Departamento de Producción Animal, Universidad de Córdoba, Córdoba 14071, España

(3) MSD Salud Animal, 37008, Salamanca, España.

Introducción Uno de los sistemas más frecuentes de manejo en ganaderías lecheras, ha sido el alojamiento de las terneras individualmente para posteriormente agruparlas tras el destete, aunque cada vez más se está implantando el alojamiento en grupos en la fase lactante.

Con el agrupamiento temprano se han observado numerosos beneficios para el animal: mayor flexibilidad de comportamiento (Babu y col., 2004), mejora del consumo de alimento sólido, aumento de la ganancia media diaria (Costa y col., 2016) y reducción del estrés al destete (De Paula Viera y col.,2010), así como beneficios para el ganadero ya que mejora la eficiencia de la mano de obra (Sinnot y col., 2021) y para el consumidor, que con el alojamiento en grupo mejora su percepción sobre el bienestar de las mismas.

En contrapartida nos encontramos con diferentes retos para el animal con un posible aumento de comportamientos de agresividad o competencia (Herrmann y Knierim, 1999) o de succión cruzada y mayor dificultad para mantener la salud (Vasseur y col., 2010).

La posibilidad de propagación de enfermedades entre terneras alojadas en grupos es una preocupación (Svensson y Liberg. 2006). El síndrome respiratorio bovino (SRB) es uno de los principales desafíos asociados con la recría (Johnson y col., 2017); este puede reducir el bienestar de las terneras, las tasas de crecimiento, longevidad, producción de leche (Buczinski y col., 2021) y aumentar el uso de antimicrobianos. Hasta la actualidad no disponemos de suficiente información para la toma de decisiones en cuanto a cuál es el mejor método de alojar a las terneras para garantizar su salud respiratoria (Ollivett., 2020).

Objetivos

1) Evaluar el impacto del agrupamiento temprano en la salud pulmonar (SP) de las terneras en comparación con el sistema tradicional de alojamiento individual (AI), analizando diferentes escenarios de manejo.

2) Determinar el impacto de la salud pulmonar de estos dos sistemas de alojamiento en la fase de postdestete.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo de 2020 a 2024 en 12 granjas con diferentes tipos de alojamiento (6 con alojamiento individual en el período lactante y 6 con agrupamiento temprano) en diferentes localizaciones geográficas (noroeste y sur de España), relacionando la SP con el sistema de alojamiento.

La SP se valoró mediante ecografías pulmonares (EP) realizándose un total de 4.672 siguiendo la clasificación desarrollada por Adams y Buczinski (2016), Se analizó el número de animales con consolidación pulmonar (CP) detectados en cada una de las fases (lactantes y postdestete), en función del tipo de alojamiento y el porcentaje de animales que persistieron con neumonía al cambiar de una fase a otra.

Resultados y discusión

Escenario 1. Granjas con casetas individuales y agrupamiento tras el destete. En 6 granjas, con 1.642 EP, se observó que entre el 19-65% de los animales presentaron CP durante el AI. Cuando se agrupan tras el destete, aumentó ligeramente este porcentaje (32-65%). En casi todos los casos, entre la mitad y 2/3 de los animales con CP tras el agrupamiento, ya habían presentado lesión durante el AI. Escenario 2. Granjas con casetas individuales en los primeros días, agrupamiento temprano en casetas colectiva y nuevo reagrupamiento tras el destete. En 2 granjas, con 1.023 EP, el porcentaje con CP en AI osciló entre un 5-28%. Cuando son agrupadas por primera vez, el porcentaje de CP aumentó entre un 16-65%. Entre un 9-26% de las CP tras el agrupamiento, ya estaban presentes en el AI. Escenario 3. Granjas con casetas individuales en los primeros días, nodriza en fase lactante y nuevo reagrupamiento tras el destete. En 4 granjas, con 2.007 EP, se observó que las terneras con CP en AI oscilaron entre un 9-28%. Respecto al porcentaje de CP en el agrupamiento en nodrizas, fluctuó entre el 28-79%. Tras el destete, entre el 34-78% de las terneras presentaron CP. Cabe destacar que mientras que los animales CP en AI no fueron en general los mismo que los animales con CP en la nodriza, ocurrió lo contrario tras el destete, es decir, la mayor parte de los animales con lesión tras el destete ya la tuvieron en la nodriza.

Conclusiones

Aunque el agrupamiento aumenta las lesiones en comparación con el alojamiento individual inicial, el porcentaje de lesiones en explotaciones con agrupamiento temprano es similar al de aquellas que mantienen a las terneras en casetas hasta el destete.

La variabilidad entre explotaciones sugiere que otros factores específicos de cada granja (encalostrado, nutrición, densidad animal, calidad del aire, sistemas de agrupamiento, prevención, diagnóstico, etc.) influyen de forma determinante en el número de lesiones observadas.

Las explotaciones con problemas iniciales en fase lactante suelen mantenerlos en etapas posteriores.

En resumen, el factor ganadería es más determinante en el porcentaje de lesiones pulmonares que el tipo de alojamiento, por lo que optimizar las prácticas de manejo es clave para reducir el riesgo de transmisión de enfermedades.

Abstract ID: CO-215 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

SEROPREVALENCIA DEL HERPESVIRUS BOVINO TIPO 2 (BOHV-2) EN EXPLOTACIONES DE VACUNO DE GALICIA

SEROPREVALENCE OF BOVINE HERPES VIRUS TYPE 2 (BOHV-2) IN CATTLE FARMS IN GALICIA

Carmen Calvo Santalla[1], Verónica Gómez Gómez[1], Luis Vázquez Sande[1], Carmen Eiras Ferreiro[2], María Isabel Carnero Ojea[2], Virginia Rubinos Macías[2], María Stella Polina Fernández[2], Ignacio Arnaiz Seco[2]

(1)-Axencia Galega da Calidade Alimentaria-Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (AGACAL-CIAM). Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia (2)-Laboratorio de Sanidade e Produción Animal de Galicia. Subdirección Xeral de Gandaría. Dirección Xeral de Gandaría, Agricultura e Industrias Agroalimentarias. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia

1.- Introducción

El herpesvirus bovino tipo 2 (BoHV-2) es un miembro de la subfamilia *Alphaherpesvirinae* que, al igual que otros herpesvirus, puede permanecer latente en los ganglios nerviosos. La enfermedad natural se observa en bóvidos y suele presentar una incidencia estacional. Tiene dos formas de presentación: una afecta principalmente a la ubre (la mamilitis herpética bovina) y otra con lesiones cutáneas generalizadas.

Aunque este agente puede influir en el rendimiento productivo de los animales; en Galicia, su importancia radica principalmente en la influencia que pueda tener en el desarrollo del programa de control de la rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR) realizado por las Agrupaciones de Defensa Sanitaria Ganaderas (ADSG). Esta influencia se debería a la posible existencia de reacciones cruzadas al usar el ELISA para la detección de anticuerpos frente a la glucoproteína B del herpesvirus bovino tipo 1, tal y como indican estudios realizados en varios países europeos.

El programa de control de la IBR en Galicia se realiza desde 2004. Como resultado, la prevalencia individual de la IBR se sitúa en torno al 4%. En algunas zonas de Galicia donde la prevalencia es muy baja, se han observado resultados anómalos (animales seropositivos en el ELISA-gB/seronegativos en el ELISA-gE) en explotaciones históricamente libres de IBR y en las que no se vacuna frente a esta enfermedad. En estas zonas, desde el 2021, se han detectado animales con anticuerpos frente al BoHV-2.

Ante estos resultados y para poder valorar la importancia que para el programa regional de IBR puede tener la presencia del BoHV-2, se planteó un estudio con el objetivo de determinar la seroprevalencia frente a este herpesvirus y conocer su distribución.

2.- Material y métodos

Se realizó un análisis estratificado según la clasificación zootécnica de la granja, teniendo en cuenta, además, que el número de granjas seleccionadas en cada provincia fuese representativo de su censo. Con este criterio, durante el año 2022 se seleccionaron aleatoriamente 855 granjas de vacuno de entre

las enviadas al Laboratorio de Sanidad y Producción Animal de Galicia, y muestreadas en el marco del desarrollo de los programas sanitarios desarrollados en esta Comunidad Autónoma.

Los sueros (24742) se mantuvieron congelados hasta el momento del análisis. Una vez descongelados, se realizó el ensayo inmunoenzimático para la detección de anticuerpos frente al BoHV-2 mediante el kit ELISA 'ID Screen BHV-2 Indirect' (ID.Vet, France) siguiendo las instrucciones del fabricante. Este kit permite clasificar los sueros en tres categorías: negativos, positivos y no concluyentes. En nuestro estudio, una granja se consideró positiva con al menos un animal positivo o no concluyente.

También se estudió si había diferencias teniendo en cuenta la distribución geográfica (considerando la provincia), la clasificación zootécnica (producción de carne o leche), el sistema de producción (extensivo, intensivo o semiextensivo) y la aplicación o no de un programa sanitario de ADSG.

Para el tratamiento y visualización de los datos se utilizaron los programas informáticos IBM® SPSS® Statistic 26 (análisis de frecuencias y prueba de Chi-cuadrado para ver las diferencias entre los grupos) y QGIS 3.26.0-Buenos Aires.

3.- Resultados

Los resultados del estudio de seroprevalencia aparente indican que el porcentaje de animales no negativos fue del 6,9% y el porcentaje de explotaciones positivas fue del 34,2%. Estos resultados pueden estar influenciados por la sensibilidad y especificidad de la prueba, por eso, teniendo en cuenta estos parámetros, la seroprevalencia individual verdadera hallada fue del 5,4%, y el de explotaciones, del 34,1%.

La provincia con mayor porcentaje de granjas positivas fue Ourense (84,8%), seguida de A Coruña (38,1%), Pontevedra (29,6%) y Lugo (27,3%).

El porcentaje de granjas positivas era mayor en la producción de carne (69,2 %) que en la de leche (26,4%), y en las extensivas (47,7%) que en las intensivas (17,6%), situándose las semiextensivas en un punto intermedio (22,4%). Estos resultados pueden explicar el mayor porcentaje de granjas positivas en

Ourense, ya que en esta provincia la mayoría de las granjas son de aptitud cárnica. La mayor prevalencia en las granjas de carne frente a las de leche, y en las extensivas con respecto a las semiextensivas e intensivas podría estar relacionado con factores de manejo y con la aplicación de programas sanitarios de vigilancia y control, ya que el porcentaje de granjas positivas de carne que no están en ADSG es mayor que el de las que aplican el programa (38,3 % vs.15,6%), y lo mismo ocurre en las granjas en extensivo (35,7% vs. 18,5%), aunque sería necesario realizar más estudios.

El porcentaje de explotaciones positivas resultó mayor (43,0%) en el grupo de granjas que no estaban en ADSG que las que sí lo estaban (29,3%). En esto podría influir las medidas de bioseguridad y de bienestar animal aplicadas en los programas y que puedan dificultar la introducción de cualquier patología en una explotación.

Abstract ID: CO-254 Tipo: Oral Categoría: Cebo

VALORACIÓN DEL EFECTO DEL TRIAJE Y SEPARACIÓN DE TERNEROS LACTANTES DE CEBO CON LESIONES PULMONARES VALORADAS POR ECOGRAFÍA TORÁCICA.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF TRIAGE AND SEPARATION OF PREWEANING CALVES WITH LUNG LESIONS ASSESSED BY THORACIC ULTRASOUND, IN FATTENING UNITS.

Ramon Armengol Gelonch[1]

(1)-Universitat de Lleida, Agrotecnio Research Center

El Síndrome respiratorio bovino (SRB) es frecuente en las explotaciones de recría de terneros mamones. Junto con la diarrea, son las mayores causas de morbiliodad y mortalidad. El SRB incluye casos clínicos y subclínicos. Para la detección de enfermedad subclínica o lesiones pulmonares concretas, la ecografía ha demostrado ser una técnica diagnóstica con alta sensibilidad y especificidad. Desde hace mucho tiempo es sabido que el ambiente que rodea al ternero enfermo no sólo puede ser causante indirecto del SRB, sinó que también puede tener impacto sobre su curación (duración y éxito) una vez el animal está sometido a tratamiento. En este sentido, una de las medidas que algunas explotaciones practican es la de detectar estos animales y mantenerlos separados de su grupo mientras dura su tratamiento y recuperación. Aún así, algunos autores piensan que puede ser perjudicial, ya que el movimiento y/o aislamiento, podría provocar un estrés importante.

El principal objetivo de este trabajo ha sido el de valorar si triar y aislar terneros de cebo mamones, diagnosticados con lesiones pulmonares mediante ecografia, es beficioso o no en términos mejores tasas de curación y reducción de la mortalidad.

Durante cuatro años (2021-2024), 6754 terneros de raza Frisona y sus cruces, de explotaciones en sistema de mamonera, que tenían un peso entre 40 y 80 Kg a la entrada y edades de 30-45 días, provenientes de Francia o Irlanda, se han sometido al siguiente protocolo de actuación: Ecografia torácica a los 1-3 días de llegada a la granja. La puntuación utilizada para la evaluación ecográfica fue la que propusieron *Buczinski et al*. modificada: puntuación 1 para animales sin lesiones, 2 para el parénquima pulmonar que presentaba líneas B o colas de cometa, 3 para las áreas de consolidación de ≥ 3-6 cm de profundidad y 4 cuando las lesiones superaban los 6 cm. Para mayor simplicidad, las puntuaciones 1 y 2 se agruparon dentro de una misma categoría, grado 2. Los animales con grado 2 a la TUS se les consideró sanos, sin necesidad de tratamiento. A los 21-24 días, se repetía la ecografia a todos los terneros.

Los terneros que mostraban un score de 3 o 4 en la primera ecografía, se distribuyeron de manera randomizada en dos grupos: Grupo Triados (GT=3576), a los cuáles se les separaba y alojaba en un

corrales apartados y comfortables; o en el Grupo No Triados (GNT=3178). Todos los animales de grado 3 y 4 (con indepencia de si se triaron o no) fueron tratados con meloxicam (una sola dosis 0,5 mg/Kg PV, via subcutanea) y lincomicina-espectinomicina (10+5mg/Kg PV, durante 5 dias seguidos via intramuscular).

Los resultados obtenidos en la ecografia torácica realizada a día 21-24 determinaban si el ternero se había curado totalmente, o si había sólo una evolución positiva (ej. Score 4 a 3) o negativa (ej. score 3 a 4).

Los resultados obtenidos muestran una mejora en los parametros referentes a curaciones completas, menor numero de repeticiones de tratamientos con antibioticos y AINE, y menor mortalidad en el grupo GT. Este tipo de manejo y mejora de instalaciones podría ser muy efectivo como adjuvante a tratamientos basados en Aine+ antimicrobianos en el caso de terneros mamones con lesiones pulmonares compatibles con SRB, mejorando la salud de los terneros, disminuyendo la mortalidad y reduciendo el consumo de antibiótico de la explotación.

Abstract ID: CO-203 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LA SALUD PULMONAR EN TERNERAS DE RECRÍA EN GALICIA, ESPAÑA

DESCRIPTIVE STUDY OF LUNG HEALTH IN DAIRY REPLACEMENT HEIFERS IN GALICIA, SPAIN

Cristina Pilar Pousada[1], Marcello Guadagnini[2]

(1)-Veterinario asesor freelance (2)-Axiota Animal Health

Introducción

El síndrome respiratorio bovino (SRB) es una problemática frecuente en el ganado lechero y se diagnostica con mayor frecuencia en novillas lecheras jóvenes. Sin embargo, diferentes estudios han detectado prevalencias distintas del SRB debido a las diferentes definiciones y signos clínicos, intensidad de monitoreo y calidad de los registros. En este contexto, la ecografía torácica es una herramienta más fiable para definir el estado de salud respiratoria. El objetivo del presente trabajo es utilizar datos retrospectivos de un servicio de ecografía pulmonar en terneras de recría para describir la salud pulmonar en diferentes etapas del crecimiento, determinar la asociación con el peso de los animales y algunos factores asociados a la presencia de lesiones pulmonares.

Material y Métodos

Se juntaron datos procedentes de un servicio de monitoreo de salud pulmonar en 15 explotaciones lecheras de Galicia durante el año 2024 para crear una única base de datos. Las explotaciones estaban ubicadas en las provincias de Lugo y A Coruña, con un número total de animales por explotación entre 180 y 840. En total, se incluyeron 4512 visitas realizadas por el mismo veterinario en 1744 animales. En cada visita se realizó una ecografía pulmonar mediante la técnica de Buczinski.

Todos los animales fueron revisados por el lado derecho y su condición pulmonar se evaluó con una puntuación de 1 a 4. La misma puntuación fue después convertida en 3 categorías denominadas TUS (A, B, C), juntando la puntuación 1 y 2 en la categoría A. En cada visita también se registraron la edady el peso del animal. El peso se midió a través de una cinta torácica de pesaje (Coburn®, Whitewater, WI, USA). A partir de las variables disponibles, se calcularon los tramos de edad de la ecografía (<30 días de vida (d), 30-59 d, 60-89 d, 90-119 d, 120-220 d) y el porcentaje de ecografías con presencia de lesiones. Además, se registró la presencia, a nivel de explotación, de un programa vacunal frente a BRSV, PI3 y M. haemolytica (Sí/No). Se realizaron estadísticas descriptivas del estado pulmonar por explotación y tramo de edad. Las diferencias entre estos factores se calcularon mediante modelos de regresión lineal y logística simples. Para determinar la asociación entre peso y TUS, se realizó un análisis de medidas repetidas a través de un modelo mixto.

Resultados

De las 15 explotaciones, 4 tenían menos de 270 animales, 6 entre 270 y 440 animales, y 5 más de

440. Solo 7 explotaciones tenían un programa vacunal frente a patógenos respiratorios. El número de ecografías por animal fue de 1 a 7: 1 (n=404), 2 (n=441), 3 (n=533), 4 (n=247), 5 o más (n=119). El número medio de ecografías por animal fue de 2.56, con diferencias significativas entre explotaciones (rango 1.65-3.61) (p=0.0001). El intervalo entre ecografías (media; desv. est.) fue el siguiente: entre Eco1-2, 29±11 d; Eco2-3, 28±9 d; Eco3-4, 27±14 d. La edad media a las primeras 4 ecografías fue respectivamente de 36±29 d, 59±24 d, 80±22 d, 95±28 d. La edad a las primeras 4 ecografías fue significativamente distinta entre explotaciones (p=0.0001). El peso a las primeras 4 ecografías fue: 61±25 kg en la Eco1, 79±24 kg en la Eco2, 97±22 kg en la Eco3 y 113±27 kg en la Eco4. Entre todas las ecografías, 3425 (76%) tuvieron TUS A, 786 (17%) B y 301 (7%) C. La proporción de animales con lesiones a las primeras 4 ecografías fue: 20.2% para la Eco1, 28.7% para la Eco2, 25.8% para la Eco3 y 24.0% para la Eco4, con diferencias significativas entre explotaciones (p≤0.005). El 45% de los animales tuvieron una o más ecografías en las cuales se detectaron lesiones. El porcentaje de animales con lesiones aumentó conforme a la edad en tramos (p<0.03), con la excepción de los últimos dos tramos, que no tuvieron diferencias significativas entre ellos. En las granjas con un plan vacunal, el porcentaje de ecografías con lesiones fue significativamente menor en el tramo de edad

30-59 días (24.16 vs 33.08%; p=0.0009), en el tramo 60-89 días (19.15 vs 24.37%; p=0.04) y en el tramo 90-119 días (22.59 vs 33.16%; p=0.01) comparado con las granjas sin plan vacunal, mientras que no difirió en los otros tramos. Los animales con TUS A tuvieron una media de mínimos cuadrados del peso significativamente mayor (104.5 kg; IC95% 87.1-121.9), comparado con TUS B (103.2 kg; IC95% 85.8-120.6) y TUS C (101.4 kg; IC95% 84.0-118.8).

Conclusiones

En este estudio, un porcentaje relevante de novillas de recría presentaba lesiones pulmonares. El uso rutinario de las ecografías torácicas es una práctica útil para determinar la verdadera salud pulmonar de un rebaño, identificar los momentos más críticos y ayudar en el diseño de una mejor estrategia de prevención, ya que las lesiones pulmonares impactan negativamente en la salud y en el crecimiento de la recría.

Abstract ID: CO-291 Tipo: Oral Categoría: Extensivo

EFECTO DE LA EDAD Y PESO AL DESTETE EN LA CALIDAD SEMINAL DE TOROS DE LA RAZA AVILEÑA-NEGRA IBÉRICA

EFFECT OF AGE AND WEANING WEIGHT ON SEMINAL QUALITY OF BULLS OF THE AVILENA-BLACK IBERIAN BREED

PABLO IGLESIAS SANTIAGO[1], ALMUDENA CABEZAS[2], VICENTE JIMENO[3], MAR GONZALEZ MUÑOZ[4]

(1)-INSAVET-Investigación y Sanidad Veterinaria SLP

(2)-Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. UCM. Madrid

(3)-Departamento de Producción Agraria. E.T.S.I.A.A.B. UPM. Madrid

(4)-Asociación Española de Criadores de Ganado Vacuno Selecto de Raza Avileña-Negra Ibérica. Ávila

INTRODUCCIÓN

La raza bovina Avileña-Negra Ibérica es una raza autóctona de la península ibérica, reconocida por su adaptación al medio y su destacada aptitud reproductiva (MAPA, 2024). Estas características la convierten en una raza de interés tanto para la producción cárnica como para la conservación genética. La eficiencia reproductiva en los toros es esencial para garantizar la sostenibilidad y mejora genética de la raza. Parámetros como la motilidad total (MT) y la motilidad progresiva (MP) de los espermatozoides son indicadores clave de la calidad seminal y, por ende, de la fertilidad potencial de los sementales.

Estudios previos en otras especies han sugerido que factores como la edad y el peso al destete pueden influir en la calidad seminal. Sin embargo, existe una carencia de investigaciones específicas que aborden esta relación en la raza Avileña-Negra Ibérica. Comprender cómo estos factores afectan a los parámetros seminales podría proporcionar información valiosa para optimizar las prácticas de manejo y selección de futuros sementales.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la edad y el peso vivo al destete sobre diversos parámetros seminales en toros de la raza Avileña-Negra Ibérica, con el fin de mejorar las estrategias de selección y manejo reproductivo en esta raza.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron 41 sementales de raza Avileña-Negra Ibérica, procedentes de diferentes ganaderías inscritas en la Asociación Española de Criadores de Raza Avileña-Negra Ibérica (AECRANI), ubicadas en la provincia de Ávila.

La extracción seminal se realizó mediante electroeyaculación utilizando el dispositivo "Pulsator V". La circunferencia escrotal (CE) se midió con una cinta métrica metálica bajando los testículos hasta el punto de mayor diámetro en el escroto.

El volumen del semen se registró inmediatamente después de su recolección en tubos de 15 ml, previamente atemperados a 37°C para prevenir el choque térmico. La concentración espermática (CCE)

se determinó empleando un fotómetro "Accuread", mientras que la MT y la MP se evaluaron con el sistema "Isperm", previa dilución del semen hasta una concentración de 50 millones de espermatozoides por mililitro. Además, se realizó una tinción con eosina-nigrosina para diferenciar y contabilizar los espermatozoides vivos (EV) y contabilizar las formas anormales (FA).

La edad media al destete de los futuros reproductores fue de 7,2 ± 1,4 meses, con un peso promedio de 286,9 ± 65,1 kg.

Para evaluar el efecto dela edad y el peso al destete sobre los parámetros seminales determinados, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson utilizando el software StatGraphics Centurión® Versión 18.1.13. Posteriormente, se realizó un análisis de regresión para las variables que mostraron correlaciones significativas.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan la estadística descriptiva de los datos analizados. Tabla 1: Estadística descriptiva de los parámetros analizados

Parámetro	Promedio		Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
CE (cm)	34,7		29,0	41,0	3,3
Volumen (ml)	5,3		2,0	15,0	2,8
CCE (millones/ml)	684,1		0	1635,0	515,7
MP (%)	63		0	89	17,2
MT (1-5)	3,2		0	5,0	1,2

Tanto MP como MT se correlacionan de forma significativa (p= 0,045 y p= 0,0228 respectivamente) con la edad al destete. Los coeficientes de correlación fueron 0,3143 para MP y 0,3550 para MT. En el caso del peso vivo al destete, únicamente se correlacionó de forma significativa (0,0374) con MT con un coeficiente de correlación de 0,3261.

Tabla 2. Error estándar de la estimación (EEE), error absoluto medio (EAM), coeficiente de determinación ($R2$) y coeficiente de determinación ajustado ($R2'$).

R2	R2’	EEE	EAM
13,215	8,648	1,175	0,883

Tras ajustar el modelo de regresión lineal múltiple para predecir el valor de MT en función de la edad y peso al destete, se ha obtenido el error estándar de la estimación (EEE), error absoluto medio (EAM), el coeficiente de determinación ($R2$) y el coeficiente de determinación ajustado ($R2'$), determinando estos

dos últimos, la capacidad de ajuste del modelo. Como se puede observar en la tabla 2, el modelo propuesto explica el 13,2 % de la variabilidad en MT valor que podría mejorarse con la incorporación de nuevos análisis y la continuidad de este estudio.

CONCLUSIONES

La correlación positiva entre la edad al destete y la motilidad espermática indica que un destete a edades más avanzadas podría estar asociado con una mejor calidad seminal. Sin embargo, el modelo de regresión lineal múltiple revela que la edad y el peso al destete explican una proporción limitada de la variabilidad en la motilidad total, lo que sugiere que otros factores no considerados en este estudio podrían desempeñar un papel importante.

BIBLIOGRAFÍA

García Paloma, J.A. (2020). Guía Vart 2020.

Livestock Genetics From Spain. Avileña Negra-Ibérica

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. Raza bovina Avileña-Negra Ibérica: Datos productivos.

Efecto de la Edad y Peso al Destete en la Calidad Seminal de Toros de la Raza Avileña- Negra Ibérica

P. Iglesias Santiago. Responsable de Reproducción Bovina. INSAVET - Investigación y Sanidad Veterinaria SLP. Salamanca

A. Cabezas. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. UCM. Madrid

V. Jimeno. Departamento de Producción Agraria. E.T.S.I.A.A.B. UPM. Madrid

M. González Muñoz. Asociación Española de Criadores de Ganado Vacuno Selecto de Raza Avileña-Negra Ibérica. Ávila

Abstract ID: CO-233 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

CASO CLÍNICO: INTOXICACIÓN POR NITRATOS Y NITRITOS EN BOVINO DE CARNE

CASE REPORT: NITRATE AND NITRITE POISONING IN BEEF CATTLE

Cristina Baselga[1], Sebastián Samus[1], Gonzalo Fernández[2], Gema Chacón[1]

(1)-Exopol SL

(2)-Veterinario clínico

Introducción

La intoxicación por nitratos o nitritos en ganado vacuno ocurre cuando los animales consumen alimento o agua con altos niveles de nitratos y esta contaminación suele estar relacionada con el uso de fertilizantes o productos químicos en los cultivos o a la filtración de estos productos a pozos o aguas subterráneas que se utilizan para agua de bebida.

Sin embargo, no siempre el nivel alto de nitratos en las plantas forrajeras ocurre debido a la acción humana, sino que hay épocas en las que los forrajes pueden alcanzar concentraciones elevadas de nitratos de manera natural. Esto ocurre en ciertas especies forrajeras como avena, centeno, maíz, girasol o sorgo que cuando se dan unas condiciones climatológicas favorables y en suelos ricos en nitrógeno, acumulan mayor cantidad de nitrato, principalmente en la parte inferior del tallo.

Los signos clínicos y lesiones que se observan en un rumiante intoxicado por nitratos o nitritos se deben a la hipoxia tisular. Los nitratos en el rumen son metabolizados en nitritos, los cuales atraviesan la pared del tracto digestivo y en el torrente sanguíneo se unen a la hemoglobina y la transforman en metahemoglobina, que es incapaz de transportar oxígeno.

Debido a la disminución de hemoglobina libre en el torrente sanguíneo la sangre sufre un cambio de coloración, pasando de rojo intenso a rojo oscuro o marrón achocolatado, y las mucosas se observar de color oscuro y cianóticas. El curso de la intoxicación es agudo y los animales muestran signos inespecíficos como debilidad, ataxia, disnea, taquipnea, taquicardia, temblores musculares y aumento de la frecuencia urinaria, aunque en muchas ocasiones los animales mueren de manera súbita sin manifestar signos previos. Las lesiones que se observan al realizar la necropsia son petequias en las serosas de los órganos y mucosas cianóticas.

Descripción del caso clínico

En primavera del 2024 en una ganadería de bovino de carne de 80 reproductores ubicada en los valles pasiegos aparecen dos vacas y un toro muertos de manera súbita. Los únicos síntomas observados el día anterior a la muerte fue que una de las vacas abortó y ambas mostraban disuria y arqueo al orinar y estaban intranquilas.

En la necropsia de una de las vacas se observaron hemorragias en la serosa de la mayor parte del yeyuno con contenido gaseoso en su interior. Los primeros tres estómagos presentaban contenido digestivo

pero el abomaso estaba vacío. Al revisar el rumen se observó la mucosa de un color azul intenso. Las muestras recogidas para enviar al laboratorio fueron hígado, riñón, intestino delgado, rumen y contenido ruminal.

El veterinario clínico decidió enviar muestras de forraje al laboratorio ya que el único cambio que hubo en los días previos a la aparición de las bajas fue la introducción de un forraje de avena en la ración.

Ante la sospecha de una intoxicación por nitratos se analizó la muestra de forraje y de hígado mediante la técnica de espectrofotometría. En el forraje se detectó una concentración de nitratos de

10.190 ppm, siendo compatible con una intoxicación aguda ya que triplica el límite de tolerancia en los animales, 3.000 ppm. La búsqueda de nitritos en el hígado confirmó la intoxicación en el animal pues se detectó 39.6 ppm, que supera el valor de tolerancia de 0.5 ppm.

Discusión

La aparición repentina de 3 bajas en el rebaño ocurrió 2 días después de suministrarles una nueva partida de heno de avena. En el diagnóstico diferencial inicial se incluyeron enfermedades infecciosas como una clostridiasis o una infección bacteriana generalizada, sin embargo, por las lesiones observadas se descartaron estas causas. También se tuvieron en cuenta otras intoxicaciones como la de pesticidas o plantas tóxicas, pero no había signos clínicos ni lesiones compatibles.

En el año 2023 hubo una sequía generalizada en todo el territorio español ya que la temperatura media anual fue más alta y las precipitaciones, más bajas que las de otros años. El forraje suministrado a los animales presentaba un mayor porcentaje de tallos verdes que años anteriores.

Estas características climatológicas del año de la cosecha de aquel forraje junto con la coloración azul de la mucosa ruminal hicieron que se planteara la intoxicación por nitratos como diagnóstico presuntivo, a pesar de no observar las lesiones típicas de sangre de color achocolatado y mucosas cianóticas.

El estudio laboratorial fue la clave para confirmar el diagnóstico presuntivo gracias a la detección de niveles muy elevados de nitratos y nitritos en el heno y en el hígado, respectivamente.

Moléculas detectadas	**Resultados**	**Límite de tolerancia**
Nitratos en forraje	10.190 ppm	≤3.000 ppm
Nitritos en hígado	39,6 ppm	≤0,5 ppm

Abstract ID: CO-245 Tipo: Oral Categoría: Cebo

EFECTO DE LA DENSIDAD ANIMAL DE CORRAL SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y BIENESTAR EN TERNEROS ANGUS DE CEBO INTENSIVO

EFFECT OF ANIMAL STOCKING DENSITY ON PERFORMANCE AND WELFARE IN INTENSIVE FATTENING ANGUS BEEF CATTLE

Maria Roda Tena[1], Marçal Verdú[2], Adriana Siurana[1], Xavier Soldevila[3], Lorena Castillejos[1]

(1)-Servei de Nutrició i Benestar Animal, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona

(2)-Alimentació Animal i Producció, bonÀrea Agrupa, Guissona, Lleida, España.

(3)-Alimentació Animal i Producció, bonÀrea Agrupa, Guissona, Lleida, España

Una de las principales recomendaciones de la EFSA (European Food Safety Authority, 2023) para mejorar el bienestar de los terneros es aumentar el espacio de alojamiento disponible, ya que un espacio insuficiente tiene efectos perjudiciales tanto para su bienestar (Gyax *et al.,* 2007) como para el crecimiento (Ingvarsteen and Andersen, 1993). No obstante, la normativa actual sigue siendo muy limitada, ya que únicamente regula el espacio mínimo disponible (1,8 m^2/animal con un peso vivo ? 220 kg) para terneros de hasta 6 meses de edad

(RD 1047/1994, modificado por el RD 159/2023). Además, la escasez de datos sobre el impacto de la densidad

animal en el sistema de engorde intensivo con alimentación a base de pienso y paja *ad libitum*, en comederos separados, dificulta afrontar este desafío. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la densidad en el corral en terneros de cebo.

En una explotación comercial (Talavera, Lleida, España), un total de 68 terneros machos Black Angus x Frisona, con un peso vivo de 153 ± 29,9 kg y edad de 130 ± 16,4 días, fueron distribuidos en 4 corrales (72 m^2/corral) durante 260 días de cebo. En dos de los corrales se alojaron 19 animales (3,8 m^2/animal, alta densidad) y en los otros 15 animales (4,8 m^2/animal, baja densidad). Cada corral disponía de un comedero de paja de 4 bocas y un comedero de pienso automático uniboca tipo túnel (bonÀrea Agrupa, Guissona, Lleida, España). Además, se instaló una báscula de pesaje automático con un bebedero incorporado (DigitAnimal, Madrid, España) para la monitorización diaria del peso individual. Cada 14 días (un total de 18 períodos) se pesaron todos los animales mediante una báscula electrónica incorporada a una manga de manejo. Además, se instaló a cada ternero un collar acelerómetro (CowScout Neck, GEA Farm Technologies, Bönen, Germany) que permitió el seguimiento continuo del tiempo dedicado a la alimentación, rumia e inactividad. También cada 14 días, durante todo el engorde, un observador registró durante 60 minutos dentro de la misma franja horaria (12:00 a 17:00), el comportamiento de 4 terneros de cada corral mediante un etograma (Verdú et al., 2017). Al finalizar el

estudio, los animales fueron sacrificados en un matadero comercial (La Closa, bonÀrea, Guissona, Lleida, España), obteniéndose el peso, la clasificación y el engrasamiento de canal. Asimismo, se tomaron muestras de líquido ruminal para la determinación del pH y el análisis de los ácidos grasos volátiles posterior.

El etograma reveló que los terneros de baja densidad pasaron más tiempo rumiando que los de alta (16,22 vs 13,46 ± 14,31 min/h; p<0,05). Los acelerómetros reafirmaron este resultado, mostrando diferencias durante los períodos de mayor calor (6,36 vs 5,29 ± 1,77 h/día; p<0,05) y final de engorde (5,93 vs 5,51 ± 1,74 h/día; p<0,05), cuando la densidad puede tener mayor impacto. Por otro lado, se observó que los terneros de baja densidad pasaron menos tiempo de pie que los de alta (4,19 vs 6,59 ± 5,78 min/h; p<0,01), posiblemente por la escasez de espacio confortable para tumbarse y descansar.

Los pesajes manuales revelaron una tendencia a un mayor peso vivo (PV) y ganancia media diaria (GMD) entre los animales alojados en baja y alta densidad (PV: 504 ± 55,3 kg vs 487 ± 41,5 kg; p = 0,06; GMD: 1,68 ± 0,47 kg/día vs 1,37 ± 0,60 kg/día; p<0,05) a partir del período 16, cuando los animales alcanzaron una edad de 346 ± 16,6 días. Además, los terneros en baja densidad consumieron más pienso que los de alta (6,78 ± 1,90 kg/día vs 6,64 ± 2,02 kg/día; p<0,01). Estos resultados fueron concordantes con los registrados en el matadero, donde el peso de la canal tendió a ser 12 kg mayor en los terneros de baja densidad en comparación con los de alta (309 ± 5,7 kg vs 297 ± 5,1 kg; p=0,10) y, también, mostraron un rendimiento de canal más elevado (55 ± 0,56 % vs 54,2

± 0,55 % p=0,28). Sin embargo, no se vieron diferencias en el grado de conformación ni en el grado de engrasamiento de canal. En el líquido ruminal se observó una mayor producción de ácidos grasos volátiles totales (53,12 vs 43,69 ± 3,61 mM; p<0,05), un menor porcentaje de ácido acético (65,38 vs 68,58% ± 0,91 %; p<0,01) y mayor de ácido propiónico (21,44 vs 19,14 % ± 0,79 %; p<0,01) en los animales de baja densidad en comparación con los de alta. Estos resultados se tradujeron en una menor relación acético:propiónico para los animales de baja densidad (3,15 vs 3,64 ± 0,18 %; p<0,01), hecho que podría sugerir una fermentación más eficiente.

Los resultados de este estudio permiten evidenciar que la reducción de la densidad en los corrales contribuye a mejorar el bienestar animal, optimizar los parámetros productivos y favorecer la salud ruminal en terneros de engorde en sistemas intensivos.

Abstract ID: CO-246 Tipo: Oral Categoría: Cebo

VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE PRECISIÓN EN CEBO INTENSIVO DE TERNEROS

VALIDATION OF PRECISION LIVESTOCK FARMING TECHNOLOGIES IN INTENSIVE BEEF CATTLE FATTENING

Maria Roda Tena[1], Marçal Verdú[2], Adriana Siurana[1], Xavier Soldevila[2], Daniel Cea[3], Fernando Pinedo[3], Hector Salas[4], Lorena Castillejos[1]

(1)-Servei de Nutrició i Benestar Animal, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona

(2)-Alimentació Animal i Producció, bonÀrea Agrupa, Guissona, Lleida, España

(3)-DigitAnimal, Madrid, España

(4)-GEA Farm Technologies Ibérica S.L., Granollers, España

115%'> 115%'>Las tecnologías de ganadería de precisión permiten incrementar la recopilación de datos sobre el rendimiento, la salud y el comportamiento, proporcionando así información más detallada para optimizar la toma de decisiones. Para garantizar que estas decisiones se basan en mediciones fiables y precisas es necesario validar cada tecnología de manera específica. Existen muy pocos trabajos que hayan validado dispositivos en sistemas intensivos de producción de vacuno de carne (Roda and Castillejos, 2024). Por ello, este estudio tuvo como objetivo validar en terneros de cebo una báscula de pesaje automático, un comedero automático individualizado y un dispositivo acelerómetro incorporado a un collar. 115%'>

Un total de 68 terneros machos cruzados (Black Angus x Frisona), con un peso vivo de 153 ± 29,9 kg y una edad inicial de 130 ± 16,4 días, fueron alojados en 4 corrales (15-19 terneros/corral) durante 260 días de estudio. Cada corral disponía de un comedero de pienso automático individualizado (bonÀrea Agrupa, Guissona, Lleida, España), un comedero de paja de 4 bocas y una báscula de pesaje individualizado automática con un bebedero incorporado (DigitAnimal, Madrid, España). A cada animal se le colocó en la oreja derecha un crotal electrónico con un transpondedor RFID (Eartrace, Dipole, Barcelona, España) y un collar acelerómetro (CowScout Neck, GEA Farm Technologies, Bönen, Germany). Para realizar la validación, se compararon los datos registrados electrónicamente para cada una de las tecnologías con las mediciones observadas directamente y registradas manualmente por los investigadores. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r), el coeficiente de determinación (r^2) y el coeficiente de correlación de concordancia (CCC) del programa estadístico R (epiR package; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Las básculas automáticas registraban diariamente el peso vivo de los animales permitiendo un seguimiento individual de la evolución del crecimiento. Cada una de ellas estaba equipada con una antena (RAIN RFID readers, Impinj, Washington, Estados Unidos) que utilizaba tecnología por radiofrecuencia para detectar cada visita de un ternero a través del crotal electrónico. Para validar los

datos registrados mediante las básculas automáticas, a partir del día 147 de estudio, todos los animales se pesaron cada 14 días mediante una báscula electrónica convencional con visor instalada en una manga de manejo. El valor de r osciló entre 0,995 y 0,997 ($p<0,01$) para las 4 básculas y el CCC fue bajo para la báscula 4 (0,36), moderado para la báscula 1 (0,76) y elevado para la báscula 2 (0,98) y 3 (0,91).

El comedero automático permitía monitorizar de forma continua e individual la conducta alimentaria y la ingesta de pienso de cada ternero. Cada unidad estaba compuesta por una única tolva suspendida sobre una báscula, una antena (ANT800, Promag Europe, Watchfield, Gran Bretaña) y equipada con protecciones laterales que formaban un túnel. Para realizar la validación, desde el día 62 de estudio, un único observador registró cada 14 días las visitas realizadas a dos comederos simultáneamente durante 120 minutos. En cada visita, se anotó el número de identificación del ternero, la hora inicial y final de la visita, así como el peso inicial y final de la tolva mostrado a través de un visor. Se obtuvieron un total 518 registros a partir de las cuales se calculó el tamaño (g/visita) y la duración de cada comida (min/visita) para compararlos con los registrados electrónicamente. El r^2 medio de los 4 comederos fue 0,87 para el tamaño de las comidas y 0,92 para la duración. Además, el sistema mostró una alta especificidad (0,98) y sensibilidad (0,95) para la detección de los animales.

El dispositivo CowScout Neck clasificaba los comportamientos de alimentación, rumia e inactividad con una resolución temporal de un minuto. Se seleccionaron 16 terneros (4 por corral) para registrar los comportamientos cada 14 días durante 6 meses de estudio. Para realizar la validación, cada día se realizó una observación directa de 60 minutos por corral, dentro de la franja horaria de 12:00 a 17:00. Un único observador, mediante un etograma (Bikker et al., 2014), registraba cada minuto los comportamientos de los 4 terneros del mismo corral simultáneamente. Posteriormente, se calculó el tiempo dedicado a la rumia durante cada observación (14 períodos/ternero). Estos datos se compararon con las mediciones registradas por la tecnología durante el mismo período de observación. El valor de r para la rumia fue de 0,83 a lo largo de todo el estudio ($p<0,01$). No obstante, este mejoró cuando los animales superaron los 400 kg de peso vivo ($r = 0,99$ en el séptimo período). El CCC de la rumia fue elevado (0,96) y el gráfico de Bland-Altman mostró que no había sesgo entre las mediciones.

Las tres tecnologías demostraron generar datos fiables y tener un gran potencial para su aplicación en sistemas de cebo intensivo de terneros. Aun así, es importante considerar que será fundamental realizar un buen manejo y mantenimiento de estas tecnologías.

Abstract ID: CO-214 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

ESTUDIO SOBRE EL IMPACTO DE LOS ANTIBIÓTICOS EN LA MICROBIOTA, EL CONSUMO DE PIENSO Y EL CRECIMIENTO DE LOS TERNEROS

STUDY ON THE IMPACT OF ANTIBIOTICS ON THE MICROBIOTA, FEED INTAKE, AND GROWTH OF CALVES

Josep Soler Cucurella[1], Rui Esteves Lopes[2], Amanda Hettiarachchi[3], Sebastiaan Theuns[3]

(1)-Irod Servet SLP

(2)-Huvepharma

(3)-PathoSense BV

Objetivos

El uso de antibióticos para tratar diarreas en terneros, aunque necesario, puede tener efectos significativos en la microbiota intestinal. Este delicado ecosistema desempeña un papel vital en la digestión, el desarrollo inmunológico y la protección contra patógenos. Alterar este equilibrio mediante el uso de antibióticos puede generar problemas tanto a corto como a largo plazo, afectando la salud y el rendimiento productivo de los terneros.

El objetivo principal del estudio fue analizar la influencia de los antibióticos en la microbiota intestinal, el consumo de pienso y la ganancia de peso en los terneros.

Materiales y Método

El estudio se llevó a cabo durante 42 días, incluyendo un total de 24 terneros distribuidos en cuatro grupos homogéneos de seis individuos cada uno. Se evaluó el impacto de tres tratamientos antibióticos orales diferentes (paromomicina [Parofor®], apramicina [Apravet®] y neomicina) administrados en casos de diarrea, comparándolos con un grupo control que no recibió antibióticos orales.

La microbiota intestinal se analizó mediante dos métricas clave:

Diversidad alfa: mide la diversidad de especies microbianas dentro de cada muestra, calculada mediante el índice de diversidad de Shannon.

Diversidad beta: evalúa las diferencias en la composición bacteriana entre grupos.

Los datos de consumo de pienso se registraron durante todo el período del estudio y el crecimiento se evaluó mediante mediciones regulares individuales de peso.

Resultados

Impacto de los antibióticos en la microbiota intestinal

1. **Diversidad Alfa**: Los grupos control y paromomicina mostraron una diversidad alfa similar, más alta que en los otros grupos, especialmente al final del estudio (día 42). Esto sugiere que paromomicina tiene

un impacto limitado en el equilibrio microbiano, preservando la diversidad bacteriana.

2. Diversidad Beta: Las composiciones bacterianas del grupo control y el grupo paromomicina fueron similares, lo que refuerza la hipótesis de que paromomicina tiene un efecto mínimo sobre la microbiota. Por el contrario, el grupo tratado con neomicina presentó una composición bacteriana significativamente diferente, indicando una mayor alteración de la microbiota.

3. Abundancia de bacterias beneficiosas: Los grupos control y paromomicina mostraron una mayor abundancia de bacterias beneficiosas como *Lactobacillus* y *Megasphaera*, especialmente después del tratamiento (día 7). Estas bacterias son esenciales para la salud intestinal, ya que contribuyen a la fermentación de carbohidratos y a la producción de ácidos grasos de cadena corta, una fuente clave de energía para las células intestinales.

Evolución del consumo de pienso

1. Grupo Paromomicina: Este grupo mostró un consumo acumulado de 239.50 kg, con un patrón estable y consistente a lo largo del ensayo, con la mejor eficiencia alimenticia.

2. Grupo Control: Logró el consumo acumulado más alto (244.60 kg). Sin embargo este grupo presentó la eficiencia alimenticia más baja.

3. Grupo Neomicina: Registró el consumo acumulado más bajo (158.80 kg).

4. Grupo Apramicina: Con un consumo acumulado de 212.70 kg, este grupo mostró un desempeño intermedio, aunque menos consistente que los grupos paromomicina y control.

Ganancia de peso

1. Grupo Paromomicina: Este grupo logró la mayor ganancia promedio de peso (27 kg), con baja variabilidad entre los individuos. Además, destacando la efectividaddel tratamiento, solo un ternero presentó diarrea del cual únicamente se aisló un E. coli que presentava elevada cantidad de genes de expresión F17.

2. Grupo Control: Aunque los terneros del grupo control experimentaron diarrea en la primera semana, alcanzaron una ganancia promedio de 23.25 kg. La variabilidad entre los individuos fue alta, posiblemente debido a factores individuales.

3. Grupo Neomicina: Con una ganancia promedio de solo 16.5 kg, este grupo mostró el peor resultado.

4. Grupo Apramicina: Los terneros mostraron un crecimiento intermedio, con una ganancia promedio de

23.25 kg, pero con mayor variabilidad en los resultados.

Conclusiones

1. Eficacia del tratamiento Paromomicina: Este tratamiento demostró ser el más efectivo al preservar la diversidad y la composición de la microbiota intestinal, fomentando bacterias beneficiosas y promoviendo una digestión eficiente. Los terneros de este grupo lograron la mayor ganancia de peso promedio (27 kg) con mínima variabilidad, destacando una recuperación consistente. Este tratamiento combina eficacia clínica con preservación de la microbiota, asegurando tanto la salud a corto plazo como

la productividad a largo plazo.

2. **Relevancia del grupo control**: Aunque los terneros del grupo control padecieron diarrea durante la primera semana, el resultado de varias muestras de heces fue negativo a Salmonella, Cryptosporidium y coccidios, y sólo se aisló un E. coli negativo a factores de virulencia. El hecho de que solo un animal necesitara tratamiento por presentar fiebre, sugiere que, en ausencia de infecciones virulentas, es posible una recuperación sin antibióticos y permitió observar la evolución natural de la microbiota, sirviendo como referencia para evaluar los efectos de los tratamientos.

3. **Implicaciones prácticas**: Los tratamientos deben seleccionarse no solo por su eficacia clínica, sino también por su capacidad para preservar el equilibrio de la microbiota, un factor esencial para el rendimiento productivo tanto a corto como a largo plazo. Los resultados positivos durante la fase de lactancia también tendrán un impacto beneficioso en la fase de engorde posterior.

Abstract ID: CO-217 Tipo: Oral

Categoría: Cirugía y Podología

UNIFICACIÓN DE CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS LESIONES PODALES Y SU SEVERIDAD PARA LA RECOGIDA NACIONAL DE DATOS EN ESPAÑA

STANDARIZATION OF CRITERIA FOR THE IDENTIFICATION ON HOOF LESIONS AND THEIR SEVERITY FOR NATIONAL DATA COLLECTION IN SPAIN

*Pineda M. [1], Bellet-Elias R. [1], García M. A. [1], García J. M. * [1], Salgado P. [1], Vidal M. [1]*

(1)- GT-FEPYBA (Grupo de Trabajo de Formación y Estandarización en Podología y Bienestar Animal), ESPAÑA

Introducción y Objetivos:

Desde 2011, se han recopilado datos sobre las lesiones en las pezuñas en España con el objetivo de generar una base de datos nacional sobre salud podal y poder desarrollar índices genéticos gestionados por CONAFE (Confederación de Asociaciones de Frisona Española).

La unificación de criterios entre podólogos es fundamental para dar valor a los datos, permitir que sean comparables, útiles para evaluar diferentes técnicas de recorte y manejo, y precisos a la hora de detectar cojeras.

En 2021, se creó el Grupo de Trabajo de Formación y Estandarización en Podología y Bienestar Animal (GT-FEPYBA) para fomentar el conocimiento sobre la salud podal y estandarizar los criterios de identificación de las lesiones en las pezuñas en España. El grupo de trabajo está formado por 4 veterinarios especialistas en salud podal bovina y 7 podologos de renombre a nivel nacional con más de 20 años de experiencia.

Para ello, se elaboró un manual que permite a los podólogos identificar las diferentes lesiones utilizando criterios objetivos y fáciles de observar para diferenciar entre una lesión leve y severa.

La definición de las lesiones es un trabajo contínuo y se seguiran reevauando y redefiniendo en base a los avances científicos que se vayan apareciendo en un futuro.

Objetivo:

El objetivo de este manual es unificar los criterios de identificación de las lesiones en las pezuñas y su gravedad, para mejorar la precisión en su diagnóstico y registro.

Materiales y Métodos:

Actualmente, 65 podólogos participan en la recolección de datos, acumulando un total de 1.615.413 registros.

Se han seleccionado un total de 25 lesiones y se han dividido en 13 grupos en base a su etiología y/o localización.

Cada lesión ha sido descrita con una breve definición para facilitar su identificación y con unos criterios

sencillos para determinar su severidad.

Se establecieron dos niveles de severidad (leve y severa) para garantizar la uniformidad en la clasificación de los datos a nivel nacional.

Los criterios de severidad se han definido de una manera sencilla y visual para facilitar que la clasificación sea uniforme, incluso para aquellas personas que no estén especializadas en la salud podal o para podólogos principiantes.

Resultados:

Grupo 1: Dermatitis digital e interdigital. Criterio de severidad (CS): Estadios M. M2 si la lesión es > a una moneda de 2€. Leve: M1, M3, M4; Severo: M2, M4.1.

Grupo 2: Hiperplasia interdigital. CS: Tamaño del tiloma. Leve: < a una moneda de 2€; Severo:

> a una moneda de 2€.

Grupo 4: Úlceras de suela, Úlceras de talón y Úlceras de punta. CS: Superficie y profundidad de la lesión. Leve: Superficie < a una moneda de 2€ y tejido córneo superficial. Severo: Exposición del corion > a una moneda de 2€ y/o estrangulación del corion.

Grupo 5: Flemón interdigital. CS: Inflamación del menudillo, aumento de temperatura y enrojecimiento de la piel. Siempre severo.

Grupo 10: Enfermedad de la línea blanca. CS: Evaluación de la superficie afectada en la línea blanca. Leve: Afecta zona 1. Severo: Afecta más de una zona.

Para los grupos restantes (3,6,7,8,9,11,12 y 13), se utilizó la misma metodología descriptiva aplicada en los grupos anteriores:

Grupo 3: Erosión del talón.

Grupo 6: Necrosis de la punta.

Grupo 7: Pared dorsal cóncava, Pezuña en tirabuzón, Pezuña en forma de tijera, Pezuñas asimétricas.

Grupo 8: Fisura vertical, Fisura horizontal, Fisura axial.

Grupo 9: Suela fina, Suela doble.

Grupo 11: Fractura del talón, Avulsión de la pezuña.

Grupo 12: Inflamación de la banda coronaria.

Grupo 13: Hemorragia localizada, Hemorragia difusa, Hemorragia de la línea blanca.

Conclusiones:

La clasificación clara, sencilla y uniforme de las lesiones en las pezuñas permite que todos los profesionales que recogen datos sobre lesiones podales en España lo hagan de forma correcta y uniforme, mejorando la precisión y la concordancia de los datos sobre salud podal a nivel nacional.

El trabajo acerca de las definiciones y unificación de criterios se seguiran actualizando dentro del proceso de discusión que el GT-FEPYBA ha seguido para la elavoración de este trabajo.

Abstract ID: CO-243 Tipo: Oral

Categoría: Reproducción

ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS REPRODUCTIVAS, MÉTODOS DE SELECCIÓN Y PROGRESO GENÉTICO EN GANADERÍAS DE VACUNO DE LECHE EN GALICIA

ASSESSMENT OF REPRODUCTIVE STRATEGIES, SELECTION METHODS, AND GENETIC MERIT IN DAIRY FARMS FROM GALICIA (SPAIN)

Uxía Yañez Ramil[1], Izadora Baldo Ferreira[1], Juan Caínzos Cagiao[1], Antía Acción Carro[1], Jacobo Álvarez Torres[1], Renato Barrionuevo Ponce[1], Juan José Becerra González[1], Pedro José García Herradón[1], Ana Isabel Peña Martínez[1], Luis Ángel Quintela Arias[1]

(1)-Universidade de Santiago de Compostela

La mejora genética es uno de los motores de la evolución de la industria ganadera, capaz de provocar cambios importantes tanto en la producción y rentabilidad como en la sostenibilidad de las explotaciones. Así, los objetivos de este trabajo han sido 1) establecer el valor genético medio actual, expresado en valores de Mérito Neto (NM$) estimado a partir de los datos de pedigrí, 2) determinar las estrategias reproductivas y los métodos de selección actuales en las ganaderías lecheras, y 3) estimar el progreso genético esperado en la siguiente generación del rebaño en función de la estrategia reproductiva utilizada. En este estudio se incluyeron un total de 39 ganaderías situadas en la Comunidad Autónoma de Galicia. En conjunto, estas granjas englobaron un total de 12.569 animales, con una media de 321 vacas por granja (72-947). En cada una de las explotaciones se rellenó un formulario, en el cual se recogió información tanto general como específica de la granja, entre las que destacan la estrategia de reproducción actual (porcentaje aproximado de utilización de semen convencional, sexado o de carne), la realización de pruebas genómicas o la presencia de un asesor genético. La obtención de la información de pedigrí de los animales presentes en el rebaño se realizó a través de la plataforma de CONAFE (Confederación de Asociaciones de Frisona Española). Este dato fue empleado para la estimación de los valores de NM$ de cada animal en base a la información disponible del padre, abuelo y bisabuelos de estos. La estimación del progreso genético esperado en la siguiente generación se realizó teniendo en cuenta en tipo de semen utilizado y la estrategia de selección de las futuras reproductoras (pedigrí o selección genómica). La evaluación de las posibles asociaciones entre la media de NM$ de las ganaderías (variable dependiente) y los parámetros incluidos en la encuesta (variables independientes) se llevó a cabo mediante análisis de varianza (ANOVA). La determinación de la correlación entre el porcentaje de uso de semen sexado, convencional y carne con el NM$ estimado del rebaño se realizó mediante regresión lineal. La estimación del progreso genético se realizó en base a la fórmula del progreso genético (que tiene en cuenta el grado precisión o exactitud de selección, la intensidad de selección, la variabilidad genética y el intervalo generacional, Falconer y Mackay, 1996) a través de la herramienta ROI (Return of Investment, ABS Global, WI, USA). La media estimada de NM$ fue de 275.78 PTA (-525.91 – 1018.85 PTA), con diferencias de hasta 1289.65 PTA entre los animales con valores mínimo y máximo dentro de una misma granja, lo que pone en relevancia la existencia de una

elevada proporción de individuos con NM$ negativo. Además, de las 39 ganaderías, sólo 11 afirmaron recibir asesoramiento genético, y sólo en 8 se realizaban pruebas genómicas. No obstante, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el valor del NM$ estimado medio del rebaño entre recibir asesoramiento genético o no (251.97 vs 262.07 PTA, respectivamente), ni entre el uso o no de pruebas genómicas (272.89 vs 255.69 PTA, respectivamente) o seleccionar a los animales en base a la información genómica, de pedigrí, o no hacer ninguna selección (182.15, 269.28 y 225.50 PTA, respectivamente). El porcentaje de empleo (media ± desviación estándar) de semen sexado, convencional y de carne fue del 32.0±17.7, 33.5±30.4 y 34.3±21.9, respectivamente, entre el total de ganaderías. Los modelos de regresión ajustados indicaron una correlación positiva (r^2=0.21, $p < 0.05$) entre el porcentaje de uso de semen de carne y el NM$ medio estimado del rebaño, sin existir dicha correlación en el caso del porcentaje de uso de semen sexado (r^2=0.03, $p > 0.31$). Finalmente, los resultados del ANOVA revelaron la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) en el NM$ de la siguiente generación de los rebaños en función de las estrategias utilizadas, observando un mayor NM$ al combinar el uso de semen sexado y carne con la selección de reproductoras en base a pruebas genómicas (148.55±30.31) en comparación con el uso de semen convencional y selección por pedrigrí (64.74±13.21), el uso de semen sexado y carne y selección por pedrigrí (105.85±21.60), y el uso de semen convencional y selección por pruebas genómicas (90.87±18.54). En conclusión, la implementación de técnicas reproductivas avanzadas y el uso de pruebas genómicas puede tener un impacto notable en el progreso genético y en la rentabilidad de las explotaciones, aunque su éxito depende en gran medida del nivel de gestión de la ganadería.

Abstract ID: CO-294 Tipo: Oral Categoría: Medicina

MORTALIDAD MASIVA DE TERNERAS EN UNA GANADERÍA DE LECHE DEBIDO A UNA POSIBLE INTOXICACIÓN POR DOXICICLINA: UN CASO DE ESTUDIO.

MASS MORTALITY OF CALVES IN A DAIRY FARM DUE TO SUSPECTED DOXYCYCLINE INTOXICATION: A CASE STUDY.

Laura Elvira Partida[1], Carlos Carbonell[2], Rebeca Conde[3], Francisco Insua [3], María Isabel Viana Armas[4], Juan Vicente González Martín[5]

(1)-Directora Técnica Rumiantes, MSD Animal Health

(2)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health

(3)-Albeita-neira

(4)-Veterinaria autónoma

(5)-Fac. Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid

Introducción

El manejo de las terneras ha adquirido una relevancia creciente en los últimos años. Sin embargo, la morbilidad y mortalidad en la fase lactante continúa representando un desafío en numerosas ganaderías (Urie et al., 2018). En este contexto, la administración de antibioterapia oral es una práctica aún frecuente, a pesar de sus potenciales efectos adversos y el impacto negativo sobre el consumo de antimicrobianos de la granja.

La doxiciclina es un antibiótico bacteriostático de amplio espectro, perteneciente a las tetraciclinas, que se caracteriza por su alta biodisponibilidad tras la administración oral. Por este motivo, es un tratamiento frecuente para tratar la neumonía en la leche. No obstante, presenta dos riesgos principales: a) subdosificación con riesgo de resistencias y cronicidad, debido que los animales enfermos tienen a reducir la ingesta de leche; b) sobredosificación debido a errores de cálculo en la dosis o mayor consumo de leche en animales sanos.

Se han documentado intoxicaciones por doxiciclina en terneros de cebo entre 2-16 semanas que recibieron entre 3 y 10 veces la dosis recomendada (Brihoum et al., 2010). Sin embargo, Brihoum et al. (2011), no pudieron reproducir experimentalmente la intoxicación administrando 5 veces la dosis en terneros de dos meses, sugiriendo la existencia de causas adicionales desconocidas. Hasta la fecha, no conocemos publicaciones sobre intoxicaciones por doxiciclina en granjas de leche, ni tampoco en España.

Objetivo

El objetivo del presente estudio es describir un brote hiperagudo de mortalidad en terneras de 15 días a 2 meses de vida en una granja de leche, atribuido a una posible intoxicación por doxiciclina en la leche.

Descripción del caso

Una ganadería de leche de 700 vacas adultas, ubicada en A Coruña, experimentó una mortalidad masiva de terneras entre el 31/1-4/2 del 2025. Las terneras de la explotación se envían habitualmente a dos centros de recría: uno recibe semanalmente 4 terneras de 2-3 semanas de vida, mientras que el otro recibe el resto, de 4-8 semanas de vida, una vez al mes.

En la granja, las terneras se alojan en casetas individuales durante las primeras 3 semanas, para luego trasladarlas a un corral grupal de 5 terneras hasta su marcha. Se alimentan con leche de desecho pasteurizada, complementada con leche desnatada en polvo (125 g/ l). Reciben 2 litros por toma en caseta y 4 litros en los grupos a través de un cubo con 6 tetinas. En 2024, de 428 partos de hembras vivas, solo murieron 7 (1,7%).

El 29 de enero de 2025, al aparecer tos en las terneras de grupos, se les administró aproximadamente 450 gramos de doxiciclina oral (hiclato de doxiciclina,500 mg/g) en 290 litros de leche, lo que supone 1,5gr/L en una toma para 90 terneras. Al día siguiente, se trasladaron 4 terneras al centro de recría. En la toma de la tarde se volvió a administrar la doxiciclina por segunda y última vez.

El 31 de enero, apareció una ternera muerta en la granja y otra en el centro de recría. Durante ese día, 3 terneras más mostraron depresión, apatía y extremidades frías, seguidas de sialorrea, disnea y muerte súbita. Esa misma tarde, sospechando un brote de neumonía, todas las terneras fueron tratadas vía parenteral y vacunadas intramuscularmente contra VRS y PI3. En los siguientes tres días, murieron 35 terneras más con síntomas similares, la mayoría en los grupos que consumían más leche. En total, fallecieron 40 animales, el 45% de las terneras presentes en la granja.

Las necropsias revelaron congestión hepática, edema pulmonar y renal apuntando a un posible fallo circulatorio. Se enviaron muestras de corazón, hígado, riñón y bazo para histopatología, observando posibles zonas de necrosis en el miocardio. Asimismo, una vez estimado que se pudo sobredosificar entre 3,5 y 4,5 veces la dosis recomendada de doxiciclina oral, se solicitó un análisis toxicológico completo y una cuantificación de doxiciclina que confirmo niveles altos de doxiciclina (16 µg/mL) en orina 3 días después de la última administración en la leche. Además, aparecieron residuos de penicilina y sulfamidas que el ganadero administro vía parenteral

La sintomatología y los hallazgos de las necropsias son compatibles con una posible intoxicación por doxiciclina oral. La histopatología confirma una necrosis miocárdica multifocal en el ventrículo izquierdo y congestión pulmonar como se describe en publicaciones previas (Brihoum et al., 2010; El-Neweshy, 2013; Yeruham et al., 2002). Asimismo, en dos perfiles bioquímicos la Creatin Kinasa (CPK) se encontraba muy elevada, lo que se asocia principalmente a enfermedades musculares caracterizadas por degeneración o necrosis, como sería este caso.

Conclusiones

La sobredosificación de doxiciclina en terneros lactantes puede provocar efectos adversos que alteran la salud intestinal y el microbioma en casos leves, o llegar a afectar la funcionalidad cardiaca, renal y hepática, causando elevada mortalidad. Este caso subraya la importancia de un uso prudente de los antibióticos en terneras, especialmente cuando se administran vía oral.

Abstract ID: CO-295 Tipo: Oral Categoría: Medicina

SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MONITORIZACIÓN EN LA RECRÍA: DINÁMICA DE LAS ALERTAS DE SALUD COMO SOPORTE DE LOS PROGRAMAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL

AUTOMATIC MONITORING SYSTEMS IN DAIRY FARMING: DYNAMICS OF HEALTH ALERTS AS SUPPORT FOR PREVENTION AND CONTROL PROGRAMS

Laura Elvira Partida[1], Carolina Tejero[2], Luis García[3], Marta Isabel Vicente[4]

(1)-Directora Técnica Rumiantes, MSD Animal Health

(2)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health

(3)-Veterinario Granja Tauste Ganadera.

(4)-MSD Animal Health

Los sistemas de monitorización automática (SMA) establecen una línea de base de comportamiento a nivel individual y detectan desviaciones del comportamiento normal generando alertas (Lokhorst et al., 2019). Los cambios de comportamiento a menudo ocurren por razones que necesitan intervención humana (Ej.animal estro; Dolecheck et al., 2015) o enfermedad (Stangaferro et al., 2016).

Actualmente estas tecnologías se pueden utilizar también para la monitorización de terneras de recría que están validados con alertas para identificar terneras sospechosas de enfermedad que requieren ser revisadas (Friedman y col., 2022).

El control sanitario de los animales jóvenes representa uno de los mayores desafíos para las granjas lecheras. La información proporcionada por los SMA permite focalizar las tareas y con ello que los ganaderos y sus veterinarios puedan enfrentarse a los múltiples retos del sector, tales como la escasez de mano de obra cualificada, el aumento de los costes de la recría, la nueva legislación para reducir el uso de antimicrobianos, la mejora del bienestar animal o la reducción de las emisiones de carbono (Tejero y col., 2024).

Conocer la dinámica de las enfermedades en terneras de recría, así como los patrones de salud, enfermedad y recuperación es fundamental para establecer programas de prevención y control adaptados a cada granja. Las enfermedad respiratoria y la diarrea son los problemas de salud más frecuentes en terneros menores de 12 semanas (Windeyer y col., 2014). La identificación temprana de riesgos y la implementación de buenas prácticas de manejo pueden mejorar significativamente la salud y el bienestar de las terneras.

Por ello, los objetivos de este estudio observacional fueron:

1) Conocer los patrones de alertas generados por un SMA (SHDY) durante el periodo de lactancia, postdestete y crecimiento en las granjas que utilizan sistemas automáticos de alimentación (SAA) en la recría.

2) Identificarlos periodos de riesgo para poder detectar e instaurar medidas correctivas.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo entre abril y septiembre de 2024, mediante el seguimiento de 428 terneras de dos explotaciones lecheras del noreste de España. Las terneras se alojaron tras el nacimiento en casetas individuales y recibieron dos tomas de calostro sondado (4L y 2L, con un intervalo de 8-12 horas). A continuación, entre los días 7-12 de vida, se reagruparon en corrales de 14-20 terneras por nodriza (H&L CalfExpert). El día 70 fueron destetadas de forma automática por la nodriza y 1-3 semanas después pasaron a los grupos de postdestete. A lo largo del estudio, se recopiló distinta información individual; desde los clásicos registros de salud (morbilidad y bajas) a la información automática proporcionada por SenseHub® Dairy Youngstock SHDY, MSD Animal Health (alertas de salud y categorías de alerta).

Resultados y Discusión

Los resultados del estudio evidenciaron patrones diferentes entre las granjas. En la granja 1, el 40% de las alertas se produjeron en las casetas, el 53% en las nodrizas y el 7% en el postdestete; mientras que en la granja 2, el 16% de las alertas se produjeron en las casetas, el 65% en las nodrizas y el 19% en el postdestete.

Sin embargo, en ambas granjas, el periodo más crítico de alertas fue el periodo de alojamiento en nodrizas. Encontrado diferencias entre las granjas en el tiempo (semanas) en la distribución de estas alertas: en la granja 2 se alargaba hasta la semana 7 mientras que en la granja 1 empezaba a descender a partir de la semana 5.

Analizando las alertas por categoría, se observó que en la granja 1, el porcentaje de alertas graves fue menor (13%) en comparación con la granja 2 (34%). Además, en la granja 2, el mayor porcentaje de alertas graves se produjo en los patios postdestete, identificando así un punto crítico en esta granja. Estos resultados se vieron confirmados por el porcentaje de bajas en este periodo, que tuvo una diferencia del 2% entre ambas granjas.

En la granja 1, sin embargo, nos encontramos con un elevado porcentaje de alertas en las casetas, de las cuales un 82% eran leves y 18% graves, a diferencia de la proporción de la granja 2 con un 41% de graves en ese periodo. En ambas granjas, se revisó por ello el manejo del recién nacido, el encalostrado, el programa nutricional y la incidencia de diarreas neonatales.

Conclusión

E el uso de SMA ha demostrado ser una herramienta práctica, tanto al ganadero como a sus técnicos, para un mejor conocimiento y análisis los periodos de riesgo en la salud de las terneras en sus granjas. La variabilidad en la cantidad y tipología de alertas entre granjas subraya la importancia de adaptar los programas de prevención y control a las condiciones específicas de cada explotación. La identificación temprana de riesgos y la implementación de medidas correctivas pueden ayudarnos a mejorar la salud y el bienestar de las terneras, optimizando la eficiencia y sostenibilidad de las granjas lecheras.

Abstract ID: CO-204 Tipo: Oral Categoría: Medicina

INSTINTO MATERNO EN LA GESTACIÓN: TRANSFERENCIA DE MICROMINERALES MADRE-CRÍA EN VACUNO LECHERO

MATERNAL INSTINCT IN GESTATION: MOTHER-CALF MICROMINERALS TRANSFER IN DAIRY CATTLE

Laura Fresco Rey[1], Belén Larrán Franco[2], Lucas Rigueira Rey[1], Candela Fernandez-Villa[1],

Marta Miranda Castañón[1]

(1)-Hospital Veterinario Universitario Rof-Codina. Facultad Veterinaria. USC. Lugo

(2)- Facultad Veterinaria. USC. Lugo

Introducción y objetivos

Durante la gestación, la vaca aporta al feto nutrientes esenciales a través de la sangre y la transferencia placentaria para asegurar su desarrollo. En ellos se incluyen los microminerales, imprescindibles para el correcto funcionamiento de los mecanismos antioxidantes y del sistema inmune (1, 2). Al nacer, este aporte continúa gracias a la ingestión del calostro. Sin embargo, se sabe que la leche materna es una fuente limitada de la mayoría de los oligoelementos durante las primeras etapas de la lactancia neonatal. Para subsanar esto, el hígado fetal tiene la capacidad de acumular microminerales y formar, de este modo, una reserva útil durante la vida posnatal, aunque la adecuación de esta reserva depende, a su vez, del estado mineral de la madre. Así, el objetivo de este estudio fue conocer la relación entre los niveles de microminerales de la madre y su cría para detectar

posibles tendencias interacciones entre ellos, ya que su déficit puede dar lugar a importantes pérdidas productivas y múltiples patologías.

Material y métodos

Se tomaron muestras pareadas de sangre de 52 vacas multíparas de raza Holstein y sus 52 terneras una vez ingerido el calostro. Todos los animales tenían un manejo convencional y una dieta estándar con ración a medida suplementada con un corrector vitamínico-mineral para cumplir los requerimientos productivos. Las muestras se sometieron a un procedimiento simple de digestión ácida y los niveles de microminerales (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn) se analizaron por Espectroscopia de Emisión con Fuente de Plasma Acoplado (ICP–MS) en el laboratorio del Servicio de Asesoramiento y Análisis Mineral de la Universidad de Santiago de Compostela (USC).

Resultados y discusión

Los niveles de Co, Cu, Fe y Se en suero fueron significativamente más altos ($P<0.001$) en las vacas que en las terneras, mientras que el Zn fue significativamente mayor en la terneras ($P<0.001$); siendo los niveles de Cr, Mn y Mo muy similares en ambos grupos *($P>0.9$)*. El porcentaje de deficiencia fue superior en las vacas, siendo el Se el elemento más deficitario (73.1%), seguido del Zn (44.2%), el Cu (36.5%) y el Co (13.5%). En las terneras, el Co (26.9%) y el Mn (11.5%) fueron más deficientes que en sus madres. Por

otro lado, el Se fue el elemento más deficiente en las madres (73.1%) y el que presentó menor deficiencia en las terneras (5.8%). Las concentraciones de Cr, Cu, Mn, Mo y Se en el suero de la madre se correlacionaron positivamente con los niveles en suero de las terneras, siendo la correlación más potente la del Se *(P <0.01; r=0.618)*.

Está descrito que los niveles de Cu, Fe, Se y Zn en hígado son mayores en los fetos que en las vacas, mientras que las ratios de Co, Mn y Mo son menores (4). La reserva hepática del feto permite que mantengan los niveles necesarios para la función metabólica y enzimática, manteniendo niveles de normalidad en sangre (3). De hecho, las terneras de nuestro estudio presentaban porcentajes de deficiencia muy bajos, en relación con sus madres, de esos microminerales que se acumulan en el hígado (Cu, Fe, Se y Zn), mientras que presentan mayor porcentaje de deficiencia de los microminerales que acumulan en menores cantidades en el hígado (Co, Mn), que fueron los elementos más deficitarios. Por tanto, las madres, aunque presenten niveles marginales de Se, Zn o Cu garantizan una buena reserva a las terneras, priorizando la reserva mineral del feto (4).

Conclusiones

Estos resultados corroboran la transferencia micromineral madre-cría, ya sea vía transplacentaria o por el calostro. De este modo, puede concluirse que la madre prioriza la reserva mineral del feto, asegurando un estatus micromineral correcto al recién nacido, incluso a costa de sus propias reservas. Por ello, es de vital importancia garantizar un correcto aporte vitamínico-mineral en base a los déficits detectados en el rebaño.

1: Palomares, 2022 https://doi.org/10.3390/ani12202839

2: Swecker Jr., 2023 https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2023.05.001

3: Suttle 2022 https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9781789240924.0000

4: Van Saun 2023 https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2023.06.003

Abstract ID: CO-205 Tipo: Oral Categoría: Nutrición

EL ALGA ASPARAGOPSIS EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS: UNA ESTRATEGIA SOSTENIBLE PARA REDUCIR METANO SIN COMPROMETER LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

THE SEAWEED ASPARAGOPSIS IN DAIRY COW NUTRITION: A SUSTAINABLE STRATEGY TO REDUCE METHANE WITHOUT COMPROMISING FOOD SAFETY

Víctor Pereira Lestayo[1], Marta Inés Miranda Castañón[1], Manuela Buján Saco[2], Ruth Rodríguez Bermúdez[1], Antonio Muiños Insúa[2], María Marta López Alonso[1]

(1)-Universidade de Santiago de Compostela

(2)-Portomuiños

La reducción de las emisiones de metano entérico en rumiantes es una prioridad en la lucha contra el cambio climático. El metano es un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global significativamente mayor que el CO_2 a corto plazo, siendo el segundo en importancia después del dióxido de carbono en su contribución al cambio climático. En las últimas décadas, su concentración en la atmósfera ha aumentado en torno a un 1% anual, y su principal origen son las actividades humanas. Dentro de estas, la ganadería de vacuno y ovino representa casi una cuarta parte de todas las emisiones de metano a nivel global. El metano se genera por la fermentación del alimento en el rumen y, dado que las características fisicoquímicas de la dieta influyen en la cantidad de gas emitido, se han desarrollado estrategias nutricionales para reducir su producción sin afectar la eficiencia energética ni el rendimiento productivo del ganado.

En este contexto, la inclusión del alga roja *Asparagopsis spp.*, en especial *A. taxiformis*, ha demostrado un gran potencial para reducir las emisiones de metano en estudios in vitro (Machado et al., 2014; Maia et al., 2016; Brooke et al., 2020; Nunes et al., 2024). Su eficacia es superior a la de otras algas (Thorsteinsson et al., 2023) y similar a la de compuestos como el 3-nitrooxipropanol (Dijkstra et al., 2018). Este efecto antimetanogénico se debe a la presencia de análogos halogenados del metano, principalmente bromoformo, que inhibe la metanogénesis al interferir con la coenzima M metiltransferasa (Honan et al., 2021).

El bromoformo (tribromometano) es un compuesto con potencial carcinogénico y toxicidad hepatorrenal. Estudios previos han mostrado que la suplementación con *Asparagopsis* a bajas dosis no genera acumulación de bromoformo en tejidos o leche, lo que sugiere su metabolización en el rumen. Sin embargo, a dosis elevadas se ha detectado bromoformo en orina y leche (Muizelaar et al., 2021), lo que subraya la necesidad de estudios adicionales para garantizar la seguridad alimentaria. Además, es fundamental desarrollar métodos analíticos precisos para cuantificar el bromoformo y confirmar la seguridad de los productos derivados (Hutchings et al., 2024).

Para garantizar tanto la eficacia como la seguridad de la suplementación con *Asparagopsis*, es esencial determinar su concentración en el ingrediente añadido a la dieta y en los productos destinados al

consumo humano. La volatilización del bromoformo en la biomasa del alga puede afectar su efectividad, por lo que es necesario establecer dosis óptimas. Simultáneamente, es crucial evitar una exposición excesiva que pueda resultar en su excreción en la leche.

Este estudio forma parte del proyecto de investigación "LAZTEO: Regreso al futuro del sector lácteo: innovación en territorio", concedido en la última convocatoria del Programa Misiones GAIN 2024. En este marco, se evaluará el impacto de la suplementación con *Asparagopsis* en vacas lecheras sobre la reducción del metano entérico y la presencia de bromoformo en la leche. Se empleará un diseño experimental controlado de 130 días de duración con 24 vacas de alta producción de 2ª y 3ª lactación en fase decreciente de la lactación, administrando diferentes dosis de *Asparagopsis* en la dieta (4 grupos: control, 0.25% AT y 0.5% AT y 1% AT, porcentaje de inclusion del alga en el total de la ración). Las emisiones de metano se cuantificarán durante la ingesta de pienso durante todo el periodo de duración del experimental mediante cámaras de respiración (GreenFeed) y las muestras de leche se analizarán para determinar la concentración de bromoformo mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) tras una extracción sólido-líquido con microextracción en fase sólida. Actualmente, se está optimizando este método en los servicios de apoyo a la investigación de la Universidad de Santiago de Compostela.

Además, se realizará la determinación de yodo, ya que la normativa europea exige especificar su concentración en piensos cuando supere las 100 ppm en el extracto de alga (REGLAMENTO UE 2022/1104), así como de otros oligoelementos (As, Ca, Cu, Fe, K, Mn, Mg, Na, P, Zn). Estos análisis se llevarán a cabo en el suplemento, la leche y el suero de las vacas mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) en el Servicio de Asesoramiento mineral del grupo de investigación IMEDA de la USC. La evaluación de estos parámetros es esencial para garantizar que la inclusión de algas en la dieta no afecte negativamente el balance mineral y la salud de los animales.

El uso de algas como *Asparagopsis* en la alimentación animal representa una estrategia sostenible con beneficios potenciales tanto en la reducción de emisiones de metano como en el aporte nutricional y la calidad de los productos lácteos. Sin embargo, su implementación requiere estudios como los del proyecto LAZTEO, que permitan optimizar las dosis y los métodos de administración, maximizando los beneficios ambientales sin comprometer la seguridad alimentaria. Además, será fundamental evaluar el impacto a largo plazo en la salud del ganado y la viabilidad económica de su uso, asegurando su sostenibilidad dentro del sector lechero.

Abstract ID: CO-248 Tipo: Oral Categoría: Nutrición

REDUCCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE METANO MEDIANTE LA INCLUSIÓN DE ASPARAGOPSIS ARMATA EN DIETAS PARA RUMIANTES (METHANLESS).

REDUCTION OF METHANE PRODUCTION BY INCLUDING ASPARAGOPSIS ARMATA IN RUMINANT DIETS (METHANLESS).

Laia Garrido Pérez[1], Joey Nassrani[1], Adriana Siurana Marina[1], Jorge Santamaría Pérez[2],

Raül González López[2], Lorena Castillejos Velázquez[1]

(1)-Servei de Nutrició i Benestar Animal, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona

(2)-Algabrava S.L.

El calentamiento global causado por las emisiones de gases de efecto invernadero se ha convertido en un desafío. De estos gases, el metano (CH4), generado durante la fermentación ruminal del ganado vacuno, representa una fuente significativa de estas emisiones. Por ello, la búsqueda de estrategias para reducir su liberación se ha convertido en una prioridad para nuestro sector.

Asparagopsis armata es una macroalga introducida hace algunos añosun siglo en el mar Mediterráneo y que en estos momentos crece de forma natural en el litoral catalángran parte del litoral español. Esta alga roja es rica en bromoformo, un compuesto bioactivo con propiedades antimetanogénicas que puede actuar sobre la microbiota del rumen. El bromoformo libre presenta un riesgo tóxico debido a su alta biodisponibilidad y a su capacidad para generar metabolitos tóxicos.

Sin embargo, cuando este compuesto se encuentra unido al alga, queda encapsulado, lo que reduce significativamente su toxicidad.

El objetivo de este estudio ha sido evaluar el efecto que tiene la inclusión de *A. armata* en dietas de rumiantes sobre la producción de CH4, así como su impacto sobre la digestibilidad de la dieta y el perfil de la fermentación ruminal.

Se llevaron a cabo dos ensayos in vitro, uno con líquido ruminal de vaca de leche y otro de ternero de engorde. Para el ensayo con líquido ruminal de vaca lechera se utilizó una dieta típica para vacas lecheras alta en forraje (60% forraje: 40% concentrado) y para el ensayo con líquido ruminal de ternero de engorde una dieta típica para terneros de engorde con alto contenido en concentrado (10% paja: 90% concentrado). Se llevaron a cabo dos periodos experimentales con 5 réplicas de cada nivel de inclusión de *A. armata* (0%, 0,3%, 0,6%, 1,2% y 2,4% materia orgánica, MO). Después de 24 horas de incubación, se determinó la producción de metano (CH4, mg/g de OM), la producción total de gas (PTG, mL/g de OM), la concentración de N amoniacal y de ácidos grasos volátiles totales (AGVt, mM). También se midió el pH ruminal y se calculó la digestibilidad de materia seca (MS) y MO de la dieta. Se utilizó un modelo lineal mixto con la dosis como efecto fijo y el periodo como efecto aleatorio (programa SAS, versión

9.4, SAS Institute INC.) para el análisis estadístico de los datos.

En el líquido ruminal de vaca, la inclusión de 0,3 y 0,6 % de *A. armata* redujo la producción de CH4 en un 21 y un 59 %, respectivamente, sin modificar la producción de AGVt, la PTG, ni disminuir la digestibilidad de la dieta. Además, observamos que la inclusión de *A. armata* a dosis más altas (1,2 y 2,4 %) inhibió por completo la producción de CH_4, también sin reducir significativamente la producción de AGVt, la PTG, ni la digestibilidad.

En el líquido ruminal de ternero, la inclusión de un 1,2% de *A. armata* redujo la producción de CH4 un 96%, sin embargo, con esta dosis ya se observó una disminución del 8,5% en la producción de AGVt. Al incrementar la dosis hasta un 2,4%, las emisiones de CH_4 se redujeron al 100%. Además, las dos dosis más altas de *A. armata* redujeron la cantidad PTG durante la fermentación a las 24 h (12 y 13% respectivamente).

La relación acetato:propionato se redujo a medida que aumentaba la dosis de *A. armata*. La reducción de esta ratio nos indicaría un proceso de fermentación más eficiente, siempre que no se altere la producción de AGVt, lo que únicamente se observó en la dosis 1,2 y en el líquido ruminal de ternero.

Finalmente, la digestibilidad de la MS, de la MO y el pH no se vieron afectados en ninguno de los casos.

La adición de 0,6% de *A. armata* consiguió reducir un 59% la producción de CH_4 en líquido ruminal de vaca, sin afectar a los AGVt ni a la digestibilidad de la dieta. Sin embargo, para conseguir reducir la producción de CH_4 en líquido ruminal de ternero de engorde fue necesaria una adición de 1,2% de *A. armata*, lo que provocó una ligera reducción en los AGVt del 8%. La incorporación de dosis altas de esta alga (1,2 y 2,4 %) parece afectar ligeramente a la concentración de AGVt, y en la mayoría de los casos de forma no significativa, aunque es necesaria más investigación para consolidar estos resultados.

La inclusión de *A. armata* en las dietas de rumiantes podría ofrecer una solución innovadora y eficaz para reducir las emisiones de metano. Sin embargo, serán necesarios más estudios *in vitro* e *in vivo* para optimizar su incorporación según la dieta y el sistema productivo.

Abstract ID: CO-280 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

LA INFECCIÓN PREVIA POR EL VIRUS RESPIRATORIO SINCITIAL (VRS) PREDISPONE A LA INFECCIÓN POR MYCOPLASMA BOVIS EN LOS CEBADEROS

PREVIOUS INFECTION WITH RESPIRATORY SYNCYTIAL VIRUS (RSV) PREDISPOSES TO MYCOPLASMA BOVIS INFECTION IN FEEDLOTS

CHRISTIAN DE LA FE RODRIGUEZ[1], JUAN CARLOS CORRALES[1], XÓCHITL HERNÁNDEZ[1], JUAN ALCÁZAR[2], ANTONIO SÁNCHEZ[1], JOAQUÍN AMORES[1], ANTONIO FERNÁNDEZ[3], GINÉS LUJÁN[3], DAVID DEL OLMO[4], HECTOR RAMÍREZ[5], ANA MARTÍNEZ- *EXPÓSITO[4], ALEJANDRO SÁNCHEZ[5]*

(1)-UNIVERSIDAD DE MURCIA

(2)-CARGILL SL

(3)-ADS DE BOVINO DE LORCA

(4)-JUAN JIMÉNEZ GARCÍA SAU

(5)-BOS NOSTRUM SL

El complejo respiratorio bovino (CRB), es un proceso multifactorial en el que diversos virus o bacterias participan con mayor o menor importancia en la etiología, generando infecciones mixtas que complican las medidas de control. En este trabajo, se ha monitorizado semanalmente la presencia y evolución de *Mycoplasma bovis* (Mb) en un conjunto de terneros pasteros (n=90), empezando el día de llegada a los cebaderos (t0) y durante el primer mes de estancia (t0-t4), al objeto de analizar la posible influencia en la misma de la infección previa con el virus respiratorio sincitial (VRS), el virus parainfluenza, el virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) o el virus de la diarrea vírica bovina (BVD). Para ello, se ha determinado la respuesta serológica de los individuos a estos agentes en los 5 tiempos indicados (para un total de 440 muestras), al objeto de relacionar la infección con cualquiera de estos agentes y la detección de Mb. Este último procedimiento, se realizó por cultivo y por PCR. Los resultados obtenidos de mayor trascendencia evidencian que, de un total de 283 muestras que resultaron positivas al virus respiratorio sincitial, en 183 de ellos pudo demostrarse la infección por Mb. En el resto de las muestras (n=157), que resultaron negativos al virus sincitial, solo 70 resultaron positivas a la presencia de Mb mientras que en un total de 87 se demostró la infección. Estadísticamente, siendo el objetivo estimar el Odds ratio de este estudio observacional transversal, con un nivel de confianza del 95%, los resultados obtenidos nos indican que los individuos espuestos al VRS presentan 2.275 más probabilidades de estar infectados por Mb que los no expuestos, por lo que la positividad al VRS se considera un factor de riesgo. No existe asociación entre Mb y el virus parainfluenza (OR=0.8213), el BVD (OD= 0.8042) ni el IBR (OD=1.0845). Aunque falta mucha información en relación con los mecanismos de patogenicidad que utilizan estos microorganismos o la interacción que se establece, los resultados obtenidos sugieren que la inmunización activa frente al VRS previa a la llegada de los animales a los cebaderos, en el periodo de pre- acondicionamiento, podría ser un factor clave a la hora de que los

animales fueran menos sensibles a los efectos posteriores del CRB asociado a la presencia de Mb, máxime cuando también se ha demostrado la asociación entre la presentación de Mb y la de *Mannhemia haemolytica* (Valeris-Chancin et al., 2022), patógenos oportunista que participa activamente en este síndrome bovino.

Abstract ID: CO-279 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

MYCOPLASMA BOVIS INCREMENTA SU PAPEL EPIDEMIOLÓGICO EN EL COMPLEJO RESPIRATORIO BOVINO EN ESPAÑA

MYCOPLASMA BOVIS INCREASES ITS EPIDEMIOLOGICAL ROLE IN THE BOVINE RESPIRATORY COMPLEX IN SPAIN

CHRISTIAN DE LA FE RODRIGUEZ[1], JUAN CARLOS CORRALES[1], XOCHITL HERNÁNDEZ[1], JUAN ALCAZAR[2], ANTONIO SÁNCHEZ[1], JOAQUÍN AMORES[1], ANTONIO FERNÁNDEZ[3], GINÉS LUJÁN[3], DAVID DEL OLMO[4], HECTOR RAMÍREZ[5], ANA MARTÍNEZ- EXPÓSITO[4], ALEJANDRO SÁNCHEZ[5]

(1)-UNIVERSIDAD DE MURCIA

(2)-CARGILL SL

(3)-ADS de Bovino de Lorca

(4)-JUAN JIMÉNEZ GARCÍA SAU

(5)-BOS NOSTRUM SL

Mycoplasma bovis (Mb) es uno de los agentes patógenos del complejo respiratorio bovino, patología que tiene un gran impacto económico en la producción de bovinos de carne en Europa. Los datos de los últimos años, obtenidos en diversas partes de Europa o EEUU, han evidenciado un incremento de la presentación de Mb como agente causal del síndrome, si bien, se desconocen los motivos (Arcangioli et al., 2008; Caswell et al., 2010).

En el presente trabajo, se ha realizado el seguimiento clínico y epidemiológico de la presencia de Mb en un conjunto de lotes de terneros pasteros (n=12) situados en la Comunidad Valenciana y en la Región de Murcia, principalmente de origen nacional de diversa procedencia (principalmente Extremadura y Salamanca) y un peso medio de entre 200 y 300 kilos a la entrada. Son animales que han llegado sin vacunar a los cebaderos y en los cuales, se han seleccionado al azar un total de 15 individuos de cada lote para monitorizar la presencia de Mb. Para ello, se han tomado muestras de hisopos nasofaríngeos el día de llegada a los centros (t0) y semanalmente durante el primer mes de estancia (t0-t4). La presencia de la infección Mb se ha analizado utilizando tanto el cultivo microbiológico de los mismos (utilizando medios y métodos standard incluyendo el medio PH, de composición similar al PPLO) y por PCR, utilizando el método descrito por (Foddai et al., 2005). En el cebadero, a su llegada, se ha manejado a los individuos seleccionados siguiendo los protocolos de manejo y alimentación propios de cada uno de los centros. Los días indicados, además de recoger las muestras, se ha procedido por parte del staff veterinario al diagnóstico de la presencia de síntomas respiratorios (fiebre, secreción nasal, toses, etc.), al objeto de relacionar la presencia de Mb y la presentación de la sintomatología. Todas las muestras recogidas se mantuvieros en refrigeración hasta su llegada al laboratorio, siempre en un tiempo no superior a 12 horas. De forma complementaria, los aislamientos de Mb fueron tipificados mediante la amplificación y secuenciación del gen *polC,* al objeto de identificar diferencias entre los aislamientos circulantes.

Los resultados obtenidos, evidencian un 27% de los animales analizados ingresan ya infectados por Mb en los cebaderos, lo que discrepa parcialmente con parte de los datos ya publicados con anteriorirdad, donde este porcentaje no suele ser superior al 2% (Castillo- Alcalá et al., 2021. Becker et al., 2020). No obstante, hay lotes analizados donde no se detectaron portadores el día 0, lo que sugiere dos posibilidades: Que los animales lleguen infectados al cebadero o que, con posterioridad, se infecten con las cepas de Mb que circulan en el mismo. Así, ello podría explicar el hecho de que la presencia de Mb haya podido confirmarse en el 100% de los 12 lotes analizados a partir del t2 (15 días aproximadamente).

Al mismo tiempo, se ha registrado una sintomatología más precoz y grave en diversos lotes (n=2) que presentaban un mayor número de infectados por Mb en el t0 (86%), en los cuales entre un 34% y el 100% de los individuos manifestó sintomatología respiratoria en esas dos primeras semanas y requirió el empleo de tratamientos antimicrobianos (macrólidos y tetraciclinas, principalmente). Además, en todos los lotes se observó que el número de terneros infectados por Mb se incrementa con el tiempo (t0 a t4), detectándose la presencia del microorganismo en más del 70% de los individuos incluidos en el estudio (n=180) a lo largo del primer mes. Todo ello sugirie la importancia de estas primeras semanas de cebo en la transmisión de este agente patógeno, época fundamental para presentación del CRB, lo cual puede estar relacionado con el incremento de su papel epidemiológico en estos últimos años. El análisis molecular de los aislamientos también ha permitido evidenciar la interacción de diferentes subtipos *polC* de Mb, que pueden circular conjuntamente en el mismo animal y/o lote de terneros en diferentes fases del muestreo.

Los resultados sugieren, por una parte, la necesidad de establecer medidas de control en origen, al objeto de limitar el efecto que genera Mb en los cebaderos. Por otra parte, también parece fundamental mejorar la bioseguridad y el manejo de los terneros en los cebaderos, para limitar la circulación de Mb y la transmisión entre los diferentes lotes.

Abstract ID: CO-231 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

VIREMIA DE LARGA DURACIÓN EN LA ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA EN GRANJAS DE LECHE DE RAZA HOLSTEIN

LONG-LASTING VIREMIA OF EPIZOOTIC HAEMORRAGIC DISEASE IN HOLSTEIN DAIRY FARMS

Gonzalo López Lorenzo[1], Rocío Del Pozo López[1], Alberto Prieto[1], David García Dios[1], Néstor Martínez Calabuig[1], Susana Remesar[1], Patrocinio Morrondo[1], Gonzalo Fernández[1], José Manuel Díaz Cao[1]

(1)-Departamento de Patoloxía Animal, Facultade de Veterinaria, Campus Terra, Universidade de Santiago de Compostela, 27002, Lugo, España

INTRODUCCIÓN

La Enfermedad Hemorrágica Epizoótica (EHE) es una enfermedad de etiología vírica y de presentación estacional (mayor incidencia entre final de primavera a inicios de otoño), transmitida

por vectores del género *Culicoides* spp. En España se han declarados brotes en 2022, 2023 y 2024, en la época de actividad del vector y con tendencia creciente. Teniendo en cuenta que la actividad de los *Culicoides* se detiene durante los meses fríos del año, es de esperar que la transmisión vectorial se interrumpa. No obstante, surge la hipóteisis de que las vacas infectadas durante la época de actividad de los Culicoides, pudieran mantener la viremia en su organismo y actuar como reservorio del virus hasta la siguiente época de actividad del vector. Considerando estas premisas, los objetivos de este trabajo fueron estimar la prevalencia individual de infección por EHE a nivel de granja y la duración de la viremia en vacas infectadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en 12 granjas de vacuno de leche Holstein de la provincia de Lugo desde octubre de 2024 y continúa en enero de 2025. En todas ellas se habían confirmado vacas infectadas por EHE por los Servicios Veterinarios Oficiales (SVO). EN cada granja:

-Se tomó una muestra de sangre a cada vaca confirmada de EHE por los SVO, recogiendo la fecha de dicho diagnóstico. Posteriormente, cada 3 semanas se tomaba otra muestra a cada una de estas vacas.

-Se realizó un muestreo para estimar la prevalencia de infección activa por EHE. Se estimó una prevalencia de infección del 50 %, con una precisión del 15% y un alfa de 0,05. Se incluyeron vacas lactantes, novillas y secas.

Las muestras de sangre de las vacas confirmadas de EHE por los SVO se analizaron individualmente. Respecto al muestreo, las sangres se procesaron en pools de 5 animales. Se realizaron extracciones de ARN y qPCR de EHE empleando kits comerciales. Con los resultados obtenidos se estimó la prevalencia individual de infección en cada granja (Cowling *et al*., 1999) y la duración de la infección mediante la diferencia de días entre la última toma de muestras y la fecha del diagnóstico inicial por los SVO.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todas las granjas se detectaron más vacas infectadas de las notificadas inicialmente. La prevalencia de EHE osciló entre 1,88 y 30,11 %. Esta variación entre granjas posiblemente esté influenciada por condicionantes geográficos, ya que los valores más elevados se detectaron en las granjas situadas más al sur. En la Tabla 1 se muestra la estimación de la prevalencia de infección en cada granja, el número de vacas incluidas en el estudio longitudinal de viremia y la duración de la misma.

Granja	Censo	Prevalencia estimada (IC 95 %)	N vacas estudio longitudinal (días viremia)
1	91	7,78 % (0,1 – 25,94)	2 (126)
2	130	10,60 % (2,06 – 28,72)	5 (104)
3	125	5,59 % (0,1 – 18,98)	0
4	70	10,60 % (2,06 – 28,72)	4 (79) *
5	100	30,11 % (8,5 – 66,5)	12 (137)
6	100	19,72 % (4,9 – 46,63)	2 (137)
7	100	10,60 % (2,06 – 28,72)	1 (58) *
8	71	3,04 % (0,01 – 15,90)	1 (34) *
9	250	5,12 % (1 – 14,31)	1 (63) *
10	57	9,71 % (1,08 – 31,88)	3 (64) *
11	530	1,88 % (0 – 10,1)	1 (63) *
12	136	3,04 % (0,01 – 15,90)	1 (58) *

*Muestras tomadas en enero del 2025 sin analizar De 33 vacas que estamos monitorizando, hasta la fecha se han detectado viremias de EHE de 137 días de duración. Sólo cesó la viremia en una vaca, ocurriendo entre los 109 y 137 días a partir del diagnóstico inicial. Esta viremia tan larga convierte a las vacas infectadas en un reservorio del virus y por tanto un factor fundamental en el mantenimiento y en la aparición de nuevos casos de EHE en nuevas épocas de actividad del vector.

CONCLUSIONES

1. La prevalencia individual de EHE muestra una gran variación entre las granjas analizadas.

2. En vacas Holstein, la persistencia de viremia de EHE durante meses es un reservorio que puede determinar su permanencia en las granjas de vacuno de leche.

BIBLIOGRAFÍA

Cowling, D. W., Gardner, I. A., & Johnson, W. O. (1999). Comparison of methods for estimation of individual-level prevalence based on pooled samples. Preventive Veterinary Medicine, 39(3), 211–225.

Groschupp, S., Kampen, H., & Werner, D. (2024). Winter activity of Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) inside and outside stables in Germany. Medical and Veterinary Entomology, 38, 552-

565

Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación (2024). Enfermedad hemorrágica epizoótica.

Savini, G., Afonso, A., Mellor, P., Aradaib, I., Yadin, H., Sanaa, M., Wilson, W., Monaco, F., & Domingo, M. (2011). Epizootic heamorragic disease. Research in Veterinary Science, 91(1), 1–17.

Abstract ID: CO-252 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DE LOS SIGNOS CLÍNICOS ASOCIADOS A ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA EN GALICIA DURANTE 2023-2024

EPIDEMIOLOGICAL STUDY OF CLINICAL SIGNS ASSOCIATED WITH EPIZOOTIC HEMORRHAGIC DISEASE IN GALICIA DURING 2023-2024.

JOSE MANUEL DIAZ CAO[1], Maria Belen Hernández Garabal[1], Alberto Prieto[1], Gonzalo López- Lorenzo[1], David García-Dios[1], Ceferino López[1], Pablo Díaz[1], Rosario Panadero[1], Ana Saldaña[1], Pablo Díez-Baños[1], Gonzalo Fernandez[1]

(1)-UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La enfermedad hemorrágica epizootica (EHD) es una enfermedad vírica emergente que se transmite por Culicoides spp. La primera detección de la EHD en Europa se produjo en 2022 en Cerdeña y Sicilia [1], asociada al serotipo EHD-8, desde dónde se ha extendido a través de España, Portugal y Francia en los años sucesivos. Durante mucho tiempo, la creencia general era que el virus raramente causaba enfermedad en los bovinos [2], a diferencia de algunas especies de cérvidos, con la excepción de algunos brotes esporádicos significativamente más graves en el bovino, como el registrado en Japón en los años 60 [3]. Sin embargo, en las últimas décadas, se han sucedido diversos brotes, fundamentalmente en la cuenca mediterránea, que sugieren un aumento de la patogenicidad del virus, así como de su relevancia clínica y económica [4]. En Galicia, el virus se detectó por primera vez en septiembre de 2023 [5] y, al igual que en el resto de España, produjo numerosos reportes de enfermedad clínica en el vacuno. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la incidencia de enfermedad clínica en las granjas de ganado vacuno de Galicia y describir los signos clínicos encontrados.

Para ello, durante 2023 y 2024, realizamos una encuesta a veterinarios clínicos de bovino que desarrollan su actividad en áreas confirmadas con presencia de EHD en explotaciones de carne (mayoritariamente “Rubia Gallega”) y leche (“Frisona”). Los veterinarios colaboradores nos proporcionaron información de todas las granjas en las que prestan servicios y que tuvieron confirmación oficial de EHD. La confirmación de la presencia del virus se realizó por los Servicios Veterinarios Oficiales de acuerdo con la normativa establecida, y los resultados positivos se utilizaron para confirmar las granjas como positivas. El análisis estadístico se realizó mediante regresión logística.

Del total de 820 explotaciones llevadas por el conjunto de los veterinarios colaboradores, el número de granjas confirmadas con EHD fue 74 granjas (9 %). Todas las granjas con confirmación fueron incluídas en el estudio y procedieron de 21 municipios. Veintinueve granjas presentaron casos en 2023 y 45 en 2024 e incluyeron a 44 explotaciones de carne y 30 de leche. Los censos de las explotaciones oscilaron de 15 a 530 animales. La incidencia media y mediana de signos clínicos en las explotaciones fue del 13,3 % y 6,58 %, respectivamente; la mortalidad 3,0 %, y 0 %; y la letalidad 18,4 % y 0 %. El análisis estadístico reveló una mortalidad y letalidad significativamente más altas ($p < 0,05$) en el ganado lechero que en el

de carne (medianas: 1,1 % vs 0 %; y 20,5 % vs 0 %; OR de 1,9 y 4,0, respectivamente); mientras que no se detectaron diferencias en la incidencia por tipo de producción (5,2 % vs 8,3 %). En relación con los signos clínicos, la frecuencia de explotaciones con cada signo fue: erosiones en la mucosa oral (93 %), hipersalivación (89,7 %), dificultad/incapacidad para beber y comer (79,4 %), edema y protusión de la lengua (63,2 %), cojeras y problemas podales (57,4 %), edema de patas (51,5 %), conjuntivitis (51,5 %), disnea y problemas respiratorios (44,2 %), deshidratación (35,3 %) y diarreas sanguinolentas (29,4 %). Otros signos aparecieron en frecuencias menores del 5 %. En el ganado lechero se apreció una disminución de la producción lechera en más del 10 % en 296/301 animales, y la disgalaxia fue señalada por 29/30 de las explotaciones lecheras consultadas. La variación interanual se pudo evaluar en 9 municipios que presentaron casos los 2 años (de un total de 378 explotaciones), encontrando una caída en la incidencia de granjas confirmadas del 49,5 % en 2023 al 4,7 % en 2024.

Estos resultados señalan un impacto significativo de la EHD durante la emergencia y resaltan las lesiones orales, la disfagia y los problemas podales como los signos más comunes, encontrados en una amplia mayoría de explotaciones tanto de carne como de leche. No obstante, la expresión de la enfermedad fue muy variable, desde explotaciones con incidencias clínicas muy bajas a otras con incidencias más altas y casos graves. Asimismo, en todas las áreas observadas en las que el virus circuló en 2023, el impacto clínico en la campaña siguiente fue mucho menor, sugiriendo una protección posterior en las zonas expuestas. Los resultados obtenidos en este estudio pueden ayudar a entender las implicaciones clínicas de la enfermedad en el vacuno y contribuir a anticipar los efectos de la introducción del virus en regiones sin exposición previa.

[1] Lorusso, A. et al., 2023. Emerg Infect Dis. https://doi.org/10.20506/rst.34.2.2360

[2] Savini, G. et al., 2011. Res Vet Sci https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.05.004

[3] Omori, T. et al., 1969. J. Microbiol 13(2), 139-157

[4] Jiménez-Cabello, L. et al., 2023. Microorganisms, https://doi.org/10.3390/microorganisms11051339

[5] RASVE 2025. https://servicio.mapa.gob.es/rasve/Publico/Publico/BuscadorFocos.aspx

Abstract ID: CO-193 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

LA HIDRATACIÓN ORAL ES UN TRATAMIENTO COADYUVANTE EFICAZ PARA LA ENFERMEDAD RESPIRATORIA BOVINA.

ORAL HYDRATION IS AN EFFECTIVE ADJUVANT TREATMENT FOR BOVINE RESPIRATORY DISEASE.

Ramon Armengol Gelonch[1], Júlia Miró[1]

(1)-Universitat de Lleida

El objetivo de este estudio fue determinar si la hidratación oral es un tratamiento coadyuvante eficaz para la enfermedad respiratoria bovina. Para lograr este objetivo, se compararon los resultados clínicos y de rendimiento entre terneros afectados por enfermedad respiratoria bovina (BRD) tratados con antibiótico (florfenicol) y antiinflamatorios no esteroideos (AINE-meloxicam) (grupo GNH) versus terneros que recibieron el mismo antibiótico y AINE más una terapia coadyuvante basada en hidratación oral (grupo GH) al 7% del peso vivo (PV) (Kg) durante cinco días. También se incluyó un grupo de terneros sanos, del mismo lote y edad, como control negativo. Se incluyeron terneros de cebo cruzados (Aberdeen Angus-Holstein) en función de una puntuación clínica de BRD (0-3 puntos por signo clínico: temperatura rectal, secreción nasal, secreción ocular, tos y posición de la oreja/cabeza) durante los primeros 21 días del período de engorde. Se definió como ternero afectado por BRD clínico si tenía una puntuación igual o superior a 5 puntos. Los terneros afectados por BRD (n = 130) se asignaron aleatoriamente a los grupos GH (n = 65) o GNH (n = 65). La puntuación clínica se controló después de 4 días para determinar la curación o continuación del tratamiento. También se midieron los resultados de rendimiento (PV y ganancia diaria promedio -GMD, g/d-) en ambos grupos experimentales y en el grupo de control negativo en los días de inclusión, 42 y 80 desde el inicio del ensayo. A lo largo del ensayo, el grupo GH, en comparación con el grupo GNH, resultó en una puntuación clínica significativamente menor (P≤0,05) después de 4 días (Clinical Score =3.15 ± 2.73 *vs.* 4.69 ± 2.39) , un menor % de terneros que recibieron 2, 3 o más tratamientos (75.4%

vs. 87.7%) y una ausencia significativa de casos de BRD que cronificaron (0.0% *vs.* 9.2%). Cuando se analizaron los datos de PV en un modelo multivariable considerando el PV en el día 0 como un factor en el modelo para estimar correctamente PV2, PV3 y GMD2 y GMD3 y GMD global, los terneros GH mostraron GMD significativamente (P≤0,05) más altas a lo largo del ensayo (Inclusión-42d, 42-80d e Inclusión-80d) en comparación con los terneros del grupo GNH (PV2= 81.03 ± 1.37 Kg *vs.* 76.20 ±

1.39 Kg; PV3= 120.5 ± 1.90 Kg *vs.* 111.5 ± 1.98 Kg; GMD2=720 ± 50 g/d *vs.* 460 ± 50 g/d;

GMD3=960 ± 40 g/d *vs.* 830 ± 40 g/d; y GMD global=860 ± 30 g/d *vs.* 690 ± 30 g/d. En conclusión, la inclusión de fluidoterapia oral durante 5 días y al 7% del PV en el tratamiento de la BRD clínica basada en la administración de antibiótico y AINE, mejora de manera significativa los parametros de curación de los animales enfermos (mejor reducción de los signos clínicos, menor repetición de tratamiento antibiótico, y ausencia de casos crónicos) y su rendimiento productivo (PV y GMD)

Abstract ID: CO-210 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

INCLUSIÓN DEL VIRUS DE LA RINITIS BOVINA (BRAV Y BRBV) EN EL DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DEL PROCESO RESPIRATORIO BOVINO.

INCLUSION OF BOVINE RHINITIS VIRUS (BRAV AND BRBV) IN THE DIAGNOSIS OF THE BOVINE RESPIRATORY PROFILE.

JOSE LUIS ARNAL BERNAL[1], Alfredo Benito Zúñiga[1], Sofía Lázaro-Gaspar[1], Lorena Redrado Gómez[1], Cristina Baselga Julián[1]

(1)-Exopol

Introducción

El virus de la rinitis bovina (BRV) es uno de los agentes del complejo respiratorio bovino (BRDC). Este virus provoca lesiones en los cornetes nasales, la tráquea y el epitelio pulmonar. BRV puede categorizarse en dos genotipos, BRAV y BRBV, en función de su caracterización genómica. Los datos disponibles hasta ahora sugieren que BRAV presenta un mayor potencial virulento que BRBV. Sin embargo, la falta de información detallada en diferentes zonas productivas impide generar conclusiones definitivas.

Este virus ha sido detectado en países con relevancia ganadera de los cinco continentes, causando un impacto económico considerable. Diversos estudios realizados mediante técnicas de metagenómica han identificado la presencia de este virus. Sin embargo, solo un número limitado de laboratorios de diagnóstico puede permitirse este tipo de análisis. Por ello, la información sobre la circulación de estos virus y su implicación en los problemas respiratorios del ganado bovino sigue siendo escasa.

La técnica de PCR en tiempo real (qPCR) permite una detección específica, con alta sensibilidad y un coste asumible para el sector. La inclusión de ensayos específicos para BRAV y BRBV proporciona información detallada sobre los agentes etiológicos del BRDC en un número considerable de muestras y en un tiempo reducido.

El objetivo de este estudio fue valorar la implicación de BRAV y BRBV en casos clínicos de afección respiratoria de ganado bovino en nuestro país.

Material y métodos

Se analizaron 102 muestras clínicas provenientes de 97 brotes de afección respiratoria en ganado bovino. Todos los brotes salvo 5 fueron analizados a través de una única muestra. El resto aportaron dos o más muestras analizadas en pool. Las muestras consistían en tejido pulmonar en los casos en los que se había realizado la necropsia o en lavados traqueobronquiales en casos sin bajas. La aptitud del ganado analizado fue cárnica (n=38), lechera (n=23) o desconocida (n=41). Las edades de los animales se categorizacon como lactantes (n=24), cebo (n=48), adultos/reproductores (n=13) o sin datos conocidos (n=17)

El muestreo se llevó a cabo en los casos remitidos al laboratorio Exopol (Zaragoza, España) entre octubre de 2024 y enero de 2025. Los animales pertenecían al menos a 48 explotaciones diferentes, distribuidas en 31 provincias de España.

La detección e identificación microbiológica se realizó mediante técnicas moleculares. Para ello, se diseñaron y validaron dos nuevos ensayos de qPCR basados en sondas de hidrólisis para la detección de BRAV y BRBV. Estos ensayos, junto con un control endógeno, se dispusieron en un formato de reacción multiplex.

Además, otros agentes del BRDC también fueron detectados mediante qPCR, incluyendo BRSV, PI3V, BVDV, BCoV, BHV-1, Influenza D virus, *Histophilus somni*, *Mycoplasma bovis*, *Mannheimia haemolytica* y *Pasteurella multocida*.

Resultados

BRAV fue detectado en 19 muestras distintas (18%), con valores Cq entre 19 y 31. Entre éstas, 9 correspondían a ganado de aptitud cárnica, 1 a ganado lechero y en 9 no se disponía de esta información.

BRBV se identificó en 25 muestras (24%), con un rango de valores de Cq entre 22 y 36. De éstas, 8 provenían de animales estabulados en explotaciones de carne, 9 de explotaciones lecheras y en 8 casos no se contaba con información sobre la aptitud del ganado.

BRBV fue el único agente viral detectado en 7 brotes, de los cuales en 6 sí se identificaron otras bacterias como *Mycoplasma bovis* (n=2), *Pasteurella multocida* tipo A (n=1), *Histophilus somni* (n=1) y *Mannheimia haemolytica* A2 (n=1); y en el restante no se encontró ningún otro agente del BRDC. BRAV también fue el único agente viral identificado en 1 brote, en el que también se detectó *P. multocida* tipo A. La coinfección de BRAV y BRBV se evidenció en 9 casos.

BRAV y BRBV se detectaron en brotes de todas las edades: lactantes (12% y 29%), cebo (29% y 18%) y adultos (15% y 15%).

Discusión

Los resultados de este trabajo confirman por primera vez en España la circulación de BRV en el ganado bovino. Sin embargo, aún existen importantes limitaciones para evaluar en profundidad su grado de implicación de los procesos respiratorios. No obstante, la elevada frecuencia de detección de este virus, ya reconocido como agente del BRDC, en animales enfermos de explotaciones de toda la península y en ambos tipos de producción, indica su amplia distribución y sugiere la necesidad de un estudio más amplio y detallado que permita conocer su impacto en el sistema productivo. Además, los datos obtenidos sugerirían que BRAV circula sobre todo en animales de cebo, mientras que BRBV puede tener un papel más relevante en animales más jóvenes.

Conclusión

Estos hallazgos respaldan la inclusión de BRAV y BRBV en el diagnóstico diferencial de procesos respiratorios bovinos, de cualquier aptitud ganadera y edad productiva, permitiendo a su vez seguir acumulando datos para conocer con más detalle el rol de este virus dentro del BRDC.

Abstract ID: CO-258 Tipo: Oral Categoría: Cebo

EFECTO DE LA VACUNACIÓN FRENTE A CORONAVIRUS RESPIRATORIO BOVINO SOBRE LA GANANCIA MEDIA DIARIA Y LA SALUD RESPIRATORIA RESPECTO A ENFERMEDAD RESPIRATORIA EN TERNEROS PASTEROS

EFFECT OF VACCINATION AGAINST BOVINE RESPIRATORY CORONAVIRUS ON AVERAGE DAILY GAIN AND RESPIRATORY HEALTH FOR RESPIRATORY DISEASE IN FEEDER CALVES

Celia Bartolome[1], Andrea Puig[2], Miguel Ruiz[2], Laura Elvira Partida[3]

(1)-MSD AH

(2)-Ganados Ruigan

(3)-MSD Animal Health

El coronavirus respiratorio bovino (BoCV) es un patógeno endémico mundial en el ganado vacuno, que juega un papel relevante en el Síndrome Respiratorio Bovino (SRB). Distintos estudios de prevalencia han puesto de manifiesto su elevada presencia, con un 92% de los terneros de cebo positivos al virus en hisopado nasal a la entrada (Lillo y col., 2024). Respecto al impacto de la vacunación intranasal frente a BoCV, un primer estudio puso de manifiesto como la vacunación a la entrada redujo un hasta un 36% el riesgo de ser tratado por SRB (Plummer y col., 2004; Erickson y col., 2024). Dado que recientemente se ha lanzado al mercado una vacuna intranasal frente a coronavirus decidimos realizar un estudio bajo las condiciones comerciales de los cebaderos de nuestro país.

OBJETIVO:

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la vacunación frente a BoCV sobre la ganancia media diaria (GMD) y el riesgo de ser tratado por SRB en un cebadero de terneros pasteros.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se incluyeron en el estudio 166 terneros de un mismo origen en Portugal, de raza Limusín o cruce de Limusín. Los terneros fueron pesados individualmente y clasificados en dos corrales homogéneos: corral 2 (88 terneros; 255,52 kg; 30 Machos y 58 Hembras) y corral 3 (78 terneros; 269,13 kg; 52 Machos y 26 Hembras).

Se tomaron muestras de hisopos nasofaríngeos de 6 animales a la entrada (3 de cada lote) para la detección de patógenos respiratorios mediante PCR. En ambos lotes se aplicó una misma alimentación y programa vacunal base parenteral, si bien en el corral 2 se aplicó además una vacuna INtranasal frente a VRSB y Pi3 (Bovilis® Intranasal RSP) y en el corral 3 se administraron dos vacunas intranasales, una en cada ollar (frente a VRSB y Pi3, Bovilis® Intranasal RSP, y frente a BoCV, Bovilis® Nasalgen C).

Para el seguimiento, en los animales sospechosos de enfermedad, tras la exploración se registraron los

signos clínicos (Tª rectal, disnea, lagrimeo, tos y descarga nasal) y diagnóstico. Además, se estableció un protocolo de tratamientos que fue el mismo en ambos lotes. Finalmente, a los 30 días de la vacunación, se pesaron nuevamente los terneros individualmente.

Para el análisis estadístico comparativo entre ambos grupos, se aplicó una prueba de chi-cuadrado para la morbilidad y de t de Student para la GMD.

RESULTADOS

En los hisopos nasofaríngeos a la entrada se detectó la presencia de Coronavirus respiratorio (BoCV) y *Mannheimia haemolytica* en elevada cantidad, y de Virus Respiratorio Sincital Bovino (VRSB) en moderada cantidad. Los resultados fueron negativos a IBR, BVD, Pi3 y *Mycoplasma bovis.*

El seguimiento de la enfermedad respiratoria puso de manifiesto el menor impacto del SRB en el corral 3, con una menor morbilidad respiratoria 5,13% frente al 13,64% en el Corral 2. Si bien la diferencia no fue significativa ($P > 0,05$), sí se observó una tendencia estadística ($P = 0,06$), lo que pudo deberse a la baja morbilidad que tuvimos en el estudio.

De hecho, el corral 3 logró significativamente una mayor ganancia de peso ($P<0,05$); tanto a nivel global con 1,45 kg/día, como para ambos sexos (1,55 kg/día en machos y 1,25 kg/día en hembras) Mientras que en el coral 2 la GMD fue de 1,07 kg/día (1,23 kg/día en machos y 0,99 kg/día en hembras).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio sugieren que la vacunación intranasal frente a BoCV puede ser una estrategia interesante a la hora de complementar un plan vacunal parenteral, con un efecto positivo sobre la salud respiratoria, tanto a nivel de casos clínicos detectados, como sobre el impacto de ésta en la GMD. Estos hallazgos ponen de manifiesto la importancia de implementar estrategias de vacunación completas para optimizar la salud y el bienestar de los terneros de cebo.

Abstract ID: CO-267 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

DESARROLLO DE UNA NUEVA QPCR PARA ESTIMAR LA CARGA BACTERIANA DEL COMPLEJO MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS EN TEJIDOS ANIMALES

DEVELOPMENT OF A NEW QPCR TO ESTIMATE THE BACTERIAL LOAD OF THE MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS COMPLEX IN ANIMAL TISSUES

Leire Fernández Veiga[1], David Sánchez Martel[1], María V. Geijo[1], Ramón A Juste[1], Joseba M. Garrido Urkullu[1], Iker Agirregomoskorta Sevilla[1]

(1)-NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Basque Research and Technology Alliance (BRTA)

La tuberculosis animal es una enfermedad zoonótica presente en animales domésticos y silvestres que está causada por bacterias del complejo *Mycobacterium tuberculosis* (CMT), siendo *M. bovis* y *M. caprae* las especies más relevantes en Europa. La enfermedad ejerce un gran impacto económico, tanto por las pérdidas generadas a causa de la disminución en la productividad y el incremento de la mortalidad, como por el gasto que conlleva la propia aplicación de los programas de erradicación obligatorios. El cultivo (e identificación del aislamiento) ha sido el método oficial para la confirmación de la infección en animales con pruebas *in vivo* positivas o en muestras sospechosas detectadas en el matadero, pero en la actualidad el Programa Nacional de Erradicación de la Tuberculosis Bovina también contempla la PCR directa para tal fin. La gran virtud de la PCR es que ofrece resultados en pocas horas en comparación con las semanas o incluso meses que requiere el cultivo. Otra de sus ventajas, es que permite estimar la carga bacteriana (en forma de equivalentes genómicos o EG) de forma más rápida y menos laboriosa que el cultivo (en forma de unidades formadoras de colonia o UFC). La cuantificación de la carga en las muestras no es un requerimiento oficial, pero proporciona una valiosa información y resulta muy útil en estudios con animales de experimentación.

En este trabajo, desarrollamos un ensayo de qPCR que amplifica una secuencia del sistema regulador devR- devS, específica de los miembros del CMT, para su cuantificación directa en muestras de tejido. Se trata de una diana de copia única por bacteria, por lo que la cuantificación es mucho más precisa que cuando se utilizan secuencias multicopia presentes en número variable dependiendo de la cepa (como IS*6110*). El nuevo ensayo de qPCR desarrollado fue evaluado mediante varios criterios para determinar su utilidad como herramienta diagnóstica en tuberculosis animal. Por un lado, evaluamos la especificidad analítica utilizando un panel de cepas que incluía representantes del CMT, micobacterias no tuberculosas y otros microorganismos, demostrando ser específico para CMT con un 100% de inclusividad (todas las CMT positivas) y exclusividad (todas las de fuera del CMT negativas). Se emplearon curvas estándar generadas con fragmentos sintéticos de DNA (gBlocks, IDT) que contienen la secuencia detectada por la qPCR y también con DNA extraído de *M. bovis* BCG Danish para establecer una cuantificación absoluta con un rango dinámico de entre 10^6 y 1 copia de gBlocks o genomas de BCG por reacción. La sensibilidad analítica, calculada como el límite de detección con un 95 % de confianza (LOD95), fue de 2 copias de

gBlocks y de 2 genomas BCG por reacción. Se analizaron 150 muestras de campo para evaluar el rendimiento del ensayo: 100 muestras negativas de ganado bovino obtenidas en el matadero y 50 muestras positivas compuestas por tejidos de ganado bovino y caprino previamente caracterizados. Los resultados del nuevo ensayo se compararon con los obtenidos mediante una qPCR basada en el gen multicopia IS*6110* y el cultivo automático en BACTEC MGIT 960. Todas las muestras positivas y negativas fueron correctamente identificadas por la nueva qPCR, mostrando una sensibilidad y especificidad del 100 %. Para estudiar la correlación entre UFCs y EGs, se procesaron 224 muestras de tejidos de animales experimentalmente infectados (ratones, cabras y tejones). Éstas fueron procesadas mediante cultivo (en placa) de diluciones seriadas para estimar la carga de UFCs y la extracción de DNA y qPCR devR-devS para estimar la carga de EGs. La correlación de Pearson general entre los datos de UFC y EG estimados fue de 0,79, variando entre 0,61 y 0,93 según el tejido y la especie animal. También se calculó la concordancia entre los resultados positivos/negativos obtenidos mediante el cultivo y la qPCR utilizando el total de muestras analizadas. El coeficiente kappa obtenido fue de 0,82, indicando una muy buena concordancia entre ambos métodos.

En conclusión, el ensayo de qPCR desarrollado se presenta como una prometedora herramienta de diagnóstico de la tuberculosis animal, capaz de cuantificar muy rápidamente la carga bacteriana incluso en muestras con bajos niveles de infección. Su uso puede ser especialmente útil en la confirmación de animales positivos o sospechosos, así como en estudios donde estimar la carga bacteriana es esencial (p. ej. ensayos de vacunación).

Financiación:

Proyectos EFA115/01 INNOTUB II financiado por el Programa INTERREG-POCTEFA 2021-2027 de la UE y Proyecto PID2022-142939OR-C21 financiado por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y por FEDER, UE. Leire Fernández obtuvo una beca del Programa Ikertalent 2021 del Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. David Sánchez-Martel obtuvo una beca PREP2022-000469 financiada por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y por el FSE+.

Abstract ID: CO-288 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

PRUEBA DE CAMPO CON UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA LA PREVENCIÓN DE LA DIARREA CAUSADA POR CRYPTOSPORIDIUM PARVUM EN UNA EXPLOTACIÓN LECHERA DE NUESTRO PAÍS

FIELD TRIAL OF A NEW TOOL IN THE PREVENTION OF CRYPTOSPORIDIUM PARVUM CAUSED DIARRHOEA IN NEONATAL CALVES OF A DAIRY FARM

Laura Elvira Partida[1], Carlos Carbonell[2], Eduardo García Torres[3], José Rego González[4]

(1)-Directora Técnica Rumiantes, MSD Animal Health

(2)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health

(3)-Veterinario Clínico, Grazas, Galicia

(4)-Veterinario Clínico, Galicia

La diarrea neonatal (DN) es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en las terneras antes del destete (Urie y col., 2018), siendo cuatro los principales agentes implicados: *E.coli*-k99, rotavirus, coronavirus y *Cryptosporidium parvum*.

C. parvum causa diarrea con mortalidad y retraso del crecimiento, y se asocia frecuentemente, a un mayor uso de antimicrobianos en la recría. Una nueva vacuna frente a *C. parvum* permite lograr una inmunización pasiva temprana de los terneros al ingerir el calostro y leche de transición de las madres vacunadas. Esta vacuna completa la protección vacunal existente para incluir los 4 principales agentes.

Si bien esta nueva vacuna ha demostrado su seguridad y eficacia en estudios preclínicos (Timmermans, 2024) y pruebas de campo realizadas en explotaciones lecheras comerciales de los Países Bajos (Reijnders y col., 2024). En las granjas lecheras de nuestro país, con elevada prevalencia del *C. parvum* (LopezNovo y col., 2019 y 2025), consideramos de gran interés evaluar el resultado de complementar la vacunación frente a Rota-corona-E.coli con esta nueva vacuna en dos granjas lecheras de Galicia. En esta primera comunicación presentamos los resultados preliminares de la primera granja objeto de seguimiento.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en una granja lechera española con 350 vacas en ordeño. Se incluyeron 120 vacas gestantes, entre 5-12 semanas preparto, que fueron asignadas de forma ciega y aleatoriamente estratificada en función de su número de parto a dos grupos de estudio: control R (vacunadas con Bovilis Rotavec® Corona) o vacuna R+C (vacunadas con Bovilis Rotavec® Corona y Bovilis Cryptium®). Se dejó de aplicar la metafilaxia con halofuginona (Halocur, MSD AH) en los terneros que fueron naciendo de ambos grupos. Tras el parto, los terneros se separaron de la madre y se alimentaron con al menos 3,5 litros de calostro dentro de las 6 horas postnacimiento. A continuación, los terneros fueron alimentados hasta del quinto día de vida con dos tomas de leche de transición del 2º-6º ordeño que era manejada en

pool para cada grupo de estudio.

Para monitorizar la respuesta inmunitaria, se midió la concentración de anticuerpos específicos frente a los cuatro agentes involucrados (BIO K126 Bovine Rotavirus, BIO K295 *E. coli* k99, BIO K392 Coronavirus y *In house* gP40 *C. parvum*) en el suero, calostro y leche de transición de las vacas, así como en el suero de los terneros entre 1-3 días de edad. Además, en este suero se comprobó el adecuado encalostrado mediante Brix y ELISA IgG.

Por otro lado, el veterinario, monitorizó la salud de los terneros durante las primeras tres semanas de vida registrando la morbilidad y mortalidad, puntuando la consistencia fecal (McGuirk, 2008).

Asimismo, se pesó individualmente al nacimiento y a los 21+3 días de vida. Adicionalmente, en 10 terneros centinelas de cada grupo se tomaron cinco muestras fecales seriadas entre las semanas 1-3 de vida para la cuantificación de la excreción de ooquistes.

Para el análisis estadístico se ha realizado un primer análisis descriptivo y un análisis de T-student para la comparación de variables continuas entre grupos, usando el sofware estadístico JASP. La significancia estadística se estableció con un valor $p<0,05$ y la tendencia si $p<0,10$.

Resultados y discusión

En estos primeros resultados presentamos el seguimiento en granja de 120 madres (3 bajas, 58 control R y 59 vacuna R+C), que encalostraron 105 terneros (52 control R y 53 vacuna R+C). Un primer análisis nos permitió confirmar que no había diferencias en la distribución del número de partos y nivel de encalostrado entre los grupos

A nivel inmunológico, con la primera mitad de las muestras de cada grupo analizadas, el grupo vacunado R+C obtuvo significativamente mayores niveles de anticuerpos específicos frente a gP40 de *C. parvum* expresados log2 que el control ($p<0,01$) en el suero preparto (16,7+1,8 vs 11,1+1,4), calostro (18,1+1,9 vs 12,9+1,5) y suero de los terneros (17,4+1,8 vs 11,2+1,3).

Por otro lado, los terneros del grupo vacunado R+C tendieron a reducir la mortalidad por diarrea (3,7 vs 13,5% respectivamente, $p= 0,07$) y a a ganar más peso entre 0-21 días (482,8 vs 400,2 gr/día respectivamente, $p=0,06$). Paralelamente, los patrones de excreción de ooquistes de *C. parvum* muestran un retraso en la eliminación, con significativamente menores excreciones en los dos primeros muestreos en el grupo R+C, y una respuesta más rápida a la hora de reducir la excreción; lo que posiblemente se asocie a la menor gravedad del score de diarrea de los terneros.

En conclusión, el uso conjunto de ambas vacunas logró una protección más completa tanto a nivel inmunológico, con mayor cantidad de anticuerpos específicos frente a gP40; como a nivel de salud digestivo, con tendencia a menor presencia de diarrea grave, mayor ganancia de peso y menor mortalidad. A lo que se sumó una drástica reducción de consumo de antimicrobianos en la recría al dejar de usar halofuginona de forma metafiláctica.

Abstract ID: CO-275 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

NEOSPORA CANINUM EN EL ÚLTIMO TERCIO DE GESTACIÓN: DINÁMICA DE LA INFECCIÓN EN LOS COMPARTIMENTOS MATERNO Y FETAL.

NEOSPORA CANINUM IN LATE GESTATION: INFECTION DYNAMICS IN THE MATERNAL AND FOETAL COMPARTMENTS

Esther Collantes-Fernández[1], Sandra Montaner-Da Torre [1], Roberto Sánchez-Sánchez[1], Rafael Amieva[1], Javier Moreno-Gonzalo[2], Javier Blanco-Murcia[2], Iván Pastor-Fernández[1], Luis Miguel Ortega-Mora[1], Pilar Horcajo[1]

(1)-Saluvet, Animal Health Department, Faculty of Veterinary Sciences, Complutense University of Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid, Spain.

(2)-Department of Animal Medicine and Surgery, Faculty of Veterinary Sciences, Complutense University of Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid, Spain

The apicomplexan parasite *Neospora caninum* is considered one of the main causes of abortion in cattle worldwide and one of the pathogens most efficiently transmitted by the transplacental route. The outcome of infection in pregnant cattle depends on several factors, particularly the immunological changes in both the dam and foetus at different gestational stages. Specifically, infection during mid-gestation, when the foetal immune system is still developing, often results in foetal death. In contrast, infection during late-gestation, when the foetus has developed immunocompetence, typically leads to birth of congenitally infected calves. Previously, we used a pregnant bovine model challenged at mid-gestation with the high-virulence Nc-Spain7 isolate to investigate early infection dynamics associated with foetal mortality. Here, we applied the same bovine model, but challenged at late gestation to gain a comprehensive understanding of why *N. caninum* infection is less pathogenic during this period, when abortion does not occur.

For this purpose, a total of 8 pregnant Holstein-Friesian breed heifers, aged 2 years, seronegative for *N. caninum* and either free of or vaccinated against, *Leptospira spp.*, IBR and BVD were selected from a herd free of brucelosis and paratuberculosis. Cattle were housed in the experimental farm at the Faculty of Veterinary Sciences (Complutense University of Madrid) and randomly divided into two groups: G1 (n=5) intravenously inoculated with 10^{7} Nc-Spain7 tachyzoites on day 210 of gestation, and G2 (n=3) inoculated with PBS (control group). After inoculation, rectal temperatures were recorded daily from day 5 before inoculation, until day 14 post-infection, and weekly afterwards. Foetal viability was monitored once a week throughout the experiment by ultrasound scanning. From day 1 post- infection until the end of the experiment, blood samples were collected twice a week from all heifers

to characterize peripheral cellular and humoral immune responses. Serum IFN-gamma and *N. caninum*-specific IgG antibodies were measured by ELISA. The percentage of monocytes, natural killer (NK) cells, B and T lymphocytes (CD4+, CD8+ and gamma-delta) in peripheral blood mononuclear cells (PBMC) were

determined by Flow cytometry. All heifers were euthanized at day 20 post-infection, and placental and foetal samples were collected for analysis. Parasite dissemination was determined by quantitative PCR in caruncles and cotyledons separately, and also in foetal target tissues (liver, lung and brain). Foetal immune response was also analysed.

Infected animals exhibited fever (> 39.5° C) at some point between 3 and 6 days post-infection, with the highest mean temperature on day 3 post-infection ($P < 0.05$). Regarding immune response in infected heifers, IgG seroconversion was observed as early as day 13 post-infection, with a peak of IFN-gamma production at day 6 post-infection ($P < 0.05$). Preliminary cytometry analysis showed in comparison to day -1, a significant increase in CD4+ T lymphocytes and NK cells on day 16 post-infection, while B lymphocytes decreased. CD4+ T lymphocytes and NK play key roles

in the immune response against *N. caninum*, promoting both the early recognition and elimination of pathogen- infected cells and the development of a more specific cell-mediated response against the parasite, thereby contributing to the initial control of the infection. The decrease in B lymphocytes could reflect differentiation into plasma cells that secrete antibodies, which reduces the number of B lymphocytes in dam blood. Foetal mortality was not observed but *N. caninum* congenital transmission was confirmed at day 20 post-infection by detecting parasite DNA in placental and foetal samples from infected animals. In fetuses, evidence of immunological competence was observed, with activation of both humoral and cell-mediated immune responses, which may contribute to controlling the infection. *Neospora*-specific IgG was detected in fluids from all fetuses (IFAT titers ranging from 1:50 to 1:200), and interferon-gamma was also detected by ELISA. Comparative analyses of infections at mid- versus late-gestation will be presented at the meeting.

These preliminary findings highlight the influence of the gestational period on the outcome of *N. caninum* infection. Notably, while infection with a high-virulence isolate results in foetal death at mid-gestation, it leads to congenital foetal infection without mortality at late-gestation. Understanding the mechanisms behind both outcomes is crucial for developing effective control strategies against *N. caninum*-induced abortions.

Acknowledgements: This work was funded by the projects PID2022-139673OB-I00 (MICIU/AEI/ 10.13039/501100011033; ERDF/EU) and TEC-2024/BIO-66/SALAINDEC-CM (Community of Madrid, Spain. Sandra Montaner-Da Torre and Rafael Amieva PRE2020-092101) were financially supported by a grant from the Spanish Ministry of Science and Innovation.

Abstract ID: CO-216 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LAS EXPLOTACIONES POSITIVAS A LA DIARREA VÍRICA BOVINA (DVB) EN EL PROGRAMA DE CONTROL DE LAS ADSG DE A CORUÑA.

RETROSPECTIVE STUDY OF POSITIVE FARMS FOR BOVINE VIRAL DIARRHOEA (BVD) IN THE CONTROL PROGRAMME OF THE ADSG OF A CORU&NTILDE;A

Carmen Calvo Santalla[1], Ignacio Arnaiz Seco[2], Carmen Eiras Ferreiro[2], Verónica Gómez Gómez[1], Santiago Martínez Calvo[3], Luis Vázquez Sande[1], Manuel López Luaces[1], Virginia Rubinos Macías[2]

(1)-Axencia Galega da Calidade Alimentaria-Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (AGACAL-CIAM). Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia

(2)-Laboratorio de Sanidade e Produción Animal de Galicia. Subdirección Xeral de Gandaría. Dirección Xeral de Gandaría, Agricultura e Industrias Agroalimentarias. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia

(3)-Servizo de Sanidade Animal. Subdirección Xeral de Gandaría. Dirección Xeral de Gandaría, Agricultura e Industrias Agroalimentarias. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia

A.- Introducción

El programa de control de la DVB en Galicia lleva implementándose en las Agrupaciones de Defensa Sanitaria Ganadera (ADSG) desde el año 2004. Actualmente, más de 6000 explotaciones y 35000 animales realizan pruebas diagnósticas anuales con el fin de detectar la posible existencia de explotaciones con circulación vírica. Estas pruebas consisten en:

1. Muestreo anual de un porcentaje de animales de entre 9 y 24 meses de edad para detección de anticuerpos frente a la proteína p80 del virus de la DVB.
2. En explotaciones de aptitud láctea, además, un mínimo de 2 muestras de leche de tanque para detección de anticuerpos frente a la proteína p80 del virus de la DVB.
3. En explotaciones vacunadas con vacunas vivas, el muestreo se realiza sobre mezclas de sueros o leche de tanque mediante la técnica de la PCR.
4. Determinación de anticuerpos y antígenos frente a DVB en todos los animales de nueva incorporación en la explotación.

Si el resultado de las pruebas indica la sospecha de circulación vírica, la explotación debe realizar pruebas complementarias de detección de antígenos con el fin de identificar aquellos animales persistentemente infectados (PI) o con viremias transitorias. Un animal con antígenos de la DVB no podrá abandonar la explotación si no es con destino a matadero.

La prevalencia de la enfermedad, si bien se redujo en los primeros años, actualmente parece situarse en unos niveles estables sin apreciarse un avance significativo en su control.

El objetivo de este trabajo es el estudio de la duración y mantenimiento de los focos de la enfermedad en determinadas explotaciones.

B.- Material y métodos

Para el estudio se seleccionaron los resultados laboratoriales de aproximadamente 2000 granjas de la provincia de A Coruña, que realizaron el programa de control entre los años 2019 y 2024.

Se consideraron sospechosas de la existencia de circulación del virus todas aquellas explotaciones en las que se detectó la presencia de anticuerpos frente a la proteína p80 en animales jóvenes con el ELISA ID Screen BVD p80 Antibody Competition (ID.Vet, France), variación en los niveles de anticuerpos en leche de tanque o, directamente, la presencia de antígeno vírico mediante rRT-PCR o ELISA IDEXX BVDV Antigen test kit/Serum Plus (IDEXX, USA).

Sobre estas explotaciones sospechosas se realizaron pruebas de detección de antígeno para confirmar la existencia de animales PI o con viremias transitorias, pasando a considerarse explotaciones con circulación vírica.

En las 53 explotaciones en las que, durante el año 2024, se detectó circulación vírica, se realizó un estudio retrospectivo con el fin de conocer la duración del foco y las posibles causas de esta.

C.- Resultados

Entre los años 2019 y 2024, de las más de 2000 explotaciones estudiadas, aproximadamente el 30% resultaron sospechosas de tener DVB (los valores oscilaron entre el 25-30,3%), y en torno a un 3% (con valores entre el 3,4 y el 2,8%) se pudo confirmar la circulación del virus en alguno de sus animales.

De las 53 explotaciones positivas en 2024, 10 (18,9%) tuvieron animales positivos a antígenos el año anterior, en 22 (22,6%) hubo detección durante dos o más años, y de estas 22, en 6 se detectaron animales positivos desde el año 2019. El resto se han considerado explotaciones con un foco nuevo (58,5%).

Estos resultados muestran que un elevado porcentaje de explotaciones con circulación vírica no consiguen eliminar la enfermedad en el primer año, lo que indica la existencia de posibles fallos en el seguimiento de las explotaciones, ya sea por deficiencias en el diagnóstico o en la vigilancia de los brotes.

Los programas de control sanitario deben tener un carácter dinámico, de tal forma que se vayan adaptando a la evolución de la enfermedad e incluyan nuevas técnicas diagnósticas, medidas de bioseguridad y vigilancia en consonancia con los resultados obtenidos.

Abstract ID: CO-257 Tipo: Oral Categoría: Sanidad

EVALUACIÓN SEROLÓGICA DE UNA VACUNA MARCADOR DE BVD QUE NO INTERFIERE CON EL ELISA P80 UTILIZADA PARA LA MONITORIZACIÓN DE BVD

SEROLOGICAL EVALUATION OF A BVD MARKER VACCINE THAT DOES NOT INTERFERE WITH P80 ELISA USED FOR BVD MONITORING

Santiago Casademunt[1], Marta Gibert[2]

(1)-Hipra (2)-Hipra Scientific, España

1. **Introducción:**

La BVD es una enfermedad costosa para la industria ganadera y varios países han logrado o iniciado planes de salud para erradicar la enfermedad. Estos programas suelen basarse en la virología para la identificación y el sacrificio de los animales PI, la bioseguridad, el control del transporte de animales de rebaños infectados y la vacunación. La serología también se incluye como método de vigilancia en la mayoría de los países (Moenning, 2021).

La vacunación tiene un papel esencial en la prevención y el control de la infección. El control serológico de la infección por BVD se basa en la detección ELISA de anticuerpos contra la proteína viral no estructural p80 y se realiza en suero y/o leche de tanque a intervalos de tiempo regulares. Los anticuerpos contra p80 deben encontrarse solo cuando hay replicación viral, pero se ha demostrado que las vacunas BVD inactivadas también pueden inducir anticuerpos anti-p80 que interfieren. En general, las vacunas inactivadas ordinarias contra la BVD han fracasado en el objetivo de controlar la circulación viral (Raue, 2011; González, 2013).

Una novedosa gama de vacunas polivalentes (DIVENCE®, HIPRA), que incluyen las glicoproteínas recombinantes BVDV-1 y BVD-2 E2, ofrece un nuevo enfoque en el control y seguimiento de esta enfermedad al incluir un efecto DIVA o "vacuna marcadora" para BVD, que permite diferenciar los animales vacunados de los infectados (Montbrau, 2024). El suero de bovinos no vacunados con DIVENCE® no reacciona al ELISA p80 BVD ni a la proteína E0 de la cápside, y es positivo para el ELISA Ab total.

1. **Objetivo:**

Determinar si la vacunación con DIVENCE® tiene alguna influencia en los resultados de la serología ELISA p80 y, por lo tanto, es una verdadera vacuna DIVA.

3. Materiales y diseño del estudio:

- Plan de vacunación: Por vía intramuscular, primera dosis de la vacuna a las 10 semanas de edad seguida de una segunda dosis 21 días después. Una tercera dosis 6 meses después, y una cuarta dosis 12 meses después de la anterior.
- Muestras: 10 muestras de suero de bovinos vacunados 3 veces; 15 muestras de leche de ganado

vacuno vacunado 4 veces.

Análisis: Diez laboratorios diferentes recibieron el mismo panel de muestras. El ELISA lácteo y sérico se realizó con los kits que cada laboratorio utiliza normalmente para el monitoreo del BVD. Los análisis se realizaron en las instalaciones de cada laboratorio y los resultados se compartieron posteriormente.

4. **Resultados:**

El efecto BVD DIVA de DIVENCE® proporciona resultados serológicos consistentes (Tabla 1) de ELISA p80 y E0, ya que el suero y la leche de animales vacunados hasta 4 veces no muestran ninguna reactividad a esas dos pruebas. La prueba ELISA p80 generalmente se convierte en positiva cuando el virus BVD se replica en el animal, y el ELISA E0 reacciona como positivo cuando el animal está expuesto a esta proteína de superficie de la estructura del virión. Todos los animales y muestras muestran resultados serológicos consistentemente positivos en ELISA de Total Ab después de la vacunación.

Tabla 1: Resultados serológicos en muestras de suero y leche de bovinos vacunados 3 y 4 veces respectivamente, con DIVENCE®. Se expresa como número de positivos sobre el número de muestras analizadas.

TABLA

*Agradecimiento al Dr. Guy Kouokam por los datos

5. Conclusiones:

Este marcador de BVD o efecto DIVA está validado en suero y en leche de animales vacunados, y mejora la fiabilidad de la serología de BVD como herramienta adicional para el control de la enfermedad y el seguimiento del estado de BVD del ganado bovino

6. Bibliografía:

- Moennig V, Yarnall MJ. The long journey to BVD eradication. Pathogens 2021, 10, 1292. https://www.mdpi.com/2076-0817/10/10/1292

- Gonzalez AM, Arnaiz I, Eiras C, Camino F, Sanjuán ML, Yus E, Diéguez FJ. Monitoring the bulk milk antibody response to bovine viral diarrhea in dairy herds vaccinated with inactivated vaccines. J. Dairy Sci. 2013, 97 :3684–3688. http://dx.doi.org/ 10.3168/jds.2013-7851

- Montbrau C, Gibert M, Taberner E, Tapiolas M, Teixeira R, Prenafeta A. Immunological response against bovine viral diarrhoea virus (BVDV) types 1 and 2 after vaccination with DIVENCE®, measured by ELISA and serum neutralisation on serum and milk samples. BioRxiv.

2024. https://doi.org/10.1101/2024.08.06.606756

- Raue R, Harmeyer SS, Nanjiani IA.. Antibody responses to inactivated vaccines and natural infection in cattle using bovine viral diarrhoea virus ELISA kits: Assessment of potential to differentiate infected and vaccinated animals. Vet.

J. 2011.187:330–334. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20074985/

Abstract ID: CO-223 Tipo: Oral

Categoría: Gestión de Granjas e Instalaciones

EVALUACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEBIDAS A LAS MAMITIS EN EXPLOTACIONES DE VACUNO LECHERO DE LA PROVINCIA DE LUGO

ECONOMIC LOSES EVALUATION OF MASTITIS IN DAIRY FARMS IN LUGO PROVINCE

Jacobo Álvarez Torres[1], Mónica Veiga[2], Jose Luis Benedito[3], Elena Niceas Martínez[3], Joaquin Hernández[3], Rodrigo Muiño[3], Renato Barrionuevo[4], Antia Acción[4], Uxía Yáñez[4], Ana Isabel Peña[4], Juan José Becerra[5], Pedro José García Herradón[5], Luis Ángel Quintela[5]

(1)-Universidade de Santiago de Compostela

(2)-Centro Veterinario Meira

(3)-Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria, IBADER-Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España.

(4)-Unidad de Reproducción y Obstetricia. Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España.

(5)-Unidad de Reproducción y Obstetricia. Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria. IBADER- Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España.

Las mamitis son una de las principales causas de pérdidas económicas en las ganaderías de vacuno de leche a nivel mundial[1]. Este impacto negativo en el beneficio económico de las granjas es debido principalmente a necesidad de descarte, a la reducción en la calidad y cantidad de la leche producida y a la disminución de la fertilidad[1,2]. Debido al elevado número de factores que influyen en el coste de las mamitis en los últimos años se han desarrollado diversos métodos para evaluar la influencia de las mismas en la salud financiera de las explotaciones[1–3]. Estos diferentes métodos han revelado una variabilidad de las pérdidas económicas muy elevada entre granjas y estudios[1–3]. Debido a esto, el objetivo de este trabajo preliminar fue cuantificar las pérdidas económicas ocasionadas por las mamitis clínicas y subclínicas en las explotaciones del noreste de la provincia de Lugo (NEL), atendiendo a las características particulares de las mismas en esta región.

Se recogieron datos de 30 granjas con una media de 119 (22-419) vacas en ordeño, una producción láctea media diaria de 33,37 (18,63-43,10) kg de leche/vaca y un 13,94 (0,5-44,7) % de mamitis clínicas. Los datos fueron obtenidos de los controles lecheros (número de vacas en ordeño multíparas y primíparas, recuento de células somáticas, producción de leche normalizada a 305 días, producción de leche real por lactación, producción anual del rebaño, intervalo parto-concepción, duración del secado), de los registros del veterinario de calidad de leche (porcentaje de mamitis clínicas (MC)), registros del veterinario clínico (coste diagnóstico de mamitis, coste del servicio veterinario, duración del tratamiento

de la mamitis, coste del tratamiento) y una encuesta realizada al ganadero (precio de la leche, precio de las vacas de descarte, coste de las novillas de reemplazo, salario mensual de los trabajadores, horas semanales del trabajador, porcentaje de descarte y de muerte en la granja). Los datos fueron introducidos en una hoja de Excel para el cálculo de los costes de las mamitis en las granjas.

Los costes de la MC se diferenciaron entre directos e indirectos. Siendo los primeros obtenidos a partir del sumatorio de los costes del diagnóstico, del tratamiento, el coste de las horas dedicadas a las MC y el coste debido a la pérdida por muerte de las vacas y por la leche desechada debido al tratamiento.

Por otro lado, los costes indirectos se calcularon como el sumatorio de los costes por disminución de la producción, el incremento de la tasa de eliminación y por el incremento del intervalo parto-gestación.

Finalmente, para el coste de las mamitis subclínicas (MS) se calcularon las pérdidas de leche y el incremento del intervalo parto-gestación.

Los resultados mostraron que, de media, las granjas estudiadas tuvieron unas pérdidas económicas debido a las MC de 8.721,70 (rango: 403,07-111.675,47) euros y debido a las MS de 7.302,77 (rango: 8.41,80-58.614,21) euros. Esto implica un coste anual por vaca presente de 70,23 (rango: 4,94-342,56) euros para MC y 40,27 (rango: 22,75-228,35) euros para MS. Por otra parte, el coste medio de un caso de MC fue de 517,70 (rango: 107,83-1.464,15) euros y el de cada caso de MS fue de 359,52 (rango: 280,58-2.275,12) euros.

Un estudio previo realizado en Rumanía encontró que las principales pérdidas económicas asociadas a las mamitis eran la pérdida de leche y el tratamiento de las mismas[3]. Esto concuerda parcialmente con nuestros resultados, ya que, en las ganaderías estudiadas la principal pérdida económica es la asociada a la pérdida de leche. Sin embargo, en este estudio preliminar la segunda mayor pérdida económica es la debida al incremento en la tasa de eliminación y no al coste de los tratamientos de la mamitis, como apuntaba el equipo de Bors et al. (2023). Por otro lado, en este mismo estudio, se observó que cada caso de mamitis tenía un coste económico de 150,31 euros, mientras que en otro estudio realizado en los Países Bajos se encontró un precio medio por caso de mamitis de 210 euros, algo que difiere en más de la mitad del coste con las explotaciones estudiadas[3,4].

En conclusión, nuestros resultados sugieren que existe una elevada variabilidad en las pérdidas económicas entre las diferentes granjas estudiadas. Esto resalta la importancia de calcular los costos específicos para cada explotación, ya que los valores medios no son aplicables para una evaluación precisa de los costos en cada granja.

Bibliografía:

1. Silva, A. T. F. *et al. Brazilian Journal of Microbiology* (2024) doi:10.1007/s42770-024-01548-y.
2. Rasmussen, P. *et al. J Dairy Sci* **107**, 6945–6970 (2024).
3. Bor?, A., Bor?, S. I. & Flori?tean, V. C. *Front Vet Sci* **10**, (2023).
4. Bonestroo, J. *et al.*. *Prev Vet Med* **210**, (2023).

Abstract ID: CO-286 Tipo: Oral

Categoría: Gestión de Granjas e Instalaciones

SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MONITORIZACIÓN EN LA RECRÍA: APLICACIONES PRÁCTICAS DEL TIEMPO DE RUMIA COMO SOPORTE EN LA TRANSICIÓN DE LACTANTE A PRE-RUMIANTE

AUTOMATIC MONITORING SYSTEMS IN REARING: PRACTICAL APPLICATIONS OF RUMINATION TIME AS SUPPORT TOOL IN THE TRANSITION TO RUMINANT

Laura Elvira Partida[1], Carolina Tejero[1], Luz Sales[2], Juan Pedro Campillo[3]

(1)-MSD Animal Health (2)-Veterinaria Granja San José S.A. (3)-Global Dairy Strategic Marketing, MSD Animal Health

Recientemente, se ha comercializado un nuevo sistema de monitorización para terneras (SenseHub® Dairy Youngstock (SHDY), MSD A.H.), validado como potencial indicador del estado del animal, con alertas para terneras sospechosas de enfermedad que requieren ser revisados. En este sistema el comportamiento de rumia es uno de los parámetros registrados y aunque no validado externamente, estudios en terneras alojadas individualmente muestran correlaciones significativas con la observación directa (Burfeind et al., 2011). Ramon-Moragues et al. (2022) describieron una rumia media de 250,8±4,7 min/d en la semana 7 y un incremento de la rumia durante el período nocturno.

Por ello, los objetivos de este estudio observacional realizado en terneras alojadas en grupos y con sistema automático de alimentación (SAA) fueron:

1-Analizar el comportamiento de rumia registrado por el sistema de monitorización SHDY.

2-Valorar la posible correlación entre la ganancia media diaria (GMD) al destete con el TRMS y también con el porcentaje de consumo de leche (PCL).

3-Establecer posibles umbrales mínimos de TRMS en el periodo pre-destete que nos permitan tomar decisiones en granja sobre los animales que no alcanzan estos rangos.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en una granja lechera (Huesca, España) de septiembre 2024 a enero 2025, realizando el seguimiento de 249 terneras. Estas se alojaron tras el nacimiento en boxes colectivos y recibieron dos tomas de calostro. Seguidamente se pesaron individualmente en báscula (Bosche ETW). A continuación, se reagruparon en corrales de 14 terneras por nodriza (H&L CalfExpert) entre 3-20d. Posteriormente, las terneras pasaron a otra nodriza alimentándose con leche en polvo hasta el día

70. Tras ser destetadas fueron pesadas de nuevo individualmente en báscula (True-Test ®). El crotal de monitorización se colocó en el momento del descornado, a las 3-4 semanas de vida. A lo largo del estudio, se recopiló distinta información individual: nivel de encalostrado, registros de salud (morbilidad y bajas), pesos, PCL y TRMS.

Bajo las condiciones de manejo y alimentación de la granja en estudio, el TR medio semanal fue:

263±2,24 min/d de 5-10 semanas y 371±2,37 min/d de 11-20 semanas; siendo este incremento significativo (P <0,0001). Estos resultados son similares a los de previos estudios realizados, por lo que la alimentación en grupo con SAA no parece afectar al comportamiento de rumia.

El coeficiente de correlación entre el TRMS y la GMD fue bajo (r=0,21) en el periodo de 5-10 semanas. Sin embargo, sí se encontró una alta correlación (r=0,67) entre el PCL y la GMD.

Decidimos analizar de nuevo el TRMS categorizándolo en dos grupos: >200 min/d y ?200 min/d encontrando diferencias significativas en la GMD (p<0,0001): 0,947 kg/d si > 200 min/d y 0,864 kg/d si

<200 min/d, por lo que, el umbral de ?200 min/d, que no era alcanzado por un 18% de las terneras, parece ser práctico para su uso en granja.

Paralelamente, decidimos probar a retrasar el destete de las terneras que presentaban TRMS ?200 min/d entre los 48-62 días de vida, dejándolas 3 semanas más en la nodriza tomando leche, para valorar si incrementando el tiempo de lactancia podían compensar su menor GMD.

Comparando los datos históricos de la granja de las terneras que han sido retraso en el pasado, utilizando otras estrategias vs TRMS ? 200min/d se ha conseguido con este sistema aumentar en 98 g/d la GMD de los retrasos (5,4kg), reduciendo también un 3% los descarte en el post-destete.

Conclusiones

Este primer estudio apunta el interés de la información sobre el comportamiento de rumia proporcionada por los sistemas automáticos de monitorización para la toma de decisiones en el pre-destete. El TRMS podría ser una herramienta valiosa en una etapa en la que generalmente no se dispone de datos sobre el consumo de starter o el desarrollo ruminal. Esta información podría ayudar a la toma de decisiones para mejorar la transición de lactante a pre-rumiante en las terneras y la implementación de programas adaptados a cada granja.

Introducción

La rumia comienza entre 1-2 semanas de edad (Swanson y Harris, 1958; Liu et al., 2019; Badu et al., 2004), incrementándose con la edad (185 y 297 min/d a los 23 y 65 días, respectivamente Swanson y Harris (1958), con una alta correlación (r = ~0,7) entre la duración de la rumia y la ingesta de alimento sólido. El aumento del comportamiento de rumia es un buen indicador del desarrollo ruminal (Schäff et al., 2018) y se asocia con la salud de los terneros y el bienestar animal (Schirmann et al., 2012).

La introducción de sistemas de monitorización para medir el tiempo de rumia (TR), como el SenseHub® Dairy (MSD A.H.), permite la medición diaria (TRD) y semanal (TRMS). Schirmann et al. (2009) validaron la rumia en vacas lecheras con este sistema, y otros estudios han apoyado sus hallazgos (Calamari et al., 2014; Soriani et al., 2012).

Abstract ID: CO-221 Tipo: Oral

Categoría: Gestión de Granjas e Instalaciones

PREDICCIÓN DEL ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO E IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN EN TIEMPO REAL MEDIANTE LA PLATAFORMA DIGITAL NEIKER-KABE

REAL-TIME PREDICTION OF HEAT STRESS INDEX AND IMPACT ON MILK PRODUCTION USING NEIKER-KABE DIGITAL PLATFORM

Eduardo Rosa[1], David de Gracia[2], Laura Rincon[1], Pilar Merino[1]

(1)-NEIKER

(2)-UPV-EHU

Es conocido el impacto de las variables ambientales sobre el bienestar y los parámetros productivos del ganado. Uno de los indicadores empleados para evaluar su efecto es el índice de estrés térmico (THI), que correlaciona temperatura y humedad ambiental con las respuestas fisiológicas de los animales. El incremento del THI se asocia directamente con reducciones en la producción lechera y alteraciones en la calidad de la leche, repercutiendo económicamente a las granjas. Esta problemática se agrava ante el escenario actual de cambio climático, donde la frecuencia e intensidad de los eventos de calor extremo muestran una tendencia ascendente y se observa cierta desestacionalización en la ocurrencia de eventos de estrés. Frente a este desafío, la digitalización y la ganadería de precisión ofrecen a los productores una oportunidad para adaptarse y mitigar el impacto del estrés por calor en los animales.

El objetivo del trabajo fue implementar en la plataforma digital NEIKER-kABE, la integración automática del THI futuro en base a metadatos de predicción meteorológica y los modelos de producción de granjas para permitir a los ganaderos conocer con días de antelación cómo afectará el estrés térmico a la producción de leche.

Se seleccionaron 3 ganaderías de vacuno de leche representativas de la producción en el País vasco. Entre 80-120 vacas *Holstein* estaban alojadas en naves con ventilación natural equipadas con robot de ordeño y sistema de ventilación. Se instalaron 6 sensores de temperatura y humedad inalámbricos distribuidos en cada nave y una estación meteorológica en el exterior que enviaban datos en tiempo real a la plataforma NEIKER-kABE. Se calculó el THI tanto exterior como interior de las naves y se analizaron junto a la producción y temperatura de la leche individualizada por vaca de los años 2023 y 2024. Se modelizó la producción de leche en base a los parámetros ambientales mediante *machine learning*. Se utilizó un subconjunto del 85% de los datos para entrenar el modelo de *random forest* y evaluarlo en una configuración de validación cruzada anidada. Una vez optimizado el algoritmo se utilizó para pronosticar el impacto en la producción de la leche a partir de las predicciones meteorológicas previstas para la semana próxima.

Los resultados mostraron que las condiciones ambientales dentro de las naves difieren de las registradas en el exterior, con disminuciones del THI interior en torno al 10% en momentos de calor. Esto resalta la necesidad de monitorizar específicamente el microclima de las instalaciones para calcular el THI con

precisión. Además, se observó que el efecto del THI sobre la producción de leche varía entre individuos y granjas: mientras algunas vacas mostraron reducciones de hasta el 25% en la producción, otras exhibieron resistencia térmica, con pérdidas mínimas (<5%). El modelo predictivo logró una alta precisión (r^2=0.79; RMSE=0.23) al estimar las caídas productivas asociadas al THI para el conjunto de la granja.

En conclusión, la monitorización individualizada de la producción y calidad de la leche junto a la monitorización ambiental de las naves permiten mejorar el conocimiento sobre eventos futuros de estrés por calor y su posible efecto sobre la producción de leche, existiendo covariables que deben ser consideradas para mejorar la precisión del modelo.

Abstract ID: CO-200 Tipo: Oral

Categoría: Calidad de Leche

DINÁMICA DEL PERFIL LIPÍDICO EN LA LECHE: EFECTOS DEL ESTADO DE LACTACIÓN, ESTRÉS POR CALOR Y ALIMENTACIÓN EN GRANJAS LECHERAS

LIPID PROFILE DYNAMICS IN MILK: EFFECTS OF LACTATION STAGE, HEAT STRESS, AND FEED IN DAIRY FARMS

Elena Niceas Martínez Díez[1], Cristina Castillo Rodríguez[1], Joaquin Hernández Bermúdez[1], *Jose Luis Benedito Castellote[1], Rodrigo Muiño Otero[1]*

(1)-Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Terra. 27002 Lugo, España

La grasa láctea bovina tiene un valor creciente, con funciones biológicas clave y un importante impacto económico. Los ácidos grasos (AG) de la leche se clasifican por su longitud de cadena: corta (SCFA ≤16C) sintetizados *de novo*o provienen de reservas corporales; larga (LCFA >16C) derivan mayoritariamente de la dieta (Bauman et al., 2003; Mansson et al 2008).

Este estudio tiene como objetivo analizar la variación del perfil lipídico de la leche en vacas Holstein en función del periodo postparto (1 semana vs 1 mes), la estacionalidad (invierno (enero-marzo) vs verano (julio-septiembre)) y el efecto granja (A vs B).

El estudio se realizó en 2023 en dos granjas lecheras adyacentes en Lugo, Galicia, bajo condiciones de manejo similares entre sí (semi-intensivo), a 1 km de distancia entre ellas con fórmulas nutricionales diferentes. La granja A presenta una ligera mayor concentración de ácidos grasos saturados (SFA) mientras que la B presenta una mayor concentración de ácidos grasos insaturados (UFA). Se seleccionaron 80 vacas, dividiendo las muestras de leche entre ambas granjas (n=40 por granja). De las 40 muestras, n=20 fueron recolectadas en invierno y n=20 en verano, y del total de muestras obtenidas en cada estación, n=10 corresponden con 1 semana post-parto y n=10 con 1 mes post- parto. Los ácidos grasos de la leche fueron analizados mediante cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID).

La temperatura y humedad se registraron cada hora usando el dispositivo *USB Data Logger (Multicomp Pro)*, calculando el índice de temperatura y humedad (THI). En verano, las vacas estuvieron expuestas a THI entre 72-78 por 49 días y >79 4 días, mientras en invierno no se superó el THI de 72. Finalmente, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) para evaluar la variabilidad y un ANOVA para comparar concentraciones de AG entre periodos, estación y granjas. En total, se utilizaron 28 variables en el PCA: 6 factores categóricos (Granja A, Granja B, una semana posparto, un mes posparto, estación de invierno y estación de verano) y 22 concentraciones numéricas de AG (mg/100 mL) [C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C14:1 (n-5), C15:0, C16:0, C16:1 (n-9), C16:1 (n-7), C16:1 (n-5), C16:1 (n-13)t, C17:0, C18:0, C18:1, *cis*-9-C18:1, *cis*-11-C18:1, *cis*-13-C18:1, C20:0, Ω-3, Ω-6 y CLAs].

Se extrajeron un total de 21 componentes, siendo los tres primeros responsables del 78.1% de la variabilidad total de los datos (53.7%, 15.3% y 9.1%). Los AG que presentaron las cargas más altas en el PCA.1 incluyeron los SCFA [C6:0, C8:0, C14:0, C14:1 (n-5), C16:0, C16:1 (n-9), C16:1 (n-7) y C16:1 (n-13)] y LCFA (C17:0, C18:0 y Ω-6). Estos AG explicaron la mayor proporción de la variabilidad total del conjunto de datos. En el PCA.2, destacaron especialmente los LCFA (*cis*-9 C18:1, C20:0 y Ω-3). Finalmente, en el PCA.3, resaltaron los LCFA *cis*-11 C18:1 y *cis*-13 C18:1.

Los resultados obtenidos del ANOVA revelan que el periodo postparto mostró un efecto significativo en el perfil lipídico ($p < 0.05$), lo que indica diferencias en la composición lipídica entre la primera semana y el primer mes post-parto. Por el contrario, la estación (invierno vs. verano) no tuvo un impacto significativo sobre los AG ($p > 0.05$). En cambio, la granja presentó un efecto altamente significativo ($p < 0.001$), lo que sugiere que aspectos particulares de cada explotación, como el manejo o la composición alimenticia, tuvieron un papel determinante. Las interacciones entre los factores (periodo × estación, periodo × granja, estación × granja) y la interacción triple (periodo × estación × granja) no fueron significativas ($p > 0.05$), lo cual indica que los efectos conjuntos de estas variables no modificaron el contenido de AG más allá de sus influencias individuales.

En conclusión, la leche recogida durante la primera semana posparto mostró una mayor variabilidad en las concentraciones de AG lo que refleja adaptaciones metabólicas más intensas en comparación con el primer mes posparto. El PCA reveló una mayor dispersión en las concentraciones de AG, particularmente en los de cadena corta (SCFA), como C6:0 (79.97 ± 6.50 vs. 95.39 ± 39 mg/100 mL), C8:0 (61.98 ± 5.09 vs. 74.13 ± 5.40 mg/100 mL) y C14:0 (398.03 ± 33.07 vs. 431.37 ± 27.86 mg/100 mL). A pesar de que los valores del THI superaron 72 en verano, el impacto sobre el perfil lipídico fue limitado, probablemente debido al enfriamiento nocturno y a las estrategias de mitigación. Se observaron diferencias notables entre la Granja A y B, siendo esta última la que presentó mayores concentraciones globales de grasa en leche. La Granja B también mostró mayores concentraciones de SCFA (C6:0: 98.74 ± 5.58 vs. 76.63 ± 7.12 mg/100 mL; C8:0: 76.49 ± 4.42 vs. 59.61 ± 5.64 mg/100 mL) y una mayor incorporación de LCFA, como *cis*-9 18:1 (24.41 ± 3.42 vs. 25.98 ± 5.48 mg/100 mL), lo que sugiere la influencia de la dieta y las adaptaciones metabólicas.

REFERENCIAS:

- Bauman, D. E., & Griinari, J. M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition, 23*, 203–227. https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408
- Månsson, H. L. (2008). Fatty acids in bovine milk fat. *Food & Nutrition Research, 52*, Article 1821. https://doi.org/10.3402/fnr.v52i0.1821

Abstract ID: CO-289 Tipo: Oral

Categoría: Gestión de Granjas e Instalaciones

PORCENTAJE DE CONSUMO DE LECHE CON SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE ALIMENTACIÓN COMO POSIBLE INDICADOR TEMPRANO DEL PESO VIVO Y SALUD AL DESTETE EN TERNERAS DE RECRÍA

PERCENTAGE OF MILK CONSUMPTION WITH AUTOMATIC FEEDING SYSTEMS AS A POSSIBLE EARLY INDICATOR OF LIVE WEIGHT AND HEALTH AT WEANING IN REARING CALVES

Laura Elvira Partida[1], Carolina Tejero[2], Luz Sales[3], José María Pons[4]

(1)-Directora Técnica Rumiantes, MSD Animal Health

(2)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health

(3)-Veterinaria Granja San José S.A.

(4)-Granja San José S.A., 22549, Huesca, España

Introducción

La alimentación de terneras lactantes en grupos con sistemas automáticos de alimentación (SAA) ofrece una serie de ventajas: a nivel comportamental (Medrano-Galarza y col., 2017), mejora el consumo de alimento sólido en la fase lactante (Costa y col., 2016) y después en el postdestete (Lui y col., 2019) y reduce el manejo siendo un sistema más eficiente de trabajo (Sinnot y col., 2021). En contrapartida nos encontramos con diferentes retos: un posible aumento de comportamientos de agresividad o competencia (Herrmann y Knierim, 1999) o de succión cruzada (aunque los distintos estudios arrojan resultados contradictorios; Mattiello y col., 2002; Lidfors y Isberg, 2003; Chua y col., 2002) y mayor dificultad para mantener la bioseguridad y salud (Vasseur y col., 2010).

Para ayudarnos a vigilar la salud de las terneras estos SAA registran una serie de parámetros de comportamiento nutricional que nos pueden ayudar a la detección temprana de enfermedad: consumo de leche, velocidad de succión y visitas no remuneradas (Morrison y col 2022). Además, un estudio reciente ha utilizado estos parámetros para identificar factores que afectan al destete individual y a la variabilidad del peso al destete Legge y col. (2024).

Por este motivo, los objetivos de este estudio observacional fueron: 1) analizar el papel de distintos factores individuales a la hora de explicar la variabilidad de pesos y consumos al destete de las terneras lactantes alojadas en SAA; 2) identificar medidas de intervención que puedan ser beneficiosas para el bienestar, crecimiento y salud de las terneras.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en una explotación lechera de la provincia de Huesca, entre mayo y diciembre de 2024, mediante el seguimiento de 661 terneras. Las terneras se alojaron tras el nacimiento en boxes

colectivos y recibieron dos tomas de calostro sondado (4l y 2l, intervalo 8-12 horas). Seguidamente se alimentaron con leche de transición (LT) (3 tomas diarias de 2 litros) y se pesaron individualmente en báscula (Bosche ETW). A continuación, se reagruparon en corrales de 14 terneras por nodriza (H&L CalfExpert) entre 3-20d siendo alimentadas con un plano alto de 8-10 l/día (LT entre 3-8d y leche en polvo a 135g/l de 8-20d). Posteriormente, las terneras pasaron a otra nodriza alimentándose con leche en polvo hasta el día 70 (10l entre 20-44d, 8l entre 45-51dy bajada progresiva hasta el destete entre 51-70d). Tras ser destetadas fueron pesadas de nuevo de forma individual en báscula (True-Test ®).

A lo largo de la fase lactante, se recopiló información individual: nivel de encalostrado, registros de salud (morbilidad y bajas), pesos y consumo de leche (% respecto a disponible). El diagnóstico de enfermedad se realizó siguiendo el sistema de puntuación Calf Health Scorer (CHS, Wisconsin University) y aplicando los protocolos de tratamientos del SOP de la granja.

Resultados y Discusión

El peso medio a los tres días de vida fue de 38±4 kg, si bien hubo grandes diferencias entre terneras (Max 50; Min 26). Al final del estudio, el peso medio al destete de las terneras fue de 105±11 kg (Max 155; Min 73), con una ganancia media diaria (GMD70) de 0,936±0,154 kg/d, y gran variación individual.

Analizamos algunos factores que podrían afectar a la GMD de los 20 días al destete:

a) Peso vivo al nacimiento. El coeficiente de correlación fue bajo (r= 0,33).

b) % de consumo medio de leche (PCL) de 20 a 70d. El coeficiente de correlación fue bajo (r= 0,36). Para analizar con más detalle categorizamos el PCL en 2 grupos según superara o no el 80%, encontrando diferencias significativas entre los grupos (p<0,0001): 0,795 kg/d si PCL?80% vs 0,954 kg/d si PCL>80%. El % de terneras con PCL? 80% representó el 11%.

c) Presencia o no de tratamiento por neumonía. Las terneras con tratamiento presentaron significativamente menor GMD 0,922 kg/d que las que no lo recibieron 0,9934kg/d (p<0,0001); disminuyendo la GMD en mayor medida a mayor número de casos de neumonía: 1 caso: 0,949; 2 casos: 0,923 y 3 o más: 0,896 kg/d.

Finalmente, relacionando la presencia de tratamiento por neumonía, con el PCL y la GMD observamos un mayor impacto en terneras con 3 o más casos si la PCL era PCL?80%: 225 g/d menos (11 kg en total); mientras que cuando mantenían el consumo PCL>80% se reducía la diferencia a 71g/d (4kg).

Conclusiones

Los SAA pueden ayudarnos a comprender mejor la fase lactante; pero su manejo adecuado es crucial. El consumo de leche y la enfermedad respiratoria son factores clave en este periodo. De hecho, las terneras con PCL≤80% o neumonía redujeron significativamente su GMD, y la combinación de ambas penalizó la GMD en mayor medida. Identificar lo antes posible estos animales, puede permitirnos establecer protocolos para incentivar el consumo de leche y/o trabajar en la prevención y control de la neumonía, garantizando así el bienestar, crecimiento y salud de las terneras.

Abstract ID: CO-237 Tipo: Oral

Categoría: Gestión de Granjas e Instalaciones

ANÁLISIS DE NECESIDADES Y DESAFÍOS EN EL SECTOR LÁCTEO EUROPEO

ANALYSIS OF NEEDS AND CHALLENGES IN THE EUROPEAN DAIRY SECTOR

Adriana Siurana Marina[1], Cecilia Cajarville[2], Joselo Repetto[2], Lorena Castillejos Velázquez[1]

(1)-Servei de Nutrició i Benestar Animal (SNIBA), Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona

(2)-Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona

El sector lácteo enfrenta desafíos que deben ser identificados y priorizados para mejorar su sostenibilidad. Este estudio tiene como objetivo determinar dichas necesidades a través de la recopilación y análisis de datos mediante encuestas dirigidas a los principales actores del sector: ganaderos, veterinarios, industria láctea y consumidores. La información obtenida permitirá establecer un marco de referencia para el desarrollo de tecnologías y prácticas que respondan a las expectativas y demandas de interés.

Para identificar y clasificar los grupos de interés clave, en el marco del proyecto dAiry4.0 (https://dairy40.eu/), realizamos un estudio basado en cuestionarios. Se elaboró y distribuyó una encuesta orientada a los diferentes actores del sector lácteo en toda Europa, utilizando la plataforma EUSurvey (https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/dAIry40Survey). La encuesta se dividió en cinco secciones: ganaderos, veterinarios y expertos en ciencia animal, industria alimentaria y consumidores. Para cada grupo se formularon preguntas sobre información general, necesidades y expectativas, y como la tecnología podría ayudar a satisfacerlas. Para asegurar una recopilación de datos comparable entre las personas entrevistadas, se utilizaron preguntas de opción múltiple, de clasificación y tablas de matriz, y sólo se incluyeron preguntas abiertas cuando era estrictamente necesario.

Debido a los requisitos del proyecto europeo, la encuesta estuvo disponible únicamente durante tres semanas. Se obtuvieron 204 respuestas de diferentes países de la UE: España (146), Portugal (1), Holanda (14), Malta (1), Italia (2), Irlanda (1), Grecia (32), Francia (2), Chipre (1), Austria (1), y 3 respuestas sin identificación. Del total de respuestas, 45 correspondieron a ganaderos, 61 a veterinarios y expertos en ciencia animal, 95 a consumidores y 3 a representantes de la industria alimentaria. Dada la baja participación de la industria alimentaria, estos últimos resultados no se consideraron en el análisis.

La media de vacas adultas de los ganaderos entrevistados fue de 251, con un rango de 60 a 1500 vacas. Más del 60% de las granjas producían más de 10.000 L por año. El 59% de los ganaderos indicó tener un sistema intensivo, y de estos, el 55% utilizaba sistemas automáticos de ordeño. Este porcentaje es elevado, pero lógico, ya que este grupo representa la población objetivo del proyecto dAIry4.0. Las principales preocupaciones de los ganaderos fueron el bienestar animal (34%), la calidad de la leche (22%) y el medio ambiente (18%). Respecto a cómo la tecnología podría ayudar, destacaron el monitoreo

de la salud animal, la gestión ambiente, la sostenibilidad, el seguimiento del bienestar animal y el aumento de la competitividad.

Respecto a los veterinarios y otros expertos en ciencia animal, las áreas específicas de trabajo indicadas fueron, en primer lugar, la nutrición, seguido por el manejo y bienestar animal. Sus principales prioridades fueron el bienestar animal (30%), los aspectos ambientales (23%) y la calidad de leche (17%), lo cual está alineado con las respuestas de los ganaderos. Más del 80% consideró "muy importante" o "importante" controlar las actividades y el comportamiento de las vacas, implementar programas de gestión y usar sensores para controlar el estrés por calor. Más del 50% consideró "muy importante" o "importante" monitorizar factores ambientales. En cuanto a las tareas a automatizar, más del 80% consideró "muy importante" o "importante" la automatización del ordeño, mientras que más del 50% valoró la automatización de la alimentación, la gestión de la cama, el baño de pezuñas y la separación del estiércol. Finalmente, en el análisis automatizado de la leche, el 91% consideró “muy importante” o "importante" la detección de residuos en la leche.

El perfil de los consumidores era de más 40 años y con un nivel de educación elevado. El principal criterio que manifestaron al comprar un producto lácteo fue el gusto y el sabor (casi el 100% de los consumidores), y más del 80% consideró también la trazabilidad y el precio como “muy importante” o “importante”. El bienestar animal también fue valorado “muy importante o “importante” por aproximadamente el 70% de los consumidores. En cuanto a la disposición a pagar más, el 72% lo haría por una buena trazabilidad, el 68% por certificados de bienestar animal y el 56% por certificados de huella de carbono.

Aunque el número de respuestas no permite obtener conclusiones definitivas, las observaciones preliminares indican varias tendencias importantes en el sector lácteo:

Ganaderos: Sus principales preocupaciones fueron el bienestar animal y el medio ambiente, y consideran la tecnología como una herramienta para abordar estos desafíos.

Veterinarios y Expertos en Ciencia Animal: Priorizaron el control de las actividades y el comportamiento de las vacas, el uso de programas de gestión de rebaños y sensores para detectar el estrés por calor. Además, destacaron la importancia de la automatización del ordeño y otras tareas rutinarias.

Consumidores: Los factores más valorados al elegir fueron el sabor, el precio y la trazabilidad. El bienestar animal también fue relevante, y una proporción considerable de consumidores mostró disposición a pagar más por productos con certificaciones.

POSTER

Abstract ID: CO-207 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

GANADERÍA EXTENSIVA Y MUESTREOS AMBIENTALES: HACIA EL FUTURO DE LA SANIDAD ANIMAL.

EXTENSIVE LIVESTOCK FARMING AND ENVIRONMENTAL SAMPLING: TOWARDS THE FUTURE OF ANIMAL HEALTH.

Marta Pérez-Sancho[1], Ángela Marín[2], Alberto Díez-Guerrier[3], Carmen Herranz[4], Patricia Barroso[5], Alberto Perelló[2], Ana Balseiro[6], Teresa Garcia-Seco[4], Andrea Serrano-Hernando[7], Lucas Domínguez[8], Christian Gortázar[2]

(1)-Centro VISAVET, Universidad Complutense de Madrid; Departamento de Sanidad Animal. Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 28040, España.

(2)-SaBio Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC) CSIC-UCLM-JCCM

(3)-MAEVA-SERVET SL y Universidad Complutense de Madrid

(4)-Centro VISAVET, Universidad Complutense de Madrid

(5)-Departamento de Sanidad Animal. Facultad de Veterinaria, Universidad de León

(6)-Departamento de Sanidad Animal. Facultad de Veterinaria, Universidad de León; Instituto de Ganadería de Montaña (IGM, CSIC- ULE)

(7)-MAEVA-SERVET SL (8)-Departamento de Sanidad Animal. Facultad de Veterinaria y Centro VISAVET, Universidad Complutense de Madrid

La producción bovina en régimen extensivo es una práctica ganadera con incuestionables beneficios socioeconómicos, de bienestar animal y para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, conlleva también cierta preocupación en cuanto a la bioseguridad, por ejemplo, derivada del potencial contacto con la fauna silvestre y el riesgo de transmisión de patógenos. La implementación de programas de bioseguridad para la mitigación o reducción de riesgos (PMRs) ha demostrado ser una estrategia eficaz en el interfaz ganado doméstico-animales silvestres. La existencia de herramientas que permitieran valorar el impacto de PMRs en la circulación de patógenos en este interfaz supondría un gran avance en la optimización de programas de bioseguridad en estos sistemas ganaderos. Nuestro grupo ha implementado con éxito un sistema de muestreo ambiental mediante esponjas que permite la monitorización de DNA ambiental (eDNA) para la detección de patógenos como miembros del Complejo *Mycobacterium tuberculosis*, *Brucella suis* o *Coxiella burnetii*. El objetivo de este trabajo es valorar si esta estrategia de detección molecular de patógenos mediante muestreos no invasivos permite valorar el impacto de PMRs en la circulación de patógenos en explotaciones de ganado bovino en régimen extensivo.

Para ello, este trabajo plantea la implementación de esta herramienta para la monitorización de tres

marcadores genéticos de patógenos (IS6110 para *Mycobacterium tuberculosis* complex, *uidA* para *Escherichia coli* e *invA* para *Salmonella enterica*) mediante PCR en tiempo real en dos puntos temporales: antes y después de la implementación PMRs (que incluía un amplio rango de modificaciones y adaptaciones de puntos de agua y comederos, así como cambios en la rotación y uso de pastos y en la gestión de la caza) en seis explotaciones de ganado bovino en extensivo.

En el primer muestreo (previo a la intervención), se detectaron 4, 58 y 13 muestras positivas a *IS*6110, *uidA* y *invA,* respectivamente, en las 119 muestras ambientales recogidas. El segundo muestreo puso de manifiesto la existencia de 12, 78 y 1 positivos en 174 muestras ambientales recolectadas en esta etapa. Esto se tradujo una reducción del 8% para el marcador *uidA* y del 95% para *invA* ($p<0.001$). Por el contrario, el marcador *IS*6110 solo se detectó en menor proporción en 1 de las 6 explotaciones, mientras que en 3 de ellas se detectó en mayor número de muestras.

El impacto aparente de los PMRs en la detección de marcadores de patógenos fue muy variable, ya que un marcador aumentó mientras que los otros dos disminuyeron. El aumento registrado podría asociarse con un incremento en la circulación del patógeno o con algunas modificaciones implementadas en el laboratorio en el procesado de las muestras ambientales durante el segundo muestreo.

En cualquier caso, la técnica de muestreo ambiental ha demostrado ser una alternativa a los muestreos tradicionales (invasivos, sobre el animal) viable para la evaluación del impacto aparente de los PMRs en la bioseguridad de este tipo de explotaciones. Estos hallazgos abren una línea de investigación para explorar su utilidad en otras intervenciones en la interfaz del ganado-fauna silvestre, para otras especies animales, sistemas de cría y patógenos de interés.

Abstract ID: CO-211 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

DIAGNÓSTICO TEMPRANO, SALUD A LARGO PLAZO: EVALUACIÓN DE LA PRUEBA RÁPIDA RAINBOW™ CALF SCOURS PARA LA DETECCIÓN DE PATÓGENOS CAUSANTES DE DIARREA EN TERNEROS

EARLY DIAGNOSIS, LONG-TERM HEALTH: EVALUATION OF THE RAINBOW™ CALF SCOURS RAPID TEST FOR THE DETECTION OF PATHOGENS CAUSING DIARRHEA IN CALF

Roger Traveset[1], Juan Carlos Cabrera Renteria[2]

(1)-Teknokroma Analítica

(2)-Bio-X Diagnostics

Introducción: La diarrea neonatal es una de las principales causas de mortalidad en terneros menores de un mes, con una prevalencia significativa en rebaños problemáticos. La gastroenteritis neonatal bovina (NNGE) es una enfermedad multifactorial causada por virus, bacterias y protozoos. El diagnóstico preciso del agente etiológico es crucial para implementar medidas de control efectivas. La prueba rápida RAINBOW™ Calf Scours ofrece una solución práctica y económica para la detección in situ de patógenos causantes de diarrea.

Objetivo: Evaluar la eficacia y fiabilidad de la prueba rápida RAINBOW™ Calf Scours en la detección de patógenos causantes de diarrea en terneros, comparándola con la prueba ELISA y métodos de referencia.

Metodología: Se seleccionaron 10 granjas españolas, analizando 10 terneros por granja. Se utilizó la prueba rápida RAINBOW™ Calf Scours para detectar patógenos en muestras fecales. Los resultados obtenidos se confirmaron en laboratorio mediante la prueba ELISA y se validaron frente a métodos de referencia a través de cohortes significativas de muestras.

Descripción del Dispositivo: La tira RAINBOW™ Calf Scours es un dispositivo inmunocromatográfico de flujo vertical. El antígeno de interés es capturado en la membrana por un anticuerpo monoclonal específico, mientras que un segundo anticuerpo marcado con oro coloidal permite la visualización de la captura. Esta tecnología ofrece una alta sensibilidad y especificidad, validada en comparación con el MULTISCREEN™ AgELISA Digesif de Bio-X Diagnosics.

Resultados: Los resultados preliminares indican que la prueba RAINBOW™ Calf Scours tiene una alta concordancia con la prueba ELISA y los métodos de referencia, demostrando ser una herramienta fiable para el diagnóstico rápido de patógenos causantes de diarrea en terneros. La simplicidad y rapidez del dispositivo permiten su uso práctico en campo, facilitando la toma de decisiones clínicas y de manejo a nivel de rebaño.

Conclusiones: La prueba rápida RAINBOW™ Calf Scours se presenta como una alternativa viable y efectiva para el diagnóstico in situ de la diarrea neonatal en terneros. Su implementación puede mejorar

significativamente la gestión sanitaria en granjas, permitiendo una respuesta rápida y adecuada ante brotes de gastroenteritis neonatal. La validación frente a métodos de referencia confirma su fiabilidad y precisión, posicionándola como una herramienta esencial en la práctica veterinaria.

Abstract ID: CO-225 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

PROGRAMAS VACUNALES VÍRICOS EN BOVINO EN ESPAÑA: ESTUDIO DESCRIPTIVO.

VIRAL VACCINATION PROGRAMS IN CATTLE IN SPAIN: A DESCRIPTIVE STUDY.

Margarita Barreto Jiménez[1], Iván Mato Iglesias[1], Pere Ordis Pla[1], Santiago Casademunt Garré[1], Bernat Moreno Batlle[1]

(1)-LABORATORIOS HIPRA, S.A.

Introducción y objetivo

Los programas vacunales frente a los principales virus respiratorios y reproductivos (IBR, BVD, BRSV y PI3) son una práctica ampliamente utilizada tanto en vacuno de leche, vaca nodriza (extensivo) y cebo. Un buen plan vacunal debe considerar los patógenos que ponen en riesgo al rebaño, así como la facilidad de manejo en granja (Chase, 2022). Además, los virus de IBR y BVD están sujetos a programas de control y erradicación en algunas regiones de Europa y España. El objetivo de este trabajo es conocer la percepción y preferencias de veterinarios y ganaderos, haciendo referencia al ganadero medio al que dan servicio, sobre las prácticas de prevención de estas enfermedades, del seguimiento, principales dificultades y áreas de mejora.

Material y métodos

Entre septiembre y noviembre de 2024, veterinarios de bovino de toda España (227 en total) respondieron (vía WhatsApp, correo electrónico y entrevista presencial) a una encuesta (62 veterinarios de vacuno de cebo, 104 de vacuno lechero y 61 de vaca nodriza) y se categorizaron por edad (<35 años, 36-55 y >56) y por zona geográfica (fig. 2). Los resultados se analizaron estadísticamente usando R software (versión 4.3.0).

Resultados

1- Papel del veterinario en prevención y zonas: El 60,83% de los veterinarios consideran que las ganaderías en las que trabajan aplican un correcto programa vacunal. Los veterinarios de la zona Noroeste, de mayoría lechera y explotaciones pequeñas (MAPA, 2024), valoran peor (44,38%) esta pregunta (fig. 1 y 2).

En zona Sur los veterinarios creen que el plan vacunal de novillas no es del todo adecuado. En cambio, los de Noreste creen que ese plan vacunal es muy adecuado en novillas.

2- Especialidad del veterinario: Los veterinarios de cebo son los que consideran que más explotaciones tienen y aplican un correcto programa vacunal vírico, seguido de los de leche y carne (fig. 3).

3- Edad del veterinario: Los más jóvenes consideran que más porcentaje (68%) de las ganaderías tienen y aplican un correcto programa vacunal vírico.

4- Percepción del ganadero al que dan servicio: Los veterinarios de cebo perciben que el ganadero entiende mejor la importancia de aplicar un correcto programa vacunal vírico, luego leche y finalmente

vaca nodriza.

5- Monitorización del programa vacunal (IBR y BVD) según los veterinarios, se les preguntó a los veterinarios de leche y vaca nodriza (165 respuestas):

Vaca de leche: La monitorización mediante serología de IBR y BVD anual es lo más frecuente (39,4%), seguido del muestreo cuando hay indicios de problemas (36,5%). No hacen monitorización el 9,6% de los veterinarios de leche.

Vaca de carne: 44,2% hacen serologías sólo cuando hay indicios de problemas, seguido de los que la hacen anual (29,5%). Un 26,2% no hacen muestreos de IBR y BVD.

6- Factores considerados importantes o críticos a la hora de elegir el programa vacunal vírico:

Abarcar un amplio número de patógenos y requerir un menor número de inyecciones (y manejos) son las dos principales preferencias de veterinarios y ganaderos a la hora de definir su mejor plan vacunal (fig. 4). Los veterinarios más jóvenes le dan menos importancia al número de manejos de los animales y a los patógenos cubiertos; mientras que los ganaderos de mayor edad le dan más importancia al número de manejos.

7- Vacunación frente a BVD: La mayoría (60%) de los veterinarios consideran que el 100% de protección fetal en campo es imposible.

8- Criterios para elegir un programa de vacunación vírico: La mayoría de los veterinarios priorizan el histórico de problemas de la ganadería, seguido de prevención y por último valoración de riesgo (basado en epidemiología y bioseguridad). Los veterinarios más jóvenes, priorizan más la prevención.

Conclusiones

1- En España los veterinarios consideran que un 60,83% de las ganaderías tienen y aplican un correcto programa vacunal frente a los principales virus respiratorios y reproductivos bovinos, lo cual sugiere que habría un amplio margen de mejora en este aspecto.

2- Los factores que tienen mayor importancia a la hora de aplicar un programa vacunal, tanto para veterinario como para ganadero, son el número de manejos necesario para completar el protocolo vacunal y el número de patógenos cubiertos. Esto evidencia la necesidad de programas vacunales sencillos, con el menor número de manejos posibles y más completos en cuanto a cobertura de patógenos.

3- A medida que las explotaciones aumentan de tamaño y se tecnifican, la prevención adquiere mayor protagonismo y los programas de vacunación se aplican de forma más correcta.

Bibliografía

Chase, CL, Parreño, V. Bovine Immunity: Making Immunology and Vaccinology Come Alive. Capítulo 2, Ed. Servet, 2022

Estructura del sector vacuno lechero en España y en la Unión Europea-2019-2023. Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 2024

Abstract ID: CO-229 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

PREVALENCIA, CORRELACIONES Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE PATÓGENOS RESPIRATORIOS EN GANADO BOVINO EN LA ENTRADA DE LOS CEBADEROS

PREVALENCE, CORRELATIONS AND GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF RESPIRATORY PATHOGENS IN CATTLE AT THE ENTRANCE TO FEEDLOTS

PABLO IGLESIAS SANTIAGO[1], JAVIER VELASCO DIEGO[1], ANTONIO BENITO MARTÍN[1]

(1)-INSAVET-Investigación y Sanidad Veterinaria

Introducción:

Las enfermedades respiratorias causadas por patógenos son un desafío crítico para la salud animal debido a su alta prevalencia, impacto económico significativo y variaciones geográficas en su incidencia. Este estudio examina la prevalencia, correlaciones y coinfecciones entre los principales patógenos respiratorios, como *Mannheimia haemolytica*, *Mycoplasma bovis*, VRS, PI3 y BDV, utilizando datos recolectados entre 2022 y 2024 en las entradas de los corrales en los cebaderos de diferentes regiones (Salamanca, Ávila, Segovia, Cáceres y Zamora).

Objetivo:

Determinar la prevalencia de los principales patógenos respiratorios (*Mannheimia haemolytica*, *Mycoplasma bovis*, VRS, PI3 y BDV), identificar correlaciones entre ellos, evaluar las coinfecciones y analizar las diferencias de incidencia por regiones (Salamanca, Ávila, Segovia, Cáceres y Zamora).

Métodos:

Se analizaron 158 informes basados en 730 hisopos nasales recolectados entre 2022 y 2024, en los corrales de entrada de diferentes cebaderos de las provincias de Salamanca, Ávila, Segovia, Cáceres y Zamora. Se analizan los principales patógenos respiratorios (*Mannheimia haemolytica*, *Mycoplasma bovis*, VRS, PI3 y BDV).

Todas las muestras se analizaron mediante PCR cuantitativa a tiempo real. La positividad se definió por valores de Ct: POS+++ (Ct ? 29), POS++ (29 < Ct ? 34) y POS+ (34 < Ct ? 37), considerando positivas las muestras con POS+++ o POS++.

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software R v.4.0.3. Se emplearon regresiones logísticas para comparar la positividad y la correlación de Spearman para evaluar las correlaciones entre patógenos, además de calcular el riesgo relativo. Se consideró que había diferencias significativas si p<0.05".

Resultados:

Mannheimia haemolytica presentó la mayor prevalencia general (82%), siendo más común en regiones con mayor densidad ganadera.

- *Mycoplasma bovis* mostró un aumento significativo en 2023, con prevalencia máxima en provincias más al norte, alcanzando un 65% en comparación con el promedio general del 47%. Las diferencias geográficas fueron significativas para *Mycoplasma bovis* (p=0.03), PI3 (p=0.02) y VRS (p=0.04), con mayor incidencia en las provincias centrales.
- Se observó una correlación positiva significativa entre VRS, PI3 y *Mycoplasma bovis* (R=0.68, p<0.001), destacando una coinfección del 9% entre estos patógenos.
- El riesgo relativo de coinfección entre VRS y PI3 fue de 2.72 (p<0.001).
- La mayoría de las muestras (72%) fueron positivas a uno o dos patógenos, y *Mannheimia haemolytica* estuvo presente en el 85% de los casos de coinfección.

Conclusión:

El estudio resalta la alta prevalencia de *Mannheimia haemolytica* y el incremento de *Mycoplasma bovis* en regiones específicas, lo que subraya la importancia de monitorear su propagación. Las correlaciones y coinfecciones entre patógenos respiratorios, ponen de manifiesto la necesidad de estrategias de control para minimizar el impacto de estas enfermedades en la producción animal y su impacto económico.

Abstract ID: CO-230 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN SIMULTANEA DE DIVENCE® PENTA E HIPRABOVIS® SOMNI/LKT EN TERNEROS JÓVENES

SAFETY EVALUATION OF THE SIMULTANEOUS ADMINISTRATION OF DIVENCE® PENTA AND HIPRABOVIS® SOMNI/LKT IN YOUNG CALVES

Paula Villoria López[1], Isabel Barril[2], Carlos Montbrau[2], Massimiliano Baratelli[2], Hector Santo-

Tomas[2]

(1)-Laboratorios HIPRA S.A.

(2)-Laboratiorios HIPRA S.A.

DIVENCE® PENTA (HIPRA) and HIPRABOVIS® SOMNI/Lkt (HIPRA) are two vaccines designed to protect cattle from the most relevant respiratory pathogens. DIVENCE® PENTA induces immune protection against Infectious Bovine Rhinotracheitis (IBR), Bovine Viral Diarrhoea serotypes 1 and 2 (BVDV1 and BVDV2), Bovine Respiratory Syncytial Virus (BRSV) and Bovine Parainfluenza-3 (PI3), whereas HIPRABOVIS® SOMNI/Lkt induces protection against *Mannheimia haemolytica* and *Histophilus somni*. The simultaneous use of these two vaccines can provide protection to the main viral and bacterial respiratory pathogens in cattle, as this strategy has been demonstrated to be a very profitable approach (Macartney et al. (2003)). For this reason, a trial was conducted to evaluate the safety of the simultaneous administration of both vaccines.

Three experimental groups of 15 ten-week-old calves were included in the trial (total number of 45 animals). The trial was performed in commercial fattening units where animals arrived from different origins. One group was vaccinated only with DIVENCE® PENTA, another group was vaccinated only with HIPRABOVIS® SOMNI/Lkt and the third group was vaccinated with both vaccines administered on the same day on the two different sides of the neck. All the groups received a booster of the assigned protocol 21 days later.

Local reactions, general clinical signs and rectal temperature were monitored after each vaccination during the following 4 and 8 days (Figure 1).

On the other hand, local reactions were slightly larger in both groups vaccinated with HIPRABOVIS® SOMNI/Lkt than in the group vaccinated only with DIVENCE® PENTA. These local reactions were similar to the expected reactions detailed in the Summary of product characteristics (SPC) of HIPRABOVIS® SOMNI/Lkt (Figure 2).

The safety of DIVENCE® PENTA and HIPRABOVIS® SOMNI/Lkt has been demonstrated when used alone, as per the technical data sheet. This study evidences that the simultaneous administration of DIVENCE® PENTA and HIPRABOVIS® SOMNI/Lkt is equivalent to the safety posed by the two products administered independently, even in very young animals.

Abstract ID: CO-241 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

EFECTO DE LAS ENFERMEDADES (DIARREA NEONATAL Y SÍNDROME RESPIRATORIO BOVINO) SOBRE EL METABOLISMO A CORTO Y MEDIO PLAZO, EN TERNERAS HOLSTEIN DE RECRÍA.

EFFECT OF DISEASE (NEONATAL DIARRHEA AND BOVINE RESPIRATORY SYNDROME) ON THE SHORT- AND MEDIUM- TERM METABOLISM OF REBREEDING HOLSTEIN HEIFERS.

Maria Eugenia Revilla Ruiz[1], Gabriela Garay Peña[2], Elisa Cáceres Martín[2], Patricia Carulla[3], Alejandro Pérez-Navarro[4], José Luis Pesántez Pacheco[5], Luis Ayala Guanga[5], Juan Vicente González Martín[6], Francisco Sebastián[4], Susana Astiz[7]

(1)-Universidad Europea Madrid

(2)-Departamento de medicina y cirugía, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Avenida Puerta de Hierro s/n, 28040 Madrid, España. Departamento de Reproducción Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Avenida Puerta de Hierro s/n, 2

(3)-Universidad Politécnica de Valencia, España. Cowvet SL,

Avenida País Valenciano 6, 46117 Betera-Valencia, España

(4)-Cowvet SL, Avenida País Valenciano 6, 46117 Betera-Valencia, España

(5)-Veterinaria, Facultad de agronomía, Universidad de Cuenca, Ecuador

(6)-Departamento de medicina y cirugía, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Avenida Puerta de Hierro s/n, 28040 Madrid, España

(7)-Departamento de Reproducción Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Avenida Puerta de Hierro s/n, 28040 Madrid, España

Introducción: Las enfermedades más relevantes en las primeras semanas de vida de las terneras son la diarrea neonatal (DN) y el síndrome respiratorio bovino (SRB; 1). Aunque la diarrea tiene su máxima expresión en las primeras dos semanas de vida, en las granjas de recría, en las que la edad media de llegada supera frecuentemente esta edad, aún supone un problema esencial, aún. El haber padecido estos procesos afecta a corto y medio plazo su salud y eficiencia productiva, lo que podría ser por alteraciones metabólicas, no sólo mientras padecían los procesos sino semanas después.

Así pues, el objetivo del estudio, parte de un proyecto global, fue detectar los cambios metabólicos que experimentan las terneras que sufren enfermedad, antes y posteriormente al proceso clínico, a corto, medio y largo plazo.

Material y métodos: Para ello planteamos estudio epidemiológico, de cohortes, en el que se seleccionaron aleatoriamente 320 terneras sanas, que formaban parte de un estudio más amplio (total=647) de una granja comercial de recría (Cowvet SL, Valencia). Las terneras que se incluyeron con una edad media de 16.83±17d, eran sanas al inicio, y se siguieron hasta su salida de la granja o muerte-sacrificio. Recogimos cuatro muestras de sangre: a la «Llegada«, 7d tras la entrada (edad 23,58±8,04d); “Predestete” (al

comenzar el destete; 55,28±10,99d); "Postdestete" (69,32±9,84d) y en el cambio a parques (»parques»; 137,5±17,95d).

Las enfermedades consideradas fueron DN (hasta el día 30) y SRB (hasta el 90). Configuramos cuatro grupos según su historial sanitario durante 90d de edad: terneras "Sanas", sin DN ni SRB (n=124), terneras solo con ND ("SoloND"; n=106), solo con SRB ("SoloSRB"; n=44) y terneras con ambas ("DNySRB"; n=46).

Medimos glucosa, fructosamina, lactato, β-hidroxibutirato (BHB), ácidos-grasos-no-esterificados (NEFAs), triglicéridos, colesterol, lipoproteínas de alta y baja densidad (HDL y LDL) y urea con bioanalizador (Konelab-20, Thermo-Fisher-Scientific, EE.UU.).

Analizamos las diferencias con Anova de dos vías y los porcentajes con Chi cuadrado (SPSSv.29; IBM).

Resultados y discusión: Observamos diferencias metabólicas entre grupos, principalmente en el momento de la entrada. En casi todos los metabolitos, menos en el LDL y HDL. La glucosa, el BHB, triglicéridos y el HDL sólo diferían entre grupos en este momento de la entrada. Fructosamina, NEFAs, LDL y la urea mostraron diferencias entre grupos, en momentos posteriores, que variaban según el metabolito en cuestión (ver tabla).

Tabla. Valores de metabolitos en novillas holstein según la enfermedad sufrida durante los primeros 90d de vida

Glucosa (mg/dL) **Fructosa (mg/dL)** **NEFA (mmol/L)**

	N	**Media+DE**	**N**	**Media+DE**	**N**	**Media+DE**
Sanos-	124	115,9±18,7a	124	325,8 ±72,1b	124	0,18±0,08b
Llegada						
SoloDN-	106	109,5	105	318,8 ±69,4b	106	0,23±0,12a
Llegada		±19,8ab				
SoloSRB-	44	109,3	43	360,4 ±76,3a	44	0,21±0,12ab
Llegada		±16,9ab				
DNySRB-	46	107,1 ±15,6b	47	308,4 ±74,8b	46	0,19±0,09b
Llegada						
P-valor	0,010		***P-valor***	0,004	***P-valor***	0,012
Sanos-	112	116,6±20,5	112	337,2 ±75.0b	111	0,20±0,09
Predestete						
SoloDN-	101	113,2±19,1	100	334,5 ±70.5b	101	0,21±0,08
Predestete						
SoloSRB-	35	116,9±26,0	35	382,5 ±85.4a	35	0,18±0,09
Predestete						
DNySRB-	42	114,5±15,4	42	338,1 ±82.0b	42	0,20±0,09
Predestete						

P-valor			***P-valor***		***P-valor***	
Sanos-	113	97,8±16,4	112	341,9±66.9	112	0,13±0,06ab
Postdestete						
SoloDN-	97	97,6±14,4	97	323,4±66.3	97	0,13±0,05b
Postdestete						
SoloSRB-	35	98,6±18,2	35	347,2±72.6	35	0,14±0,08ab
Postdestete						
DNySRB-	40	96,9±12,1	40	337,2±67.8	40	0,16±0,09a
Postdestete						
P-valor			***P-valor***		***P-valor***	
Sanos-	80	101,7±13,4	80	347,4±76.5	80	0,19±0,12
Parques						
SoloDN-	94	101,3±12,7	93	327,4±76.0	93	0,18±0,09
Parques						
SoloSRB-	16	99,6±10,3	16	324,0±55.2	16	0,19±0,12
Parques						
DNySRB-	38	101,1±13,4	37	331,2±71.8	38	0,21±0,15
Parques						
P-valor			***P-valor***		***P-valor***	

DE: desviación estándar

LDL(mg/dL)			**Urea (mg/dL)**	
N	**Media+DE**		**N**	**Media+DE**
Sanos-Llegada	124	10,22±5,76	123	12,8±5,6ab
SoloDN-Llegada	106	9,58±4,19	106	13,7±6,8a
SoloSRB-Llegada	44	10,23±4,24	44	14,7±6,4a
DNySRB-Llegada	47	8,87±5,26	47	11,3±6,3b
P-valor			***P-valor***	0,050
Sanos-Predestete	112	13,05±5,26ab	112	15,2±6,0
SoloDN-	101	11,85±4,80b	100	14,5±5,6
Predestete				
SoloSRB-	35	14,06±5,90a	35	13,4±5,1
Predestete				
DNySRB-	42	13,29±6,39ab	42	14,9±6,4
Predestete				
P-valor			***P-valor***	
Sanos-Postdestete	112	14,1±5,5a	113	15,5±7,2

SoloDN-	97	12,1±4,1b	97	15,6±6,0
Postdestete				
SoloSRB-	35	14,7±5,2a	35	13,9±5,5
Postdestete				

DNySRB-	40	11,9±5,0b	39	15,3±5,7
Postdestete				
P-valor	0,003		***P-valor***	
Sanos-Parques	80	14,30±7,25	80	18,3±6,6ab
SoloDN- Parques	94	13,24±5,68	93	21,2±7,3a
SoloSRB- Parques	16	15,69±6,88	16	17,1±4,9b
DNySRB- Parques	38	14,05±4,48	37	19,4±9,1ab
P-valor			***P-valor***	

Conclusión: **Las diferencias observadas a la entrada en granja (en terneras sanas aún) indican el potencial predictor de algunos de estos metabolitos, lo que puede tener aplicabilidad en campo.**

Posteriormente, las enfermedades sufridas durante los 90 días de vida afectaron levemente, el perfil metabólico de las terneras, incluso con una edad de 4m.

Referencia: Tejero, C., & Bach, A. (2016). J Anim Sci 94(suppl_5), 48. https://doi.org/10.2527/jam2016-0104

Financiación: CDTI-IDI-20200936; contrato predoctoral P. Carulla Universitat Politècnica Valencia- PAID-01-20

Abstract ID: CO-253 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

FACTORES DE RIESGO A NIVEL INDIVIDUAL ASOCIADOS CON LA IAAP EN VACAS HOLSTEIN EN LACTACIÓN: ESTUDIO DE UN BROTE

INSIGHTS FROM A SINGLE OUTBREAK: COW-LEVEL RISK FACTORS ASSOCIATED WITH HPAI IN LACTATING HOLSTEIN COWS

Alexandre Rico[1], Noelia Silva-del-Rio[1]

(1)-University of California, Davis

OBJECTIVES: Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5N1 (clade 2.3.4.4b) has spillover into dairy cattle populations. Seven months after the initial outbreak, there are still many unknowns about this outbreak. This study aims to identify specific cow-level factors (i.e., days in milk (DIM), milk yield, parity, pregnancy) that may increase the susceptibility of cattle to H5N1 infection based on on-farm herd records.

METHODS: We enrolled 3,281 Holstein lactating cows from a commercial operation with 12 pens. This herd housed mainly pregnant dairy cows moved from a nearby sister facility. The study herd experienced the peak of the outbreak during the last week of May. Cow information including DIM, milk yield, parity, reproductive status, and pen allocation were obtained from herd health records software using May 1st, 2024, as the date. Among these, cases were defined as cows that had the item "FLU" recorded in the herd health history using August 31st, 2024, as the date. Comparable pens based on measured cow-level factors were identified using cluster analysis. Univariate associations between cow- level factors and the risk of being a case were explored using Chi-Square Test for Independence and T- test. Pregnant and non-pregnant cows were compared using a 1:1 matched cohort based on parity, milk yield, lactation stage and pen allocation. The study design was a nested case-control that was analyzed using conditional logistic regression. The effect of the other cow-level factors was estimated through a cohort-based case-control study, that only included pregnant cows within comparable pens, using a mixed-effects logistic regression, with pen as random variable. The significance level was 0.05.

RESULTS: The overall risk of being a case was 16.2%. In the descriptive study (n=3281), DIM, milk yield, and days carrying calf for pregnant cows did not show significant differences between cases and non-cases ($p > 0.05$). In contrast, pregnancy, parity, and pen allocation were significantly associated with the risk ($p < 0.05$). The risk across the 12 pens ranged from 7% to 27%, and there remained a significant difference among comparable pens, ranging from 7 to 24%. In the second study, focused on the effect of pregnancy (196 cows: 98 pregnant and 98 non-pregnant), the risk was 4% in non-pregnant cows and 18% in pregnant cows. The effect was significant with an odds ratio (OR) of 4.9 (95% CI: 1.6, 14.9). The last study (n=1,546) only identified parity as potential risk factor for being a case. The risk was 9% for first-parity cows and 18% for cows with more parities. The effect was significant with OR of 2.1 (95% CI: 1.5, 2.8).

CONCLUSIONS: The three main findings observed in this outbreak were as follows: pens housing similar

cows showed different levels of risk; among lactating cows, those that were pregnant had a higher likelihood of being cases compared to those that were not pregnant; and, within the group of lactating pregnant cows, 1st parity cows were less likely to be cases than cows with multiple parities.

Abstract ID: CO-261 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

EL PAPEL DE LOS NEUTRÓFILOS EN LA PARATUBERCULOSIS BOVINA

THE ROLE OF NEUTROPHILS IN BOVINE PARATUBERCULOSIS

Natalia Elguezabal[1], Maitane Mugica[2], Elena Molina [1], Maddi Oyanguren[2], Ainara Badiola[2],

Gwendal Vidal[2], Mariví Geijo[2], Joseba Garrido[2], Rakel Arrazuria[2]

(1)-NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (2)-NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agario

Mycobacterium avium subsp. *paratuberculosis* (MAP) es el agente etiológico causante de la paratuberculosis (PTB), una grave enteritis granulomatosa crónica que afecta a rumiantes domésticos y silvestres en todo el mundo. Se estima que el 50% de los rebaños lecheros de Europa y Norteamérica están infectados por MAP. Las granjas afectadas sufren pérdidas económicas debidas principalmente a la disminución de la producción, a la eliminación de los animales enfermos y a la necesidad de disponer de animales de reposición, además de presentar una mayor incidencia de otras enfermedades como mastitis o problemas reproductivos. El acceso a herramientas eficaces de control de la PTB es urgente, y aunque hoy en día no existan estrategias universalmente aceptadas para el control de la PTB, la vacunación ha mostrado ser una herramienta que modifica el curso de la infección.

Durante la infección, MAP es fagocitado por los macrófagos, pero es capaz de inhibir la fusión del fagosomoa con el lisosoma evadiendo así su destrucción y la presentación de antígenos, consiguiendo, además replicarse en el interior de estas células. En las lesiones granulomatosas típicas de la PTB los macrófagos son las células predominantes y a pesar de tener altos niveles de IL-8, apenas se detectan neutrófilos. Este fenómeno resulta sorprendente y quizás pueda explicarse a través de la eferocitosis, un proceso en el que los macrófagos fagocitan neutrófilos apoptóticos, conduciendo a la eliminación de los restos celulares y aprovechando los gránulos de los neutrófilos para acabar de matar al patógeno y así, resolver la inflamación. Actualmente son muchos los estudios transcriptómicos que han observado que en las vacas con PTB las vías que implican a los neutrófilos están alteradas. Aun así, el papel de estas células en la PTB no ha sido estudiado en profundidad.

En trabajos anteriores hemos demostrado que los neutrófilos despliegan varios mecanismos antimicrobianos contra MAP y cooperan con los macrófagos en condiciones *in vitro.* También hemos observado que una vacuna inactivada contra MAP ha mostrado características de inmunidad entrenada en condiciones de campo en vacuno de leche y la implicación de los neutrófilos en este proceso de inmunidad entrenada se ha demostrado en animales de laboratorio.

En este trabajo se ha querido profundizar en la cooperación entre neutrófilos y macrófagos frente a la infección micobacteriana estudiando el proceso de eferocitosis *ex vivo* mediante captura de imágenes *in vivo* Incucyte SX1® (Sartorius). Para optimizar la técnica se han aislado

neutrófilos y macrófagos de sangre periférica de vacas sanas y se han probado diferentes condiciones de tinción y concentración de ambos tipos celulares. Una vez establecidas las condiciones, se ha llevado a cabo un ensayo con células aisladas de tres animales infectando con MAP e incluyendo BCG, evaluando dos multiplicidades de infección (MOI) de MAP. Se ha obervado una mayor respuesta a MOI más elevada. Para una misma MOI, la BCG ha mostrado valores ligeramente inferiores a los observados en el caso de MAP, lo cual es coherente atendiendo a la patogenicidad bacteriana.

Además, se ha analizado y confirmado la respuesta inmune entrenada generada por una vacuna inactivada de MAP en terneros mediante ensayos funcionales. Tras seleccionar 10 terneras de 15 días de edad en una granja libre PTB en la que no se han detectado animales excretores de MAP a través de las heces en los últimos 5 años, estas se dividieron en dos grupos: no vacunadas (n=5) y vacunadas con una vacuna inactivada de MAP (n=5) y se realizó un seguimiento durante los primeros 3 meses de vida. Los animales vacunados mostraron un incremento significativo de la fagocitosis y producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) frente a MAP mediada por neutrófilos al mes, dos meses y tres meses post-vacunación (MPV), mientras que en el caso de los monocitos el incremento en ROS se observó únicamente a los 3 MPV. La NETosis frente , BCG, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, todos patógenos que causan pérdidas importantes en el vacuno de leche fue significativamente mayor en los animales vacunados. Por último, valores más altos en los niveles de lactato en el grupo vacunado confirmaron un cambio metabólico. Estos resultados sugieren que esta vacuna además de la protección específica demostrada frente a MAP, también puede proteger frente a otros patógenos bacterianos diferentes a MAP. MAP

En conjunto, estos resultados confirman que se debe seguir estudiando el papel de los neutrófilos en la PTB en el contexto de la infección y la vacunación para entender mejor la patogenia de la enfermedad y poder desarrollar nuevas vacunas que puedan ser utilizadas para la prevención de esta enfermedad en un futuro próximo.

Abstract ID: CO-263 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE UNA VACUNA DE SUBUNIDADES FRENTE AL SEROTIPO 8 DEL VIRUS DE LA ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA (VEHE-8).

ASSESSMENT OF THE EFFICACY OF A SUBUNIT VACCINE AGAINST EPIZOOTIC HEMORRHAGIC DISEASE VIRUS SEROTYPE 8 (EHDV-8).

Raúl Martínez Fernández[1], Laeticia Delgado Perrier[1], Laura Cueto Burdiel[1], Camino Fernández Álvarez[1], Bárbara Domínguez Asenjo[1], Hans de Smit[1]

(1)-Laboratorios SYVA S.A.

Objetivos.

El objetivo de este estudio fue la evaluación en bovino de la eficacia de una vacuna de subunidades (Syvac EH marker) frente al serotipo 8 del virus de la enfermedad hemorrágica epizoótica (VEHE-8), mediante una prueba de vacunación y desafío en condiciones controladas de laboratorio.

Materiales y métodos.

Syvac EH marker, es una vacuna de subunidades que incorpora un adyuvante comercial basado en aceite mineral y cuya sustancia activa es la proteína VP2 del VEHE-8. Se emplearon dos formulaciones de la vacuna diferenciadas en el contenido antigénico: la vacuna 1 (V1) que incorporaba la concentración de proteína VP2 seleccionada para la fabricación en rutina y la vacuna 2 (V2) con una concentración inferior.

Se seleccionaron 24 terneros sanos de 3 a 5 meses de edad procedentes de granjas de ganado lechero holandesas, que fueron trasladados a las instalaciones de bioseguridad de Wageningen Bioveterinary Research (Lelystad, Países Bajos). A su llegada, los terneros se asignaron a tres grupos de tratamiento (n=8). El grupo de tratamiento T01 recibió un placebo (solución salina) y los grupos T02 y T03 recibieron la vacuna V1 y la vacuna V2 respectivamente. El día 42, los terneros fueron desafiados mediante inyección subcutánea de una cepa de VEHE-8. El virus fue aislado en España en 2024 a partir de sangre de un ternero con sintomatología clínica de la enfermedad. Los animales fueron monitorizados desde los 2 días previos hasta 21 días después del desafío (D40-D63). Se tomaron muestras de sangre periódicamente, para valorar la viremia mediante PCR cuantitativa con transcriptasa inversa (RT-qPCR), y la respuesta de anticuerpos (anticuerpos frente a las proteínas VP2 y VP7 del virus mediante ELISA y anticuerpos neutralizantes frente a VEHE-8). Además, se registraron las temperaturas rectales de todos los animales al menos una vez al día, así como los signos clínicos y las lesiones características de la enfermedad, en base a un sistema de puntuación establecido.

Resultados.

Se observó una reducción significativa de la viremia ($p < 0,05$) en ambos grupos vacunados en comparación con el grupo de control, desde el quinto día después del desafío hasta el final del estudio. Los niveles de virus detectados en la sangre de los animales vacunados con cualquiera de las dos

formulaciones fueron significativamente inferiores a los detectados en el grupo control. La viremia, expresada como área bajo la curva, fue de 301,54 en el grupo control, mientras que en los grupos vacunados fue de 71,99 (T03) y 44,04 (T02). La eliminación del virus fue más rápida en los grupos vacunados, en los que no se detectó presencia de genoma vírico a partir del día 14 post-desafío, mientras que en el grupo control, 5 terneros seguían virémicos al final del estudio. Cabe destacar que 3 de los 8 terneros del grupo T02 y uno del grupo T03, no desarrollaron viremia tras el desafío.

La vacunación indujo anticuerpos frente a la proteína VP2, que se detectaron en todos los terneros de los dos grupos vacunados entre día de la segunda vacunación (D28) y el día del desafío (D42). Tras el desafío, se detectó un notable incremento en los grupos vacunados como consecuencia de la respuesta inmunitaria de memoria. En cambio, no se detectaron anticuerpos frente a la proteína VP7 antes del desafío en ningún grupo.

En los grupos vacunados los niveles de anticuerpos neutralizantes estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica hasta el desafío. A partir de ese momento, se detectó un incremento de estos anticuerpos en los tres grupos, con una distinta evolución en los vacunados y el control. Los niveles de anticuerpos neutralizantes al final del estudio fueron menores en los grupos vacunados que en el grupo control, lo que puede ser explicado por la menor exposición de estos animales al virus de desafío (se elimina antes), así como por el papel de estos anticuerpos en la resolución de la infección, mediante su unión al virus (neutralización) y su posterior eliminación por el sistema inmunológico.

El desafío no produjo un cuadro clínico significativo en los terneros del grupo control, lo que no permitió una evaluación de la eficacia desde el punto de vista de la sintomatología y lesiones.

Conclusiones.

La vacunación con Syvac EH marker es una herramienta adecuada para el control de la enfermedad hemorrágica epizoótica en bovino, causada por VEHE-8.

Después de dos dosis con 4 semanas de diferencia, los animales vacunados desarrollaron una viremia tras el desafío que fue claramente inferior y de menor duración a la de los animales del grupo control.

Los animales vacunados mostraron una clara respuesta de anticuerpos neutralizantes frente a VEHE-8, así como anticuerpos frente a la proteína VP2.

La vacunación no generó anticuerpos frente a la proteína VP7, lo que demuestra la capacidad de esta vacuna para el control de la enfermedad en base a estrategias DIVA (Differentiating Infected from Vaccinated Animals).

Abstract ID: CO-264 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

MONITORIZACIÓN DE LA RESPUESTA SEROLÓGICA, EN CONDICIONES DE CAMPO, TRAS LA VACUNACIÓN CON SYVAZUL BTV3 EN BOVINO.

MONITORING OF THE SEROLOGICAL RESPONSE FOLLOWING SYVAZUL BTV3 VACCINATION IN CATTLE, UNDER FIELD CONDITIONS.

Raúl Martínez Fernández[1], Bárbara Domínguez Asenjo[1], Laeticia Delgado Perrier[1], Hans de Smit[1]

(1)-Laboratorios SYVA S.A.

Introducción.

La monitorización de la respuesta serológica y específicamente la de anticuerpos neutralizantes, es sin duda una herramienta útil para evidenciar el efecto de la vacunación frente a la lengua azul. Con este fin, se ha desarrollado un estudio de campo en vacas vacunadas en los países bajos durante la campaña de 2024.

Objetivos.

Este estudio analiza la eficacia inmunológica de la vacuna syvazul BTV3 en ganado bovino bajo condiciones de campo. Se evaluaron las respuestas de anticuerpos específicos y la incidencia clínica durante un brote de lengua azul El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta inmune humoral promovida por la vacunación con dos dosis de syvazul BTV3, en bovino. En concreto, se valoró el desarrollo de anticuerpos VP7 frente al virus de la lengua azul (VLA), y de anticuerpos neutralizantes frente al VLA serotipo 3 (VLA-3), tras la administración de la vacuna comercial en condiciones de campo. Además, también se realizó la observación clínica de los animales.

Material y métodos.

Se seleccionaron 50 vacas lecheras sanas, de 2 a 11 años de edad, en una explotación lechera comercial cerrada, situada en los Países Bajos, y sin antecedentes recientes de enfermedad por VLA. Previamente al inicio del estudio, se confirmó mediante ELISA la ausencia de anticuerpos frente a VP7, en muestras de leche tomadas del tanque. El día (D) 0 del estudio, todos los animales recibieron una primera dosis seguida de una vacunación de refuerzo el día (D) 21, de acuerdo con la dosis y vía de administración recomendadas para esta vacuna. A lo largo del estudió, se monitorizó la respuesta serológica tras la vacunación, así como la posible aparición de un brote de VLA. Desde el D0 hasta el final del estudio (D64), las vacas fueron observadas diariamente por el ganadero para detectar la aparición de cualquier signo clínico que pudiera relacionarse con una infección por el virus de la lengua azul. El D0 (antes de la vacunación), D35, D42 y D64, se recogieron muestras de sangre para evaluar, mediante ELISA, la presencia de anticuerpos frente a la VP7 del VLA y para llevar a cabo un ensayo de seroneutralización frente al VLA-3. Además, se recogieron muestras de sangre en EDTA, a diferentes tiempos, para evaluar la presencia del genoma del VLA mediante PCR cuantitativa con transcriptasa inversa (RT-qPCR).

Resultados y discusión.

En ninguna de las vacas se detectaron anticuerpos frente a la VP7 del VLA ni anticuerpos neutralizantes frente al VLA-3 antes de la vacunación (D0). El D35, una semana después de la segunda dosis de syvazul BTV3, todos los animales habían seroconvertido y mostraban títulos elevados de anticuerpos neutralizantes frente a VLA-3, como resultado de la vacunación.

Durante el estudio, se identificó un brote de VLA al detectar, en el 50% de los animales, la presencia del genoma viral. Trece de las veinticinco vacas positivas se infectaron antes del establecimiento de la inmunidad (D42), ya que resultaron positivas los días 35 o 42. Las 12 vacas restantes resultaron positivas el día 64, es decir, después del establecimiento de la inmunidad. Hasta el final del estudio, el 50% de las vacas vacunadas no estaban infectadas, lo que se demostró mediante RT-qPCR y por la ausencia en este grupo del segundo refuerzo de anticuerpos frente a la VP7 del VLA causado por la infección, que sí se observó en el caso de los animales positivos por RT-qPCR.

Se detectaron anticuerpos neutralizantes el D35, con títulos que oscilaban entre 2,5 y 40. A partir del D42 se observó una disminución de los títulos en los animales infectados antes del establecimiento de la inmunidad por la vacuna. A partir del D42, se observó una disminución de los títulos en los animales infectados antes del establecimiento de la inmunidad por la vacuna (título medio geométrico [GMT] 8,5 en D35, 27,4 en D42 y 14,8 en D64), mientras que en los animales no infectados o infectados después del D42, los títulos de anticuerpos neutralizantes aumentaron aún más (GMT 8,8 en D35, 9,4 en D42 y 26,6 en D64 y GMT 9,1 en D35, 10 en D42 y 37,6 en D64, respectivamente).

Los signos clínicos relacionados con el VLA-3 se identificaron por primera vez a partir del D33. En el periodo total, el 54% (7 de 13) de los animales infectados antes del establecimiento de la inmunidad mostraron signos clínicos específicos, mientras que sólo el 25% (3 de 12) de los animales infectados después del D42 mostraron signos clínicos específicos del VLA.

Conclusiones.

La vacunación con la vacuna inactivada syvazul BTV3 es una herramienta adecuada para controlar la enfermedad del VLA-3 en el ganado vacuno.

Tras dos dosis con un intervalo de 3 semanas, los animales vacunados mostraron una clara respuesta de anticuerpos neutralizantes frente al VLA-3, así como de anticuerpos frente a la VP7 del VLA.

La aparición de un brote natural de la enfermedad puso de manifiesto la capacidad de la vacuna para proporcionar protección a los animales, ya que, o bien no se infectaron, o bien, cuando se infectaron tras el establecimiento de la inmunidad, la proporción de animales que desarrollaron la enfermedad fue menor.

Abstract ID: CO-266 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

IMPACTO A MEDIO Y CORTO PLAZO DEL ESTRÉS TÉRMICO SUFRIDO DURANTE LOS PRIMEROS 90 DÍAS DE VIDA EN TERNERAS DE RECRÍA HOLSTEIN

SHORT- AND MEDIUM-TERM IMPACT OF HEAT STRESS SUFFERED DURING THE FIRST 90 DAYS OF LIFE ON THE METABOLISM OF HOLSTEIN REARING CALVES

Maria Eugenia Revilla Ruiz[1], Gabriela Garay Peña[2], Elisa Cáceres Martín[2], Patricia Carulla[3], Alejandro Pérez-Navarro[4], José Luis Pesántez Pacheco[5], Luis Ayala Guanga[5], Juan Vicente González Martín[6], Francisco Sebastián[4], Susana Astiz[7]

(1)-Universidad Europea Madrid

(2)-Departamento de medicina y cirugía, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Avenida Puerta de Hierro s/n, 28040 Madrid, España. Departamento de Reproducción Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Avenida Puerta de Hierro s/n, 2

(3)-Universidad Politécnica de Valencia, España. Cowvet SL,

Avenida País Valenciano 6, 46117 Betera-Valencia, España

(4)-Cowvet SL, Avenida País Valenciano 6, 46117 Betera-Valencia, España

(5)-Veterinaria, Facultad de agronomía, Universidad de Cuenca, Ecuador

(6)-Departamento de medicina y cirugía, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Avenida Puerta de Hierro s/n, 28040 Madrid, España

(7)-Departamento de Reproducción Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Avenida Puerta de Hierro s/n, 28040 Madrid, España

Introduction: Heat stress (HS) exerts a negative effect on dry matter intake. The aim of this study was to evaluate how nutrition-related metabolic markers evolved after heat stress exposure in Holstein heifers

Material and methods: A total of 321 healthy calves (50% randomly selected from the calves included in a global project at a commercial rearing-farm in Valencia) were sampled and followed from arrival until leaving the farm, or dead/slaughtering. Climate data from the weather station nearest to the farm (Chiva, Valencia; https://www.meteochiva.com/) was collected and daily Temperature-humidity-index (THI) for the first 90 days after the arrival of each calf calculated. Heat stress days (HSd) were days with THI≥72 suffered for ≥14h/day. Four groups were created: “NO-HS” (no HSd, n=130), “Mild-HS” (<3HSd with THI:72-79, n=133), “Moderate-HS” (>3HSd with THI:72-79, n=46), and “Severe-HS” (≥1HSd with THI>80, n=12). Blood samples were collected at “Arrival” 7d after arrival (23.58±8.04d-

old); “Preweaning” (at beginning of the reduction in milk intake; 55.28±10.99d-old); “Postweaning” (69.32±9.84d-old) and when moved to collective pens (“pens”; 137.5±17.95d-old). Plasmatic glucose, fructosamine, lactate, β-hydroxybutyrate; non-esterified-fatty-acids, triglycerides, total-cholesterol, high- and low-density-lipoproteins and urea were assessed with bioanalyzer (Konelab-20;Thermo-Fisher-Scientific, USA).

Results: Some results are summarized in the table.

Table. Metabolites in Holstein heifers according to the intensity of heat stress suffered during the first 90d of life.

		Lactate (mg/dL)			Fructosamiue (mg/dL	)
11'0-HS-Anival	"	i\leau±SD 14.86±7.32	Pvalues	N 129	i\leau±SD 329.44±77.40	Pvalu es
I\IilcI-HS-Anival	133	15.30±5.89		132	315.78±71.92	
I\Ioclerate-HS-An-ival	46	14.57±6.95		46	336.80±68.71	
Severe-HS-Anival	12	13.25±1.22		12	349.50±51.34	
Total	321	14.94±6.55	0.71	319	325.61±73.39	0.17
NO-HS-Preweauiug	117	15.26±7.08		117	341.94±71.43	
I\IilcI-HS-Preweauiug	117	14.93±6.39		117	351.35±83.42	
I\Iocle.-ate-HS-Preweauiug	44	15.77±6.29		43	324.28±72.19	
Severe-HS-Preweauiug	12	10.67±1.50		12	312.42±70.29	
Total	290	15.02±6.59	0.11	289	341.90±76.98	0.12
1'0-HS-Postweauiug	124	16.10±9.12'		124	343.39±69.47	
I\IilcI-HS-Postweauiug	106	!3.26±5.37a,b		106	333.08±63 !	
I\Ioclerate-HS-Postweauiug	43	!1.09±4.82b		42	317.50±65.76	
Severe-HS-Postweauiug	11	!1.50±3.7!b		12	340.58±89.97	
Total	284	14.11±7.37	<0.001	284	335.59±67.80	0.18
1'0-HS-Pen,s	105	26.52±16.39		105	327.34±72.22<,b	
I\IilcI-HS-Peus	*66*	22.20±11.71		67	318.37±67.70"	
I\Ioclerate-HS-Peus	43	23.98±14.15		42	372.14±77.99'	
Severe-HS-Pen,s	12	24.67±9.98		12	362.25±74.25b,c	

Glucose (mg/dL) c\ou-esterified fatty adds (mmol/L)

	N	1\lean±SD	Pvalues	N	:\lean±SD	Pvalues
NO-HS-AtTival	129	115.41±18.46[3]		129	0.22±0.11	
1\lild-HS-AtTival	133	111.73±17.74'		133	0.19±0.11	
1\loderate-HS-Arrival	46	102.04±19.15b		46	0.18±0.07	
Severe-HS-AtTival	12	106.42±17.603, b		12	0.22±0.12	
Total	320	111.62±18.69	<0.001	320	0.20±0.10	*0.06*
NO-HS-Preweaning	117	117.43±18.83		117	0.21±0.083,b	
1\lilcl-HS-Preweaning	117	114.49±20.65		117	0.20±0.093,b	
1\loclerate-HS-Preweaning	44	111.73±22.71		43	0.17±0.06'	
Sever HS-Preweaning	12	112.17±16.29		12	0.23±0.14b	
Total	290	115.16±20.12	0.37	289	0.20±0.08	0.03
NO-HS-Postweaning	124	99.65±14.57[3]		123	0.14±0.07	
1\lild-HS-Postweaning	106	97.95±15.86[3]		106	0.13±0.07	
1\loderate-HS-Postweaning	43	95.37±16.13[3]		43	0.13±0.05	
Severe-HS-Postweaning	12	83.92±8.45b		12	0.12±0.03	
Total	285	97.71±15.38	0.01	284	0.14±0.07	0.37
NO-HS-Pens	105	106.62±12.62'		105	0.19±0.IO>.b	
1\lild-HS-Pens	67	97.90±10.66b		*66*	0.23±0.15'	
1\loderate-HS-Pens	44	94.91±13.03b		44	0.16±0.07b	
Severe-HS-Pens	12	97.00±6.99b		12	0.15±0.05b	
Total	165	86.72±13.32	<0.001	227	0.19±0.12	<0.001

Triglycerides (mg/dL) **Higb-density lipoproteins (mg/dL)** **N**

:\lean±SD **Pvalues** **1\lean±SD** **Pvalues**

"

1\0-HS-Anival	129	27.57±19.57'		101	32.23±10.06	
1\lilcl-HS-Anival	133	23.49±16.480,b		64	31.81±14.34	
1\loclerate-HS-AtTival	46	19.17±10.150,b		46	29.30±11.38	
Sever HS-Entry	12	I7.33±8.40b		12	35.83±10.93	
Total	320	24.28±17.12	0.01	223	31.70±11.76	0.31

1\0-HS-Preweaning	117	33.62±15.87'		117	40.89±9.73[3]	

T.-iglyce.-ides (mg/dL)				**Higb-deusity lipop.-oteins (mg/dL)**		
:\lean±SD		**Pvalues**		**1\lean±SD**		**Pvalues**
11'0-HS-Anival	129	27.57±19.57'		101	32.23±10.06	
Milcl-HS-Anival	133	23.49±16.480,b		64	31.81±14.34	
1\loclerate-HS-An-ival	46	19.17±10.15"b		46	29.30±11.38	
Seve.- HS-Ent.-y	12	i 7.33±8.40b		12	35.83±10.93	
Total	320	24.28±17.12	0.01	223	31.70±11.76	0.31
11'0-HS-P.-eweaning	117	33.62±15.87'		117	40.89±9.73"	
1\fild-HS-P.-eweaning	117	25.96±12.60b		117	39.62±10.ll"b	
1\loderat HS-P.-eweaning	44	30.07±14.68°'b		44	35.50±7.57b	
Severe-HS-P.-eweaning	12	18.25±5.77'		12	35.33±8.52b	
Total	290	29.36±14.68	<0.001	290	39.33±9.70	0.01
KO-HS-Postweaning	124	26.68±11.83'		124	33.21±8.28a,b	
1\lilcl-HS-Postweaning	106	28.73± 12.98'		106	35.74±10.42ª	
1\loclerate-HS-Postweaning	40	19.20±8.2lb		43	29.77±7.28b	
Seve.- HS-Postweaning	**11**	19.77±7.6lb		12	24.88±4.90'	
Total	281	26.12±12.13	<0.001	285	33.28±9.26	<0.001
KO-HS-Pens	105	32.30±15.56'		105	38.02±7.58a,b	
1\fild-HS-Pens	67	27.60±10.720,b		67	41.43±9.57'	
1\loclerate-HS-Pens	44	25.09±10.Slb		44	36.82±8.43b	
Seve.-e-HS-Pen.s	12	26.83±10.920,b		12	38.33±8.08a,b	
Total	228	29.24±13.41	0.01	228	38.81±8.53	0.02

	Urea (mg/mL)		
	N	Mean±SD	*P* values
NO-HS-Arrival	130	12.52±6.02	
Mild-HS-Arrival	133	14.11±5.60	
Moderate-HS-Arrival	45	12.49±8.72	
Severe-HS-Arrival	12	12.17±4.24	
Total	320	13.16±6.27	0.15
NO-HS-Preweaning	117	15.11±6.06^{a,b}	
Mild-HS-Preweaning	117	13.32±5.13^{a}	
Moderate-HS-Preweaning	44	16.75±5.85^{b}	
Severe-HS-Preweaning	12	16.42±7.35^{b}	
Total	290	14.69±5.83	<0.001
NO-HS-Postweaning	123	16.05±6.25^{a,b}	
Mild-HS-Postweaning	106	14.90±7.01^{a}	
Moderate-HS-Postweaning	43	13.30±4.37^{a}	
Severe-HS-Postweaning	12	18.67±6.39^{b}	
Total	284	15.31±6.40	0.02
NO-HS-Pens	103	20.00±9.25	
Mild-HS-Pens	66	19.70±5.58	
Moderate-HS-Pens	44	18.39±5.21	
Severe-HS-Pens	12	20.00±3.57	
Total	225	19.60±7.36	0.67

Most changes in metabolites triggered by heath-stress suffered since arrival at the farm, were observed at postweaning and when moved to collective pens. Metabolites most frequently affected were glucose, triglycerides and HDL. Although changes induced depended on the metabolite, heat stress was associated to reduced levels, excepting urea, which resulted higher in heat-stressed calves.

Conclusions: there was an effect of heat-stress on the metabolism of the rearing Holstein calves. The lipidic profile underwent the greatest changes, with triglycerides and HDL being mostly affected, and the moderated and severed heat stressed calves showing the lowest levels compared to non-heat stressed calves. Therefore, heat-stress suffered during the first 90 days of life was linked to short-and medium-term changes in markers related to the energetic metabolism in rearing Hosltein heifers.

Funding: CDTI-IDI-20200936; P. Carulla's grant Universitat Politècnica Valencia-PAID-01-20

Abstract ID: CO-270 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

¿QUÉ HAY DE NUEVO SOBRE EL PARANFISTÓMIDO (CALICOPHORON DAUBNEYI) QUE ACOMPAÑA A FASCIOLA HEPATICA EN LA INFECCIÓN DE GANADO VACUNO?

WHAT IS THE LATEST ON THE PARANFISTOMID (CALICOPHORON DAUBNEYI) THAT INFECTS CATTLE WITH FASCIOLA HEPATICA?

Nélida Fernández Pato[1], Lucía López Sobrado[1], Félix Valcárcel Sancho[2], Elvira Rodríguez[3],

Óscar García Barrero[3]

(1)-Facultad de Veterinaria Universidad Alfonso X El Sabio

(2)-INIA-CSIC Departamento de Reproducción Animal Grupo de Parasitología

(3)-Veterinario clínico

En los últimos años en toda Europa se está informando sobre la parasitosis emergente producida por el paranfistómido *Calicophoron daubneyi*, que, habitualmente se detecta o bien con métodos *post mortem o* técnicas coprológicas entre otras, debiendo ser utilizadas las últimas técnicas antes de realizar ningún tratamiento antiparasitario para poder decidir si es necesario o no llevarlo a cabo y después para confirmar si el tratamiento ha sido efectivo.

Este paranfistómido puede producir trastornos digestivos en los que las diarreas en animales jóvenes son el signo clínico más característico, siendo los adultos portadores asintomáticos, pero responsables de mantener también la contaminación del medio ambiente por eliminación de huevos en heces y porque, a falta de realizar tratamientos antiparasitarios con eficacia frente este trematodo, pueden tener intensidades de parasitación elevadas.

El único principio activo eficaz frente a *C. daubneyi* es la oxiclozanida, si bien, otros como el closantel o el clorsulón parecen tener eficacia. Sin embargo, ninguno de ellos está registrado para utilizarse frente este parásito.

En la provincia de Segovia, en explotaciones limítrofes con la Comunidad de Madrid, se han realizado 382 controles coprológicos en 40 explotaciones de ganado vacuno de carne para realizar una toma de decisiones adecuada y específica a cada situación epidemiológica en concreto (Fernández et al., 2024). Las muestras fueron recogidas al azar, ya que son animales en extensivo.

Gracias a estos estudios, se han podido conocer los parásitos digestivos presentes en la zona, así como la prevalencia de *C. daubneyi*, tanto en infecciones puras como con otros parásitos detectados, siendo muy frecuente la infección mixta con *Fasciola hepatica*.

En una de las explotaciones destinada a la producción de carne de raza Avileña-Negra Ibérica, se han realizado controles coprológicos en las distintas estaciones del año, por lo que, gracias a las 131 muestras recogidas y analizadas con técnicas coprológicas macroscópicas y microscópicas de flotación y

sedimentación, se han podido analizar los resultados obtenidos y compararlos con las dinámicas de eliminación de huevos y cargas parasitarias detectadas de manera global en la región geográfica analizada. Las muestras fueron recogidas al azar dentro de cada uno de los lotes productivos en la explotación. Habiéndose realizado control coprológico posterior a la desparasitación para analizar la eficacia del mismo.

Analizando las infecciones patentes por *C. daubneyi* en infección pura (sin otros trematodos) el 29,7% de las muestras fueron positivas, en infección mixta con *F. hepatica* el 8,6% y con *D. dendriticum* 0,5%.

La dinámica estacional de carga parasitaria detectada en *C. daubneyi* fue mayor en el mes de marzo, al igual que la de *F. hepatica*, aunque en la explotación en estudio las mayores contaminaciones de huevos a medio se observaron en otoño seguidas del invierno.

Las eliminaciones de huevos en heces fueron más elevadas en *C. daubneyi*, entre 0,05 a 70 hpg, alcanzando su máxima eliminación en primavera seguida del otoño, mientras que en *F. hepatica* estuvieron comprendidas entre 0,05 y 1,85 hpg.

En el control de parásitos digestivos en rumiantes, los antiparasitarios más utilizados en la región en estudio son la ivermectina 50%, el albendazol 21,4%, y el nitroxinil y closantel ambos en el 14,3% de los casos (Fernández et al., 2024). En la explotación en estudio las últimas desparasitaciones se han llevado a cabo con ivermectina en invierno y con nitroxinil en primavera una vez y otra en verano.

Los resultados obtenidos, han posibilitado conocer la prevalencia de *C. daubneyi* en la región geográfica en estudio, así como la existencia de parasitaciones mixtas con *F. hepatica*, si bien bajas de forma global 8,6%, más frecuentes en la explotación analizada 16,8% de los casos.

La utilización de técnicas coprológicas antes y después de la realización de la administración de tratamientos antiparasitarios, han permitido conocer su eficacia, además de posibilitar establecer pautas de desparasitación selectivas y estratégicas teniendo en cuenta los resultados obtenidos y los factores epidemiológicos más relevantes.

Por último, el análisis conjunto de los resultados coprológicos y los tratamientos antiparasitarios realizados fueron la base para poder modificar la administración de productos farmacológicos y decidir qué antiparasitario administrar y cuándo, para mejorar el control de los endoparásitos digestivos y en este caso, el control de *C. daubneyi* cuando se identifique un aumento en su prevalencia. Recordando que, el único fármaco con eficacia reconocida y del que se especifica su uso para el tratamiento de este paranfistómido es la oxiclozanida, pero hay más, en los que al menos se describe eficacia parcial y reducción de la eliminación de huevos al medio.

Abstract ID: CO-274 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

IDENTIFICACIÓN DE BIOMARCADORES DIFERENCIALMENTE EXPRESADOS EN SANGRE Y TEJIDOS INTESTINALES DE VACAS FRISONAS NATURALMENTE INFECTADAS POR MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS Y CON LESIONES MULTIFOCALES

IDENTIFICATION OF DIFFERENTIALLY EXPRESSED BIOMARKERS IN BLOOD AND INTESTINAL TISSUES FROM HOLSTEIN CATTLE NATURALLY INFECTED WITH MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS AND WITH MULTIFOCAL LESIONS

Arrate Prado López [1], Gerard Badia Bringué [1], Rosa Casais [2], Marta Alonso Hearn [1]

(1)-NEIKER - Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Basque Research and Technology Alliance (BRTA)

(2)-SERIDA, Centro de Biotecnología Animal

La Paratuberculosis bovina (PTB) es una enteritis granulomatosa crónica que provoca pérdidas económicas importantes en vacuno de leche y que está causada por *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP). El control de la enfermedad se basa en la instauración de medidas higiénico-sanitarias en las explotaciones y en la identificación y eliminación de animales infectados. Sin embargo, los métodos diagnósticos actuales, ELISA y PCR fecal, presentan baja sensibilidad para la detección de animales en estadios subclínicos. Por ello, es necesario desarrollar nuevos métodos diagnósticos que permitan identificar animales subclínicos o resilientes a la infección por MAP. Estudios previos realizados en nuestro grupo permitieron identificar regiones genéticas y diversos genes y rutas asociadas a la presencia de lesiones de tipo multifocal (Canive *et al*., 2021). Concretamente, se observó un enriquecimiento significativo de la ruta de queratinización. Las citoqueratinas podrían tener un papel importante en animales con lesiones de tipo multifocal manteniendo la estabilidad e integridad del epitelio intestinal, y regulando funciones como la proliferación celular, migración, así como las respuestas inflamatorias e inmunes. Más recientemente se ha observado sobreexpresión del factor de transcripción *EGR4* (*early growth response factor 4*) y su asociación con la presencia de lesiones multifocales (Badia-Bringué *et al*., 2023). La sobreexpresión del *EGR4* frenaría la respuesta inmune proinflamatoria mediada por NF-?ß en respuesta a la infección por MAP y restringiría el daño tisular. Teniendo en cuenta los estudios citados, surge la hipótesis de que la formación de granulomas multifocales podría constituir un mecanismo de resiliencia a la PTB, al favorecer el control de una respuesta inmune proinflamatoria aberrante y la progresión de las lesiones a formas difusas más severas. En el presente estudio se propone la búsqueda e identificación de biomarcadores asociados a animales con lesiones multifocales mediante la tecnología de secuenciación masiva del RNA (RNA-Seq).

El estudio se realizó con muestras de sangre, yeyuno y ganglio yeyunal caudal de 11 vacas con lesiones multifocales y 4 sin lesiones visibles en tejido intestinal. Las muestras de tejido se conservaron en RNAlater® a

-80ºC. El RNA se purificó con el RNeasy Mini Kit siguiendo las instrucciones del fabricante. La sangre se recogió en tubos PAxgene Blood RNA y se extrajo el RNA con el kit PAXgene blood RNA kit. El DNA residual se eliminó mediante digestión con RNase-free DNase I Amplification Grade. La concentración y calidad del RNA obtenido se midió con el Agilent Bioanalizer 2100 y se seleccionaron para realizar el RNA-Seq únicamente las muestras de RNA con un valor RIN ? 7. Cada librería de RNA se preparó con aproximadamente 250 ng de RNA mediante el Illumina NEBNext Ultra Directional RNA library preparation kit y su calidad de comprobó en el Agilent Bioanalizer empleando un chip de DNA de alta sensibilidad para confirmar que el tamaño de los insertos era de entre 188-274 pb. Las librerías fueron secuenciadas mediante secuenciación *single-end* en formato 1x100 con el secuenciador Illumina Novaseq. La media de lecturas brutas totales fue de 33,38, 33,86, y 36,92 millones en muestras de sangre, yeyuno y ganglio, respectivamente. Las lecturas brutas se filtraron mediante un control de calidad con *FastQC* y *Trimmomatic* y se alinearon con el genoma de referencia de *Bos taurus* (ARS_UCD1.3.113) con *STAR*. La anotación y el conteo de lecturas se realizó con *Rsubread* y la normalización y el análisis de expresión diferencial con *DESeq2*. El análisis funcional para búsqueda de ontologías génicas y rutas metabólicas enriquecidas se realizó con la librería de *R ClusterProfiler.*

En general, se detectaron más genes infraexpresados que sobreexpresados en los tres tipos de muestra de animales con lesiones multifocales *vs*. sin lesiones. En sangre se identificaron 1.611 genes diferencialmente expresados, de los cuales 610 estaban sobreexpresados y 1.001 infraexpresados, y se asociaban a procesos de traducción (bta:03010) e infecciones víricas (bta:05171). En yeyuno se identificaron 7 genes diferencialmente expresados asociados a migración de células inmunitarias (GO:1990266, GO:0097530, GO0097529, GO0050900), y activación de IL-17 (bta:04657). El gen *glycoprotein 2* (*GP2*) fue el más sobreexpresado en yeyuno de animales con lesiones multifocales vs. controles (*log2 fold change* = 6,94). Este gen codifica una proteína integral de membrana que se une a patógenos, desempeñando un papel importante en la respuesta inmune innata. En ganglio se identificaron 12 genes diferencialmente expresados asociados a ontologías génicas relacionadas con la regulación de TOR, una proteína kinasa implicada en respuestas celulares frente al daño al DNA y a la privación de nutrientes. La sobreexpresión de los biomarcadores diferencialmente expresados en vacas con lesiones multifocales *vs*. controles está siendo validada mediante ELISA y RT-qPCR

Los biomarcadores identificados en el presente estudio podrían contribuir a la mejora de las herramientas disponibles para la detección de ganado vacuno resiliente a la PTB.

RTI2018-094192-R-C21 y PID2021-122197OR-C21 financiados por AEI/10.13039/501100011033 y FEDER, “una manera de hacer Europa”. Arrate Prado es beneficiaria de un contrato predoctoral (Programa IKERTALENT 2024, código 1029112).

Abstract ID: CO-276 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

CONCENTRACIÓN MÍNIMA INHIBITORIA A 5 GRUPOS DE ANTIMICROBIANOS DE LAS CEPAS MYCOPLASMA BOVIS AISLADAS EN ESPAÑA EN EL AÑO 2024

MINIMAL INHIBITORY CONCENTRATION TO 5 GROUPS OF ANTIMICROBIALS OF MYCOPLASMA BOVIS STRAINS ISOLATED IN SPAIN IN THE YEAR 2024

CHRISTIAN DE LA FE RODRIGUEZ[1], XÓCHITL HERNÁNDEZ[1], JUAN CARLOS CORRALES[1], ANTONIO SÁNCHEZ[1], JOAQUÍN AMORES[1], ANTÓN ESNAL[2], ISABEL PÉREZ[1]

(1)-UNIVERSIDAD DE MURCIA

(2)-ANALÍTICA VETERINARIA

La resistencia a los antimicrobianos es un problema complejo que limita el abordaje terapéutico del complejo respiratorio bovino. En este trabajo, se ha procedido a la realización de las pruebas de sensibilidad *in vitro* (concentración mínima inhibitoria) frente a un total de 13 antimicrobianos, incluyendo quinolonas (enrofloxacina, marbofloxacina, danofloxacina y flumequine), tetraciclinas (doxiciclina y oxitetraciclina), macrólidos (tildipirosina, espiramicina, gamitromicina, tulatromicina y eritromicina), pleuromutilinas (valnemulina) y una lincosamida (lincomicina) en un total de 114 aislamientos de *Mycoplasma bovis* (Mb) realizados en España en 2024. Los resultados obtenidos evidencian un incremento de los valores de concentración mínima inhibitoria (CMI) registrados para las quinolonas respecto a 2023, como denotan los valores de CMI50 y CMI90, si bien los datos de los aislamientos individuales indican que también circulan entre un 30% y un 40% de aislamientos sensibles según el antimicrobiano, al situarse el rango CMI50 y CMI90 entre 0.5 y 1 □g/ml. En referencia a los macrólidos y la lincomicina, podemos observar registros muy altos de CMI en casi todos los aislamientos analizados, lo que plantea seriamente que la eficacia *in vivo* debe ser muy limitada, si bien los valores mínimos han disminuido en algunos casos. Más variabilidad observamos en el caso de las tetraciclinas, donde los valores de CMI50 y CMI90 son elevados pero un porcentaje de cepas que oscila entre el 30% y el 40% de los aislamientos presenta valores de sensibilidad aceptables, principalmente en el caso de la doxiciclina. En función de los valores obtenidos de CMI50 obtenidos, al menos un 50% de las cepas que circulan podrían considerarse multirresistentes, en base a los datos obtenidos en el conjunto de antimicrobianos. Los resultados se han obtenido en el año 2024, sin publicación previa de los mismos.

Abstract ID: CO-277 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

INTERACCIONES HOSPEDADOR-PATÓGENO EN LA PLACENTA DURANTE LA INFECCIÓN POR NEOSPORA CANINUM A FINAL DE LA GESTACIÓN: EXPLORANDO LOS MECANISMOS DE TRANSMISIÓN TRANSPLACENTARIA Y SUPERVIVENCIA FETAL

PLACENTAL HOST-PATHOGEN INTERACTIONS DURING NEOSPORA CANINUM INFECTION IN LATE GESTATION: UNRAVELING THE MECHANISMS OF TRANSPLACENTAL TRANSMISSION AND FOETAL SURVIVAL

Esther Collantes-Fernández[1], Sandra Montaner-Da Torre[1], Montserrat Coronado-Brieva[1], *Roberto Sánchez-Sánchez[1], Rafael Amieva[1], Luis Miguel Ortega-Mora[1], Pilar Hocajo[1]*

(1)-Saluvet, Animal Health Department, Faculty of Veterinary Sciences, Complutense University of Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid, Spain.

Bovine neosporosis is a parasitic disease caused by the protozoan *Neospora caninum* that represents one of the major infectious causes of abortion in cattle worldwide. The impact of transplacental infection could be foetal death or birth of a congenitally infected calf, which depends on several factors, highlighting the period of gestation at which infection occurs. As gestation progresses, there is a shift in the balance between proinflammatory and anti-inflammatory responses at the maternal-foetal interface, driven by maternal hormones. In the early stages of pregnancy, a proinflammatory environment prevails, which later transitions into an anti-inflammatory state that supports foetal growth. This dynamic immunological balance influences the disease pathogenesis and determines the pregnancy outcome.

Previously, we used whole-transcriptome analysis (RNA-seq) to investigate the host-parasite interactions at the placental level following infection of heifers at mid-gestation (day 110 of gestation) with the high-virulence isolate Nc-Spain7, which induces abortion at this stage. This infection triggered severe lesions and an exacerbated proinflammatory immune response in placentomes, characterized by the overexpression of genes related to TNF-α signalling via NF-κB, IL-6/JAK/STAT3, and

IL-2/STAT5 signalling, as well as IFN-α and IFN-γ responses. Additionally, the proinflammatory response in caruncles was more intense in heifers carrying dead foetuses. The combination of this inflammatory environment in the placenta and the ability of high-virulence isolates to survive and replicate appears to drive abortion at mid-gestation. However, when this high-virulence Nc-Spain7 isolate was inoculated in the last third of gestation (day 210), resulted in congenital foetal infection without causing mortality. Similar transcriptomic studies to those conducted at mid-gestation to explore host-parasite interactions during late gestation have not yet been performed. This gap raises a key question: What host molecular mechanisms and parasite factors facilitate transplacental transmission of *N. caninum* in late gestation?. In this study, we aimed to investigate the mechanisms triggered in the placenta (caruncles and cotyledons) at early stage of infection (day 20 post-infection) after challenging pregnant heifers at late-

gestation with the high-virulence isolate Nc-Spain7, using whole-transcriptome analysis.

To achieve this, pregnant Holstein-Friesian breed heifers were inoculated at day 210 of gestation with with 10^7 Nc-Spain7 tachyzoites (n = 5) or PBS (n = 3) and were sacrificed at day 20 post-infection.

Three medial caruncles and cotyledons from each animal were separately pooled per tissue, and total RNA was extracted using the automated Maxwell® 16 System following the manufacturer's instructions. Raw sequencing reads were aligned to the *Bos taurus* reference genome (ARS-UCD1.2), and differential expression analysis between infected and non-infected animals was performed independently for each tissue using the DESeq2 R package.

The differential expression analysis of caruncular tissue from *N. caninum* infected heifers versus non-infected animals identified 46 differentially expressed genes (DEGs) at late gestation, suggesting very subtle alterations in this tissue. Functional enrichment analyses revealed significant overrepresentation of pathways involved in immune response, protozoan defence, type II interferon signalling, and T cell differentiation. Among the most prominently upregulated genes were key chemokines (*CXCL9*, *CXCL10*), T cell-associated markers (*CD3E*, *CD4*, *CD8A*), and interferon-stimulated genes (*GBP2*, *GBP5*), indicating a localized immune activation in response to infection. In contrast, the foetal cotyledon exhibited a marked transcriptomic remodelling with a total of 2,044 DEGs identified.

Enrichment analyses in this tissue highlighted the involvement of biological processes related to angiogenesis, cellular motility and migration, oxidative phosphorylation and phagosome.

Comparative gene set enrichment analysis (GSEA) between late and mid-gestation stages demonstrated a consistent upregulation of immune-related pathways across both gestational time points and tissues, but with a more intense response observed at mid-gestation. Moreover, distinct tissue-specific dynamics were evident. In the caruncle, the infection at mid-gestation was characterized by inhibition of epithelial–mesenchymal transition (EMT) and angiogenesis, changes that were no longer observed during the infection at late gestation. Conversely, in the foetal cotyledon, the hypoxia pathway was activated at mid-gestation but suppressed in late gestation which could contribute to the foetal survival at this stage.

These findings contribute to a deeper understanding of the virulence and pathogenesis of neosporosis promoting the development of effective control measures against this disease in the future by the discovery of novel approaches for vaccine design.

Acknowledgements. This work has been supported by Grant PID2022-139673OB-I00 funded by MICIU/AEI/ 10.13039/501100011033 and by "ERDF/EU" and Grant TEC-2024/BIO-66/SALAINDEC-CM

funded by Community of Madrid. Sandra Montaner-Da Torre and Rafael Amieva (PRE2020-092101) were financially supported by a grant from the Spanish Ministry of Science and Innovation.

Abstract ID: CO-281 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

LA INFECCIÓN MIXTA POR VARIAS CEPAS DE MYCOPLASMA BOVIS PUEDE GENERAR LA TRANSFERENCIA DE MATERIAL GENÉTICO IN VIVO ENTRE ELLAS

MIXED INFECTION WITH SEVERAL STRAINS OF MYCOPLASMA BOVIS MAY RESULT IN THE TRANSFER OF GENETIC MATERIAL IN VIVO BETWEEN THEM

CHRISTIAN DE LA FE RODRIGUEZ[1], JUAN CARLOS CORRALES[1], XÓCHITL HERNÁNDEZ[1], JUAN ALCÁZAR[2], ANTONIO SÁNCHEZ[1], JOAQUÍN AMORES[1], ANTONIO FERNÁNDEZ[3], GINÉS LUJÁN[3], DAVID DEL OLMO[4], HECTOR RAMÍREZ[5], ANA MARTÍNEZ- *EXPÓSITO[4], ALEJANDRO SÁNCHEZ[5]*

(1)-UNIVERSIDAD DE MURCIA

(2)-CARGILL SL

(3)-ADS DE BOVINO DE LORCA

(4)-JUAN JIMÉNEZ GARCÍA SAU

(5)-BOS NOSTRUM SL

El presente trabajo se ha desarrollado para determinar si es habitual que diferentes subtipos de *Mycoplasma bovis* (Mb) circulen a la vez en un mismo lote de terneros, caracterizando los aislamientos de Mb procedentes de algunos lotes en diversos cebaderos. La interacción entre los agentes patógenos es un campo de trabajo que requiere aun el desarrollo de muchos trabajos y estudios para analizar el impacto práctico de la misma, y en el caso de Mb, la variabilidad de agentes en el mismo lote puede explicar las dificultades relacionadas con el control de la infección en muchas ocasiones.

Para ello, se ha realizado el seguimiento semanal de la presencia de *Mycoplasma bovis* (Mb) en un conjunto de terneros (n=90) pertenecientes a 6 lotes diferentes de cebo, monitorizando la presencia del agente durante el primer mes de estancia en los cebaderos (t0 a t4). Para ello, se han recogido hisopos nasofaríngeos en los terneros y se han realizado técnicas de aislamiento e identificación de micoplasmas. Donde se detectó la presencia de Mb, se han caracterizado molecularmente los aislamientos obtenidos mediante la secuenciación del gen *polC, para definir el subtipo.*

Globalmente, los resultados obtenidos han permitido detectar la presencia de 3 biotipos (ST1, ST2 y ST3) que pueden encontrarse en el mismo lote e incluso, en el mismo animal al mismo tiempo, y evidencia la convivencia y las posibilidades de interacción de diferentes subtipos de Mb. Teniendo en cuenta que nuestro grupo ha evidenciado en los aislamientos de campo de Mb: 1) la presencia de aislamientos que resultan ser “un mosaico” de genes de diferentes aislamientos, 2) la transferencia horizontal de partes del cromosoma entre los aislamientos de esta bacteria, muy probablemente durante coinfecciones por múltiples cepas y 3) la transferencia horizontal clásica de fagos y de elementos integrativos-conjugativos (ICEs) (García-Galán et al., 2022), la presencia de diferentes subtipos circulantes al mismo tiempo en varios de los lotes en cebo analizados confirma la amplia diversidad y reorganización del genoma dentro

de esta especie y su capacidad de generar esas infecciones mixtas en los colectivos.

La variabilidad de Mb en los lotes de engorde, en ocasiones incluso dentro del mismo animal, hace necesario seguir estudiando y analizando su posible impacto en el diagnóstico y el control de la infección en el conjunto del complejo respiratorio bovino (CRB).

Abstract ID: CO-287 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

REDUCCIÓN DEL USO DE PARAMOMICINA EN UNA EXPLOTACIÓN DE VACUNO DE CARNE TRAS LA VACUNACIÓN FRENTE A CRYPTOSPORIDIUM PARVUM

REDUCTION IN THE USE OF PARAMOMYCIN IN A BEEF FARM AFTER THE START OF VACCINATION AGAINST CRYPTOSPORIDIUM PARVUM

Laura Elvira Partida[1], Pablo Iglesias Santiago[2], Marcos Moreno[3]

(1)-MSD Animal Health

(2)-Responsable de Reproducción Bovina. INSAVET- Investigacion y Sanidad Veterinaria. Salamanca

(3)-Equipo Técnico MSD Animal Health

Introducción

La diarrea neonatal (DN) es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad de los terneros de carne en su primer mes de vida (Smith, 2012; Naylor, 2009), siendo cuatro los principales agentes implicados *Escherichia coli* k99, rotavirus, coronavirus y *Cryptosporidium parvum.* Desde hace años contamos con vacunas frente a los tres primeros agentes, pero no frente al protozoo *C. parvum.*

La criptosporidiosis afecta principalmente a terneros jóvenes, provocando diarreas graves causantes de mortalidad y reducción del crecimiento de los terneros que sobreviven (hasta 34kg menos a los 6 meses de vida; Shaw y col., 2020). En un estudio realizado mediante encuesta (Carbonell y col., 2024) un 89% de los veterinarios de carne de nuestro país consideraron la criptosporidiosis como un patógeno de gran relevancia, difícil control, y causa de un mayor uso de antimicrobianos.

De hecho, para su control, contamos con dos antimicrobianos como opciones terapeúticas registradas: el criptosporidiostático halofuginona (tratamiento y metafilaxia) y el antibiótico aminoglucósidos paramomicina (tratamiento). Y dado que hasta el año pasado no contábamos con ninguna vacuna registrada para su control, estos tratamientos erasn frecuentemente utilizados en las explotaciones ganaderas afectadas, tanto de intensivo como de extensivo, con la consecuente repercusión en el consumo de antibióticos de la granja en Presvet. Lo que chocaba con en el actual entorno de reducción del uso de antimicrobianos tanto a nivel de buenas prácticas como de exigencias normativas de prescripción de medicamentos. En este contexto, la vacunación se presenta como una estrategia prometedora para reducir la incidencia de la enfermedad y, por tanto, la necesidad de aplicar tratamientos antimicrobianos, sin penalizar los índices productivos y el bienestar de los terneros.

Objetivo

Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto de la vacunación frente a *C. parvum* sobre el consumo de paramomicina en una explotación de vacuno de carne.

Material y métodos

El estudio se realizó en una explotación de carne de genética de la raza Limousin con 48 vacas reproductoras y un macho, situada en Fuentesauco, provincia de Zamora.

En esta explotación, que vacunaba a las madres frente a rota-corona-*E.coli* en el último trimestre de gestación. Sin embargo, continuaba teniendo diarreas debido a que presentaba problemas de criptosporidiosis. Para su control, tras confirmar el diagnóstico etiológico en laboratorio en los terneros que comenzaban a presentar cuadro clínico de diarrea se instauraba un tratamiento terapéutico con paromomicina (50gr/día de paromomicina oral durante 5 días) a medida que iban enfermando.

Tras lanzarse una nueva vacuna frente a *C. parvum* (Bovilis Cryptium®, MSD AH) el ganadero se decidió rápidamente a vacunar, así en agosto de 2024 se vacunó un lote de 24 vacas de la siguiente paridera de invierno (dos dosis de 2ml SC con un intervalo de 4 semanas).

Para poder analizar la evolución del uso de paromomicina antes y después de implementar la vacunación se recopilaron los datos de consumo semestral durante el periodo 2022-2024, desglosando los datos ya que esta explotación cuenta con dos parideras diferenciadas (octubre-diciembre y abril-junio).

Resultados

Los resultados muestran como la explotación objeto de estudio que padecía una elevada prevalencia de criptosporidiosis, diagnosticada en el laboratorio Zootecnia mediante inmunocromatografía, tal y como pone de manifiesto el elevado consumo de paromomicina de los últimos dos años y medio (7-9 Kg paromomicina/año de media según Presvet). Y es que, a pesar de aplicar el tratamiento de forma terapéutica, la elevada incidencia llevó a tratar entre el 81-100% de los terneros nacidos en cada paridera 2022-2024 (Parofor, 50mg/día x 5 días)

Tras la vacunación de las madres en verano para proteger la paridera de invierno de 2024-25 se observó una drástica reducción de la criptosporidiosis (un solo caso de diarrea débil en los 18 terneros nacidos) y, consecuentemente, del consumo de antibióticos (0 mg vs 8kg de paromomicina de consumo medio anual). Así mismo: 1) No fue necesaria ninguna visita veterinaria para rehidratar terneros afectados por diarrea, lo que era habitual en todas las parideras (35-46% terneros requirieron sueroterapia endovenosa) y 2) El ganadero ahorró numerosas horas de trabajo dedicadas al tratamiento de los terneros enfermos (28 terneros tratados de media /año x un promedio de 75min -15min x 5d- = 35 horas/paridera) y una mayor tranquilidad.

Conclusión

La implementación de la vacunación frente a *C. parvum* ha tenido un impacto muy positivo en la reducción de la incidencia de criptosporidiosis en la explotación y, consecuentemente, del consumo de paramomicina, el bienestar de los terneros y del propio ganadero. Estos hallazgos resaltan la importancia de aplicar estrategias preventivas en la gestión sanitaria del ganado, y como éstas pueden contribuir a la reducción del uso de antibióticos y al control de las resistencias antimicrobianas. En el futuro, sería interesante realizar otros estudios a fin de evaluar el resultado de esta estrategia a largo plazo y su aplicación en otras explotaciones ganaderas.

Abstract ID: CO-292 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

DIETZIA C79793-74: UN PROBIÓTICO CON PROPIEDADES ANTINFLAMATORIAS CAPAZ DE MODULAR EL DESARROLLO DE LA PARATUBERCULOSIS

DIETZIA C79793-74: A PROBIOTIC WITH ANTI-INFLAMMATORY EFFECTS THAT MODULATES PARATUBERCULOSIS DEVELOPMENT

Maddi Oyanguren Arizaga[1], Elena Molina[2], Maitane Mugica[2], Rakel Arrazuria[2], Selvakumar Subbian[3], Jose Luis Lavin[4], Juan Anguita[5], Natalia Elguezabal[6]

(1)-NEIKER Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Departamento de Sanidad Animal, Alianza Vasca para la Investigación y la Tecnología (BRTA)

(2)-NEIKER Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (BRTA). Departamento de Salud Animal, 48160 Derio, España.

(3)-Public Health Research Institute (PHRI), New Jersey Medical School, Rutgers University, Newark, Nueva Jersey, EE. UU.

(4)-NEIKER Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (BRTA). Departamento de Matemáticas Aplicadas, 48160 Derio, España

(5)-Laboratorio de Inflamación y Plasticidad de Macrófagos, CIC bioGUNE, Alianza Vasca de Investigación y Tecnología (BRTA), Derio, España. ? Ikerbasque, Fundación Vasca para la Ciencia, Bilbao, España

(6)-NEIKER Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (BRTA). Departamento de Salud Animal, 48160 Derio, España

El aumento de las resistencias antimicrobianas y la falta de herramientas de prevención para algunas enfermedades bacterianas ha impulsado la investigación y el desarrollo de nuevos tratamientos alternativos como los probióticos. Los probióticos confieren sus beneficios mediante la producción de bacteriocinas y ácidos grasos cortos, la exclusión competitiva, la mejora de la barrera epitelial, la modulación de la microbiota y de la respuesta inmunitaria. Además, algunos probióticos han demostrado mejorar la respuesta inmunitaria ejercida por algunas vacunas.

En el caso de la paratuberculosis (PTB), una enfermedad intestinal granulomatosa crónica, causada por *Mycobacterium avium* subsps. *paratuberculosis* (Map), el uso de antibióticos no está recomendado. Las vacunas existentes son eficaces para reducir los signos clínicos y prevenir el desarrollo de la enfermedad aunque no proporcionan una inmunidad estéril. Sin embargo, la vacunación en el ganado bovino está prohibida en varios países, entre ellos España, debido a las interferencias que causa con el diagnóstico oficial de la tuberculosis. Algunos estudios de campo en vacas positivas a PTB y en terneros procedentes de vacas positivas han evaluado el efecto terapéutico y preventivo del probiótico *Dietzia* subsp. C79793-74, obteniendo resultados prometedores.

En vista de esos resultados, se planteó estudiar el efecto protector y también determinar si *Dietzia* era

capaz de potenciar la respuesta protectora de una vacuna inactivada de Map (Silirum ®). Para ello, se evaluaron varios tratamientos: *Dietzia*, *Dietzia* en combinación con la vacuna y la vacuna, utilizando un modelo bien establecido de infección por Map en conejos. La vacuna se administró en una sola dosis por vía subcutánea y el probiótico durante 4 semanas en días alternos por vía oral. La infección se realizó a las 6 semanas después de la vacunación con una cepa bovina de campo de Map.

A las 16 semanas después de haber iniciado el estudio, se realizó la necropsia donde se recogieron muestras del sáculo. El efecto protector se evaluó comparando cargas bacterianas en sáculos, a través del cultivo de este tejido para el aislamiento de Map en medio Herrold con OADC y Micobactina J. Para evaluar el perfil inflamatorio se cuantificó la expresión de las citoquinas IL-6, IL-10, IL-1 ?, TNF?, CXCL10, IFN?, TGF-? y Foxp3 mediante RTqPCR en este tejido. Con el fin de evaluar la extensión y el número de granulomas se realizó el análisis histopatológico en cortes de sáculo teñidos con hematoxilina-eosina, mediante la captura y posterior análisis con Image J de micrografías aleatorias.

Por último, se estudió la composición de la microbiota mediante la secuenciación del gen ribosomal16S.

Lo resultados mostraron que el grupo tratado únicamente con *Dietzia* presentó la mayor carga bacteriana en tejido. Además, el tratamiento disminuyó la expresión de citoquinas proinflamatorias (IL-6, IL-1?, TFG-?), sugiriendo que *Dietzia* puede favorecer condiciones antinflamatorias. Estos resultados indican que, en las condiciones de este experimento, las condiciones antiinflamatorias no favorecen la eliminación de Map. Sin embargo, es probable que en los estudios previos realizados en campo el escenario antiinflamatorio haya resultado beneficioso. Por otro lado, ambos grupos vacunados presentaron una menor carga bacteriana y un perfil inmunológico similar, con la disminución de la expresión de IL-1?. Estos resultados sugieren que la reducción de la carga bacteriana podría disminuir la necesidad de una respuesta inflamatoria exacerbada. Ambos grupos

tratados con *Dietzia* mostraron los mayores índices de lesiones en tejido. Sin embargo, debido al perfil inmunológico observado es posible que las lesiones observadas sean debidas al tratamiento con el probiótico. Los resultados de este estudio indican que el papel de la vacunación en la eliminación de la infección prevalece sobre los efectos del probiótico.

Respecto a la microbiota, la frecuencia relativa de algunos grupos taxonómicos varió en función del tratamiento administrado. En el grupo tratado únicamente con *Dietzi*a, se observó una reducción de la abundancia relativa *Christensenellaceae R-7,* cuya disminución también se ha observado en pacientes con enfermedad inflamatoria intestinal, indicando una pérdida de los efectos beneficiosos asociados con la presencia de esta bacteria. El grupo solamente vacunado, mostró un aumento de abundancia relativa de *Ruminococcaceae*, *Christensenellaceae R-7* y *Oxalobacte*r, indicando que puede haber una modulación positiva de la microbiota intestinal que favorece la reducción de la respuesta inflamatoria.

En el grupo con tratamiento combinado, se observó que la abundancia relativa del género *Butyricoccus*, un posible candidato para el tratamiento de la enfermedad de Crohn y con propiedades antiinflamatorias, era mayor en comparación con el resto de los grupos.

En conjunto, estos resultados indican que la administración de *Dietzia* durante un mes posterior a la vacunación no está justificada, ya que no aumenta la eficacia de la vacuna. Además, pone de relieve la

complejidad de las interacciones microbianas y la necesidad de optimizar las combinaciones de tratamientos en el contexto de cada enfermedad y especie animal.

Abstract ID: CO-293 Tipo: Poster Categoría: Sanidad

COMPARATIVA DE DISTINTOS PROTOCOLOS DE VACUNACIÓN FRENTE A NEUMONÍA COMBINANDO LA VÍA PARENTERAL E INTRANASAL

COMPARING DIFFERENT VACCINATION PROTOCOLS AGAINST PNEUMONIA COMBINING PARENTERAL WITH INTRANASAL VACCINATION ¿WHICH PROTOCOL MAY BE MORE INTERESTING?

Laura Elvira Partida[1]

(1)-Directora Técnica Rumiantes, MSD Animal Health

La enfermedad respiratoria bovina (SRB) es una enfermedad multifactorial en la que participan distintos virus (BRSV, PI3, IBR o coronavius) y bacteras (*Mannheimia haemolytica, Pasteurella multocida o Mycoplasma bovis*), que son eliminados en gran cantidad en los animales enfermos.

La vacunación parenteral de los terneros puede verse afectada negativamente por la interferencia de los anticuerpos maternos (Chamorro et al., 2016) y requiere frecuentemente al menos un mes y medio para lograr la instauración de inmunidad. Motivo por el que la vacunación intranasal de las terneras jóvenes se presenta como un complemento interesante ya que esta última puede ser aplicada a edad temprana y presenta una rápida instauración de inmunidad frente a los virus respiratorios (tras 5-6 días en el caso de Bovilis INtranasal, MSD A.H.); mientras que las parenterales pueden combinar virus y bacterias respiratorias y cuentan con mayor duración de inmunidad (6-12 meses vs 3 meses). Por todo lo anterior, combinar en el protocolo vacunal ambos tipos de vacunas se presenta como una opción muy interesante. Sin embargo, a la hora de aplicar estos planes conjuntos, nos surge la pregunta de cuál sería el intervalo más favorable a la hora de aplicar la vacuna parenteral.

Objetivos

Por ello, el objetivo del presente estudio fue comparar dos programas en que, tras aplicar la vacunación intranasal, aplicamos la primera dosis de vacuna parenteral bien de forma temprana (14-21 días) o más tardíamente (49-56 días) tratando de prolongar la protección.

Material y métodos

En el estudio se incluyeron las terneras nacidas en una granja lechera Navarra siendo asignadas de forma ciega y aleatoria, a uno de los grupos de estudio: IN+Bt (Vacuna IN Bovilis INtranasal RSP Live 5-12d + Bovilis Bovipast RSP 2ª y 6ªsem); IN+Bd (Vacuna IN Bovilis INtranasal RSP Live 5-12d + Bovilis Bovipast RSP 8ª y 12ª sem) o control.

Para medir el resultado a nivel inmunológico se midieron a lo largo del tiempo (semana 2, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 22, 26, 30) los títulos de anticuerpos frente a VRS, PI3 y *Mannheimia haemolytica* mediante diferentes ELISA (BRSV i*n house* (log2); PI3 IDEXX (SP%); Manheimia *in house* (log2)).

Paralelamente se monitorizó la salud, evaluando la puntuación clínica y ecográfica de los terneros (Sem

4, 8, 10, 14, 22 y 30) y el peso vivo en báscula (sem 1, 8, 14 y 30; TrueTest®).

RESULTADOS

En total se incluyeron 46 terneras de recría en el estudio: 15 grupo IN+Bt, 17 grupo IN+Bd y 14 control. A nivel de salud pulmonar, durante el periodo de estudio el score clínico medio (27 vs 19 y 19%, respectivamente) y el porcentaje medio de lesiones a la ecografía (27 vs 10 y 19%, respectivamente) fueron superiores en el grupo control. Además, tras el final del estudio solo una ternera presentaba lesión pulmonar y era del grupo Control. En la semana 30, al finalizar el estudio, el PV fue de 229, 239 y 232 kg; siendo la GMD fue interior en el grupo control (0,897; vs 0,943 y 0,916 gr/día, respectivamente), aunque la diferencia no fue significativa ($p>0,05$), lo que podría deberse a la protección de rebaño proporcionada por el 66% de terneras vacunadas y al hecho de que los animales eran tratados en cada revisión si se encontraba algún tipo de lesión. Finalmente, a lo largo del periodo de estudio se produjeron dos bajas en el grupo control, pero están no fueron por causa respiratoria.

A nivel inmunológico, tras el encalostrado los títulos de anticuerpos eran elevados frente a los tres agentes (VRS, PI3 y *M. haemolytica*) en los tres grupos de estudio, lo que pudo deberse a que la granja vacuna las vacas con Bovilis Bovipast RSP. En el predestete, 56-63d de vida, las terneras del grupo IN+Bt presentaron la mayor cantidad de anticuerpos que los grupos control y IN+Bd frente a VRS (7,18 vs 6,83 y 6,35, respectivamente); *M. haemolytica* (9,41 vs 7,56 y 7,30, respectivamente) y PI-3 (0% de sueros neg o PI<20 vs 16,67 y 18,00%, respectivamente). De manera que este grupo proporcionó la mejor protección durante la fase lactante. Sin embargo, tras el destete (98-105d de vida) los títulos de anticuerpos se elevaron en mayor medida en el grupo IN+Bd en comparación con el control y IN+Bt frente a VRS (9,05 vs 6,34 y 6,34, respectivamente) y *M. haemolytica* (10,76 vs 9,5 y 9,2, respectivamente). Manteniéndose los títulos más elevados en este grupo hasta el final del

estudio.

En conclusión, ambas estrategias vacunales proporcionaron protección a las terneras, si bien el grupo IN+Bt dio lugar a una mayor protección temprana; el grupo IN+Bd tuvo una ventana con baja respuesta entre 42-98d pero logró posteriormente una mayor inmunidad a medio-largo plazo a partir de los 98 días. Lo que puede ayudarnos a ajustar los programas vacunales según lo periodos de riesgo del rebaño.

Abstract ID: CO-194 Tipo: Poster Categoría: Nutrición

IMPACTO DE LAS VITAMINAS B PROTEGIDAS EN EL RENDIMIENTO DE NOVILLAS DURANTE EL DESTETE Y HASTA LA PRIMERA LACTANCIA.

EFFECT OF RUMEN PROTECTED B VITAMINS ON THE PERFORMANCE OF HEIFERS DURING THE WEANING PERIOD AND UNTIL THEIR FIRST LACTATION

Jaime ALCAÑIZ[1]

(1)-JEFO

INTRODUCTION

The objective of this study is to evaluate the effects of supplementation with protected B vitamins (vitamins B1, B5, B6, B9 and B8) on the growth of calves during the weaning period and the ability of heifers to reach their first calving and their milk production (up to 97 days of lactation). The trial was conducted on a dairy farm with 950 Holstein cows with an average milk production of 11,800 kg/cow/year. All female calves (n=80) born during the test period (December and January) were involved in the trial. The calves were allocated according to their date of birth in order to divide the animals into 4 consecutive batches of 20 calves each (15d old between each batch). Two batches were fed a diet supplemented with B vitamins (the 1st and 3rd chronologically) and the other two batches remained on the basal feed (control). The calves followed a milk feeding plan with 2x3 L per day from D5 to D67 and then 2x1.5 L from D68 to D75 (170 g/L of milk replacer). They were gradually weaned and given solid feed ad libitum as per Table 1. The calves were weaned on the 75th day of their lives. The B vitamin mixture was incorporated into the mash feed for 3 weeks before weaning and in the total mixed diet for 3 weeks after weaning (the supplementation lasted 6 weeks). The B vitamin mixture was included in the diet to provide 3 g/calf/day at weaning. Body

weight (BW) was recorded at the beginning (53d) and at the end of the test (96d). The calves in each group were born at 2 weeks of age from each other and their mean age at trial start was 53 days (SD = 4.9). Initial BW (3 weeks before weaning) varied in the same way as the calves' age (75 kg, SD = 8.6).

Ingredients (%, As Fed)	54 à 75d	75 à 96d
Hay	37	35
Corn Silage	0	23
Soybean meal	22	14
Triticale	15	10
Corn	15	10
Wheat straw	6	4

Table 1: Composition of the solid diet

The overall body gain was calculated by subtracting the initial BW from the final BW. Average daily gain

(ADG) was calculated by dividing overall body gain by the total number of days (41 to 42 days). Data were analyzed using the Proc Mixed procedure (SAS v. 9.4) using batch (1, 2, 3, 4) as a fixed effect. Orthogonal contrasts (batch 1+3 vs. 2+4) were used to assess the effect of B vitamins. Initial BW was used as a covariate in the analysis of final BW and ADG to account for differences in initial BW (average adjustment).

The weaned calves remained on the same farm and were managed as a single group of replacement heifers according to farm standards (with a TMR without B vitamins). Our second objective was to assess the residual effect of the previous treatment on heifers' ability to reach their first calving and milk production (up to 97 days of lactation). Culling data were analyzed using the Chi 2 assay and milk data were analyzed using ANOVA with repeated measurements using SAS Studio.

RESULTS

Calves receiving B vitamins gained 8.5 ± 1.4 kg more than the control calves during the trial period (final body weight respectively, 116kg vs 107,5kg, $p < 0,001$). Calves receiving B vitamins gained 178 ± 0.3 g/day more than the control calves during the same period ($p < 0,001$). The final body weights of the calves receiving B vitamins were higher than those of the control group.

90% of heifers receiving B vitamins during weaning reached first lactation and 75% of heifers from the control group ($p = 0.078$). During 3 first milk control, heifers receiving B vitamins produced 36,9kg/d and control heifers produced 35,1kg/d, without significant difference ($p = 0.12$).

DISCUSSION

Recent work has shown that the quantities of B vitamins synthesized in the rumen are not sufficient to cover the needs of high- production animals (Girard *et al*., 2005, Santschi *et al*., 2005). As a high proportion of the B vitamins provided by feed are degraded by the rumen microflora, providing them in a protected form allows a low rumen degradation and intestinal release of these vitamins. During weaning period, we can speculate that B vitamins supply from rumen fermentation are not sufficient to cover the high needs of the metabolism.

The trial was conducted during winter, with the four groups allocated within 2 months. The environmental effect is expected to have limited impact on the results.

CONCLUSION

In this trial conditions with its limits, calves that received the rumen-protected B vitamin mix during the weaning period gained

8.5 kg more than control calves. In addition, the follow-up study showed that these weaned heifers seem to have a better chance of reaching their first lactation.

This innovative nutritional solution has the potential to improve calf performance during the stressful weaning period and support the heifer's future career. This observation needs to be confirmed with a large number of animals.

Girard C.L., Lapierre H., Matte J.J., Lobley G.E., 2005. J. Dairy Sci. 88 : 660-670

Santschi D.E., Berthiaume R., Matte J.J., Mustafa A.F., Girard C.L., 2005. J. Dairy Sci. 88 : 2043

Abstract ID: CO-197 Tipo: Poster Categoría: Nutrición

METABOLISMO MINERAL Y ESTATUS MINERAL DEL GANADO LECHERO ALIMENTADO CON SUPLEMENTOS MINERALES AJUSTADOS

MINERAL METABOLISM AND MINERAL STATUS OF DAIRY CATTLE FED ADJUSTED MINERAL SUPPLEMENTATION

Stéphane Durosoy[1], Boubacar DIALLO TELLY[1], Stéphane DUROSOY[1], Anne BOUDON[2]

(1)-Animine SAS

(2)-INRAe UMR PEGASE

Se seleccionaron cinco rebaños lecheros, con un promedio de 89 vacas lecheras, en el sureste de Francia. Todos los ingredientes de las dietas basales, incluidos los forrajes, se recolectaron mensualmente y se analizaron mediante ICP-AES (espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente) para determinar el contenido de Zn, Cu, Mn, S, Mo y Fe. Durante 6 meses, las vacas fueron alimentadas con nuevos alimentos minerales suplementados con Zn potenciado (HiZox®), Mn purificado (ManGrin®) y Cu monovalente (CoRouge®) de Animine Precision Minerals (Annecy, Francia). Las dietas se formularon por granja, para proporcionar 80 y 70 mg/kg de MS para Zn y Mn, respectivamente, en función de la dieta total (+11% y -20% de Zn y Mn suplementados en promedio).

Dependiendo del nivel de antagonistas de Cu en la dieta basal (S, Mo y Fe), el Cu total objetivo fue en promedio de 11,7 mg/kg de MS (-50% en promedio de Cu suplementado). En cada granja, se recolectaron muestras de sangre 3 veces en el 10% de los animales (n=47; M0=inicio, M3=3 meses y M6=6 meses después del inicio de la prueba) y se analizaron las concentraciones de Zn, Cu y Mn, así como la actividad de la SODe (enzima superoxydes dismutases) y de la ceruloplasmina. Los efectos de los nuevos alimentos minerales se exploraron a través de ANOVA integrando en el modelo estadístico el tratamiento (M0 vs M3 vs M6) y la granja como efectos fijos y la vaca ubicada dentro de la granja como un efecto aleatorio. El Zinc en plasma aumentó significativamente (P=0.000; M6 > M3 > M0; +21%) mientras que el Cu en plasma se mantuvo con los nuevos alimentos minerales (P=0.079; 13.65 µmol/L en promedio). No se observaron diferencias estadísticas con respecto al Mn en plasma para M0 y M6, sin embargo, M3 fue significativamente menor (2.92, 2.82 y 1.96 µg/L respectivamente). La falta de respuesta se debe a que el análisis de sangre no es el método de referencia para evaluar el estado micro-mineral de los animales, debido a la baja sensibilidad de este método. El hígado sería el mejor indicador, pero dado que requiere la sacrificio de los animales, no se utilizó en esta prueba. La actividad de la ceruloplasmina aumentó significativamente en M3 en comparación con M0 (P=0,001; 7628 vs 5708 mU/mL). No se observaron diferencias estadísticas con respecto a la actividad de SODe

(P=0,135). Estos resultados demostraron que el metabolismo y el estatus mineral del ganado lechero pueden mantenerse adecuadamente mediante suplementos minerales ajustados a los niveles de Zn, Cu y Mn.

Abstract ID: CO-206 Tipo: Poster Categoría: Nutrición

EFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON 3-NITROOXIPROPANOL EN VACAS LECHERAS: IMPACTO EN LOS NIVELES DE ARQUEOL, LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE LA LECHE

EFFECTS OF 3-NITROOXYPROPANOL SUPPLEMENTATION IN DAIRY COWS: IMPACT ON ARQUEOL LEVELS, PRODUCTION, AND MILK QUALITY

Victor Pereira Lestayo[1], Marta Miranda Castañón[1], Eugenio Cegarra García[2], Patricia Vázquez Chas[3], Marta López Alonso[1]

(1)-Universidade de Santiago de Compostela

(2)-DE HEUS NUTRICIÓN ANIMAL S.A.U.

(3)-IMASDE Agroalimentaria S.L.

La industria alimentaria se enfrenta al reto de ofrecer suficientes productos de calidad para alimentar a la creciente población mundial. El sector ganadero desempeña un papel fundamental en la nutrición global, siendo una fuente clave de proteínas, vitaminas y minerales. Sin embargo, la producción pecuaria contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), incluyendo dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Se estima que el sector ganadero es responsable del 15% de las emisiones mundiales de GEI, de las cuales el metano entérico representa aproximadamente el 80% de las emisiones generadas por la ganadería y el 27% de las atribuidas a la agricultura.

Durante la fermentación ruminal, las arqueas metanogénicas utilizan hidrógeno y dióxido de carbono para producir metano, que es eliminado principalmente a través del eructo. Se han desarrollado diversas estrategias para cuantificar y reducir estas emisiones, incluyendo el uso de cámaras de respiración, marcadores de gas trazador y técnicas láser. Sin embargo, estas metodologías presentan limitaciones operativas que dificultan su aplicación en sistemas de producción extensivos. Por ello, el uso de biomarcadores indirectos, como el arqueol, puede proporcionar una herramienta alternativa viable para estimar la metanogénesis mediante muestras de heces y leche.

En este contexto, el presente estudio evaluó el efecto de la inclusión de 3-nitrooxipropanol (3-NOP) en la dieta de vacas lecheras sobre la metanogénesis, la productividad y la calidad de la leche. El 3-NOP actúa inhibiendo la metil-coenzima M reductasa, una enzima clave en la conversión del dióxido de carbono a metano en la última fase de la metanogénesis. Se administró 3-NOP a razón de 60 mg/kg de materia seca (MS) en la dieta de las vacas, comparando sus efectos con un grupo control **durante 8 semanas, con 4 semanas de adaptación al tratamiento. El estudio se realizó de forma simultánea en dos robots de ordeño, lo que permitió recoger las emisiones de gases (metano mediante el sensor químico-sensitivo TGS2611, dióxido de carbono y amoníaco) mediante la instalación de sensores en los propios robots.**

Los parámetros productivos analizados incluyeron producción diaria de leche, contenido de grasa y proteína (por espectroscopía de infrarrojo medio-FTIR), consumo de concentrado y tiempo de rumia (utilizando dispositivos electrónicos de monitorización). Además, fueron determinadas las emisiones de metano en el aire espirado **mediante sensores** y las concentraciones de arqueol en heces como biomarcador de la metanogénesis. Para ello fueron analizadas muestras fecales de 10 animales por tratamiento, que se enviaron refrigeradas al laboratorio de la Universidad de Santiago de Compostela, donde se realizó la extracción de éter lipídico y posterior análisis del arqueol mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

Los resultados **(ver Tabla-1)** mostraron que la producción media de leche fue ligeramente superior en el grupo control, aunque sin diferencias estadísticamente significativas, probablemente debido a un valor atípico en una vaca del grupo tratado con 3-NOP. En cuanto a las concentraciones de arqueol en heces, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, aunque las vacas suplementadas con 3-NOP tendieron a presentar concentraciones más bajas de este biomarcador. Asimismo, no se observaron diferencias significativas en el contenido de grasa y proteína en la leche entre ambos grupos. Las vacas tratadas con 3-NOP mostraron una menor ingesta de concentrado y un mayor tiempo de rumia en comparación con el grupo control, un efecto que podría estar influenciado por la variabilidad individual dentro del grupo tratado, además de la composición de nutrientes de la dieta y la duración de la suplementación.

El estudio del empleo del arqueol como biomarcador de la metanogénesis ruminal ha sido financiado por el CDTI (IDI-20211050) dentro del proyecto “ALIVAC - Alimentación de precisión para la reducción del impacto medioambiental del vacuno lechero”, liderado por el grupo DE HEUS Nutrición Animal

S.A.U. en colaboración con el Calidad Pascual S.A. Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un índice nutricional para valorar la huella ambiental en la formulación de dietas. Para ello, es fundamental cuantificar las emisiones de GEI en todo el sistema productivo, desde las materias primas empleadas hasta las emisiones generadas por los animales durante la digestión y fermentación ruminal. La obtención de estos datos permitirá el diseño de dietas balanceadas con baja metanogénesis, optimizando la eficiencia nutricional y reduciendo la emisión de GEI en la producción de vacuno lechero.

Este estudio contribuye a la evaluación de estrategias nutricionales innovadoras para mitigar las emisiones de metano en rumiantes sin comprometer la productividad y calidad de la leche, lo que representa un avance hacia una ganadería más sostenible y eficiente.

Tabla-1. Medias de los niveles de Arqueol (), producción media de leche en 24 horas (kg), grasa leche (%), proteína leche (%), Ingesta (kg) y tiempo rumia (min) del grupo control y 3-NOP en los robots de ordeño A y B. * diferencias significativas entre grupos ($p<0.05$).

Tratamiento	**Robot**	**Arqueol**	**Kg leche 24**	**Grasa**	**Proteina**	**Ingesta**	**Rumia**
Control		10,56	44,79	3,25	3,57	7,04	530,87
3-NOP		9,58	43,29	3,24	3,54	6,77	538,87
	A	10,45	41,03*	3,23	3,54	6,14	534,60

		9,69	47,06*	3,26	3,57	7,66*	535,15
Control	A	9,97	43,27	3,23	3,52	6,28*	538,56
		11,15	46,31	3,27	3,61	7,80	523,19
3-NOP	A	10,93	38,78	3,23	3,55	6,01	530,64
		8,23	47,81	3,26	3,53	7,52	547,11
EEM (n=19)		0,775	1,424	0,025	0,062	0,272	13,135
Ptto		0,380	0,463	0,844	0,790	0,484	0,671
Probot		0,497	**0,005**	0,338	0,682	**0,000**	0,977
Ptto*robot		0,087	0,148	0,913	0,506	0,988	0,399

Abstract ID: CO-208 Tipo: Poster Categoría: Nutrición

EVALUACIÓN DE UNA LEVADURA HIDROLIZADA CÓMO FUENTE ALTERNATIVA DE PROTEÍNAS EN LACTOREEMPLAZANTE: EFECTOS SOBRE LA SALUD, EL CRECIMIENTO Y LA CANAL EN TERNEROS

ASSESSMENT OF HYDROLYZED YEAST AS AN ALTERNATIVE PROTEIN SOURCE IN MILK REPLACERS: EFFECTS ON CALF HEALTH, GROWTH AND CARCASS QUALITY

Marine Gauthier[1], Paula Soler[1], David Terán[1], Clothilde Villot[1], Magdéléna Chanteperdrix[2],

Didier Bastien[3]

(1)-Lallemand Animal Nutrition

(2)-Institut de l'Élevage (IDELE)

(3)-CIRVEAU - IDELE

Protein is a crucial nutrient in milk replacers (MR), and selecting appropriate protein sources is essential for optimizing animal health, performance, and production costs. Due to the rising cost of milk protein and the increasing human consumption of whey proteins (Thornsberry et al., 2016), research has shifted towards alternative protein sources in MR. This experiment aimed to assess the impact of an alternative protein source on calf growth, development, and health. A total of 44 Holstein male calves were enrolled in the study, divided into two groups housed in the same indoor barn and same conditions, according to animal welfare (Directive 2008/119/CE). One group (n=22) was fed a control MR consisting of 50% skimmed milk powder and 18% whey protein, while the other group (n=22) received a modified MR with 3% of the skimmed milk powder replaced by a specific hydrolyzed yeast (Yelaprosecure; YelaP). This feeding regimen was maintained for the first 63 days. Calves were bucket- fed MR twice daily and had ad-libitum access to solid feed and water. Individual milk refusal and solid feed intake were monitored using automatic feeders throughout the experimental, growing, and finishing phases, which lasted a total of 162 days. Individual body weights, feed consumption, health records, and carcass characteristics were documented. Palatability of the MR was comparable between groups, as there were no significant differences in liquid intake during the experimental phase. Total solid intake was also similar across both groups throughout the entire growing period. The overall health status was consistent, with no significant differences in white blood cell counts, and a low overall morbidity rate of 5%. Average daily gain (ADG) was numerically higher for calves receiving YelaP after the experimental phase (949 vs. 914 g/day, p = 0.29), with a more pronounced difference by the end of the rearing period (1406 g/day for YelaP vs. 1335 g/day for Control, p = 0.16). At slaughter, the YelaP group exhibited higher carcass weights (+5 kg; 151 kg for YelaP vs. 145 kg for Control, p = 0.84) without compromising meat color and displaying more consistent conformation scores, indicating improved overall meat quality. Feed costs (milk and

starter) were similar between groups with 2024 prices: -0.38€/calf during the d1-63 period for the YelaP group, with a positive net profit for the farmer at the end of 38.86€ due to extra carcass weight.

Incorporating Yelaprosecure in milk replacer at the beginning of the rearing phase for young calves can effectively substitute a high-quality milk protein source, achieving similar performance outcomes without compromising animal health and carcass quality. Farmer feed costs could potentially be even more reduced with this formula, in a scenario of increased skimmed milk powder price.

Abstract ID: CO-209 Tipo: Poster Categoría: Nutrición

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE MAMONES CON DERIVADOS DE LEVADURA SOBRE SU RENDIMIENTO ZOOTÉCNICO, SALUD Y LA RENTABILIDAD EN GRANJA

EFFECT OF SUPPLEMENTATION WITH A YEAST DERIVATIVE PRODUCT TO PREWEANED BEEF CALVES ON ZOOTECHNICAL PERFORMANCE, HEALTH STATUS AND FARM PROFITABILITY

Marine Gauthier[1], Paula Soler[1], David Terán[1]

(1)-Lallemand Animal Nutrition

Beef calf integrated farms in Europe are specialized in the fattening of calves, receiving dairy and crossbred animals from various countries when they are between 2 to 3 weeks old (before weaning) and raising them until they reach 5 to 6 months of age (weaned animals). Calves are weaned at a body weight (BW) of 110 kg, after 70 to 77 days. Depending on market demands, calves either stay at the same farm until slaughter, reaching a final BW of 400 to 700 kg, or are transported to other fattening farms within the integration to reach a final BW of 350 kg. Major health challenges at arrival include pneumonia and enteric disorders, with are exacerbated with transport and mixing of calves coming from different origins.

The objective of our trial, conducted in one integrated farm in Hungary, was to determine the efficacy of a yeast derivative product YANG to improve health and performance of Holstein bull calves during preweaning period. Beef calves were fed twice a day with 2.5L of milk/drink (at concentration of 125g/L) during the first 6 weeks on farm, on the week 7 it decreases to 4L daily, after which calves are weaned. The treatment involved mixing YANG with milk replacer (21%CP and 19%Fat)directly at farm, at 5g/day/calf during the first 2 weeks then 3g/day/calf for the next 5 weeks until weaning. Animals were housed in small groups of 10 calves, and the trial included two batches of calves during the full preweaning period. The first batch to arrive (Batch 1) was compound by heavier animals (BW0=54kg) with 62 in control group and 42 in YANG group that will be weaned after 72 days. The second batch (Batch 2) was compound by lighter animals (BW0=47kg) with 56 control calves and 50 YANG calves, that will be weaned after 79 days. After weaning, trial stopped and animals were sold and transported to a fattening facility from the same integrator. Final BW and average daily gain (ADG) were analysed with univariate ANOVA with BW at arrival (BW0) as covariate.

Results showed that the YANG group had a significant improved BW at weaning of 130.2kg versus

119.4kg in Control group (+9%, $p<0.01$) and an increased average daily gain (ADG) of 1048g/d versus 906g/d in Control group ($p<0.01$). The YANG group also exhibited better homogeneity in BW and ADG at the end of the trial period, with lower standard deviations within the groups. Mortality between groups was not different (2%, mainly pneumonia) but veterinary costs for antibiotics were lower in the YANG group, with significant savings observed in the Batch 2, the most sensitive due to lighter animals.

The return on investment analysis indicated that the extra live weight gain of +10.7 kg in the YANG group, resulted in an additional revenue of €26 per live calf sold to the fattening unit. After subtracting the cost of medication and YANG supplementation, the extra profit per calf in the YANG group ranged from €23 (Batch 1) to €27 (Batch 2).

Abstract ID: CO-222 Tipo: Poster Categoría: Cebo

BIOMARCADORES FECALES COMO INDICADORES DE BIENESTAR EN TERNEROS DE CEBO EN INTENSIVO.

BOVINE FECAL BIOMARKERS AS INDICATORS OF ANIMAL WELFARE IN INTENSIVE CATTLE FATTENING.

Maria Roda Tena[1], Adriana Siurana[1], Yolanda Saco[2], Raquel Pato[2], Raquel Peña[2], Rupert Palme[3], Anna Bassols[4], Lorena Castillejos[1]

(1)-Servei de Nutrició i Benestar Animal, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona

(2)-Servicio de Bioquímica Clínica Veterinaria, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Universitat Autònoma de Barcelona.

(3)-Experimental Endocrinology, Department of Biological Sciences and Pathobiology, University of Veterinary Medicine., Vienna

(4)-Servicio de Bioquímica Clínica Veterinaria, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Universitat Autònoma de Barcelona

En conclusión, los biomarcadores fecales pueden ser una herramienta no invasiva útil para medir el bienestar en terneros de engorde. Las variaciones en los niveles de cortisol fecal parecen ser indicativos de estrés derivado de condiciones ambientales adversas, mientras que los cambios en los niveles de calprotectina fecal parecen reflejar el estrés asociado al incremento de la densidad animal.

El estrés en el ganado puede originarse por diferentes situaciones desafiantes, como el transporte, la alta densidad en el corral, la reagrupación social o las altas temperaturas (Vogt et al., 2023), convirtiéndolo en un indicador relevante de la pérdida de bienestar animal (Broom, 2003). En las últimas décadas, ha aumentado el interés por desarrollar métodos objetivos para la detección del estrés en terneros. Una de las estrategias más estudiadas es el uso de biomarcadores fecales, ya que la recolección de heces tiene la ventaja de ser un método práctico, no invasivo y de fácil implementación. Entre los diversos metabolitos fecales identificados, el cortisol y la calprotectina podrían incrementar en situaciones de estrés (Ruiz-González et al., 2022). Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta de cortisol y calprotectina como biomarcadores fecales de bienestar en terneros de cebo intensivo.

Para llevar a cabo el estudio, un total de 38 terneros cruzados (Black Angus x Frisona) fueron alojados en dos corrales (19 animales/corral) de 72m^2 (3,8 m^2/animal). Cada corral disponía de un comedero de pienso automático tipo túnel, un comedero de paja de 4 bocas y una báscula de pesaje automático con un bebedero incorporado.

Todos los animales fueron equipados con un collar acelerómetro (CowScout Neck, GEA Farm Technologies, Bönen, Germany), que registró de manera continua el tiempo dedicado a la alimentación,

rumia e inactividad. Se realizaron dos muestreos, coincidentes con momentos estresantes para los animales, durante los cuales se recogieron muestras fecales de todos los individuos mediante estimulación rectal y se conservaron a -20° C. En el primer muestreo se realizó en verano, bajo estrés por calor (Tª máx.: 33,23ºC; THI máx.: 79,08), con animales de 434 ± 43,6 kg de peso vivo y 304 ± 16,4 días de edad, mientras que, el segundo se realizó en otoño, en confort térmico (Tª máx.: 23,55ºC; THI máx.: 67,00) y en animales de 536 ± 51,8 kg de peso vivo y 389 ± 16,4 días de edad.

Se determinó el derivado de cortisol 11-oxoaetiocholanolone, ya que es el más adecuado en terneros (Vogt et al., 2023). El método utilizado fue un enzimoinmunoensayo descrito por Möstl et al. (2002), siguiendo las recomendaciones de Palme et al. (2003) para la extracción y preparación de las muestras. La determinación de calprotectina se realizó con el reactivo de Bühlmann fCAL® turbo test, basado en un método de tipo inmunoturbidimétrico, adaptado al analizador Beckman Coulter® AU400. La validación del método, descripción del procedimiento de extracción y preparación de las muestras se describen en Pato et al. (2023).

Los niveles del metabolito de cortisol fueron más elevados ($p < 0,05$) en el primer muestreo (430,51 ± 216,53 ng 11-oxoacetiocholanolone/g heces), realizado en el período del estudio donde las temperaturas fueron más elevadas, en comparación con el segundo muestreo (325,62 ± 178,17 ng 11-oxoacetiocholanolone/g heces). Estos resultados sugieren que el estrés térmico podría estar incrementando los niveles de cortisol fecal. Otros estudios, como el de Idris et al. (2024), han observado incrementos del cortisol fecal en animales sometidos a estrés térmico. Por el contrario, los niveles de calprotectina fecal mostraron una tendencia al alza ($p=0,06$) en el segundo muestreo (3,85 ± 1,73 µg/g heces), realizado durante el período del estudio con mayor densidad animal (114,5 kg de peso vivo por m^2), en comparación con el primer muestreo (2,96 ± 1,97 µg/g heces, 141,4 kg de peso vivo por m^2). Esto sugiere que un aumento en la densidad animal, asociado con una menor disponibilidad de espacio por individuo, podría estar relacionado con niveles más elevados de calprotectina fecal. Este biomarcador podría reflejar una mayor permeabilidad intestinal, posiblemente como consecuencia del estrés crónico generado por las condiciones de hacinamiento.

La rumia es un indicador clave de bienestar bovino, ya que se ha observado que este comportamiento disminuye bajo condiciones de estrés (Bristow et al., 2007). En este sentido, los resultados obtenidos mediante los biomarcadores concuerdan con el tiempo dedicado a la rumia registrado por el acelerómetro durante el estudio. En el mes siguiente al primer muestreo, realizado en julio (5,22 h/día), se observó un aumento significativo ($p<0,01$) del tiempo de rumia (agosto: 5,45 h/día). De la misma manera, en el segundo muestreo, realizado en octubre (4,94 h/día) se evidenció una disminución significativa ($p<0,01$) de la rumia en comparación al mes anterior (septiembre: 5,25 h/día).

Abstract ID: CO-244 Tipo: Poster Categoría: Cebo

DATOS PRELIMINARES SOBRE UN MODELO DE ANÁLISIS DE IMAGEN PARA PREDECIR EL PORCENTAJE DE GRASA INFILTRADA EN EL LOMO DE BOVINOS DE RAZA WAGYU

PRELIMINARY DATA ON AN IMAGE ANALYSIS MODEL TO PREDICT THE PERCENTAGE OF INTRAMUSCULAR FAT IN THE LOIN OF WAGYU BREED

Arantxa Echegaray Artajo[1], Nicolás Escartín Casas[1], Marta Guillén Palacín[1], Marta Oliván Nerín[1], Irene Fernández[1]

(1)-Humeco

Introduction

The prevalence of highly marbled cattle breeds, such as Wagyu, has increased around the world due to consumer demand for higher-quality beef. The ability to grade highly marbled carcasses in vivo accurately and consistently, particularly with quantifying intramuscular fat content remains a challenging task for the Wagyu beef industry, because of the poor quality ultrasound images caused by the high subcutaneous and intramuscular fat content. We have previously developed software for the prediction of the IMF content in beef with less than 6% IMF and now we are trying to understand and develop a new model for animals with an intramuscular fat content of 20% or more.

Methods

We evaluate a group of 24 Wagyu animals, 15 raised in Argentina and 9 raised in Thailand.

The ultrasonographic images were taken in both countries with an ultrasound scanner (EXAPAD® model, IMV IMAGING, Angoulême, France) with a multifrequency linear transducer, configured at 2.5 MHz and 160 mm deep. At least 2 raw files were taken in a longitudinal plane, parallel to the midline of the animal and between the 12th and 13th rib.

After a week, the animals were slaughtered and a piece of this part of the loin was collected per animal and analyzed by the Soxhlet method to investigate the real percentage of fat in the sample.

Then we analyze the histogram, texture and microstructure of the samples to obtain a prediction of the value of fat of the sample by the analyses of the image using mathematical methods.

Results and discussion

As a preliminary work, the most important steps to develop our prediction were:

The standardization of the images. Before realising a mathematical analysis it was necessary to standardize the images. For this, we defined a mathematical parameter (DKL from Drak Lines) to investigate the level of ultrasound exposition of the longissimus dorsis superior fascia and we adjusted all images of all animals to a determinate value. Then we define another parameter named Zonification, related to the non-homogeneity of grey levels in the image. When an image doesn't meet the criteria of

low zonification it is discarded.

After that, we studied the size of fat micro and macrostructures in the muscular tissue and we determined directly ist percentage of occupation into the area of study. Differently from the leaner cattle in Wagyu, we saw a progressive increase in the size of these structures.

After detecting the size and percentage of these structures, we obtained the median values for all images in an animal and we compared them with the chemical fat values. The animals have IMF values ranging from 5,3% to 21%. The preliminary regression line has an r2 of 0.91 which is pretty encouraging.

Conclusions

This study is, to our knowledge, the first reported in vivo evaluation of the carcass quality of these breeds. The preliminary regression line has an r2 of 0.91 which is pretty encouraging. We continue to take samples to improve our model and validate it in a blind assay.

Abstract ID: CO-262 Tipo: Poster Categoría: Cebo

EFECTOS DE LA SUBNUTRICIÓN Y DEL HIDROXITIROSOL DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DE GESTACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE LOS DESCENDIENTES MACHOS DURANTE EL CEBO

EFFECTS OF UNDERNUTRITION AND HYDROXYTYROSOL DURING THE LAST THIRD OF GESTATION ON REPRODUCTIVE PARAMETERS OF MALE OFFSPRING DURING THE FATTENING PERIOD

Olaia Akesolo Atutxa[1], Leire López de Armentia Osés[1], Agustí Noya Clavé[2], Eva Monleón Moscardó[3], Javier Álvarez Rodríguez[2], Beatriz Serrano Pérez[2], Albina Sanz Pascua[1]

(1)-CITA de Aragón - IA2 (UNIZAR), Zaragoza, España

(2)-Universitat de Lleida (UdL), España

(3)-Universidad de Zaragoza, España

En los sistemas de ganado bovino destinados a la producción de carne se observan con frecuencia periodos de subnutrición, asociados a la extensificación de las prácticas ganaderas y a la reducción de los costes de alimentación. Este desequilibrio nutricional puede coincidir con el último tercio de la gestación, periodo en el que se produce el 75 % del crecimiento fetal, lo que puede tener repercusiones a largo plazo en el ternero en desarrollo. La suplementación de la dieta con polifenoles como el hidroxitirosol (HT), derivado de las hojas del olivo, puede incrementar la capacidad antioxidante del plasma y mitigar el estrés oxidativo en la unidad fetoplacentaria. El objetivo de este trabajo fue conocer los efectos de la subnutrición materna y de la inclusión de HT en la dieta durante el último tercio de gestación sobre los parámetros reproductivos de su descendencia masculina.

Se realizó un ensayo con 46 vacas (razas Parda de Montaña y Pirenaica). Durante el primer y segundo tercio de gestación (semanas 0 a 28) todas las vacas recibieron una dieta para cubrir sus necesidades totales. Durante el último tercio de gestación (semanas 28-40) las vacas se dividieron en cuatro grupos, según el tratamiento nutricional (100 vs. 60% de las necesidades nutricionales) y la suplementación de HT en la dieta (Control vs. HT (0 o 180 mg HT/kg *unifeed*)), dando lugar a los grupos: 100-Control, 100-HT, 60-Control, 60-HT. Desde el parto hasta el destete (a los 4 meses), los cuatro grupos de vacas recibieron una dieta para cubrir el total de sus necesidades y sin inclusión de HT, y los terneros se alimentaron exclusivamente de leche materna siguiendo un sistema de doble tetada (30 min, dos veces/día). Una vez destetados, los terneros macho (en adelante, toros) se alimentaron con pienso y paja de cereal *ad libitum* durante el cebo (sacrificio a los 12 meses de edad).

Se registró el peso vivo (PV) de los toros cada mes para calcular su ganancia media diaria (GMD). Se tomaron muestras de sangre cada dos meses para determinar las concentraciones de testosterona e

IGF-1. Se determinó el crecimiento testicular midiendo la circunferencia escrotal a los 4, 8 y 12 meses de edad y se registró el peso de los testículos tras el sacrificio. Los datos se analizaron utilizando el programa estadístico R 4.4.2 (2024-10-31 ucrt).

A sacrificio, el PV fue mayor en el grupo 60-HT que en 60-Control (515 vs. 484 kg; P<0,05) mientras que la GMD fue mayor en 60-HT que en 100-HT (1,5 vs. 1,0 kg/día; P<0,01). La concentración de testosterona, circunferencia escrotal y peso testicular no se vieron afectados por la inclusión de HT. Las concentraciones de testosterona aumentaron con el tiempo en todos los grupos, aunque a los 10 meses los grupos 60% mostraron un descenso respecto a los grupos 100% (918 vs. 623 ng/dL; P<0,05). El peso de los testículos tras el sacrificio fue mayor en los grupos 100% que en los 60% (245 vs. 201 kg; P<0,05). Las concentraciones de testosterona se correlacionaron positivamente con el PV (r=0,37; P=0,010) y la GMD (r=0,30; P=0,043) de los toros a sacrificio. Asimismo, el peso de los testículos se correlacionó positivamente con las concentraciones de IGF-1 (r=0,44; P=0,002) y el PV (r=0,37; P=0,010) de los toros a sacrificio. La circunferencia escrotal aumentó durante el cebo, sin observarse diferencias entre los grupos.

En conclusión, la subnutrición gestacional afectó la producción de testosterona en la descendencia, lo que sugiere que los mecanismos endocrinos necesarios para la síntesis de testosterona podrían estar afectados. La fluctuación de la secreción de testosterona observada en los toros de madres subnutridas, patrón común en toros prepúberes, y el menor peso testicular a sacrificio sugieren que podrían alcanzar la pubertad más tarde que el grupo control. En este caso, el HT no tuvo ningún efecto en los parámetros reproductivos de los toros. Estos hallazgos preliminares subrayan la relevancia de garantizar una nutrición adecuada durante la gestación en las vacas para poder utilizar los toros como reproductores a una edad temprana, lo que a su vez reduce los costes de producción, acorta el intervalo generacional y aumenta el mérito genético.

Agradecimientos: Al personal de La Garcipollera. Proyecto financiado por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 (FETALNUT). Contrato FPI-AEI de L. López de Armentia. Gobierno de Aragón (Grupo de investigación INPASS A25_23R).

Abstract ID: CO-256 Tipo: Poster Categoría: Extensivo

EMPLEO DE TECNOLOGÍA GPS PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO EN GANADO VACUNO EXTENSIVO.

USE OF GPS TECHNOLOGY TO STUDY BEHAVIOR IN EXTENSIVE CATTLE.

Marta Elena Alonso de la Varga[1], María Valdizán Jorrín[1], Juan Manuel Lomillos Pérez[2], José Antonio Pérez Garrido[1]

(1)-Universidad de León

(2)-CEU-Cardenal Herrera Valencia

Introducción y Objetivos

Las razas autóctonas de montaña utilizadas en los sistemas de producción extensivos tienen una gran capacidad de adaptación a los terrenos escarpados de la zona centro y norte de España, siendo capaces de transformar recursos vegetales imposibles de aprovechar para la alimentación humana en proteína de elevado valor biológico.

Durante los últimos años se ha comprobado como la disminución o cese de la actividad ganadera extensiva ha influido notablemente en la transformación de zonas de pasto en matorral, incrementando este tipo de masa vegetal y con ello el riesgo de incendios forestales de grandes dimensiones, con las consiguientes perdidas de biodiversidad de los hábitats afectados. Por otro lado, estos modelos de producción no solo tienen un impacto ambiental y económico, existiendo un valor cultural significativo pues las técnicas tradicionales de pastoreo y manejo del ganado forman parte del patrimonio cultural inmaterial de muchas regiones y su desaparición implicaría una pérdida irreparable de conocimientos y tradiciones. Como prueba mencionar el reconocimiento de Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial, otorgado en 2022 por la *Food and Agriculture Organization* de las Naciones Unidas a las montañas de León.

Sin embargo, también tienen sus inconvenientes, principalmente ligados a las grandes extensiones de terreno, difíciles de recorrer para visualizar diariamente a los animales, para detectar enfermedades y controlar partos. Esto justifica el creciente interés por el uso de tecnologías de geolocalización (GPS) a través de collares que permiten, además de conocer la posición de los animales, recoger datos para el estudio de sus áreas de pastoreo, la actividad de los animales, sus preferencias de hábitats e incluso, detectar problemas de salud y bienestar.

El objetivo de este trabajo es realizar una primera aproximación al estudio del comportamiento del ganado vacuno de raza Pirenaica en pastos de alta montaña ubicados en el sur de Cantabria mediante el empleo de tecnología GPS de bajo coste.

Material y Métodos

Se monitorizaron cuatro vacas pirenaicas, dos de 11 y 14 años y dos de dos años, hijas de las anteriores. Se equiparon con collares GPS *Knigh* de seguimiento el día 1 de mayo de 2023, coincidiendo con la

apertura de los pastos comunales, y se retiraron el día 28 de octubre de 2023. Cada dispositivo cuenta con un receptor GPS

GT-120 iGotU, que obtiene, cada 10 minutos, coordenadas de latitud, longitud y elevación a partir de la triangulación de señales de radio transmitidas por un sistema de 24 satélites en órbita geográfica, con un error de localización inferior a 10 m.

Los datos se descargaron mediante el *software Travel & Sport Suite* y se empleó la aplicación ArcGis Pro 3.2.1 para el análisis de la información y la elaboración de mapas, calculando la distancia entre cada punto de posición tomada cada 10 minutos.

Las vacas permanecieron en dos zonas de puerto comunal de la Hermandad de Campoo de Suso, en el sur de Cantabria, situadas a una altitud media de 1.547 metros. La primea desde el 1 de mayo al 15 de junio de 2023 con una superficie total de 2.220,42 hectáreas, 1.261,17 de las cuales son aprovechables para el pastoreo. La segunda con 289,03 hectáreas en total y 222,49 aprovechables.

Resultados y Conclusiones

En base a los resultados obtenidos del procesado de 16.899 datos, los animales recorren una distancia diaria media de 3.539,22 metros, siendo superior en el primer periodo cuando las vacas disponían de mayor superficie, 3.967,2 frente a 2.170,29 metros al día. En función de los mapas de calor de utilización del terreno se comprueba que el espacio disponible para los animales es mayor que el requerido para cubrir sus necesidades vitales en ambos terrenos de pastoreo, frecuentado las zonas más cómodas y apetecibles, sin alejarse mucho de los puntos de agua y sin apreciarse diferencias significativas entre los grupos de edad. Se pone de relieve la importancia de calcular adecuadamente la superficie de terreno en función de la carga ganadera para evitar zonas con sobrepastoreo.

El estudio de los recorridos realizados a lo largo del día por los cuatro animales mediante mapas de trayectos solapados en las dos zonas de estudio reveló que los patrones de movimiento se solapan en mayor medida en función de la edad y no de su parentesco lo que coincide con otros estudios realizados en ganado extensivo.

En cuanto al estudio de los biorritmos de locomoción se analizaron las distancias medias recorridas por hora en conjunto, considerando, en base a las evidencias bibliográficas, que cuando los animales recorren una distancia mayor de 50 metros por hora se encuentran pastando, y en un periodo de descanso si la distancia recorrida es inferior a dicha cifra. El tiempo medio de pastoreo diario fue de nueve horas, dividido en dos periodos de 5:00 a 7:00 y de 14:00 a 19:00, y la fase de mínima actividad locomotora o descanso por la noche, entre las 21:00 y las 3:00.

Concluimos que los dispositivos utilizados permiten el estudio del comportamiento en pastoreo en zona de montaña, mostrando desplazamientos influidos por el terreno disponible y la carga ganadera, comprobando que después del destete no se mantiene la relación entre madres e hijas, ya que los animales jóvenes desarrollan patrones de movimiento y actividad propios.

Abstract ID: CO-199 Tipo: Poster

Categoría: Reproducción

RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE MINERALES SÉRICOS Y LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS PRIMÍPARAS LECHERAS DURANTE EL PERIODO PERIPARTO

RELATIONSHIP BETWEEN SERUM MINERAL LEVELS AND REPRODUCTIVE EFFICIENCY IN PRIMIPAROUS DAIRY COWS DURING THE PERIPARTURIENT PERIOD

Elena Niceas Martínez Díez[1], Marc Yeste Oliveras[2], Jose Ángel Hernández Malagón [1], Cristiana Cazapal Monteiro[1], Rodrigo Muiño Otero[1]

(1)-Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Terra. 27002 Lugo, España

(2)-Biotecnología de la Reproducción Animal y Humana (TechnoSperm), Instituto de Tecnología Alimentaria y Agrícola, Universidad de Girona,17003 Girona, España

Durante el periodo de transición en vacas lecheras, se experimentan cambios fisiológicos importantes, como el crecimiento fetal, la preparación de la glándula mamaria para la producción de leche y la involución uterina postparto (pp) (Bell, 1995). Estos procesos generan un mayor requerimiento metabólico y nutricional, lo que hace esencial proporcionar una dieta adecuada que incluya macrominerales y oligoelementos, con el fin de garantizar la salud y la eficiencia reproductiva. El desequilibrio mineral en sistemas de producción intensiva puede tener un impacto negativo tanto en la producción de leche como en la fertilidad, siendo crucial abordar estas necesidades, especialmente en vacas primíparas (Constable et al., 2016).

El objetivo de este estudio fue investigar la relación entre los niveles de minerales séricos y los parámetros reproductivos en vacas Holstein primíparas durante el periparto. Los objetivos específicos fueron: i) evaluar los niveles séricos de minerales durante el periodo de transición y ii) analizar su relación con la eficiencia reproductiva.

Se incluyeron 25 vacas Holstein primíparas de una granja comercial en Galicia, España. Las muestras de sangre se recolectaron en cuatro momentos: un mes antes del parto, una semana antes del parto, una semana y un mes pp. Se analizaron macrominerales (Ca, Mg, P, Na, K, Cl) y oligoelementos (Cu, Fe, Mn, Zn, Co, Mo, Se) mediante espectrofotometría y espectrometría de masas.

Se registraron: los días abiertos (DA), el intervalo entre partos (IPP) y el número de inseminaciones necesarias para lograr la preñez. La diferencia de condición corporal (CC) se calculó como la diferencia entre la CC un mes antes y un mes después del parto, utilizando una escala del 1 al 5, donde 1 indicaba una CC muy baja y 5 muy alta (Ferguson et al., 1994).

El análisis estadístico se realizó con IBM SPSS para Windows, Ver. 27.0; Armonk, NY, USA. Se evaluó la normalidad (Shapiro–Wilk) y homogeneidad (Levene). Se aplicó un PCA con rotación Varimax para

agrupar minerales en componentes principales, que se relacionaron con la fertilidad mediante modelos mixtos y correlaciones de Spearman (p ? 0,05).

El PCA identificó tres componentes principales:

- **PC1 (Na, K, Cl)**: Estuvo positivamente correlacionado con el número de partos previos al embarazo (r = 0.425, $p < 0.05$). Los niveles óptimos de K y Cl antes del parto se asociaron con menos DA y un IPP más corto. Además, las vacas con concentraciones de K superiores a 3.75 ± 0.09 mmol/L un mes pp presentaron menores IPP que aquellas con valores inferiores a 3.43 ± 0.09 mmol/L ($p < 0.05$).
- **PC2 (Ca, Mg, Fe)**: el 17.71% de la variabilidad y mostró una correlación negativa significativa con el IPP (r = -0.523, $p < 0.01$) y con los DA (r = -0.537, $p < 0.01$).
- **PC3 (Mn, Co, Mo)**: Vacas con mayores niveles de estos elementos una semana pp necesitaron menos inseminaciones para quedar gestantes.

Se observó que los electrolitos Na, K y Cl disminuyeron significativamente tras el parto ($p < 0.001$), alcanzando los valores más bajos una semana pp (Na: 133.3 ± 2.8 mmol/L; K: 3.4 ± 0.2 mmol/L; Cl: 98.1 ± 2.4 mmol/L) y recuperándose parcialmente al mes. Los oligoelementos como Cu, Mo y Se presentaron concentraciones mínimas una semana antes del parto, aumentando un mes después.

El Se mostró una asociación significativa con el IPP ($p < 0.05$): vacas con concentraciones de Se superiores (124.29 ± 3.73 ppm) un mes pp presentaron IPP más cortos que aquellas con niveles más bajos (108.81 ± 2.79 ppm). Esto concuerda con investigaciones anteriores que sugieren su papel antioxidante y su capacidad para proteger los ovocitos del estrés oxidativo, además de influir en la síntesis de progesterona y la funcionalidad del cuerpo lúteo (Kamal et al., 2020).

El equilibrio de Na, K y Cl preparto se relacionó con mejores indicadores reproductivos, mientras que el mantenimiento de niveles adecuados de Ca y Mg en el postparto contribuyó a reducir los DA y prevenir trastornos metabólicos.

Las vacas con una diferencia de CC superior a 1 punto presentaron un IPP más largo y más DA, aunque esto no estuvo directamente relacionado con los niveles de minerales séricos. Aunque no se encontraron correlaciones directas entre la diferencia CC y los niveles de minerales, la disminución excesiva de CC durante la transición afecta negativamente la eficiencia reproductiva, probablemente debido al estrés metabólico (Fricke et al., 2023).

En conclusión, los niveles de minerales séricos cambian significativamente durante el periparto en vacas primíparas. Un equilibrio adecuado de macrominerales y oligoelementos se encuentra relacionado con los parámetros reproductivos estudiados; como los DA y los IPP. Por tanto, la monitorización y suplementación individualizada de minerales críticos como Se, K y Ca durante el periparto podría mejorar la fertilidad en vacas de primera lactación (Muiño et al., 2024).

Palabras clave: Minerales séricos, primíparas, eficiencia reproductiva, periparto, oligoelementos.

Referencias:

-Bell, A. W. (1995). Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science, 73*, 2804–2819. https://doi.org/10.2527/1995.7392804x

-Constable, P. D., Hinchcliff, K., Done, S. H., & Grünberg, W. (2016). *Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats* (11th ed.). Saunders Elsevier.

-Ferguson, J. D., Galligan, D. T., & Thornsen, N. (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, *77*, 2695–2703. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X

-Fricke, P. M., Wiltbank, M. C., & Pursley, J. R. (2023). The high fertility cycle. *JDS Communications, 4*, 127–131. https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0280

-Kamal, F., Ullah, H., Khan, H., Knoca, H., & Khan, R. U. (2020). Effects of organic selenium on blood progesterone, metabolites, milk yield and service period of Jersey cows. *Journal of Animal Physiology and Nutrition Science, 1*, 7–11. https://doi.org/10.46417/JAPN/2020.002

-Muiño, R., Castillo, C., Hernandez, J., Yeste, M., & Benedito, J. L. (2024). Association between serum mineral levels and reproductive performance in primiparous dairy cows during the peripartum

period. *Reproduction in Domestic Animals*, **59**, e14578. https://doi.org/10.1111/rda.14578

Abstract ID: CO-224 Tipo: Poster

Categoría: Reproducción

ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL COMPORTAMIENTO DE CELO Y LA FASE FOLICULAR EN VACAS HOLSTEIN MEDIANTE MONITOREO DE ACTIVIDAD CON DISPOSITIVOS RUMI.

DESCRIPTIVE STUDY OF ESTRUS BEHAVIOR AND THE FOLLICULAR PHASE IN HOLSTEIN COWS USING ACTIVITY MONITORING WITH RUMI DEVICES

Antia Accion[1], Elio López[2], Carlota Antelo[2], Jacobo Álvarez[3], Lucia Vidal[3], Cristina Pisón[3], Renato Barrionuevo[3], Uxía Yáñez[3], Juan José Becerra[4], Ana Isabel Peña[3], Pedro García Herradón[4], Luis Ángel Quintela[5]

(1)-Reproducción y obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, USC, Lugo, España.

(2) -Innogando, A Graña, Abadín, Lugo, España

(3) -Reproducción y obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, USC, Lugo, España.

(4) -Reproducción y obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, USC, Lugo, España.2Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER), USC, Lugo, España

(5) -Reproducción y obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, USC, Lugo, España. 2Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER), USC, Lugo, España.

El celo es una fase clave en la reproducción bovina, indicando el momento óptimo para la inseminación (Reith and Hoy, 2018). Este período, que dura entre 12 y 18 horas dentro de un ciclo de aproximadamente 21 días, es difícil de detectar por sus señales, cada vez más sutiles y breves.

Durante el estro, las vacas muestran cambios físicos y de comportamiento, como mayor actividad física, menor descanso y rumia, menor consumo de alimento, mayor vocalización, secreción de moco vaginal y fluctuaciones hormonales, como aumento de estrógeno y disminución de progesterona, además de cambios en la temperatura corporal (Riaz et al., 2023; J. B. Roelofs et al., 2005). La intensificación del sector lechero y los estándares de calidad han impulsado el uso de tecnologías avanzadas para monitorizar la salud y la actividad del ganado. (Michelena et al., 2025). En este marco, el presente estudio busca caracterizar y monitorizar el celo mediante el dispositivo RUMI (Innogando, España).

En este estudio se utilizaron 47 vacas Holstein, de las cuales se incluyeron las 31 que salieron en celo tras un protocolo de inducción del celo (producción media normalizada a 305d de 11.050 kg en primíparas y 14.057 kg en multíparas). El protocolo utilizado fue un G6G modificado donde se suprimió la última Gonadotropine Release Hormone (GnRH) para permitir la ovulación espontanea. El día 0 se administraron 25 mg de Dinoprost, el día dos y el nueve 0,1 mg de Gonadorelina y el día dieciséis 25 mg de Dinoprost (Dinoprost: Enzaprost®; Gonadorelina: Cystoreline®; Ceva Salud Animal, S.A.). La detección del comportamiento de celo se realizó mediante los collares RUMI. A partir de las 48 h después

de la administración de la última prostaglandina, se realizaron exploraciones ecográficas de los ovarios cada 12h para determinar el diámetro del folículo preovulatorio. Se consideró que la vaca había ovulado cuando, en una exploración, el folículo preovulatorio observado en la anterior ya no estaba presente. De cada vaca, se tomaron datos de momento de inicio de celo, máxima actividad de celo (determinado en función del índice de celo proporcionado ppor el collar de actividad), fin de celo con el collar RUMI. Este collar cuenta con sensores de movimiento y acelerómetro junto con algoritmos de análisis de comportamiento para identificar los patrones característicos de cada parámetro en cada individuo. Por otra parte, mediante la ecografía se determinó el momento de la ovulación y el diámetro del folículo preovulatorio. Se realizó un análisis descriptivo (media, desviación, máximos y mínimos y frecuencias) utilizando el programa SPSS 28.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.).

La duración media de los celos fue de 12 ±4.34 (6 – 21h), detectando la máxima actividad a las 5,27

±4.05 (2 – 10h). El inicio del celo se repartió proporcionalmente entre la noche, la mañana y la tarde (36,7 %, 30%, 33,33% respectivamente). La ovulación ocurrió de media a las 27,47± 5.42 h desde el inicio del celo (10 – 39). La media del tiempo transcurrido entre el inicio de la actividad y la ovulación obtenido en este estudio, así como el rango en el que se produce, son similares a los reportados por otros autores (Aungier et al., 2015; Roelofs et al., 2005), con pequeñas diferencias que podrían ser explicadas tanto por la variabilidad individual como por la frecuencia en la que los diferentes dispositivos proporcionan información sobre la actividad (1h frente a 2h). Sin embargo, la duración del celo fue menor que lo recogido en estudios más antiguos (18-20) (Centurión et al., 1994; González et al., 1993). Las ovulaciones se produjeron con un folículo dominante de 21,15±4.57 mm de media (10,88 mm – 31,13 mm). El tamaño medio del folículo preovulatorio fue mayor que los observados por otros investigadores en vacas de alta producción (Lopez et al., 2004; Mokhtari et al., 2016).

Los cambios observados en la duración del celo y las características del folículo preovulatorio, en comparación con estudios previos, podrían estar vinculados al impacto de la intensificación de los sistemas de producción, así como a diferencias en la genética y el manejo. Estos hallazgos destacan la complejidad de detectar el celo en vacas lecheras, debido a su breve duración y a la variabilidad en las señales asociadas. Dicha variabilidad subraya la necesidad de continuar investigando para comprender mejor los factores que afectan la detección del celo en vacas de alta producción.

Aungier et al. 2015. J. Dairy Sci. 98: 1666–1684. Centurión et al., 1994. Livest. Res. Rural Develop. 6.

González et al., 1993. Arch. Latinoam. Prod. Anim.1, 163–174. Lopez et al. 2004. Anim. Reprod. Sci. 81: 209–223.

Michelena et al., 2025. Neurocomputing 618.

Mokhtari et al., 2016. Theriogenology 85, 747–753

Reith and Hoy, 2018. Animal 12, 2 398-407.

Riaz et al., 2023. Animals 13, 1425.

Roelofs et al. 2005. Theriogenology. 64: 1690–1703.

Abstract ID: CO-235 Tipo: Poster

Categoría: Reproducción

IDENTIFICACIÓN DEL MICROBIOMA DEL SEMEN EN VACUNO DE CARNE Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD SEMINAL

IDENTIFICATION OF SEMINAL MICROBIOTA IN BULLS AND ITS ASSOCIATION WITH SEMEN QUALITY

Alberto Benito Díaz[1], Marta Hernández Pérez[1], Mónica Montañés Foz[1], Patricia González García[1], Álvaro Cañete Reyes[1], Juan José García García[1]

(1)-Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León

La existencia de una asociación entre la microbiota del ganado y su estado de salud es evidente desde hace varios años (Gómez et al., 2019). El efecto positivo o negativo depende de las especies coexistentes y de la carga bacteriana (Iebba et al., 2016). En el sector del vacuno de carne, el semental cobra una gran importancia, concretamente su calidad seminal, ya que es imprescindible para que tenga lugar una correcta fecundación y así la gestación pueda llegar a término con una cría viable. Por este motivo, es interesante identificar las comunidades microbianas que pueden alterar la calidad seminal. De este modo se podrían identificar los animales con poblaciones microbianas no deseables y someterlos a tratamiento o retirarlos de la función reproductiva; además de seleccionar sementales con una microbiota beneficiosa para la fisiología reproductiva. Fueron seleccionados 82 toros sanos, de aptitud cárnica, con edades y pesos similares criados bajo idénticas condiciones. La extracción de semen se llevó a cabo mediante electroeyaculación. A continuación, se estudió la viabilidad de las muestras de semen empleando el sistema CASA. Por otro lado, se aplicó la tecnología NGS para llevar a cabo la secuenciación masiva del DNA microbiano. Los datos recabados fueron tratados utilizando el software RStudio. Habiendo obtenido la mediana de la motilidad progresiva (43 ± 20,53 %) se crearon dos grupos (“aptos” y “no aptos”, por encima y por debajo de la mediana respectivamente). Independientemente del grupo, los géneros más aislados fueron Histophilus, Porphyromonas, Streptobacillus, Porphyromonas, Helcococcus y Fusobacterium. En un trabajo llevado a cabo en raza de lidia Histophilus también resultó ser el género más numeroso en la microbiota seminal (Benito et al., 2024). Dentro de las especies, las más abundantes

fueron *Histophilus_somni*, *Porphyromonas_sp*, *Porphyromonas_somerae* y *Bacteroidales_bacterium*. Realizando el análisis estadístico en función de los dos grupos establecidos, se observó una presencia significativamente mayor ($P<0.05$) del género Oceanobacillus y del género Marinilactibacillus en los sementales “aptos”. Oceanobacillus también forma parte de la microbiota vaginal humana y ha sido considerado un biomarcador positivo en embarazos provocados mediante fertilización in vitro (Tong et al., 2023). En cambio, en el grupo de animales “no aptos”, fue significativamente mayor ($P<0.05$) la presencia de las especies *Peptococcus simiae* y *Alsobacter metallidurans*, además del género Prevotellaceae UCG-003. El género Peptococcus se ha asociado a diferentes patologías en mamíferos (Hurst et al., 2018). Del mismo modo, Prevotellaceae UCG-003 se ha relacionado con la susceptibilidad del ganado caprino a sufrir una infección por Brucella (Sallam et al., 2023). Sin embargo, la publicaciones

disponibles a cerca de microbiota seminal de toros sanos es limitada y son necesarios sucesivos estudios para ampliar conocimientos sobre su impacto en la calidad seminal.

Abstract ID: CO-240 Tipo: Poster

Categoría: Reproducción

VALORACIÓN DE LA APTITUD REPRODUCTIVA DE TOROS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE IMAGEN DE LA ECOGRAFÍA TESTICULAR: PARÁMETROS DE HOMOGENEIDAD, HISTOGRAMA Y MICROESTRUTURA

BULL BREEDING SOUNDNESS EVALUATION THROUGH IMAGE ANALYSIS OF TESTICULAR ULTRASOUND: HOMOGENEITY, HISTOGRAM AND MICROSTRUCTURE PARAMETERS

Arantxa Echegaray Artajo[1], Nicolás Escartín Casas[1], Marta Guillén Palacín[1], Marta Oliván Nerín[1], Irene Fernández[1]

(1)-Humeco

Introduction

Testicular ultrasonography is a crucial tool in bovine reproduction, allowing for the early detection of testicular abnormalities, assessing testicular parenchyma, and evaluating reproductive potential in breeding bulls. This non-invasive imaging technique provides detailed insights into testicular consistency, vascularization, and the presence of pathological conditions such as fibrosis or degeneration, which can significantly impact fertility. Moreover, ultrasonography is essential for monitoring testicular development in young bulls, aiding in the selection of high-quality sires for genetic improvement programs. In 2019, we developed a software to evaluate the echotexture of the testicles, ECOTEXT, allowing us to predict semen quality in males. Now, we are developing a new improved version, with new interesting parameters related to the homogeneity of the parenchyma. In this assay, we evaluate these new parameters, their interaction with the other ECOTEXT parameters and their prediction regarding bull fertility.

Material and methods

Ultrasound scans of the testicular area were performed on a total of 54 bulls aged between 1 and 9 years. Ultrasonograms (3 transverse sonographic images of each testicle) were carried out using an EXAPAD mini scanner (IMV IMAGING, France) connected to a 5-7.5 MHz linear probe.

The echographic images were analysed by the algorithms, selecting a region of interest (ROI) and obtaining the median values of the 3 images for the following parameters: (EC1) black pixels, (EC2) white pixels, (EC3) mean grey level of pixels, (Density) density of hypoechogenic areas, (Diameter) mean diameter of hypoechogenic areas and (Area) percentage of hypoechogenic areas. As a novelty, we have added 2 parameters, vertical and horizontal zonification, related to the non-homogeneity of the parenchyma in the total area of the ROI. The zonification values were expressed in levels of grey (0 to 256 in an 8-bit image). Vertical zonification was measured in the vertical sense of the ROI and horizontal zonification was measured in the horizontal path.

Afterwards, we electroejaculated the bulls to obtain a semen sample. Then, we evaluated the following semen quantity and quality parameters: volume (ml), individual motility (%) sperm concentration (millions of spermatozoa/ml) and percentage of major and minor morphoanomalies according to the classification of Bloom (1973).

The relationship between the above parameters and semen quality was analysed, using a Pearson correlation test, ANOVA, and logistic regression analysis.

Results and discussion

There were no differences between ipsilateral testicles in echotextural parameters ($p>0.05$).

The Pearson correlation showed a high positive significant relationship between the age of the bull and the density of hypoechogenic areas in the ultrasonogram ($R=0,78$ $p<0.01$). Bulls younger than 1,3 years (n=23), most of them peripubertal, have very homogenous and compact parenchyma, with very low vertical zonification (mean values 11.4 + 4,4). Besides, these young bulls have a mean value of hypoechogenic areas of 77 ± 12,5 HA/cm2. Older bulls have mean values of 132.2 ± 12,4 HA/cm2 and the difference with young bulls was highly significant ($p<0.001$). 34,8% of these peripubertal bulls do not give a sperm sample when electroejaculated and another 62.5% of them give ejaculates with very low sperm concentration and very high percentages of major sperm morphoanomalies.

As in other ECOTEXT trials density of HA was the parameter better related to semen quality. It showed very high and highly significant correlation coefficients with semen concentration ($p=+ 0.785$, $p<0.001$) and very high negative correlation coefficients with major sperm anomalies ($p=-0.873$, $p <0.001$). This relationship is so strong in this assay because our bull population is very heterogeneous in age and semen quality.

A percentage of bulls with evident multifocal fibrosis (n=6) showed elevated significant different values of vertical zonification (14,7 + 2,3) and horizontal zonification (14,3 + 3,7). More interesting, as not evident by the eye, all testicular parenchyma with a value of vertical or horizontal zonification inferior to 9,0 or superior to 12,0 is related to lower hypoechogenic areas density ($p<0.004$) and/or higher major sperm morphoanomalies ($p<0.03$). Our linear regression analysis showed the significant predictive potential of horizontal zonification ($p=0.08$) and hypoechogenic area density ($p=0.004$) for the percentage of major sperm anomalies with a regression coefficient r2 of 0.79.

Bibliography

Blom E. The ultrastructure of some characteristic sperm defects and a proposal for a new classification of the bull spermiogram. Nord Vet Med 1973;25:383–91.

Abstract ID: CO-278 Tipo: Poster Categoría: Medicina

LINFOMA ESPORÁDICO ATÍPICO EN HOLSTEIN DE PRIMERA LACTACIÓN: A PROPÓSITO DE UN CASO.

ATYPICAL SPORADIC LYMPHOMA IN A FIRST-LACTATION HOLSTEIN: A CASE REPORT.

Laura Fresco Rey[1], Daniel Castro Castro[2], Eva Espés Montañés[1], Marta Inés Miranda Castañón[1], Mónica López Peña[1], Gerardo Juan De Dios Blanco[3], Lucas Rigueira Rey[1]

(1)-Facultad de Veterinaria. Hospital Rof Codina

(2)-Hospital Rof Codina

(3)-Agroseguro

Introducción

El linfoma bovino o linfosarcoma es un trastorno linfoproliferativo que afecta principalmente órganos hematopoyéticos sólidos como ganglios linfáticos, bazo y tejido linfoide asociado a mucosas (MALT), siendo menos común en órganos no linfoides y excluyendo la médula ósea.

Los linfomas bovinos se dividen en dos grandes grupos: enzoóticos y esporádicos. La leucosis bovina enzoótica (LBE), causada por el virus de la leucemia bovina (BLV), afecta principalmente a bovinos adultos (5-8 años), propagándose en rebaños con manejo inadecuado. Es la neoplasia más común en las regiones donde la LBE no está erradicada, considerándose el tumor más frecuente asociado a mortalidad, por lo que representa una causa significativa de pérdidas económicas en este sector (1-3).

En el caso de España, está declarado país oficialmente indemne de LBE desde 1999 (4). Los linfomas esporádicos no están relacionados con la infección por BLV, y su incidencia es muy baja. Suelen presentarse en bovinos jóvenes (1 mes a 4 años), pudiendo diferenciarse tres subtipos: multicéntrico, tímico y cutáneo. El linfoma esporádico no es transmisible ni contagioso, presentándose como casos aislados dentro de las explotaciones afectadas (2,3).

Los signos clínicos varían según la localización, pero incluyen pérdida de apetito y peso, disminución de producción lechera, linfadenomegalia, fiebre y síntomas respiratorios o cardíacos (1,3).

Caso clínico

Se solicita al Servicio de Animales de Renta del Hospital Veterinario Rof Codina (HVU-RC) la exploración de una vaca Holstein frisona de primer parto, de 2 años y 3 meses de edad y 28 DEL. La vaca pertenece a una explotación de alta producción lechera con 220 animales en ordeño. El ganadero refiere disminución en la producción láctea y un aviso de "alerta" en el programa de monitorización SenseHub Leche.

En la ***exploración general***, la temperatura y frecuencia cardíaca estaban dentro de los rangos normales, pero se observó ligera taquipnea con respiraciones superficiales. No se hallaron alteraciones en la

auscultación cardíaca y los ganglios linfáticos palpables no estaban reactivos.

Se detectó ausencia de motilidad ruminal con sonidos de desgarro y ligero timpanismo. Las heces estaban mal digeridas, con porciones sólidas y líquidas. En la palpación rectal se evidenció un gran acúmulo de gas en el saco dorsal del rumen. La tira de orina mostró resultados dentro de los valores fisiológicos.

Lo más destacado fue la inflamación en la zona caudoventral del cuello, con consistencia firme y distribución simétrica. Las yugulares estaban ingurgitadas y tensas, aunque sin pulso palpable. No se observaron edemas en la papada ni en la región submandibular, ni linfadenomegalia. Al examinar la cavidad oral, se encontró un incisivo roto con una lesión gingival en la mandíbula y sospecha de fractura mandibular.

Pruebas complementarias y evolución

Se extrajo sangre de la vena coccígea para realizar un hemograma y perfil básico hepático (AST, CK y albúmina). La sospecha inicial fue una obstrucción o traumatismo esofágico. Se realizó sondaje nasofaríngeo y la sonda pasó sin dificultad, descartando obstrucción intraluminal. Se administraron 10 mL de dexametasona (4 mg/mL) por vía intravenosa y se programó una reevaluación en 24 horas. El hemograma reveló ligera anemia (Hto 20,7%, GR 5 M/ µL) y leucocitosis (21,48 K/ µL). Los valores hepáticos estaban dentro de la normalidad. En la siguiente visita el estado del animal había empeorado notablemente, por lo que se decidió realizar eutanasia humanitaria.

Necropsia e histopatología

La necropsia reveló una masa firme que se extendía desde la región mediastínica hacia la cervical ventral, infiltrando la mandíbula y causando destrucción ósea y pérdida del incisivo. El corazón y los grandes vasos no presentaban alteraciones. No se encontraron otros hallazgos relevantes.

El estudio histopatológico mostró una proliferación neoplásica de células redondas compatibles con linfoblastos, con marcada anisocitosis y alto índice mitótico, confirmando el linfoma.

Discusión

Aunque el linfoma de tipo enzoótico es una de las neoplasias más habituales en las regiones donde la LBE no está erradicada (1-3), el linfoma esporádico es una neoplasia infrecuente en bovinos. La linfadenomegalia suele ser el hallazgo más habitual en casos de linfoma (3), sin embargo, en este caso no se observaron ganglios aumentados de tamaño en la exploración física, observando únicamente sintomatología respiratoria (taquipnea, respiración superficial) y digestiva (estasis ruminal y ligero timpanismo).

Los linfomas bovinos se localizan más frecuentemente en ganglios mesentéricos y mediastínicos, con linfadenomegalia generalizada asociada. Aunque el linfoma esporádico es una patología con escasa presencia en nuestro país, familiarizarnos con las presentaciones atípicas y con el uso en campo de biopsia o punción con aguja fina de ganglios linfáticos y masas, permitiría un diagnóstico rápido reduciendo así las pérdidas económicas de la explotación, tanto de eliminación de animales como del uso de tratamientos.

1. Panziera, 2014 https://doi.org/10.1590/S0100-736X2014000900009

2. Panziera, 2016 https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000400003

3. Constable et al. Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats, and Horses. 11th ed. Elsevier, 2017. https://www.sciencedirect.com/book/9780702052460/veterinary-medicine#book-info

4. MAPA Reglamento de ejecución (UE) 2021/620 Regiones libres.

Abstract ID: CO-296 Tipo: Poster Categoría: Medicina

BROTES DE NEUMONÍA POR MANHEIMIA HAEMOLYTICA EN VACA ADULTA: ¿QUÉ PATRONES PODEMOS ENCONTRAR Y CÓMO PODEMOS PREVENIR LOS BROTES CLÍNICOS?

OUTBREAKS OF MANHEIMIA HAEMOLYTICA PNEUMONIA IN ADULT COWS: WHAT PATTERNS CAN WE FIND AND HOW CAN WE PREVENT CLINICAL OUTBREAKS?

Carlos Carbonell[1], Manola Ramos Agra[2], Maica Expósito[3], Manuel Pérez Gómez[4], Laura Elvira Partida[5], Juan Vicente González[6]

(1)-MSD AH

(2)-Agrobarcala

(3)-De Heus

(4)-Montaña Veterinarios

(5)-Directora Técnica Rumiantes, MSD Animal Health (6)-Fac Veterinaria UCM

Introducción

La neumonía bovina es una enfermedad multifactorial que afecta a rebaños de todas las edades y tipos de producción. Su impacto es especialmente significativo en terneros de cebo y novillas de recría (Smith et al., 2020).

Mannheimia haemolytica es una bacteria patobionte, al ser tanto comensal del tracto respiratorio superior, como potencialmente patógena (Woolums y Chase, 2025). Su patrón clásico es como agente secundario al estrés y multiplicación vírica (VRS, PI3, IBR o BoCV) facilitadora para que colonice el pulmón (Griffin et al., 2010). Recientemente, se identificó un segundo patrón, en terneros mayores, en el que los virus tienen menor relevancia (Calderón Bernal et al., 2023).

En el ganado adulto, estudios recientes indican que entre el 8 -16% de las muertes de vacas son causadas por neumonía (Aleri et al., 2021; Dorso et al., 2021). Observándose un aumento de la mortalidad por brotes de neumonía en los últimos años, con *Mannheimia haemolytica* involucrada en el 60-70% de los casos (Biesheuvel et al., 2021; Burrows et al., 2022; Dorso et al., 2021).

A pesar de esto, el conocimiento sobre la neumonía en vacas adultas es limitado debido, en parte, a la dificultad de un diagnóstico preciso de la enfermedad (Ferraro et al., 2021), limitando la comprensión de los patrones de enfermedad causados por *M.haemolytica* en vacas lecheras. De ahí el interés en estudiar estos brotes de neumonía en granjas lecheras para ayudar a los veterinarios de campo ante el aumento de la incidencia y mortalidad asociada a la neumonía en vacas.

Objetivo

El objetivo de este estudio es describir y analizar cinco brotes de neumonía en vacas lecheras en los

cuales se confirmó la participación de *M.haemolytica*, con el fin de identificar los distintos patrones de la enfermedad y analizar los posibles factores de riesgo y/o medidas de control.

Materiales y métodos

Durante el último trimestre de 2024, se diagnosticaron brotes de neumonía en cinco granjas lecheras de La Cornisa. Se realizaron exploraciones ante *mortem,* enviándose hisopos nasales profundos, en vacas de dos de granjas, para el cultivo bacteriológico y PCR de virus (VRS, PI3, IBR, BoCV) y bacterias (*M.haemolytica, Mycoplasma bovis y Pasteurella multocida*). Además, se hicieron seis necropsias, realizándose análisis microbiológicos e histopatológicos de muestras pulmón en el laboratorio Micros.

Finalmente, se realizó un breve cuestionario al veterinario y/o ganadero para recopilar información sobre la granja, sintomatología y evolución de los casos, así como posibles factores de riesgo asociados.

Resultados y discusión

Las cinco granjas, ubicadas en Galicia y Cantabria, son familiares y, cuatro de ellas, presentan un tamaño medio similar en, entre 127 y 159 vacas, mientras que la última tiene 70 vacas.

En tres granjas, la enfermedad mostró un patrón similar, con un goteo constante de casos diarios durante unos días hasta la implantación de medidas. Los animales presentaron depresión profunda, disnea significativa, y en 15 de las 27 vacas que enfermaron, su postración y muerte, confirmando la alta patogenicidad de *Mannheimia haemolytica* (Biesheuvel et al., 2021). En las necropsias, los pulmones presentaron pleuroneumonía fibrino-necrótica con aspecto marmóreo típico de manhemiosis (Dorso et al., 2021) y se aisló *M.haemolytica* tanto en cultivo como PCR, en ausencia de virus, corroborando así el patrón primario del cuadro de manhemiosis.

La cuarta granja tuvo, a lo largo de un par de semanas, 19 casos clínicos con clara sintomatología respiratoria (fiebre, mocos y toses), sin mortalidad, aunque cuatro animales fueron al matadero por falta de recuperación. En un pool de dos hisopos profundos, se identificó por PCR una carga genética moderada de *M.haemolytica* y leve de *Pasteurella multocida.* Confirmando un patrón primario de la enfermedad, aunque con un cuadro clínico distinto al anterior.

La quinta granja experimentó un brote agudo de neumonía en las vacas, caracterizado por descarga nasal, conjuntivitis, fiebre alta y una notable disminución en la producción. Este cuadro, de alta morbilidad y solo una baja, apunta a un patrón clásico de neumonía vírica con complicación bacteriana secundaria. Se tomaron cuatro hisopos cortos resultandos tres de ellos positivos a IBR y *M.haemolytica*, y dos positivos débil para *P.multocida*. La viremia por IBR se confirmó mediante dos hisopos profundos posteriores, seroconversión masiva a IBR gB y presencia de congestión y edema pulmonar en la histología.

En ninguna granja se encontró relación entre los animales enfermos y el número de partos o días en lactancia. Todas las instalaciones presentan mala ventilación, y en cuatro se observó hacinamiento. Dos granjas introducían nuevos animales, y en una se identificaron problemas nutricionales. Una de las granjas vacunaba contra virus respiratorios (VRS y PI3), pero no contra *M.haemolytica*, protocolo de vacunación que se implementó en todas tras el diagnóstico.

Conclusiones

La neumonía en vaca adulta es un problema creciente en las explotaciones lecheras, y conocer los factores de riesgo y los patrones, nos ayudará a establecer las estrategias de prevención y minimizar los brotes clínicos.

Abstract ID: CO-298 Tipo: Poster Categoría: Medicina

FRECUENCIA DE PATÓGENOS BACTERIANOS Y DE RESISTENCIA ANTIBIÓTICA EN MASTITIS BOVINA CLÍNICA Y SUBCLÍNICA DE GANADO BROWN SWISS AL PASTOREO EN MELGAR, PUNO

FREQUENCY OF BACTERIAL PATHOGENS AND ANTIBIOTIC RESISTANCE IN CLINICAL AND SUBCLINICAL BOVINE MASTITIS OF BROWN SWISS CATTLE GRAZING IN MELGAR, PUNO

JUANA MARIA NAJARRO PUCUHUAYLA[1]

(1)-UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

VERSIÓN ESPAÑOL

La mastitis bovina es una patología de consideración en la producción láctea, por su prevalencia, recurrencia y pérdidas económicas, siendo por ende una de las enfermedades de mayor importancia en un hato lechero. En tal sentido se diseñó el presente estudio con el objetivo de identificar los agentes patógenos que generan la mastitis clínica y subclínica en hatos Brown Swiss de producción láctea ubicados en Melgar, Puno, Perú. Se realizó un estudio transversal en 171 vacas en lactación, empleándose la prueba de CMT para el diagnóstico de mastitis subclínica y la prueba de fondo negro para la mastitis clínica. Se tomaron muestras de leche de vacas con mastitis clínica y subclínica (2+ y 3+); para la identificación de los patógenos se realizó cultivos, microscopia, pruebas bioquímicas y para la resistencia antimicrobiana se determinó por el método de Kirby-Bauer. La frecuencia de mastitis subclínica fue de 42,1% (72 vacas con 55 cepas) y de mastitis clínica 2,92% (5 vacas con 8 cepas). La frecuencia de los patógenos identificados en mastitis subclínica fueron de *Staphylococcus aureus*52,7%, *Staphylococcus intermedius*23,6%, *Staphylococcus hyicus* 12,7%, *Staphylococcus sp*. 7,3% y *Streptococcus uberis*3,6%; y en mastitis clínica fue de *S. aureus*50%, *S. intermedius*25% y *S. hyicus*25%. El antibiograma determinó una resistencia antimicrobiana para neomicina de 32,3 %, penicilina g de 17,1%, oxitetraciclina de 25,3%, cefalexina de 7%, amoxicilina con ácido clavulánico de 4,4%, ceftriaxona de 10,1%, enrofloxacina de 0,6%, ceftiofur de 1,9% y ceftazidima de 1,3 %, no hubo resistencia con gentamicina, florfenicol, sulfatrimetropim y estreptomicina. El análisis de datos se realizó utilizando estadística descriptiva, en Microsoft Excel 2019 y EpiTools epidemiological calculators. *S. aureus*, *S. intermedius*y *S. hyicus*fueron los principales patógenos en mastitis clínica y subclínica bovina, con alta frecuencia y resistencia antimicrobiana. La sensibilidad in vitro a neomicina, oxitetraciclina y penicilina g fue ineficiente, mientras gentamicina, florfenicol, sulfatrimetropim y estreptomicina resultaron efectivos.

VERSIÓN INGLÈS:

Bovine mastitis is a major pathology in dairy production, due to its prevalence, recurrence and economic losses, and is therefore one of the most important diseases in a dairy herd. In this sense, the present study was designed with the objective of identifying the pathogens that generate clinical and subclinical

mastitis in Brown Swiss dairy herds located in Melgar, Puno, Peru. A cross-sectional study was conducted in 171 lactating cows, using the CMT test for the diagnosis of subclinical mastitis and the black background test for clinical mastitis. Milk samples were taken from cows with clinical and subclinical mastitis (2+ and 3+); For the identification of pathogens, cultures, microscopy, biochemical tests were performed, and for antimicrobial resistance, it was determined by the Kirby-Bauer method. The frequency of subclinical mastitis was 42,1% (72 cows with 55 strains) and clinical mastitis was 2,92% (5 cows with 8 strains). The frequency of pathogens identified in subclinical mastitis was *Staphylococcus aureus*52,7%, *Staphylococcus intermedius*23,6%, *Staphylococcus hyicus* 12,7%, *Staphylococcus sp.*7,3% and *Streptococcus uberis*3,6%; and in clinical mastitis it was *S. aureus*50%, *S. intermedius*25% and *S. hyicus*25%. The antimicrobial susceptibility test determined an antimicrobial resistance for neomycin of 32,3%, penicillin g of 17,1%, oxytetracycline of 25,3%, cephalexin of 7%, amoxicillin with clavulanic acid of 4,4%, ceftriaxone of 10,1%, enrofloxacin of 0,6%, ceftiofur of 1,9% and ceftazidime of 1,3%, there was no resistance with gentamicin, florfenicol, sulfatrimetropim and streptomycin. Data analysis was performed using descriptive statistics, Microsoft Excel 2019 and EpiTools epidemiological calculators. *S. aureus*, *S. intermedius*and *S. hyicus*were the main pathogens in clinical and subclinical bovine mastitis, with high frequency and antimicrobial resistance. In vitro sensitivity to neomycin, oxytetracycline and penicillin g was inefficient, while gentamicin, florfenicol, sulfatrimetropim and streptomycin were effective.

Abstract ID: CO-218 Tipo: Poster

Categoría: Cirugía y Podología

HAMARTOMA VASCULAR GINGIVAL EN TERNERO HEREFORD. RESOLUCIÓN QUIRÚRGICA MEDIANTE COLGAJOS.

GINGIVAL VASCULAR HAMARTOMA IN HEREFORD CALF. SURGICAL RESOLUTION USING FLAPS

Zurita M. [1],. Vanoli M. [2]; Franco E. [3]; Madriaga L. [4] , Olchovik A. [5] Tropeano M. [5], Garretto Victoria [5]

[1] Médico Veterinario, Profesor Adjunto, jefe Servicio de Clínica Médica y Quirúrgica de Rumiantes. Hospital Escuela Medicina Veterinaria. UBA. Argentina

[2] Ayudante de 1°, Veterinario UBA, traumatólogo, Servicio de Clínica Médica y Quirúrgica de Rumiantes. Hospital Escuela Medicina Veterinaria UBA.

[3] Anestesiólogo, Veterinario UBA. Actividad privada

[4] Médico Veterinario. Cirujano maxilo-facial. Actividad privada

[5] Servicio de Clínica Médica y Quirúrgica de Rumiantes. Hospital Escuela Medicina Veterinaria UBA.

□ Ayudante de segunda FCV UBA Introducción:

Se describe el tratamiento médico-quirúrgico de una ternera Hereford de tres meses de edad, proveniente de un establecimiento de carne de la Provincia de Buenos Aires (Gral. Alvear), el cual fue derivado al Hospital Escuela de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA) por veterinarios rurales. La ternera fue abandonada por la madre ante la dificultad para poder mamar y fue atendida por los cabañeros y veterinarios locales que administraron calostro sintético y sustituto lácteo hasta llegar a la consulta hospitalaria.

El paciente presentaba una deformación en masa en el lado izquierdo de la mandíbula y maxilar con desviación de ollares, diagnosticado como malformación congénita. Se observaba tejido gingival que sobresalía por la comisura labial. A la revisión clínica se observaba que además presentaba palatosquisis completa. Se realizaron varios estudios clínicos, radiográficos y de tomografía computada, en donde se observó la presencia de una hemimandíbula con dientes supernumerarios y que la deformación del maxilar comprometía el seno correspondiente (doble maxilar). Los estudios histopatológicos arrojaron como resultado un épulis fibromatoso osificante odontogénico.

El término épulis fue empleado en primera instancia por Virchoff en 1864 y deriva de las palabras griegas “epi” (sobre) y “oulon” (encía) (Tamarit-Borràs y col., 2005), ya que indica únicamente un crecimiento sobre la encía sin especificar la naturaleza de la lesión, considerándose imprescindible su estudio histológico para establecer un diagnóstico.

Hasta donde conocemos, este tumor apenas ha sido citado en el ganado, al contrario que en los pequeños animales (especialmente en el perro), en los cuales encontramos numerosas referencias sobre épulis en la bibliografía.

Los épulis provienen del ligamento periodontal y han sido clasificados en tres tipos (Marretta, 2006): (1) épulis fibromatoso, (2) épulis osificante y (3) épulis acantomatoso. Los tres tipos son benignos. Sin embargo, en los bovinos, un tipo de épuli conocido como hamartoma vascular gingival ha sido descrito en la región gingival de la mandíbula (Yeruham y col., 2004; Wilson, 1990; Stanton y col., 1984; Sheahan y Donnelly, 1981), sin embargo, no hay ningún caso descrito de épulis fibromatoso. El hamartoma vascular gingival es una anomalía congénita que afecta a la encía de los terneros.

Materiales y métodos

Los hallazgos radiológicos describieron la presencia de una bóveda craneana común, posible doble formación mandibular y doble estructura mandibular fusionada con presencia de dientes supernumerarios homotópicos. La deformación de tejido blando correspondía con la superficie mandibular y la encía mandibular. En base a estos resultados, se realizó una Tomografía computada observando en los cortes y en la animación computarizada, la extensión y compromiso de los tejidos óseos y presencia de tejido fibroso que formaba parte de la deformación gingival, en base a esto, se evaluaron alternativas quirúrgicas viables para solucionar la deformación y el paladar hendido.

Los estudios sanguíneos y bioquímicos no arrojaron datos relevantes, por lo que se decidió realizar la cirugía reconstructiva máxilo-facial.

Como estrategia anestésica, se premedicó con xilacina 0,05 mg/kg IM +Tramadol 2 mg/kg SC. Se indujo con propofol 0,3 mg/kg EV, hasta obtener relajación para realizar intubación, se continuó con isofluorano al 3% hasta alcanzar plano quirúrgico. Se monitoreó con monitor multiparamétrico. Como estrategia quirúrgica:

1° Tiempo: Se resecó mucosa gingival de la deformación (futuro colgajo) con electrobisturi.

2° Tiempo: Se extirpó la hemimandíbula, dientes supernumerarios y el exceso de maxilar con sierra oscilante para generar espacio masticatorio fisiológico.

3° Tiempo: Para corregir el defecto palatino, decidimos utilizar una variable de la técnica de Howard (colgajo rotacional de 180° del mucoperiostio palatino). El colgajo obtenido se rotó 180°, se realizaron incisiones paralelas sobre el defecto palatino, se realizó la fijación con vicryl 0, logrando tapar el total del defecto palatino. No fue necesario colocar una sonda esofágica.

Resultados y discusión

La frecuencia de los defectos congénitos tiene un rango del 1 al 3% en algunos rodeos de leche y carne. En un estudio llevado a cabo en un matadero de Amsterdam, Misdorp (1967) determinó una incidencia de tumores en terneros del 6 por 100.000, por otro lado, defectos del desarrollo como hamartomas y tumores embrionarios (meduloblastoma y nefroblastoma) han sido descritos en los terneros.

La ternera fue internada durante 10 días para evaluar la adherencia del colgajo. Fue tratada con Penicilia_Estreptomicina 20.000 UI durante tres días y dipirona 30 mg/Kg cada 12 horas durante 48 horas. La ternera no presentaba signos de falsa vía. En un segundo tiempo quirúrgico, se evaluó realizar un cirugía plástica labial para corregir el defecto cicatrizal de la comisura labial.

Abstract ID: CO-299 Tipo: Poster

Categoría: Cirugía y Podología

DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO QUIRÚRGICO DE UNA HERNIA INGUINOESCROTAL DIRECTA EN UN TORO

DIAGNOSIS AND SURGICAL TREATMENT OF A DIRECT INGUINOESCROTAL HERNIA IN A BULL

Vicente Peña Romero[1], JA Sánchez Castro[1], P Guil Alcalá[1], J Jimenez Atienza[1], S Mroreno Jiménez[1]

(1)-Albéitar Clínica Veterinaria Móvil

INTRODUCCIÓN

Las hernias inguinales se producen cuando asas intestinales, omento o ambas estructuras atraviesan el anillo inguinal hacia el canal inguinal. Si el contenido herniado llega al escroto, se denomina hernia inguinoescrotal[1]. Estas hernias pueden clasificarse en directas e indirectas, dependiendo de la relación del saco herniario con la túnica vaginal. Las hernias indirectas son más comunes y se caracterizan por la presencia del contenido herniado dentro de la túnica vaginal, pasando a través del anillo inguinal como una abertura natural. Por otro lado, las hernias directas ocurren cuando el saco herniario se encuentra separado de la túnica vaginal, craneal al anillo inguinal, generalmente causado por una ruptura de la pared abdominal[1].

En bovinos, las hernias inguinales se presentan con mayor frecuencia en el lado izquierdo y de forma unilateral[1]. Es importante tener en cuenta que, en animales con buen estado corporal, el canal inguinal puede contener tejido adiposo, que debe ser distinguido de una verdadera hernia. El diagnóstico clínico incluye la palpación para intentar reducir el contenido herniado y el uso de la ecografía, que permite identificar asas intestinales en el área afectada[1,2].

El tratamiento recomendado es quirúrgico y debe realizarse de manera urgente debido al riesgo de compromiso vascular del contenido herniado, lo que podría comprometer la viabilidad de los tejidos afectados[1,2].

En este trabajo, se describe el diagnóstico y manejo quirúrgico de una hernia inguinoescrotal directa derecha en un toro de raza Limusín atendido por nuestro equipo.

DESCRIPCIÓN DEL CASO

Toro de 2 años de edad, de raza limusin, de unos 1000kg de peso que presenta un abultamiento en la zona inguinal derecha afectando al escroto. La sintomatología presentada por el animal fue ausencia de rumia y ganas de comer, y un evidente dolor, además del abultamiento, manteniéndose una temperatura corporal normal.

Diagnóstico

Mediante examen ecográfico de la zona afectada, se identificaron imágenes compatibles con asas intestinales dentro del abultamiento, sugiriendo una hernia inguinal. Debido a la sintomatología y al diagnóstico por imagen, se decidió proceder con la intervención quirúrgica.

Procedimiento quirúrgico

Se realizó bajo anestesia general utilizando una mezcla compuesta por zolacepam (0,3 mg/ml), tiletamina (0,3 mg/ml), ketamina (0,5 mg/kg) y detomidina (0,04 mg/kg) la cual fue administrada de forma intramuscular. El animal fue colocado en decúbito dorsal, y la región inguinal fue limpiada y preparada de forma aséptica.

Se realizó una incisión de 25-30 cm de longitud, iniciando a nivel del anillo inguinal y extendiéndose hasta la base del escroto[1,2]. Tras disección roma, se accedió al anillo inguinal, donde se confirmó la presencia de una hernia inguinal directa. El contenido herniado no estaba contenido dentro de la túnica vaginal, sino que protruyó debido a una ruptura en la pared abdominal adyacente al anillo inguinal.

El testículo derecho fue extirpado debido al compromiso vascular grave, irreparable, asociado a la hernia. La orquiectomía se realizó de manera cerrada mediante ligadura del cordón espermático con Catgut Nº5 y el uso de un emasculador. Tras la extracción testicular, se verificó que no existía compromiso vascular en los segmentos intestinales herniados. Posteriormente, se redujo la hernia y se reparó la ruptura en la pared abdominal utilizando Supramid Nº4 mediante cuatro puntos en X cerrando a la vez el anillo inguinal. Finalmente, se suturaron los planos subcutáneos y la piel con patrón continuo utilizando el mismo material de sutura.

El toro se recuperó de la anestesia sin complicaciones y presentó una evolución favorable en el postoperatorio inmediato.

En este caso, se instauró un tratamiento con antibioterapia (Bencilpenicilina, 8 mg/kg; Estreptomicina 10 mg/kg) durante 5 días para prevenir posibles infecciones postquirúrgicas. Adicionalmente, se administraron corticoides durante 2 días para reducir la inflamación y el dolor inicial (Dexametasona, 0,06 mg/kg), complementados con un tratamiento antiinflamatorio no esteroideo (Flunixin meglumine, 2,2 mg/kg) durante 2 días.

Es común que ocurra una inflamación postoperatoria considerable entre las 24 y 48 horas posteriores a la cirugía, pronunciándose en casos con adherencias.

El toro fue confinado con estricta limitación del ejercicio por un período de 8 semanas para prevenir complicaciones como recidivas o ruptura de la reparación quirúrgica.

La recuperación del toro fue satisfactoria, sin signos de complicaciones quirúrgicas ni infecciones. La combinación de cuidados postoperatorios, antibioterapia, y manejo antiinflamatorio fue fundamental para garantizar el éxito del procedimiento y la recuperación del animal.

Discusión y Conclusión

El manejo quirúrgico de la hernia inguinoescrotal directa en este toro fue efectivo, destacando la necesidad de orquiectomía unilateral debido al compromiso vascular. Aunque las hernias inguinales suelen ser más comunes en el lado izquierdo, este caso derecho subraya la importancia de una evaluación individualizada[2].

La reparación con sutura de poliéster, junto con un manejo postoperatorio adecuado (antibioterapia, corticoides y antiinflamatorios), permitió una recuperación sin complicaciones. Este caso reafirma que

la intervención temprana y un enfoque integral son clave para un buen pronóstico en toros con esta condición.

BIBLIOGRAFÍA

- Hendrickson DA. (2007). *Techniques in large animal surgery* (3.ª ed.). Wiley-Blackwell.
- Yepez PJ, Klabnik JL, Lozier JW, Niehaus AJ, Miesner MD, Prado TM, Anderson DE, Mulon PY. (2021). Surgical management and outcome of acquired inguinal hernias in mature bulls: 13 cases (2005-2017). J Am Vet Med Assoc, 259(8), 909-913.

Abstract ID: CO-285 Tipo: Poster

Categoría: Gestión de Granjas e Instalaciones

NUTRICIÓN TEMPRANA Y SALUD EN TERNERAS: ESTRATEGIAS PARA LOGRAR UN CRECIMIENTO ÓPTIMO CON SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE ALIMENTACIÓN

EARLY NUTRITION AND HEALTH IN CALVES: STRATEGIES TO ACHIEVE OPTIMAL GROWTH WITH AUTOMATIC FEEDING SYSTEMS

Laura Elvira Partida[1], Carolina Tejero[1]

(1)-MSD Animal Health

Introducción

La nutrición influye en el sistema inmunológico y la salud de las terneras (Edwards y Renaud., 2025). Las terneras dependen inicialmente del calostro, tanto a la hora de establecer la inmunidad temprana, como de recibir nutrientes y sustancias bioactivas. Además, se ha evidenciado como continuar alimentando con leche de transición (LT) los primeros días de vida mejora la absorción de IgG (Hare y col., 2020) y el desarrollo gastrointestinal (Pyo y col., 2018); reduce los tratamientos antimicrobianos (Uyama y col., 2022) y aumenta la ganancia diaria (GMD) al destete (Soest y col., 2020).

Posteriormente, el plano nutricional también puede afectar al funcionamiento del sistema inmune. De hecho, las terneras alimentadas con planos nutricionales más bajos tienen sistemas inmunológicos menos efectivos (Ballou, 2012). Sin embargo, aun cuando alimentamos con planos altos de leche existen grandes diferencias en el consumo individual (Borderas y col., 2009b). Un bajo consumo de leche es un buen indicador de enfermedad, y enfermar puede dar lugar a un crecimiento futuro deficiente (Borderas y col., 2009a). Así, padecer diarrea neonatal (DN) se correlaciona con una menor GMD (Abuelo y col.,2021).

Objetivos

Los objetivos del presente estudio observacional fueron: 1) analizar el papel de distintos factores a la hora de explicar la variabilidad de peso y consumo durante las tres primeras semanas de vida de las terneras; 2) identificar posibles puntos de intervención temprana que puedan implementarse en granja para beneficiar al bienestar, crecimiento y salud de las terneras.

Materiales y métodos.

El estudio se llevó a cabo en una explotación lechera de la provincia de Huesca mediante el seguimiento de 825 terneras. Las terneras se alojaron tras el nacimiento en boxes colectivos y recibieron dos tomas de calostro sondado (4l y 2l, intervalo 8-12 horas) monitorizándose el encalostrado según Lombart y col. (2020). Seguidamente se alimentaron con LT (3 tomas/d de 2 litros) y se pesaron individualmente en báscula (Bosche ETW). A continuación, se reagruparon en corrales de 14 terneras por nodriza (H&L CalfExpert) entre el día 3 y 20 de vida y fueron alimentadas con un plano alto de 8-10 l/día (LT entre

3-8d y leche en polvo a 135g/l de 8-20d). Finalmente, se pesaron de manera individual en báscula (True-

Test ®) el día 20±3 de vida. A lo largo del estudio, se recopiló distinta información individual: nivel de encalostrado, registros de salud (morbilidad y bajas), pesos y consumo de leche (% de consumo respecto a disponible). Para el análisis estadístico, se llevó a cabo un inicialmente un análisis descriptivo.

Posteriormente, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar la relación entre parámetros y se aplicaron análisis de T-Student para analizar posibles diferencias en parámetros continuos.

Resultados y Discusión.

El punto de partida de las terneras fue un buen encalostrado: 84% excelente, 10,6% bueno, 4,1% regular y 1,3% malo, por lo que no se tuvo en cuenta en el estudio a la hora de establecer los grupos en base al PCL. A los 20 días de vida, el peso medio de las terneras fue de 50,51±8 kg (Max 73,5; Min 29) con una GMD20 de 0,631±0,3 kg/d, y una gran variabilidad individual.

Analizamos posibles factores que pudieran haber afectado al peso alcanzado a los 20 días de vida:

1) Peso vivo al nacimiento. El peso medio era muy variable a los 3 días de vida 37,96±4 kg (Max 50; Min 25,7). Sin embargo, el coeficiente de correlación fue moderado (r= 0,49).

2) % de consumo medio de leche (PCL). El coeficiente de correlación fue moderado (r= 0,47). Para analizar con más detalle categorizamos el PCL en 2 grupos: ?80% y >80% encontrando diferencias significativas (p<0,0001): 0,574 kg/d si PCL?80% vs 0,765 kg/d si PCL>80%. Dividimos nuevamente el grupo PCL? 80% en: PCL<60% y PCL60-80%. Las terneras PCL<60% (19% de las terneras) tuvieron una GMD20 mucho menor 0,406 Kg/d y representaron el 35% de las terneras que fueron baja antes del destete.

3) Presencia o no de DN. Las terneras con DN tuvieron una significativa menor GMD 0,546 kg/d que las sanas 0,704 kg/d (p<0,0001). Además, la GMD disminuyó en mayor medida en las terneras con dos o más casos de DN (0,446 kg/d).

Relacionando la presencia de diarrea, con el PCL y la GMD observamos un mayor impacto de las diarreas en las terneras con PCL<60%, 122 g/d menos; mientras que en las PCL>80%, aun presentando diarrea, se reducía esta diferencia a 32g/d.

Conclusiones.

Alimentando a las terneras con un adecuado C, LT y altos planos de leche durante las primeras semanas de vida, se pueden lograr buenos resultados de GMD. Sin embargo, algunas terneras presentan un menor consumo y/o DN, penalizando su crecimiento. Por ello, identificar tempranamente estos problemas, trabajar en prevención y en implementar programas para incentivar el consumo de leche será crucial para garantizar el bienestar, crecimiento y salud de las terneras.

Abstract ID: CO-236 Tipo: Poster

Categoría: Seguridad Alimentaria y Bienestar Animal

VIGILANCIA Y CARACTERIZACIÓN GENÓMICA DE CEPAS MULTIRRESISTENTES DE ESCHERICHIA COLI (BLEE Y AMPC) AISLADAS DE BOVINOS SANOS Y ENFERMOS

SURVEILLANCE AND GENOMIC CHARACTERISATION OF MULTIDRUG-RESISTANT ESCHERICHIA COLI (ESBL AND AMPC) STRAINS ISOLATED FROM HEALTHY AND DISEASED CATTLE

Beatriz Oporto [1], Medelin Ocejo[1], Gorka Aduriz[1], Ana Hurtado[1]

(1)-NEIKER - Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Departamento de Sanidad Animal, Basque Research & Technology Alliance (BRTA), 48160 Derio, Bizkaia, España

La aparición y diseminación de bacterias multirresistentes se ha convertido en una seria amenaza para la salud pública, haciendo imprescindible establecer sistemas de vigilancia que permitan su detección y control. Los aislados de *Escherichia coli* productoras de β-lactamasas de espectro extendido (BLEE y AmpC) destacan por su rápida propagación entre los seres humanos y los animales destinados a la producción de alimentos, por lo que son una excelente diana para la vigilancia. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar y comparar mediante secuenciación de genoma completo (WGS), aislados obtenidos de bovinos sanos y de casos clínicos, con el fin de evaluar la diversidad genética de cepas de *E. coli* (BLEE/AmpC) multirresistentes presentes en las explotaciones bovinas del Norte de España.

Los aislados procedentes de animales sanos se recogieron de heces rectales de 250 bovinos en dos mataderos del País Vasco durante 2022-2023 procesados en 51 *pooles* (cada *pool* formado por aprox. 5 animales procedentes del mismo matadero y fecha de muestreo). Tras un pre-enriquecimiento, se realizó un subcultivo en medio selectivo agar MacConkey suplementado con cefotaxima (1 mg/L) para el aislamiento de *E. coli* (BLEE y/o AmpC). Mediante microdilución en placa se determinaron los perfiles de resistencias antimicrobianas, seleccionando para WGS cepas con una variedad de perfiles fenotípicos de multirresistencia representativos. Por otro lado, se seleccionaron aislados de *E. coli* BLEE y/o AmpC multirresistentes procedentes de casos clínicos (mayoritariamente muestras de origen gastrointestinal) de explotaciones bovinas del norte de España, caracterizados previamente mediante el sistema VITEK®2 (Biomerieux). En total, se secuenciaron los genomas de 38 aislados (12 de sanos y 26 de enfermos) utilizando la tecnología Oxford Nanopore para posteriormente determinar los filogrupos, los perfiles MLST, los determinantes genéticos de resistencia antimicrobiana (DGR), los factores de virulencia (FV) y caracterizar los plásmidos.

Las cepas de *E. coli* se clasificaron mayoritariamente en los filogrupos A (44,7%), B1 (26,3%) y C (18,4%), aunque las de bovinos enfermos se asociaron mayoritariamente al filogrupo A (50%) y los sanos al B1 (42%). Los filogrupos D y G fueron minoritarios y exclusivos de animales enfermos. En general, se observó una gran diversidad genómica, con un total de 23 perfiles ST (*Sequence Type*) de MLST (9 en sanos y 18 en enfermos), la mayoría (16) representados por una única cepa. Cuatro STs (ST-10, ST-58,

ST-88, ST-744) se detectaron tanto en animales sanos como en enfermos. Las cepas clínicas presentaron más plásmidos y de mayor tamaño que las de animales sanos (mediana = 93.781 vs. 73.429 bp). Se identificaron hasta 9 tipos de plásmidos según su replicón en cepas de animales enfermos y 7 en sanos, destacando IncF (71,0% aislados), seguido de IncI (42,1%) e IncH (39,5%). El 97,4% de los aislados albergaron plásmidos portadores de FV, siendo los plásmidos IncF los que presentaron un mayor número (>10 FV en el 57,7% aislados de enfermos y 50% en sanos). En un porcentaje muy alto de aislados se identificaron DGRs frente a β-lactámicos (100% aislados), aminoglucósidos (94,7%), antagonistas de la ruta del folato (94,7%), tetraciclinas (84,2%), quinolonas (78,9%) y fenicoles (73,7%), mientras que los DGRs asociados a resistencia a macrólidos (34,2%), rifampicinas (34,2%) y lincosamidas (28,9%) fueron menos prevalentes. El número de genes de resistencia por cepa fue mayor en aislados asociados a casos clínicos que en sanos (mediana = 15 vs.10). Las mutaciones puntuales (SNPs) asociadas a resistencia a quinolonas fueron más prevalentes en animales enfermos (73,1%) que en sanos (8,3%), mientras que el SNP en el promotor *ampC*, ligado a resistencia a β-lactámicos, fue más frecuente en animales sanos que enfermos (25,0% vs.

7,7%). Todas las cepas clínicas y el 91,7% de las procedentes de animales sanos fueron portadoras

de algún plásmido con genes de resistencia (hasta 3 tipos de plásmidos distintos en una misma cepa). Los plásmidos IncH e IncF presentaron la mayor carga de genes de resistencia. El 38,5% de las cepas de animales enfermos y el 25% de las de sanos, portaban 12-20 genes de resistencia a hasta 8 clases de antimicrobianos en un plásmido tipo IncH o IncF.

La secuenciación de fragmentos largos aplicada a WGS ha permitido profundizar en el conocimiento de las cepas presentes en las explotaciones bovinas, evidenciado la notable diversidad genética de *E. coli* (BLEE/AmpC) multirresistente, así como la circulación de plásmidos portadores de genes de resistencia y virulencia. Además, se han observado diferencias en la distribución y localización de DGRs entre animales sanos y enfermos. Los resultados de este estudio pueden sentar las bases para implementar estrategias de control y vigilancia más eficaces, que permitan detectar de forma temprana las cepas multirresistentes y limitar su propagación en explotaciones ganaderas, contribuyendo así a mejorar el estado sanitario del rebaño y a reforzar la primera línea de la seguridad alimentaria.

Financiación: Departamento de Alimentación, Desarrollo Rural, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco (Proyecto URAGAN 21-00012).

Abstract ID: CO-202 Tipo: Poster Categoría: Varios

FACTORES DE RIESGO PARA BHB EN LECHE, Y LA ASOCIACIÓN DE CETOSIS SUBCLÍNICA CON VARIABLES PRODUCTIVAS Y FERTILIDAD DE LECHERÍAS HOLSTEIN EN CONFINAMIENTO EN CHILE

RISK FACTORS FOR BHB IN MILK, AND THE ASSOCIATION OF SUBCLINICAL KETOSIS WITH PRODUCTIVE VARIABLES AND FERTILITY OF HOLSTEIN DAIRY FARMS IN CONFINEMENT IN CHILE

Pedro Melendez[1], Manuel Vizcaíno-Serrano[1]

(1)-City University of Hong Kong

El objetivo de este estudio fue determinar factores de riesgo para concentraciones elevadas de BHB en leche y evaluar la asociación entre cetosis subclínica (CS) durante los primeros 30 días en lactancia con variables productivas y de fertilidad en ganado lechero Holstein de la zona central de Chile manejado en estabulación intensiva. Se procedió a analizar una base de datos del control lechero oficial llevado a cabo por una cooperativa de productores de leche (Cooprinsem, Osorno, Chile). La base de datos incluyó 26 lecherías y 17.958 lactancias entre 2019 y 2023. También se estudió la asociación entre CS, que fue definida como vacas con una concentración de beta-hidroxibutirato (BHB) en leche mayor a 0,128 mmol/L (equivalente a BHB en sangre 1,2 mmol/L), y la producción de leche, grasa y proteína acumulada a madurez equivalente 305 días (kg). Además, se estudió la asociación entre CS y la tasa de concepción al primer servicio (TCPS). La prevalencia de CS durante los primeros 30 días de lactancia para la población total en estudio fue de 8,38%. Para los factores de riesgo, las vacas multíparas tuvieron una prevalencia de CS de 9,17% y las primíparas de 6,95%. Las vacas multíparas tuvieron una razón de riesgo (RR) de desarrollar CS de 1,35 (IC 95%=1,20-1,51) veces más que las vacas primíparas. Para el largo del periodo de secado, las vacas con más de 70 días de secado tuvieron una prevalencia de CS de 13,86% mientras que para las vacas con un secado normal (30-70 días) fue de 9,31%. La RR para CS fue de 1,56 (IC 95%=1,31-1,86) veces más para las vacas con secado extendido que para las vacas con secado normal. Para la época de partos, las vacas que parieron en invierno, otoño, verano y primavera tuvieron una prevalencia de CS de 7,55%, 7,64%, 8,88% y 9,50%, respectivamente. La prevalencia entre otoño e invierno no fue estadísticamente diferente, pero las vacas que parieron en verano tuvieron una RR de 1,19 (IC95%=1,02-1,38) veces más de desarrollar CS que las vacas paridas en invierno y otoño. Las vacas paridas en primavera tuvieron una RR de 1,28 (IC 95% 1.11-1.48) veces más de contraer CS que las vacas paridas en otoño e invierno. La prevalencia de CS entre vacas paridas en verano y primavera no fue estadísticamente diferente. Finalmente, las vacas con CS y normales tuvieron una producción de leche corregida acumulada (kg) de 12.361 y 12.864 (DE=2.401), respectivamente ($P < 0,001$). Para grasa (kg) fue de 454,9 y 460,3 (DE=101,7), respectivamente ($P=0.13$) y para proteína (kg) fue de 405,8 y 420,6 (DE=78,6), respectivamente ($P < 0.001$). La TCPS fue de 42,9% y 46.1%, respectivamente ($P < 0.01$). Se concluye que las vacas multíparas, con largos de secados mayor a 70 días o que paren en verano o primavera son más propensas a desarrollar CS durante el primer mes de lactancia. Las vacas con CS

produjeron menos leche y proteína acumulada en la lactancia total y tuvieron una menor fertilidad al primer servicio que vacas normales, pero la grasa no fue estadísticamente diferente entre los grupos.