

XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL ANEMBE DE MEDICINA BOVINA

VALLADOLID

FERIA VALLADOLID / VALLADOLID CENTRO CONGRESOS

DEL 20 AL 22 DE MAYO

2026

LA SOSTENIBILIDAD DE LA PROFESIÓN VETERINARIA

LIBRO DE PONENCIAS, COMUNICACIONES ORALES Y POSTER

FUNDACIÓN ANEMBE

Organiza y edita:
Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España
(ANEMBE)

Diseño y maquetación: www.trisquel.com
© ANEMBE 2026

16 CURRÍCULOS

PONENCIAS

28 EL USO DE SEMEN SEXADO EN REBAÑOS LECHEROS IRLANDESES: CONOCIMIENTOS DERIVADOS DE ENSAYOS DE INVESTIGACIÓN Y DATOS DE CAMPO
Dr. Stephen T Butler, C. Maicas, E.Drake, and P. Lonergan

31 RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE EMBRIONES PRODUCIDOS IN VITRO FRESCOS Y CONGELADOS
Dr. Stephen T Butler, A.D. Crowe, E.M. Murphy, L. Thompson, and P. Lonergan

34 GANADERÍA O CENIZAS: PASTOREO PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES Y OTROS SERVICIOS AMBIENTALES. EL EJEMPLO DEL PROYECTO MOSAICO
Dr. Gonzalo Palomo Guijarro

41 GANADERÍA O CENIZAS: PASTOREO PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO. GANADERÍA REGENERATIVA
Jorge Conte

42 MASTITIS... ¿QUÉ HAY DE NUEVO (O NO)?
Dra. Sofie Piepers

44 MATERIAL DE CAMA Y MASTITIS DESDE UNA PERSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN
Dra. Sofie Piepers

46 VALORACIÓN ECONÓMICA DE PRÁCTICAS SOSTENIBLES PARA EL CONTROL DE INFECCIONES POR HELMINTOS EN GANADO VACUNO
Dra. María Martínez Valladares

47 RESISTENCIAS ANTIMICROBIANAS EN PRODUCCIÓN BOVINA: UN ENFOQUE INTEGRAL
Dra. Laura Montoro-Dasi, Ana Marco-Fuertes, Clara Marin

56 LOS DATOS Y LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL
Dr. Alberto Morillo Alujas

72 ¿PUEDEN LAS TECNOLOGÍAS DE GANADERÍA DE PRECISIÓN DETECTAR ANTES QUE TÚ LO QUE PASA EN TU CEBADERO?
Maria Roda Tena y Lorena Castillejos Velázquez

78 ¿MENOS ANIMALES POR CORRAL... MÁS KILOS Y MEJOR BIENESTAR?
Maria Roda Tena y Lorena Castillejos Velázquez

82 THE EVOLUTION OF VACCINOLOGY FOR THE CONTROL OF TICK INFESTATIONS AND TICK-BORNE DISEASES EVOLUCIÓN DE LAS VACUNAS PARA EL CONTROL DE GARRAPATAS Y LAS ENFERMEDADES QUE TRANSMITEN
Dr. José de la Fuente

84 DECISIONES DE MANEJO EN VACUNO DE DEHESA: CÓMO INFLUYE LA INTENSIFICACIÓN Y EXTENSIVIDAD EN LA SOSTENIBILIDAD Y LA HUELLA DE CARBONO
Dr. Vicente Rodríguez Estévez

85	ECOGAN: REGISTRO DE MTD Y CÁLCULO DE EMISIONES A NIVEL DE GRANJA (VACUNO DE CEBO Y VACUNO DE LECHE) Carmen Fernández Moro
94	ECOGAN — UNA HERRAMIENTA DIGITAL PARA UNA GANADERÍA EUROPEA MÁS SOSTENIBLE Dr. Odón Sobrino
97	PÉRDIDAS DE GESTACIÓN EN VACAS LECHERAS: MOMENTO Y CAUSAS Dr. Stephen T Butler, A.D. Crowe, and P. Lonergan
100	TERNEROS ZEROZERO Dr. Jodi Wallace, DVM, MSc.
105	FLUIDOTERAPIA PRÁCTICA EN BOVINOS JÓVENES Y ADULTOS Amanda Hartnack, DVM, MS, DACVS-LA
112	EVALUACIÓN DE HERIDAS EN ANIMALES DE GRAN TAMAÑO: DE “LO SUFICIENTEMENTE LIMPIO” A LO CATASTRÓFICO Amanda Hartnack, DVM, MS, DACVS-LA
115	LA NUTRICIÓN COMO HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO EN VACAS LECHERAS Alexander N. Hristov and Leoni F. Martins
130	MODULACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DEL ENSILADO PARA MINIMIZAR PÉRDIDAS Y LA PRESENCIA DE MICROORGANISMOS INDESEABLES Dr. Luiz F. Ferraretto
131	OPTIMIZACIÓN DEL PAPEL DEL ALMIDÓN COMO FUENTE DE ENERGÍA EN VACAS LECHERAS Dr. Luiz F. Ferraretto
132	DIAGNÓSTICO DE LA MASTITIS AMBIENTAL Y SU RELACIÓN CON EL MATERIAL DE CAMA: EVALUACIÓN, MUESTREO Y SOLUCIONES Dra. Zyncke Lipkens
133	LA MASTITIS AMBIENTAL EN LA PRÁCTICA: CASOS DE CAMPO Y DIAGNÓSTICO Dr. Zyncke Lipkens
134	LA CARNE BOVINA TROPICAL: BASES GENÉTICAS, SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y LÍMITES ESTRUCTURALES DE CALIDAD EN EL CONTEXTO DE LOS MERCADOS INTERNACIONALES Dra. María de la Salud Rubio Lozano
137	CARNE CULTIVADA: MÁS DE DIEZ AÑOS DE AVANCES HACIA UNA ALIMENTACIÓN MÁS SOSTENIBLE Dra. María Salud Rubio Lozano
142	SELECCIÓN Y DESARROLLO DE NOVILLAS DE REPOSICIÓN EN VACUNO DE CARNE: LECCIONES DEL PROGRAMA SHOW-ME-SELECT DE MISSOURI J.M. Thomas
145	NUEVOS ENFOQUES PARA LA GESTIÓN DEL PASTOREO Javier Álvarez Rodríguez
149	CALIDAD MICROBIOLOGICA DEL AGUA EN VACUNO DE LECHE Fernando Sanagustin

156 EL CONTROL OFICIAL DEL BOTIQUÍN VETERINARIO
Mª del Mar Bravo Rodríguez

157 NECROPSIA: EXAMEN POST MORTEM QUE SE REALIZA EN UN CADÁVER CON EL OBJETIVO DE OBTENER INFORMACIÓN SOBRE LAS CAUSAS Y CIRCUNSTANCIAS DEL FALLECIMIENTO
Javier Camba

161 JOBSYNCH: SINCRONIZACIÓN DE TAREAS EN GRANJAS LECHERAS
José M. Vidal

163 PROLONGACIÓN DE LA DURACIÓN DE LA LACTANCIA
ÁNGEL AVILA

164 ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DEL VACUNO DE CARNE EN GALICIA (2024): ESTRUCTURA DE COSTES, RESULTADOS Y PALANCAS TÉCNICO-PRODUCTIVAS PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD
Dr. José Manuel Andrade Calvo

174 TRATAMIENTO LAPAROSCÓPICO DEL DESPLAZAMIENTO DE ABOMASO EN VACAS LECHERAS
Dr. Juergen Rehage

177 HIPERCETONEMIA EN VACAS LECHERAS - ¿TRASTORNO O ADAPTACIÓN?
Dr. Juergen Rehage

178 NUEVAS ESTRATEGIAS PARA LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO PREVIA A LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO O LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES
Dr. J.M. Thomas

183 INVERSIÓN EN MANEJO REPRODUCTIVO Y EL IMPACTO ECONÓMICO DE LA CONCEPCIÓN TEMPRANA
Dr. J.M. Thomas

185 ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EXPLOTACIONES LECHERAS MEDIANTE LA ALIMENTACIÓN
Dr. Alexander N. Hristov

197 STREPTOCOCCUS UBERIS COMO PATÓGENO DE LA MASTITIS: ¿AMBIENTAL O CONTAGIOSO, TRANSITORIO O PERSISTENTE?
Dra. Sofie Piepers

199 NO MEZCLAR PRODUCTOS QUÍMICOS EN UNA EXPLOTACIÓN LECHERA
Dra. Sofie Piepers

201 LA IMPORTANCIA DE LA BIOSEGURIDAD EN EL CONTEXTO ACTUAL: OPORTUNIDADES DE MEJORA
Dr. Alberto Allepuz

203 DISEÑO DE PLANES DE BIOSEGURIDAD EN GRANJA PARA REDUCIR EL RIESGO DE ENTRADA DE ENFERMEDADES
Dr. Alberto Allepuz

206 PROTOCOLOS ANESTESIOCOS EN GANADO EXTENSIVO Y DE LIDIA. MEZCLAS ANESTÉSICAS
Vicente Peña

209 MÁS ALLÁ DE UN ÚTERO Y DOS OVARIOS ECOGRAFÍA CLÍNICA DE LA VACA: METODO BOVATUS
Dr. Camilo Cabra García, MV, MSc

219 PATOLOGÍAS ABDOMINALES Y TORÁCICAS MÁS COMUNES DIAGNOSTICADAS CON ECOGRAFÍA MÉTODO BOVATUS
Dr. Camilo Cabra Garcia , MV, MSc

230 ESTADO ACTUAL DE LAS TÉCNICAS DE MODIFICACIÓN GENÉTICA APLICADAS AL GANADO BOVINO
Irala C., Flores-Borobia I., Martínez de Los Reyes N., González-Brusi L., Galiano Cogolludo B., Siegmund-Sabater A., Ramos-Ibeas P., Bermejo-Álvarez P.

236 DIGITALIZACIÓN, CIENCIA DE DATOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SANIDAD Y PRODUCCIÓN ANIMAL
Dr. Carlos Piñeiro

238 ESPACIOS DE DATOS EN LA CADENA AGROALIMENTARIA: VALOR Y SERVICIOS GENERADOS PARA LOS VETERINARIOS
Dr. Carlos Piñeiro

COMUNICACIONES ORALES

242 CO-367 | Sanidad
ANÁLISIS TRANSCRIPTÓMICO DE SANGRE PERIFÉRICA DE VACAS FRISONAS SUBCLÍNICAS NATURALMENTE INFECTADAS CON MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS IDENTIFICA RESPUESTAS INMUNITARIAS INNATAS SISTÉMICAS E INHIBICIÓN DE TRADUCCIÓN
Arrate Prado López, Gerard Badia-Bringué, Rosana Torremocha, Alejandra Isabel Navarro-León, Rosa Casais, Marta Alonso-Hearn

243 CO-352 | Reproducción
ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA (HCG) EN VACAS LECHERAS DE ALTA PRODUCCIÓN SOMETIDAS A ESTRÉS TÉRMICO PARA MEJORAR LA FERTILIDAD A PRIMERA INSEMINACIÓN POSPARTO
Inmaculada Cuevas-Gómez, Iris Cuchí Cava, Javier Jiménez Bejarano, Javier Lozano, Guillermo Lorenzo Díaz, Carles Porta Sabaté, Raul Troya Ruiz, Eber Rojas Cañadas, José María Sánchez

244 CO-308 | Calidad de Leche
EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD DE LA TERAPIA ANTIBIÓTICA DE LA MASTITIS CON PENICILINA 300 MG/ML EN GRANJAS LECHERAS DE GALICIA.
Raúl Martínez Fernández, Jose Luis Míguez Vázquez, Sergio Nadal Zuferri

245 CO-364 | Medicina
IMPACTO DEL USO DE UN PRODUCTO DE FERMENTACIÓN DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE (SCFP) EN EL CRECIMIENTO, USO DE ANTIBIÓTICOS Y SALUD RESPIRATORIA EN TERNERAS DE RECRÍA
F. Javier Saavedra López, Guadalupe Fernández Fondevila, Pedro Sedano Jaime

246 CO-366 | Sanidad
ASOCIACIÓN ENTRE NIVELES ALTOS DE INTERFERÓN-ɣ EN RESPUESTA A LA TUBERCULINA AVIAR Y BOVINA EN PLASMAS ESTIMULADOS DE TOROS Y LA GENÉTICA DEL HUÉSPED
Gerard Badia Bringué, Arrate Prado-López, José Antonio Jiménez, Marta Alonso-Hearn

247 CO-368 | Sanidad
VARIANTES GENÉTICAS REGULADORAS QUE AFECTAN A LA EXPRESIÓN DE LA ADIPOGENINA Y LA METALOPEPTIDASA KELL INFLUYEN EN LA SUSCEPTIBILIDAD A LA PARATUBERCULOSIS EN VACAS FRISONAS
Arrate Prado López, Gerard Badia-Bringué, Patricia Vázquez, Joseba M. Garrido, Ramón A. Juste, Marta Alonso-Hearn

248 CO-333 | Extensivo
EFECTOS DE LA SUBNUTRICIÓN MATERNA Y LA SUPLEMENTACIÓN CON HIDROXITIROSOL DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DE GESTACIÓN SOBRE CRECIMIENTO Y PERFILES FISIOLÓGICOS DE NOVILLAS DE CARNE
Leire López de Armentia Osés, Agustí Noya Clavé, Olaia Akesolo-Atutxa, Beatriz Serrano-Pérez, Javier Álvarez Rodríguez, Javier Ferrer Achiaga, Albina Sanz Pascua

249 CO-309 | Extensivo
MONITORIZACIÓN MEDIANTE BIOLOGGERS DE TEMPERATURA CORPORAL, FRECUENCIA CARDÍACA Y VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN VACAS DE LIDIA BAJO CONDICIONES ESTIVALES NATURALES
Marta Elena Alonso de la Varga, Pablo Iglesias Santiago, Javier Plaza Martín, Jaime Nieto de la Losa, Carlos Palacio Riocercos, Luis Morales García, Juan Manuel Lomillos Pérez, Alfonso Abecia Martínez

250 CO-386 | Sanidad
PROGRESIÓN DE LA LESIÓN PULMONAR DETECTADA MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA Y SU ASOCIACIÓN CON EL CONSUMO DE LECHE Y EL CRECIMIENTO EN TERNERAS LECHERAS
Carolina Tejero Gallego Tejero Gallego, Clara Rial, Jose María Pont

251 CO-324 | Sanidad
PERFIL PROTEÓMICO DE ANIMALES TOLERANTES A LA PARATUBERCULOSIS BOVINA.
Eva Blanco-Costales, Alejandra Isabel Navarro León, Susana Belén Bravo López, Nuria Adela Menéndez-Arias, Tania Iglesias, Gerard Badía-Bringé, Patricia Vázquez, Joseba Mirena Garrido, Ramón Juste, Marta Alonso Hearn, Rosa Casais

252 CO-375 | Reproducción
UNA NUEVA ESTRATEGIA DE PRESINCRONIZACIÓN MEJORA LA FERTILIDAD, RESPUESTA OVULATORIA Y LA EXPRESIÓN DEL ESTRO EN VACAS DE CARNE SOMETIDAS A UN PROTOCOLO 5DCO-SYNCH+P4
Iris Cuchi, Teresa Flores, Antonio Lucero, José María Sánchez, Eber Rojas Canadas

253 CO-392 | Sanidad
DESCRIPCIÓN DE BROTES DE NEUMONÍA CON ALTA MORTALIDAD EN VACAS DE LECHE EN EL NORTE DE ESPAÑA
Laura Elvira Partida, Carlos Carbonell, Carlos Pérez, Manuel Antelo, Joseba Odriozola, Maria José Tuñón, Juan Vicente González

254 CO-379 | Cebo
EVALUACIÓN DE UN PROTOCOLO VACUNAL AMPLIADO FRENTE AL SÍNDROME RESPIRATORIO BOVINO EN TERNEROS MAMONES: IMPACTO SANITARIO Y PRODUCTIVO
Laura Elvira Partida, Javier Lillo, Concepción Fernández

255 CO-376 | Extensivo
RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS SEMINALES Y LA APTITUD REPRODUCTIVA EN TOROS DE RAZA AVILEÑA-NEGRA IBÉRICA
Pablo Iglesias Santiago, Clara Gómez Bautista, Juan Manuel Lomillos Perez, Mar Gonzalez, Vicente Jimeno Vinatea, Almudena Cabezas Albeniz

256 CO-358 | Extensivo
RELACIÓN ENTRE LA VISCOSIDAD SEMINAL, LA CALIDAD DEL SEMEN Y EL ESTATUS SANITARIO EN TOROS DE EXPLOTACIONES DE GANADO EXTENSIVO
Pablo Iglesias Santiago, Clara Gómez Bautista, Juan Manuel Lomillos Perez, Vicente Jimeno, Almudena Cabezas Albeniz

257 CO-313 | Sanidad
INFECCIONES POR HEMOPLASMAS EN BOVINOS DE GALICIA: ¿REPRESENTAN UNA AMENAZA PARA LAS GANADERÍAS?
Pablo Diaz Fernandez, David García Dios, Salomé Fernández Santamariña, Laura Valle Vicente-Franqueira, Néstor Martínez Calabuig, Carlota Fernández González, Ana Saldaña Ruiz, María Belén Hernández Garabal, Laura Junquera Vázquez, Gonzalo López Lorenzo

258 CO-347 | Sanidad
BROTE DE IAAP H5N1 EN GRANJAS LECHERAS DE CALIFORNIA: IMPACTO CLÍNICO Y EXPERIENCIA DE LOS PRODUCTORES
Alexandre Rico, Rubia Branco Lopes, Alfonso Lago, Daniela Bruno, Noelia Silva del Río

259 CO-378 | Sanidad
CONTROL DE CRIPTOSPORIDIOSIS NEONATAL EN GRANJAS DE VACUNO LECHERO MEDIANTE VACUNACIÓN Y/O ALIMENTACIÓN PROLONGADA CON LECHE DE TRANSICIÓN. ¿UNA ALTERNATIVA A LA METAFILAXIA?
Laura Elvira Partida, Carlos C, Ana Santos, Manuel Sarda Arés

260 CO-353 | Sanidad
AISLAMIENTO DE SALMONELLA SPP. EN PATOLOGÍA DIGESTIVA BOVINA: PREVALENCIA Y SEROTIPOS IMPLICADOS
Olaia Akesolo-Atutxa, Nisrin Maassoumi Nouha, Estefanía Rivero Muñoz, Anton Esnal de la Presa

261 CO-355 | Seguridad Alimentaria y Bienestar Animal
¿SABEMOS RECONOCER EL DOLOR EN LAS VACAS? EFECTO DE UNA ESCALA BASADA EN EXPRESIONES FACIALES EN LA FORMACIÓN VETERINARIA.
Teresa Fernández Jiménez, Yousra Lahrach, Alejandra Villaescusa Fernández, Michela Tatiana Re

262 CO-381 | Cebo
EVALUACIÓN DE DISTINTOS TRATAMIENTOS Y PAUTAS DE MANEJO EN TERNEROS LACTANTES A LA LLEGADA AL CEBADERO MEDIANTE ECOGRAFÍA TORÁCICA
Joan Tutusaus Batlle, Irina Garcia Ispierto

263 CO-332 | Nutrición
EVALUACIÓN DE ASPARAGOPSIS ARMATA EN LA REDUCCIÓN DE METANO Y SU IMPACTO SOBRE LA FERMENTACIÓN RUMINAL
Adriana Siurana, Maria Roda, Laia Garrido, Elena Michel, Jorge Santamaría, Raül González, Lorena Castillejos

264 CO-382 | Extensivo
OLIGOELEMENTOS EN SEMEN BOVINO: UN FACTOR CLAVE DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA EN SEMENTALES DE CARNE EN EXTENSIVO
Andrés Couso-Viana, Belén Larrán, Juan Pérez-Salas, Marcello Guadagnini, Pablo Iglesias, Vicente Hernández, Carmen Arrobas, Marta Miranda

265 CO-383 | Reproducción
EFICACIA COMPARATIVA DE DOS MÉTODOS DE DETECCIÓN DE CELO TRAS PRESINCRONIZACIÓN CON PROSTAGLANDINAS EN VACUNO DE CARNE.
Luis Quevedo Sánchez, Carlos C. Pérez Marín, Luis Quevedo Neyra

266 CO-306 | Reproducción
UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA Y LA TERMOGRAFÍA EN LA DETECCIÓN DE SUBFERTILIDAD EN TOROS INFECTADOS POR BESNOITIA BESNOITI
Silvia Ruiz Caballero, Michela Tatiana Re, Carlos Críspulo Coronel Araújo, Nerea Ramos Pérez, Francisco Javier Blanco Murcia

267 CO-307 | Calidad de Leche
INTERACCIONES DEL ESTRÉS TÉRMICO CON LA ETAPA POSPARTO PARA REMODELAR LA COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE EN VACAS HOLSTEIN EN CLIMA OCEÁNICO.
Elena Niceas Martínez Díez, Cristina Castillo Rodríguez, Joaquín Hernández Bermúdez, Rodrigo Muiño Otero

268 CO-384 | Sanidad
IMPACTO A CORTO Y LARGO PLAZO DEL USO DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN AUTOMÁTICO EN LA SALUD, SUPERVIVENCIA Y PRODUCCIÓN DE TERNERAS HOLSTEIN
Carolina Tejero Gallego, Luz Sales, Clara Rial, Juan Muiña, Lorenzo Fraile, André Preto, Laura Elvira

269 CO-385 | Nutrición
¿VALE LA PENA PROMOVER EL CRECIMIENTO EN LOS PRIMEROS DÍAS DE VIDA? IMPACTO DE UN ESTÍMULO NUTRICIONAL TEMPRANO INTENSIFICADO SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA SALUD EN TERNERAS LECHERAS
Carolina Tejero Gallego Tejero Gallego, Clara Rial, Jose María Pont

270 CO-387 | Nutrición
RUMIA TEMPRANA COMO INDICADOR FUNCIONAL DE LA TRANSICIÓN DE TERNERAS LACTANTES A RUMIANTES
Carolina Tejero Gallego Tejero Gallego, Clara Rial, Jose María Pont, Laura Elvira

271 CO-301 | Nutrición
IMPACTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON TRES EXTRACTOS DE FERMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA EN VACAS LECHERAS
Jaime ALCAÑIZ, Dominique BOUCHUT, Robert Roszkos

272 CO-357 | Cebo
SEGURIDAD Y RESPUESTA SEROLÓGICA DE UNA VACUNA MULTIVALENTE MARCADA FRENTE A LA ERB, ADMINISTRADA A TERNEROS DE CEBO DE 2-4 SEMANAS DE VIDA
Pere Ordis Pla, MARC VILA, MARTA GIBERT, MARINA SOLÉ, WOJCIECH PTAK, MASSIMILIANO BARATELLI, CARLOS MONTBRAU, JOSEP SOLER

272 CO-334 | Cebo
VARIACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE PADECER SRB EN UN SISTEMA DE CEBO TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LA NORMATIVA DE USO SOSTENIBLE DE ANTIBIÓTICOS.
Rubén Prieto Moreno, Jesús Balas Dávila, Sergio José Marqués Prendes, Manuel Cerviño López, Susana Astiz Blanco

273 CO-350 | Cebo
EVALUACIÓN DE TERNEROS MAMONES TRATADOS CON UNA MEZCLA DE FITOGÉNICOS NANO-EMULSIONADOS A BASE DE EUCALIPTO Y MENTOL MEDIANTE ECOGRAFÍA PULMONAR
Joan Tutusaus Batlle, Irina García Ispierto, Encarna Mata, Amalia Espejo

274 CO-370 | Cebo
EFECTO DE UN ADITIVO A BASE DE SAPONINAS SOBRE EL CONSUMO DE PIENSO Y AGUA, EFICIENCIA PRODUCTIVA Y PARÁMETROS SANITARIOS EN TERNEROS PASTEROS
Josep Soler Cucurella, Rui Esteves Lopes, Valentin Nenov

275 CO-360 | Cebo
ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE LAS LESIONES PULMONARES SUBCLÍNICAS EN TERNEROS LACTANTES DENTRO DE UN MISMO CORRAL EN UN CEBADERO COMERCIAL
Joan Tutusaus, Lorenzo Fraile, Ramon Armengol

276 CO-349 | Varios
PRODUCTIVIDAD LABORAL EN EMPRESAS DE BUIATRAS LABOR
Sergio Santos López, Nadia Valdés Martínez, Marta Mellado García, Mª Paz Montone Romanelli

277 CO-362 | Gestión de Granjas e Instalaciones
CAUSAS DE ELIMINACIÓN EN EXPLOTACIONES LECHERAS DEL MUNICIPIO DE BARCELOS (NORTE DE PORTUGAL)
Cátia Lemos, Luís Ángel Quintela, Renato Barrionuevo, Adriana Pereira, Joaquim Oliveira Lima Cerqueira

278 CO-377 | Sanidad
DINÁMICA DE ANTICUERPOS FRENTE A GP40 DE CRYPTOSPORIDIUM PARVUM EN EL CALOSTRO Y LECHE DE TRANSICIÓN DE VACAS VACUNADAS EN UNA GRANJA LECHERA.
Laura Elvira Partida, Judith Baltasar, Lorenzo Fraile

279 CO-343 | Sanidad
IMPACTO DE LA EXPOSICIÓN AL VIRUS DE LA ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN BROTES DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA
María Belén Hernández Garabal, Laura Junquera, Gonzalo López-Lorenzo, Ana Saldaña, Carlota Fernández-González, Néstor Martínez-Calabuig, David García Dios, Rosario Panadero, Alberto Prieto, Gonzalo Fernández, José Manuel Díaz-Cao

280 CO-312 | Cebo
MONITORIZACIÓN SEROLÓGICA DE LA RESPUESTA INMUNE FRENTE AL HERPESVIRUS BOVINO TIPO 1 (IBR) EN TERNEROS LACTANTES DESTINADOS A CEBO
Iván Mato Iglesias, Pere Ordis Pla, Margarita Barreto Jiménez, César Abruña Coomonte, Martijn Seelie, Wojciech Ptak

281 CO-311 | Cebo
MONITORIZACIÓN SEROLÓGICA DE LA RESPUESTA INMUNE FRENTE AL VIRUS DE LA DIARREA VÍRICA BOVINA (BVDV) TRAS LA VACUNACIÓN EN TERNEROS LACTANTES DESTINADOS A CEBO
Iván Mato Iglesias, Pere Ordis Pla, Margarita Barreto Jiménez, César Abruña Coomonte, Martijn Seelie, Wojciech Ptak

283 CO-338 | Reproducción
INTEGRACIÓN MULTIVARIANTE DE PARÁMETROS SEMINALES Y RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS EN BOVINOS APLICANDO METODOLOGÍA DE LA FAMILIA STATIS
Alberto Benito Díaz, Purificación Vicente Galindo, María Anciones Polo, Mónica Montañés Foz, Raúl Bodas Rodríguez, Juan José García García, Ainhoa Sarmiento García

283 CO-327 | Seguridad Alimentaria y Bienestar Animal
NIVELES DE GRELINA EN TERNEROS LACTANTES: INFLUENCIA DE LA SEPARACIÓN POSTNATAL DE LA MADRE EN GRANJAS DE LECHE
Silvia Rojo Montejo, Cynthia López-Novo, Nicolás Mejuto-Vázquez, Margarita Rico, Ruth Rodríguez-Bermúdez, Francisco Javier Diéguez, Ramiro Fouz

284 CO-336 | Extensivo
EFECTO DE LA INMUNIZACIÓN MATERNA FRENTE A LA DIARREA NEONATAL EN GANADO DE LIDIA: IMPACTO EN LA MORBILIDAD Y MORTALIDAD.
Rubén Prieto Moreno, Elisa Cáceres Martín, María Eugenia Revilla Ruiz, José Antonio Zúñiga Montero, Manuel Cerviño López, Susana Astiz Blanco

285 CO-305 | Varios
INMUNOTERAPIA ORAL PASIVA CON IGY PARA EL CONTROL DE ESCHERICHIA COLI, EIMERIA SPP. Y CRYPTOSPORIDIUM PARVUM EN RUMIANTES NEONATOS
Shofiqur Rahman, Juan Antonio Mesonero Escuredo

286 CO-391 | Reproducción
IMPORTANCIA DEL REGISTRO DE CELOS PREPUBERALES EN LA GESTIÓN REPRODUCTIVA DE NOVILLAS MONITORIZADAS CON SENSORES DESDE EL NACIMIENTO
Laura Elvira Partida, Carolina Tejero, Luis García, Jaime VIvas, Juan Muiña, Juanita Pineda, A P, Eran Friedman

287 CO-314 | Reproducción
ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE EL EFECTO DE LA INTERLEUQUINA 6 EN EL DESARROLLO DE EMBRIONES IN VITRO.
Antía Acción Carro, Jacobo Álvarez, Renato Barrionuevo, Juan José Becerra, Ana Isabel Peña, Luis Ángel Quintela, Uxía Yáñez

288 CO-325 | Nutrición
VARIACIÓN SÉRICA DE MINERALES A LO LARGO DE LA LACTACIÓN EN VACAS HOLSTEIN FRIESIAN DE DIFERENTES PARIDADES
Candela Fernández-Villa, Belén Larrán B, Lucas Rigueira, Daniel Castro, Víctor Pereira, Laura Fresco Rey, Marta López-Alonso M, Marta Miranda M

289 CO-388 | Reproducción
PERFIL METAGENÓMICO DEL FLUIDO FOLICULAR EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO SANAS Y CON ENDOMETRITIS CLÍNICA EN EL POSTPARTO
Uxía Yáñez Ramil, Milena Krupa, Lei Xie, Hussnain Rashid, Felipe Mendoza, Laura Tovar Pascual, Osvaldo Bogado Pascottini

290 CO-348 | Calidad de Leche
INFLUENCIA DEL GENOTIPO DE K-CASEÍNA EN LA COAGULACIÓN Y EL RENDIMIENTO QUESERO DE LECHE A2
Iker Urdaniz Moreno, Lucía Jiménez Montenegro, Miren Sagarzazu, Jorge Eseverri, Borja Apellaniz, José Antonio Mendizabal, Irache Echeverría, Beatriz Soret, Olaia Urrutia

291 CO-316 | Reproducción
USO DE LA ECOGRAFÍA EN MODO DOPPLER EN LA DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS UTERINAS EN EL GANADO VACUNO.
Antía Acción Carro, Jacobo Álvarez, Renato Barrionuevo, Álvaro Martín Rivero, Juan José Becerra, Ana Isabel Peña, Luis Ángel Quintela, Uxía Yáñez

PÓSTER

294 CO-303 | Nutrición
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE DOS FUENTES DE MINERALES TRAZA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE, LA REPRODUCCIÓN Y LA SALUD EN VACAS LECHERAS.
Stéphane Durosoy

295 CO-310 | Nutrición
EVALUACIÓN DE UN BOLO CON LEVADURA, MINERALES Y ANTIOXIDANTES ADMINISTRADO AL PARTO SOBRE EL RENDIMIENTO EN LA TRANSICIÓN DE VACAS LECHERAS HOLSTEIN EN REPÚBLICA CHECA
Antonella Della Badia, Rodrigo García-Lastra, Tom Novotny, Michael Reid

295 CO-318 | Reproducción
EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA VAGINAL, CERVICAL Y RECTAL Y EL TAMAÑO DEL CUERPO LÚTEO EN EL DÍA 7 POST INSEMINACIÓN ARTIFICIAL
Mònica Llobera Balcells, Mònica Pando Jaén, Ángela Martínez Alfaro, Irina Garcia Ispierto

296 CO-319 | Cirugía y Podología
RESOLUCIÓN DE UNA LACERACIÓN PROFUNDA EN EL EXTREMO DISTAL DEL PEZÓN PREVIO AL SECADO EN UNA VACA HOLSTEIN.
Coral Melchor González Melchor González

297 CO-322 | Reproducción
PREVALENCIA DE ENDOMETRITIS EN VACAS DE MATADERO EN EL NOROESTE DE ESPAÑA: EVALUACIÓN MACROSCÓPICA Y CITOLÓGICA
Antía Acción Carro, Jacobo Álvarez, Renato Barrionuevo, Juan José Becerra, Ana Isabel Peña, Luis Ángel Quintela, Uxía Yáñez

298 CO-328 | Sanidad
CARACTERIZACIÓN DEL INFILTRADO INFLAMATORIO EN LA INFECCIÓN NATURAL POR MYCOPLASMA BOVIS: ESTUDIO PRELIMINAR
Ester Párraga-Ros, Ana García-Galán, Christian De la Fe, Joaquín Amores-Iniesta, Juan Carlos Corrales Romero, Xochitl Hernández Martínez, Carlos Manuel Martínez-Cáceres, Elena Goyena, Juan Seva

299 CO-329 | Cebo
CARACTERIZACIÓN DE LA MICROBIOTA RUMINAL DEL GANADO VACUNO DE CARNE
JUAN JOSÉ GARCÍA GARCIA, Alberto Benito Díaz, Patricia González García, Jerson Garita Cambronero

300 CO-330 | Sanidad
MEDICIÓN DE ACEITES ESENCIALES NANO EMULSIONADOS CON EL OBJETIVO DE PREVENIR Y/O REDUCIR DIARREAS NEONATALES EN TERNEROS DURANTE LA FASE DE LACTACIÓN
Amalia Espejo Aguilar Espejo Aguilar, Román González Sanmartin, Jenny Ríos Caamaño

301 CO-337 | Sanidad
CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA PARASITARIA EN GANADERÍAS DE VACUNO DE CARNE DE CASTILLA Y LEÓN.
Alberto Benito Díaz, Mónica Montañés Foz, Juan José García García

302 CO-341 | Sanidad
EVALUACIÓN A CAMPO DE ESTRATEGIAS VACUNALES FRENTE A LA QUERATOCONJUNTIVITIS INFECCIOSA BOVINA EN URUGUAY
Sebastián Rossi Hernández, Valentina Skuras, Eliana Rodriguez, José Betancurt, Laureana De Brun

303 CO-342 | Reproducción
EFECTO DE INDICADORES DE ESTRÉS TÉRMICO EN EL DÍA DE LA INSEMINACIÓN SOBRE LA FERTILIDAD Y LAS PÉRDIDAS EMBRIONARIAS EN VACAS LECHERAS DE ALTA PRODUCCIÓN
Ángela Martínez Alfaro, Mònica Pando Jaén, Mònica Llobera Balcells, Irina Garcia Ispierto

303 CO-345 | Sanidad
VIREMIA PROLONGADA EN GANADO BOVINO INFECTADOS POR EL VIRUS DE LA ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA
María Belén Hernández Garabal, Laura Junquera, Gonzalo López-Lorenzo, Ana Saldaña, Carlota Fernández González, Néstor Martínez-Calabuig, David García-Dios, Pablo Díaz, Alberto Prieto, Gonzalo Fernández, José Manuel Díaz-Cao

304 CO-346 | Sanidad
COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DIAGNÓSTICO DE LA QPCR Y CULTIVO MICROBIOLÓGICO PARA LA DETECCIÓN DE PROTOTHECA SPP. EN MUESTRAS DE LECHE.
JOSE MANUEL DIAZ CAO, Gonzalo López-Lorenzo, María Belén Hernández-Garabal, Laura Junquera, Alberto Rodríguez-Lozano, Cynthia López-Novo, Susana Remesar-Alonso, Néstor Martínez-Calabuig, Ceferino Manuel López, Gonzalo Fernández, Alberto Prieto-Lago

305 CO-354 | Reproducción
INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO Y LA ESTACIONALIDAD DEL PARTO SOBRE LA SALUD POSPARTO Y LOS TRASTORNOS METABÓLICOS EN VACAS LECHERAS DE ALTA PRODUCCIÓN
Mònica Pando Jaén, Ángela Martínez Alfaro, Mònica Llobera Balcells, Irina García Ispierto

306 CO-356 | Nutrición
EFECTO DE LA SUBNUTRICIÓN Y DEL HIDROXITIROSOL DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DE GESTACIÓN DE VACAS NODRIZAS SOBRE LA METILACIÓN DEL ADN DE LA DESCENDENCIA
Melissa Carvajal Serna, Albina Sanz, Olaia Akesolo-Atutxa, Leire López de Armentia, Agustí Noya, Jorge Hugo Calvo

307 CO-361 | Sanidad
EXPERIENCIA EN CAMPO: PRIMEROS RESULTADOS DEL CONTROL DE LA DERMATOFITOSIS BOVINA MEDIANTE INMUNIZACIÓN AUTÓGENA
Cristina Baselga, Celia Sanz, Arola Rovira, Silvia Anía, Ana Pérez, Ana Fernández

308 CO-363 | Seguridad Alimentaria y Bienestar Animal
EVALUACIÓN DEL BIENESTAR DE VACAS LECHERAS EN EXPLOTACIONES DEL MUNICIPIO DE BARCELOS (NORTE DE PORTUGAL) MEDIANTE INDICADORES BASADOS EN EL ANIMAL
Cátia Lemos, Luís Ángel Quintela, Renato Barrionuevo, Adriana Pereira y Joaquim Oliveira Lima Cerqueira

309 CO-365 | Seguridad Alimentaria y Bienestar Animal
CIRCULACIÓN EMERGENTE DE BLACTX-M-65 EN E. COLI DE ORIGEN BOVINO EN ESPAÑA MEDIADA POR PLÁSMIDOS MULTIRRESISTENTES INCHI2
Medelin Ocejo, Beatriz Oporto, Ana Hurtado

310 CO-369 | Sanidad
INFECCIONES POR PIROPLASMAS EN GANADO VACUNO EN PASTOREO DE LA PROVINCIA DE OURENSE
Pablo Diaz Fernandez, Carlota Fernández González, Pablo Rodríguez Rodríguez, Susana Remesar Alonso, David Fentes Diéguez, David García Dios, Néstor Martínez Calabuig, Ana Saldaña Ruiz, Gonzalo López Lorenzo, María Belén Hernández Garabal, Laura Junquera Vázquez

311 CO-371 | Cebo
¿AFECTA LA SUBNUTRICIÓN MATERNA Y EL HIDROXITIROSOL A FIN DE GESTACIÓN AL ESPESOR DE GRASA SUBCUTÁNEA Y AL DIÁMETRO DE ADIPOCITOS EN TOROS DE CEBO?
Olaia Akesolo-Atutxa, Eva Monleón, José Antonio Mendizabal, Guillermo Ripoll, Beatriz Soret, Iker Fernández-Durá, Carmen Garza, Leire López de Armentia, Agustí Noya, Albina Sanz

312 CO-372 | Sanidad
PATÓGENOS ASOCIADOS A MAMITIS BOVINA EN LECHE DE TANQUE: DETECCIÓN EN REBAÑOS DEL PAÍS VASCO Y NAVARRA MEDIANTE PCR A TIEMPO REAL
Medelin Ocejo, Beatriz Oporto, Nekane Kortabarria, Gorka Aduriz, Ana Hurtado

313 CO-380 | Extensivo
SEGUIMIENTO DE LA VACUNACIÓN FRENTE A CRIPTOSPORIDIOSIS EN VACUNO DE CARNE: IMPACTO SOBRE LA SALUD, CONSUMO DE PAROMOMICINA Y CRECIMIENTO DE LOS TERNEROS
Laura Elvira Partida, Pablo Iglesias Santiago, Marcos Moreno

314 CO-389 | Medicina
CAMBIOS EN ANALITOS DE LECHE EN VACAS CON MAMITIS CLÍNICA Y SUBCLÍNICA: UN ESTUDIO PILOTO
PEDRO JAVIER VALLEJO MATEO, Anelise Salina, Camila Peres Rubio, Lorena Franco Martínez, Jose Joaquín Cerón Madrigal, María Dolores Contreras Aguilar

315 CO-393 | Extensivo
LA SUBNUTRICIÓN Y LA SUPLEMENTACIÓN CON HIDROXITIROSOL AL FINAL DE LA GESTACIÓN DE VACAS DE CARNE AFECTA EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA DESCENDENCIA
Nieves Escalera-Moreno, Javier Álvarez Rodríguez, Bernat Villalba-Blanch, Daniel Villalba Mata, María José Martín-Alonso, Ester Molina Ureste, Olaia Akesolo Atutxa, Albina Sanz Pascua, Beatriz Serrano-Pérez

316 CO-394 | Extensivo
¿PUEDE LA PULPA DE ALGARROBO FACILITAR EL DESTETE DE LOS TERNEROS PASTEROS?
Javier Álvarez Rodríguez, Albina Sanz Pascua, F. Javier Miana-Mena, Thania Gamarra, César Torres, Paula Casado, María Ángeles Latorre Górriz

317 CO-395 | Sanidad
MUERTES REPENTINAS EN TERNEROS JÓVENES POR HEPATITIS VÍRICA AGUDA.
Juan Francisco García Marín, C. Fernández Rodríguez, L. Quevedo Sánchez, J. González Fernández, C. Pérez Martinez, JM. San Miguel

XXVIII CONGRESO ANEMBE

LIBRO DE PONENCIAS, COMUNICACIONES ORALES Y PÓSTER

CURRÍCULOS

FUNDACIÓN ANEMBE



DR. ALBERTO ALLEPUZ

Epidemiólogo con 20 años de experiencia en el campo de la Sanidad Animal. Profesor del Departamento de Anatomía y Sanidad Animal en la Facultad de Veterinaria de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Su investigación siempre ha estado centrada en la aplicación de métodos epidemiológicos para mejorar la salud animal. Tiene experiencia en evaluación de riesgos, bioseguridad y vigilancia epidemiológica. En los últimos 6 años, ha publicado alrededor de 35 artículos científicos y supervisado cinco tesis doctorales. Actualmente dirige otras cinco tesis doctorales en las que la bioseguridad es un componente principal, participa en 3 proyectos europeos enfocados en la mejora de los estándares de bioseguridad en explotaciones ganaderas y en contratos con las administraciones públicas y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en esta misma temática. Además, ha participado en diferentes cursos de formación a nivel nacional e internacional, participa continuamente en la docencia de pregrado principalmente en lo relacionado con epidemiología, política sanitaria y enfermedades de importancia legal y coordina dos módulos del máster sobre Zoonosis y One Health impartido en la UAB para estudiantes de posgrado.



DR. JAVIER ÁLVAREZ

Ingeniero Agrónomo de formación. Profesor del área de Producción Animal en la Universidad de Zaragoza (desde 2025). Previamente desarrolló su labor en la Universidad de Lleida (2011-2024). Ha trabajado en el desarrollo de estrategias nutricionales y de manejo del ganado, con el objetivo de mejorar su sostenibilidad económica, ambiental y social, así como la calidad de sus productos. Se formó en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) de Aragón (entre 2006 y 2010), donde obtuvo su doctorado (año 2009) bajo la dirección de la Dra. Albina Sanz, vinculado a proyectos sobre sistemas extensivos de manejo y alimentación en rumiantes. Su trayectoria profesional se inició en la empresa Tests & Trials (grupo Tentamus) (año 2005), colaborando en ensayos de evaluación de productos y tecnologías aplicadas al sector ganadero. Ha realizado estancias para completar su formación en Instituciones italianas, portuguesas y francesas. Ha dirigido cuatro tesis doctorales y se encuentra finalizando una quinta sobre repercusiones de la subnutrición y la suplementación con fitobióticos en vacas nodrizas, además de numerosos trabajos de fin de grado y máster. Ha divulgado su actividad científica en revistas indexadas y sirve como Editor de la revista ITEA-Información Técnica Económica Agraria (AIDA) (desde 2018) y de la revista Animal-Open Space (Elsevier-EAAP-BSAS) (desde 2022), y como Secretario de la Comisión de Nutrición Animal de la Federación Europea de Ciencia Animal (EAAP) (desde 2020).



DR. JOSÉ MANUEL ANDRADE

José Manuel Andrade Calvo es director de la Fundación Juana de Vega desde 2005, entidad dedicada al desarrollo del medio rural en Galicia. Es experto en los retos de los espacios rurales y en las principales actividades económicas del sector agrario gallego, habiendo participado en foros, cursos y seminarios, realizado estudios y publicado artículos y documentos sobre los sectores clave de la economía agraria. Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales, desde 2011 compagina su labor en la Fundación con la docencia en el Departamento de Empresa de la Universidad de A Coruña.



DR. PABLO BERMEJO

Pablo Bermejo Álvarez es licenciado y doctor en Veterinaria por la Universidad Complutense de Madrid e Investigador Científico en el Departamento de Reproducción Animal del INIA, CSIC, donde dirige el grupo de Ingeniería Genómica Animal. Su línea de investigación se centra en el estudio de la reproducción y la biología del desarrollo de los mamíferos, con especial interés en el ganado bovino, empleando aproximaciones *in vitro* y la edición génica. Es autor de 70 publicaciones indexadas (ORCID 0000-0001-9907-2626), incluyendo avances significativos como el desarrollo de sistemas de edición génica de alto rendimiento en embriones bovinos, la generación de los primeros animales de granja editados genéticamente en Europa (conejos KO para *ZP4*) y el primer cordero editado genéticamente en España, el desarrollo del único sistema *in vitro* capaz de conseguir el desarrollo de embriones bovinos más allá del estadio de blastocisto, el descubrimiento del papel esencial para la reproducción de los mamíferos de las proteínas TMEM95 y ZP4, y el descubrimiento de grandes diferencias en la regulación de la embriogénesis entre el modelo más empleado en investigación (ratón) y otros mamíferos, incluyendo al ganado bovino (KO de *TEAD4*). Actualmente es el miembro del *Board* responsable del programa científico de la Asociación Europea de Tecnologías Embrionarias (AETE) y el punto de contacto nacional para la recogida de datos para la Asociación Internacional de Transferencia de Embriones (IETS).



MARÍA DEL MAR BRAVO

María del Mar Bravo Rodríguez es veterinaria oficial de la Junta de Extremadura y en la actualidad se dedica, entre otras tareas, al control oficial a nivel regional del cumplimiento de la normativa aplicable a la prescripción veterinaria.

Realizó sus estudios en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura, donde obtuvo la Licenciatura en Veterinaria entre 1996 y 2001. Continuó su formación dentro del Programa de Doctorado en Veterinaria, obteniendo la suficiencia investigadora mediante el Diploma de Estudios Avanzados en el año 2003.

Su trayectoria profesional comenzó en 2002 como beneficiaria de una beca de investigación sobre enfermedades y problemas de salud relevantes para la Comunidad Autónoma. En esta etapa desarrolló trabajos centrados en la investigación de medidas para la prevención y lucha contra las zoonosis de mayor impacto en Extremadura, participando en el desarrollo de nuevas estrategias y programas de control contra estas enfermedades.

Posteriormente, trabajó como veterinaria de Equipo de Atención Primaria del Servicio Extremeño de Salud, donde realizó las labores propias de control sanitario relacionadas con la seguridad alimentaria y, en general, con la salud pública.

En 2009 se incorporó al Cuerpo de Titulados Superiores de la Junta de Extremadura, donde continúa trabajando en la actualidad. Su puesto se encuentra adscrito a la Dirección General de Agricultura y Ganadería donde desarrolla funciones del ámbito de la Sanidad Animal, participando en la planificación, organización y ejecución de los programas sanitarios que se aplican a la ganadería extremeña.

Además, desde el año 2019, su principal función es la vigilancia de la resistencia a antimicrobianos y el control oficial de la prescripción veterinaria, desarrollando anualmente los controles oficiales autonómicos del Programa Nacional del Control Oficial de la Prescripción de Medicamentos Veterinarios.



DR. STEPHEN BUTLER

El Dr. Stephen Butler es investigador científico principal y jefe del grupo de investigación sobre reproducción del ganado lechero en Teagasc Moorepark, situado en el condado de Cork. Sus principales áreas de investigación incluyen el estudio de la base genética de la subfertilidad, los protocolos de sincronización del estro y la ovulación para sistemas de parto estacional, los efectos de los micronutrientes en la fisiología reproductiva de las vacas lecheras, las estrategias para utilizar semen seleccionado por sexo en rebaños lecheros y el uso de tecnologías de reproducción asistida para acelerar el avance genético en razas lecheras y de carne de élite. Ha sido editor de la sección de fisiología de las revistas Livestock Science y Journal of Dairy Science. Ha impartido ponencias en sesiones plenarias como ponente invitado en congresos nacionales e internacionales dirigidos a científicos especializados en animales, veterinarios, responsables políticos y propietarios de rebaños lecheros. Ha publicado más de 100 artículos científicos revisados por pares.



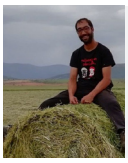
DR. CAMILO CABRA

Médico veterinario graduado de la Universidad Nacional de Colombia y con Maestría en Salud animal con énfasis en reproducción bovina. Desde mi graduación me he dedicado a asistir ganaderías (reproducción y clínica) de producción de leche en pastoreo en la región central de Colombia. Actualmente asisto a 45 de ellas con más de 7000 animales a cargo en una modalidad independiente. Desde un principio mostré interés por el uso de la ecografía como un método diagnóstico diferencial para ofrecer un servicio integral a los ganaderos y sus animales. Es por esta razón que en el año 2021 y después de 13 años de recopilación de datos y análisis de información publicada en la literatura mundial, creé el método BovATUS como protocolo para que un veterinario de campo pueda usar una sonda lineal-transrectal (usualmente empleada en el manejo reproductivo) en el diagnóstico de patologías torácicas y abdominales de vacas adultas y terneras. He sido profesor de más de 17 cursos de ecografía reproductiva de la vaca en Colombia y otras regiones de Latinoamérica. Mis publicaciones académicas recientes son: 1) Diagnosi delle malattie toraciche e addominali nei bovini con la sonda lineare transrettale: metodo BovATUS; Summa, Animali da Reddito, 2024, v. 18, n. 4, p. 49-66, 2024; 2) Buczinski, S., Cabra, C. (2025). Ultrasound Diagnosis in Bovine Beyond the Reproductive Use. In: Simões, J. (eds) Encyclopedia of Livestock Medicine for Large Animal and Poultry Production. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52133-1_107-1. Comparto casos clinicos y su diagnostico con ecografía en redes sociales (Instagram y Youtube)



JAVIER CAMBA

Javier Camba Méndez se licenció en veterinaria en la facultad de veterinaria Lugo, Universidad de Santiago de Compostela. Desde 2002 y hasta la actualidad se dedica a la peritación y tasación de siniestros pecuarios para empresas de seguros agrarios realizando necropsias en campo, fundamentalmente en bovino, aunque también en otras especies. En el tiempo dedicado a la tasación y peritación calcula que puede haber realizado un número cercano a las 15000 necropsias. En relación con esta experiencia ha participado como ponente en las jornadas Técnicas sobre Vacuno de Leche de Seragro. Con anterioridad fué interno del departamento de Patología Médica y de la Nutrición de la citada facultad, estando directamente vinculado al mismo departamento en el Hospital Clínico Veterinario Rof Codina. Tras su salida del ámbito universitario trabajó en servicios clínicos de podología bovina y en clínica de pequeños animales en establecimiento propio, realizó trabajos en el ámbito de la sanidad pública en inspección de mataderos, trabajos de auditoría y certificación para exportación para empresas del sector alimentario, realizó labores de apoyo clínico en el ámbito del porcino e incluso como veterinario de plaza en espectáculos taurinos.



JORGE CONTE

Gerente de Moncayo Ecológico.

Nacido en 1986, crecí en un pequeño pueblo de Soria hasta que, con 18 años, salgo a estudiar la licenciatura de Ciencias Fisicas primero a Zaragoza y luego a Madrid. Allí me especializo en la rama de Meteorología y Climatología, a la que luego dedico mi labor investigadora durante 6 años en una spin-off del CieMaT.

Preocupado por la sostenibilidad y el impacto que las actividades humanas tienen en el medio ambiente, los animales y las personas, en 2017 decido dar un vuelco a mi vida y me mudo a Noviercas, un pueblo de 150 habitantes en la provincia de Soria, donde, buscando cómo vivir más acorde a como pienso, descubro la Agricultura Regenerativa.

Tras búsquedas, experimentos y una formación constante, decido pasar a la acción y calzarme las botas, y pongo en marcha Moncayo Ecológico, un proyecto de Ganadería Regenerativa que pretende transformar el modelo de producción y consumo.

Hoy compagino las tareas de producción, transformación y comercialización con labores divulgativas y organizativas, participando en redes de conocimiento, asociaciones de productores, congresos y actividades formativas en ganadería y gestión de ecosistemas.

En alianza con La Fresquera del Moncayo y otras compañeras de viaje, Moncayo Ecológico es hoy un referente ibérico en Ganadería Regenerativa, demostrando que otro modelo de producción y consumo no sólo es necesario, sino posible.



DR. JOSÉ DE LA FUENTE

Catedrático, doctor. Licenciado en Física por la Universidad Estatal de Moscú y la Universidad de La Habana. Doctor en Biología por la Universidad de La Habana. Trayectoria investigadora: Suiza (Instituto de Biología Molecular I, ETH, Universidad de Zúrich), Cuba (Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, La Habana), Estados Unidos (Centro de Ciencias de la Salud Veterinaria CVHS, Universidad Estatal de Oklahoma OSU, Stillwater) y España (Salud y Biotecnología SaBio, Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos IREC, Ciudad Real). Cargo actual: Catedrático, SaBio, IREC (CSIC-UCLM-JCCM), España, y profesor adjunto, Departamento de Patobiología Veterinaria, CVHS, OSU, EE. UU. Director del Laboratorio de Genómica, Proteómica y Biotecnología. Cuarenta años de experiencia en investigación, docencia y como investigador principal en proyectos de investigación. Más de 800 artículos publicados y 7 libros editados. Patentes: 37. Tesis doctorales dirigidas: 43. Intereses de investigación actuales: Biología molecular y biotecnología. Biología de sistemas de las interacciones moleculares entre huésped, vector y patógeno, y la aplicación de esta información básica al desarrollo de vacunas eficaces y otras intervenciones para el control de vectores ectoparásitos y enfermedades infecciosas que afectan a la salud humana y animal en todo el mundo. Garrapatas y enfermedades transmitidas por garrapatas. Síndrome de alfa-gal. Vacunología y vacunómica cuántica. Paleoproteómica. También interesado en la colaboración y la interacción entre la ciencia y el arte.



CARMEN FERNÁNDEZ MORO

Jefa de servicio del Área de Medio ambiente y ganadería de la Subdirección General de Medios de Producción Ganadera del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

Licenciada en Veterinaria por la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid.

Máster en Urgencias y Práctica clínica

Licenciada en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad Complutense.

EXPERIENCIA PROFESIONAL:

Tras una amplia trayectoria profesional en el ámbito empresarial y financiero, decidí orientar mi carrera hacia la clínica veterinaria y la producción animal. En 2019, ingresé como funcionaria del Cuerpo Nacional Veterinario, en la Subdirección General de Medios de Producción Ganadera, inicialmente en el área de zootecnia, donde trabajé en la conservación, mejora y fomento de las razas ganaderas y los recursos zoo genéticos.

Desde hace siete años, formo parte del área de medio ambiente de la misma subdirección, especializándome en la gestión medioambiental de la ganadería.

Entre mis principales funciones destacan:

Diseño, desarrollo y gestión de ECOGAN: Plataforma para la estimación y reducción de emisiones en bovino, porcino y aviar.

Coordinación y asesoramiento: Aplicación de la herramienta ECOGAN, en colaboración con comunidades Autónomas y el sector ganadero.

Elaboración de informes técnicos: Seguimiento de la implantación de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) y adecuación normativa.

Miembro del grupo de trabajo para la elaboración del listado nacional de MTDs en bovino.

Participación en grupos de trabajo internacionales: UNECE Task Force on Reactive Nitrogen (TRFN), European Bureau for Research on Industrial

Transformation and Emissions (EU-BRITE), UCOL.

Gestión de balances de nutrientes: Cálculo del balance de nitrógeno y fósforo en la ganadería española.

Diseño de medidas de apoyo financiero: Desarrollo de estrategias para ayudas estatales en gestión medioambiental.

Capacitación y formación: Cursos y talleres sobre reducción de emisiones en explotaciones ganaderas



DR. LUIZ FERRARETTO

El Dr. Luiz Ferraretto es originario de Brasil, donde obtuvo su licenciatura en Ciencia Animal por la Universidad Estatal de São Paulo en 2008.

Inmediatamente después de obtener su licenciatura, Luiz se incorporó a la Universidad de Wisconsin-Madison para realizar unas prácticas (2009), a lo que siguieron un máster (2011) y un doctorado (2015) en Ciencias Lácteas, con especialización en nutrición láctea aplicada y calidad del forraje.

Tras completar su doctorado, Luiz se incorporó al Instituto de Investigación Agrícola William H. Miner como investigador asociado posdoctoral. De 2016 a 2020, trabajó como profesor adjunto de Nutrición Ganadera en la Universidad de Florida.

Actualmente, Luiz es profesor asociado y especialista en extensión de nutrición de rumiantes en el Departamento de Ciencias Animales y Lácteas de la Universidad de Wisconsin-Madison, y sus intereses de investigación son la nutrición y el manejo aplicados del ganado lechero, con énfasis en la utilización de almidón y fibra por parte de las vacas lecheras, la calidad y digestibilidad del ensilado de maíz y del maíz de alta humedad, el uso de subproductos alternativos como ingredientes de piensos y la suplementación con aditivos alimentarios para vacas lactantes.



DRA. AMANDA HARTNACK

La Dra. Amanda Hartnack es Oberärztin (profesora clínica) de Cirugía de Animales de Consumo en la Facultad Vetsuisse de la Universidad de Zúrich. La Dra. Hartnack es miembro diplomado del Colegio Americano de Cirujanos Veterinarios (especialidad en animales de gran tamaño) y lleva cuatro años y medio dedicándose a la práctica clínica y a la docencia en Zúrich, donde se atiende a una amplia y variada gama de casos de animales de consumo. Antes de trasladarse a Zúrich, la Dra. Hartnack trabajó durante seis años como profesora adjunta en la Universidad Texas A&M. Sus principales intereses quirúrgicos incluyen la cirugía abdominal y la fijación de fracturas. A la Dra. Hartnack también le gusta la investigación clínica, y la mayor parte de su trabajo hasta la fecha se ha centrado en la evaluación y el tratamiento del dolor. En su tiempo libre, a la Dra. Hartnack le gusta esquiar con su hijo Franklyn y hacer senderismo por las hermosas montañas de Suiza.



DR. ALEXANDER HRISTOV

Alexander N. Hristov es profesor distinguido de Nutrición Láctea en el Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Estatal de Pensilvania. Es doctor en Nutrición Animal por su país natal, Bulgaria. Hristov ha trabajado en el Centro de Investigación de Forrajes Lácteos del USDA-ARS en Madison, Wisconsin; en el Centro de Investigación Ag Canada en Lethbridge, Alberta; formó parte del cuerpo docente del Departamento de Ciencias Animales y Veterinarias de la Universidad de Idaho de 1999 a 2008, y lleva en la Universidad Estatal de Pensilvania desde 2008. Sus principales intereses de investigación se centran en las áreas de la nutrición proteica y de aminoácidos del ganado lechero y la mitigación de las pérdidas de nutrientes y las emisiones gaseosas de las explotaciones lecheras. Ha impartido más de 120 ponencias invitadas y ha publicado más de 230 libros, capítulos de libros y artículos en revistas revisadas por pares, con 25 057 citas y un índice H de Google Scholar de 87 y un índice i10 de 219.

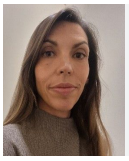


DRA. ZYNCKE LIPKENS

Zyncke es una veterinaria especializada en rumiantes que se licenció en 2014. Posteriormente, continuó como investigadora de doctorado en el equipo M de la Universidad de Gante, donde su tesis doctoral se centró en la dinámica de las infecciones durante el período seco. Esta investigación dio como resultado un protocolo paso a paso validado para el tratamiento selectivo de vacas en período seco, que defendió con éxito en 2019.

Paralelamente a su doctorado, trabajó como clínica en obstetricia, supervisó a estudiantes de veterinaria y colaboró en las actividades rutinarias de laboratorio. En 2020, se incorporó a AMCRA como analista de datos, lo que reforzó aún más su experiencia en la toma de decisiones basada en datos en el ámbito de la salud animal. A partir de 2021, trabajó como veterinaria en DGZ–Vivee–MCC Flandes, la organización flamenca para la salud animal y la calidad de la leche, prestando apoyo a las explotaciones lecheras a través de servicios de consultoría y asesoramiento.

Desde 2022, Zyncke ocupa el cargo de jefa de equipo de servicio de campo y gestora de cuentas de atención sanitaria, al frente de un equipo de asesores técnicos de campo especializados en ordeño y salud de la ubre. Aprovechando su amplia experiencia en consultoría para granjas lecheras y en servicios avanzados de asesoramiento sobre salud de la ubre, trabaja con ganaderos y veterinarios para traducir los datos científicos en mejoras en las explotaciones. También comparte su experiencia a través de talleres y presentaciones dirigidos a ganaderos y profesionales del sector.



DRA. MARÍA MARTÍNEZ

La Dra María Martínez Valladares es Científico Titular del CSIC en el Instituto de Ganadería de Montaña (Centro mixto CSIC-Unibersidad de León). Su carrera como investigadora se centra en el estudio de las infecciones por parásitos helmintos, principalmente en rumiantes, con principal foco en la detección de resistencias antihelmínticas, y el desarrollo de estrategias sostenibles de control. Cuenta con una sólida trayectoria científica, con más de 90 publicaciones en revistas internacionales de alto impacto y una destacada participación en congresos como ponente invitada.

Ha participado en numerosos proyectos competitivos nacionales y europeos, liderando una parte significativa de ellos como Investigadora Principal. Actualmente es Chair de la Acción COST ENVIRANT, Environmental impact of anthelmintics in livestock and alternatives to minimize their use, https://envirant.eu/, red internacional que coordina a más de 300 investigadores de más de 40 países, y Vice-Chair de la red europea LiHRA, https://www.lihra.eu/ . También ha liderado proyectos en el marco de programas europeos como HORIZON y otras iniciativas internacionales.

En el ámbito académico, ha dirigido múltiples tesis doctorales —todas con la máxima calificación—, así como trabajos de máster y grado, y ha supervisado investigadores postdoctorales nacionales e internacionales. Ha formado parte de comités científicos y editoriales de revistas SCI y actúa regularmente como evaluadora para agencias nacionales e internacionales.

Entre sus reconocimientos destacan el “Peter Nansen Young Scientist Award”, concedido en 2019 por la World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology como mejor investigadora internacional joven, así como diversos premios científicos nacionales. Es Académica de Número de la Academia Joven de España.



DRA. LAURA MONTORO

La Dra. Laura Montoro Dasí es Profesora Adjunta de la Facultad de Veterinaria de la Universidad CEU Cardenal Herrera. Realizó sus estudios de doctorado en la Universidad Politécnica de Valencia y el Centro de Investigación y Tecnología Animal (CITA – IVIA), bajo el proyecto INIA (RTA 2017-00013: MINECO), centrado en el efecto de la mejora del bienestar animal en la evolución de resistencias antimicrobianas, la diseminación de patógenos zoonóticos y el desarrollo de la microbiota intestinal en pollos de engorde. Finalmente, la Tesis Doctoral titulada “Effect of farm management on antimicrobial resistance and intestinal microbiota in poultry production” finalizó en 2021 con la calificación de Sobresaliente Cum Laude.

Su principal línea de trabajo se centra en la búsqueda de alternativas al uso de antibióticos en producción animal, así como estudiar su efecto sobre la salud intestinal y la evolución de las resistencias antimicrobianas.

Actualmente, lidera un proyecto GVA emergente (CIGE/2024/122) centrado en el impacto de la aplicación de bacteriófagos sobre la vacunación de Salmonella en avicultura y participa en un Proyecto Competitivo Plan Nacional (PID2021-125641OB-C22), cuyo objetivo es el desarrollo de bacteriófagos como herramienta de desinfección dirigida y complementaria en granja en el sector porcino. A lo largo de su carrera científica, ha colaborado en 2 proyectos europeos, 3 proyectos MINECO, 3 proyectos autonómicos y 13 convenios con empresas de los sectores avícola y porcino. De todo ello, ha derivado un total de 24 artículos científicos, 13 artículos de divulgación, 3 capítulos de libro y 59 comunicaciones en congresos nacionales e internacionales

.



DR. ALBERTO MORILLO

Alberto Morillo Alujas es un profesional con una extensa trayectoria en veterinaria, nutrición animal y producción porcina, destacando su formación como Doctor por la Universidad de Lleida. Su perfil combina una sólida base técnica en producción porcina con una alta especialización en estadística aplicada y gestión de proyectos, avalada por un Black Belt en Six Sigma. A lo largo de su carrera, ha liderado empresas de investigación clínica como Tests and Trials, de la que fue fundador y director, y ha ocupado puestos directivos en compañías internacionales en Polonia y Rumanía. Es un autor prolífico en revistas del sector como Suis, Albeitar y PorciNews, donde divulga sobre estadística para veterinarios porcinos. Además de su experiencia en consultoría, destaca por su dominio avanzado de herramientas analíticas e inteligencia artificial (R, RStudio, ChatGPT, Gemini, Research Rabbit entre otras). Domina el castellano, francés e inglés, posee conocimientos de polaco y es un entusiasta de los deportes al aire libre.



DR. GONZALO PALOMO

Velaqui Solutions/Universidad de Extremadura/FUNPASOS/SEAE

Doctor en Veterinaria. Educador en Manejo Holístico por el Savory Institute

Socio fundador de Velaqui Solutions, consultor a tiempo parcial en la Fundación para la Sostenibilidad Participativa (FUNPASOS), investigador de la Universidad de Extremadura (Grupo de recursos cinegéticos, faunísticos y biodiversidad) y responsable de formación, investigación y consultoría de ACTYVA S Coop. Licenciado y doctorado en veterinaria por la Universidad de Extremadura (2004 y 2011) y Educador en Manejo Holístico por el Savory Institute (2016). Mis primeros pasos profesionales estuvieron orientados a la conservación de fauna salvaje. Con un intermedio como jornalero, en clínica de mascotas y saneamiento ganadero recalé en el Departamento de Sanidad Animal de la Universidad de Extremadura para estudiar la resistencia a los antibióticos de las enterobacterias e impartir docencia en Microbiología. Desde 2011 me dedico a la consultoría y la formación centrado en sanidad animal, silvopastoralismo y agricultura ecológica. A finales de 2012 me embarqué junto a otros profesionales de la más variada procedencia en una iniciativa cooperativa para aportar valor al sector agroalimentario: ACTYVA, S. Coop.

Desde 2016 alterno esta actividad emprendedora con diversas colaboraciones con la Universidad de Extremadura en proyectos sobre prevención participativa de incendios forestales (MOSAICO, LIFE Lanscape Fire y EVCArrago), silvopastoralismo (PASTURE+ de Fundación Biodiversidad, POCTEP Sos-Dehesa-Montado, Horizon EU InBestSoil, Dehesas&Montados de Fundación MAVA; grupos operativos GoGRASS del Ministerio de Agricultura, GoDEHESA de la Junta de Extremadura) y formación de posgrado (Gestión Integral de la Dehesa, experto universitario por la UEX, seis ediciones desde 2016). Actualmente presido la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE).



VICENTE PEÑA

Nacido en Benalup Casas Viejas en 1971, licenciado en Veterinaria por la Facultad de Veterinaria de Córdoba en 1994 y Máster de Traumatología y Ortopedia en por la Universidad Complutense de Madrid en 2015. Estancia por beca a buen expediente de la Universidad de Córdoba en la clínica veterinaria de Hannover en el verano de 1992.

- CURSOS AOVET (Básico y Avanzado).
- CURSOS DE CIRUGÍA DE TEJIDOS BLANDOS
- CURSOS DE TRAUMATOLOGIA VETERINARIA. FIJACIÓN EXTERNA Y POR PLACAS

Experiencia Profesional Relevante:

- Veterinario Cirujano Adjunto: Clínica de la Real Escuela Andaluza del Arte Ecuestre de Jerez de la Frontera (1997-1998).
- Alférez Veterinario: Cuerpo Militar de Sanidad, CIR Centro Santa Ana en Cáceres, como inspector veterinario de sanidad (1995).
- Desarrolló su carrera en la comarca de La Janda, trabajando con animales de compañía, caballos y ganado vacuno, incluyendo diversos campos de la cirugía del Toro de Lidia.
- Socio Fundador: Hospital Veterinario Costa de la Luz (Conil de la Frontera). Fundado en 2009, este hospital mixto (animales de compañía y équidos) es el único hospital veterinario 24 horas de la provincia de Cádiz.
- FUNDADOR DE ALBEITAR VETERINARIOS EN 2020
- FUNDADOR DEN CENTRO DE REPRODUCCIÓN BOVINO Y EQUINO ALBÉITAR LA JANDA



DR. JUERGEN REHAGE

Juegen Rehage estudió medicina veterinaria entre 1979 y 1984 en la Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover (Alemania), donde también completó sus estudios de doctorado en 1986. En 1992, fue reconocido como especialista nacional en enfermedades del ganado bovino y, en 1996, como especialista en medicina de laboratorio clínico por la Asociación Veterinaria de Baja Sajonia. En 1996, la Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover le concedió la venia legendi (habilitación). Tras un periodo como investigador postdoctoral en el Departamento de Ciencias Animales de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, EE. UU., pasó a ser profesor de Enfermedades Bovinas en la Clínica de Ganado de la Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover en 1999. Está registrado como Diplomado del Colegio Europeo de Gestión de la Salud Bovina desde 2003 y es presidente de la Sociedad Alemana de Buiatría desde 2017.



DRA. SOFIE PIEPERS

Sofie Piepers se licenció en Veterinaria en 2005 y, desde entonces, forma parte del equipo M de la Universidad de Gante. Tras graduarse, Sofie comenzó inmediatamente a trabajar en su tesis doctoral sobre la mastitis en novillas en el Departamento de Reproducción, Obstetricia y Salud del Rebaño. En 2010, obtuvo el título de Doctora en Medicina Veterinaria en la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Gante (Bélgica). Actualmente es directora general de MEX™ (www.mexcellence.eu), una empresa derivada de la Universidad de Gante especializada en el desarrollo de cursos de formación y herramientas para facilitar el manejo de la mastitis a los veterinarios y otros asesores lecheros. Desde 2019, también es profesora visitante en la Universidad de Gante. Le apasionan la mastitis y la calidad de la leche. Como veterinaria e investigadora, Sofie utiliza su experiencia para asesorar y formar a veterinarios en el manejo de la mastitis y les anima a convertirse en los mejores expertos en salud de la ubre que puedan ser. Le encanta establecer contactos, recopilar nueva información en conferencias científicas y, posteriormente, poner en práctica esos conocimientos. En 2014 y 2024 fue coorganizadora de la Reunión Regional del Consejo Nacional de Mastitis. Además, es coeditora jefe de la revista M² (www.m2-magazine.org).



DR. CARLOS PIÑEIRO

Licenciado en Veterinaria por la Universidad Complutense de Madrid; PhD por la Universidad Meiji, Tokio.

Diplomado por el European College of Porcine Health Management y Especialista en Evaluación de Impacto Ambiental por la Universidad Politécnica de Madrid.

Miembro del Grupo Temático Español sobre Digitalización y Big Data en el sector agrícola y ganadero.

Profesor de ganadería de precisión en la Universidad Alfonso X el Sabio.

Miembro de la Junta Directiva de la Asociación Nacional de Producción Científica Porcina (ANAPORC).

Académico correspondiente de la Academia de Ciencias Veterinarias de Castilla y León.



MARÍA RODA

Graduada en Veterinaria en la Facultad de Veterinaria de la Universitat Autònoma de Barcelona en 2023. Actualmente, está realizando el doctorado junto al equipo de rumiantes del Servicio de Nutrición y Bienestar Animal (SNiBA) del Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos de la UAB.

El trabajo de investigación se enmarca en proyectos de ganadería de precisión aplicada a sistemas de cebo de terneros, orientados a la mejora de la sostenibilidad y el bienestar animal. En este contexto, la tesis doctoral analiza el impacto de la densidad de corral sobre la eficiencia productiva y el bienestar, integrando herramientas de monitorización, análisis de datos e inteligencia artificial.

Colabora en estudios desarrollados en distintos ámbitos, relacionados con nutrición, fermentación ruminal *in vitro*, manejo y bienestar de rumiantes. Ha presentado los resultados de estas investigaciones en congresos científicos nacionales e internacionales.



DR. VICENTE RODRÍGUEZ

Vicente Rodríguez-Estévez es Doctor en Veterinaria y Catedrático de Producción Animal de la Universidad de Córdoba (UCO). Con anterioridad a su etapa como profesor trabajó 10 años como asesor de explotaciones porcinas intensivas y extensivas en las comunidades autónomas de Andalucía, Murcia y Castilla-León. Su tesis doctoral «Comportamiento Alimentario del Cerdo Ibérico en Montanera» obtuvo el 1er premio Andrés Núñez de Prado de Investigación en Agricultura y Ganadería Ecológicas en 2007. Desde su creación en 2013 hasta 2024 fue director de la Cátedra de Ganadería Ecológica Ecovalia-Clemente Mata. Actualmente es presidente de la Junta Rectora del Parque Natural de la Sierra de Hornachuelos. Ha sido el coordinador del consorcio del Proyecto LIFE LiveAdapt https://liveadapt.eu/ para la adaptación de la ganadería extensiva al cambio climático en Europa y el coordinador de la UCO en los proyectos H2020 OK-Net Ecofeed y H2020 HUMUS, e Interreg Prodehesa-Montado https://prodehesamontado.eu/ . Además, ahora coordina en la UCO los proyectos europeos LIFE ScrubsNet https://lifescrubsnet.eu/es/lifescrubsnet/, Interreg CI Montado-Dehesa https://andanatura.org/proyecto/ci-montado-dehesa/ y H2020 mEAT Quality. Recientemente ha comenzado a coordinar el proyecto BioVocswine para estudiar biomarcadores fecales de estrés.

Pertenece al Grupo de Investigación AGR-287, donde su investigación se centra en la sostenibilidad, gestión y mejora de la calidad de los sistemas de producción ganadera, utilizando un enfoque interdisciplinar para mejorar la eficiencia y la resiliencia de la producción ganadera. Ha codirigido 8 tesis doctorales relacionadas con esas temáticas. Entre sus proyectos de transferencia cabe destacar: “Estudio de los pastos en Andalucía y Castilla-La Mancha y su aprovechamiento racional con ganado ecológico” y “Producción ecológica mediterránea y cambio climático: estado del conocimiento” desarrollados para Ecovalia, y “Evaluación de la huella de carbono de diferentes tipologías de explotación y manejo en las dehesas de la Comarca de Los Pedroches” desarrollado para Alltech Spain y COVAP.



DRA. MARÍA SALUD RUBIO

La Dra. Rubio es Profesora de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM en la que trabaja desde 1995. Hizo sus estudios de Licenciatura en Veterinaria con Especialidad en Tecnología de los Alimentos en la Facultad de Veterinaria de Córdoba, España (1983-88). Posteriormente realizó su doctorado en Ciencia de la Carne en la Universidad de Texas A&M, EEUU (1990-95). Actualmente, imparte clases de Licenciatura (Prácticas en Inocuidad y Calidad de Productos y Subproductos Pecuarios) y de Posgrado (Ciencia de la Carne) en FMVZ-UNAM. Sus líneas de investigación dentro del campo de la Ciencia de la Carne son Calidad y Rendimiento de carne de especies de abasto, Inocuidad de productos de origen animal, Calidad de carne y bienestar animal y Sustentabilidad de la cadena carne mexicana. Ha dirigido mas de 100 Tesis de Licenciatura y de Posgrado (Maestría y Doctorado), cuyos resultados han sido publicados en revistas especializadas tanto nacionales como internacionales. También ha impartido mas de 250 conferencias nacionales e internacionales. Además durante su trayectoria ha dirigido mas de 50 proyectos nacionales e internacionales. Ha sido asesora en numerosas empresas nacionales e internacionales. Es revisora en diversas revistas nacionales e internacionales y editora de la sección de calidad de productos en RM de Investigaciones Pecuarias.



FERNANDO SANAGUSTIN

Médico veterinario por la Facultad de Veterinaria de Zaragoza. Suficiencia investigadora en bacteriología por la Facultad Veterinaria de León. Trabajó en Laboratorio Ovejero (ES), Cargill (USA), Groupe Roullier (FR), Investigaciones Químicas y Farmacéuticas, NOVUS (ES). Ganadera de Aguas (ES), Biocidas Zix (BE). Ha realizado multitud de conferencias sobre aspectos de bioseguridad en veterinaria con especial hincapié en el agua de las granjas. Concedida una Patente Europea en desinfección mediante vela fumígena. Ha participado en proyectos de investigación y desarrollo de biocidas de superficies y tratamientos de agua con la Facultad de Química de Zaragoza (ES). Profesor durante 11 años en ESIC. MBA Escuela Europea de negocios. MASTER gestión comercial y marketing en ESIC. Titulado en Coach ejecutivo por ESIC. Actualmente está cursando el grado en Nutrición humana y es experto en calidad de agua en animales.

Ha impartido charlas y cursos en multitud de congresos avícolas, porcinos y rumiantes.

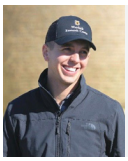


DR. ODÓN SOBRINO

Odón Sobrino es Doctor en Veterinaria (1993, Universidad Complutense de Madrid, Premio extraordinario) especializado en sostenibilidad ambiental y mitigación de emisiones del sector ganadero. Ha sido responsable del diseño, desarrollo y aplicación de ECOGAN, herramienta digital estratégica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que facilita a explotaciones ganaderas el registro de Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) y el cálculo preciso de emisiones contaminantes (gases de efecto invernadero, amoníaco, óxidos de nitrógeno) y consumo de recursos. ECOGAN implementa metodologías Tier 3 para cumplimiento de la Directiva de Emisiones Industriales 2.0 (IED 2.0).

Participa activamente en grupos de trabajo internacionales: el Task Force on Reactive Nitrogen de UNECE (TFRN), que coordina estrategias de gestión integrada del nitrógeno reactivo y emisiones de amoníaco en toda la región, y los grupos técnicos de UCOL (Uniform Conditions for Operating Rules for Livestock), donde colabora en el desarrollo de estándares ambientales armonizados para ganadería intensiva de la UE. También es representante en Grupos de Trabajo de la UE relacionados con las emisiones de metano en ganadería.

Su participación contribuye a establecer límites de emisión y técnicas de prevención de contaminación en alojamientos, manejo de estiércol, nutrición animal y gestión de estiércoles.



DR. JORDAN THOMAS

El Dr. Jordan Thomas es profesor de la Facultad de Agricultura, Alimentación y Recursos Naturales de la Universidad de Misuri. El Dr. Thomas es natural de Misuri y antiguo alumno de la Universidad de Misuri, donde obtuvo su doctorado en Ciencias Animales en 2017. El Dr. Thomas mantiene una activa labor de investigación aplicada y docencia centrada en la gestión de los sistemas de forraje y ganado. Coordina el programa de cría de los rebaños de investigación de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Misuri, y ha ejercido como especialista estatal en extensión ganadera de vacas y terneros y asesor del programa Show-Me-Select Replacement Heifer Program hasta 2023. El principal foco de investigación del laboratorio de Thomas es la gestión reproductiva, con experiencia en áreas como la selección y el desarrollo de novillas, la sincronización del ciclo estral, la inseminación artificial programada, la transferencia de embriones y las tecnologías de selección de sexo. Además, el Dr. Thomas es miembro colaborador del Centro Nacional de Reproducción Aplicada y Genética, donde contribuye a la investigación interdisciplinaria y a las iniciativas de divulgación en la gestión sostenible de los sistemas de producción de ganado vacuno de carne.



DRA. JODI WALLACE

La Dra. Wallace creció en una granja lechera en Herdman, Quebec. Se licenció en Medicina Veterinaria por la Universidad de Guelph en 2002. La Dra. Wallace comenzó su carrera en la Universidad de Cornell, en el departamento de Servicios de Producción de Leche de Calidad, antes de incorporarse a una clínica veterinaria especializada en ganado lechero en Mirabel, Quebec (Canadá).

En 2004, la Dra. Wallace regresó a su hogar en Ormstown, Quebec, Canadá, donde comenzó a trabajar como veterinaria especializada en ganado lechero y copropietaria del Hospital Veterinario de Ormstown. Completó un máster en Ciencias Veterinarias en la Universidad de Montreal en 2009. También trabajó a tiempo parcial para Zoetis durante dos años, centrándose en la calidad de la leche, la salud de los terneros y la genómica.

Actualmente, además de su práctica veterinaria diaria a tiempo completo, la Dra. Wallace imparte conferencias y seminarios sobre la salud de los terneros y la calidad de la leche para productores lecheros y veterinarios de todo Canadá y el extranjero.

Jodi es la expresidenta de la Asociación Canadiense de Veterinarios Bovinos. En 2023, Jodi fue galardonada con el premio «Veterinaria Bovina del Año» por la Asociación Americana de Veterinarios Bovinos.

La Dra. Wallace es también productora lechera de sexta generación. Vive con su marido y sus cuatro hijos en su granja lechera, Anderson Farms/Silverstream Holsteins, en Howick, Quebec. Anderson Farms se centra en la salud de los terneros «Zero-Zero» y ha sido galardonada en tres ocasiones con la Orden Nacional al Mérito Agrícola.

XXVIII CONGRESO ANEMBE

LIBRO DE PONENCIAS, COMUNICACIONES ORALES Y PÓSTER

PONENCIAS

FUNDACIÓN ANEMBE

MIERCOLES

EL USO DE SEMEN SEXADO EN REBAÑOS LECHEROS IRLANDESES: CONOCIMIENTOS DERIVADOS DE ENSAYOS DE INVESTIGACIÓN Y DATOS DE CAMPO

Dr. Stephen T Butler,[1] C. Maicas,[1,2] E.Drake,[1,2] and P. Lonergan[2]

[1]Teagasc, Moorepark AGRIC, Fermoy. Co. Cork, Ireland

[2]University College Dublin, Ireland

stephen.butler@teagasc.ie

Tecnología de semen sexado actualmente en uso

El sexado comercial moderno del semen bovino continúa basándose fundamentalmente en la citometría de flujo, aprovechando que los espermatozoides portadores del cromosoma X contienen aproximadamente un 4 % más de ADN que los portadores del cromosoma Y en bovinos. Los procedimientos actualmente utilizados fueron descritos por Vishwanath y Moreno (2018). Los espermatozoides se tiñen con Hoechst 33342, un colorante permeable a la membrana que se une al ADN y permite distinguir cuantitativamente las poblaciones X e Y mediante la intensidad de fluorescencia, a medida que cada espermatozoide pasa individualmente a gran velocidad a través de un citómetro de flujo. El instrumento asigna una carga eléctrica a las gotas que contienen espermatozoides individuales, y la deflexión electrostática permite separar corrientes enriquecidas en espermatozoides X o Y para su recogida. En la producción rutinaria, la pureza del sexo deseado es de aproximadamente el 90 %. En comparación con la producción de semen convencional, el proceso de sexado implica más de 20 etapas de procesamiento, entre ellas: tinción, excitación láser, clasificación, recogida en soluciones tampón protectoras, enfriamiento, centrifugación, ajuste a la concentración objetivo, equilibrado, llenado de pajuelas y congelación. Cada una de estas etapas puede generar estrés físico y/o bioquímico, y este estrés acumulado ha sido históricamente responsable de una fertilidad inferior en comparación con el semen convencional.

Cambios recientes en los procedimientos utilizados para producir la generación actual de semen sexado incluyen el rediseño de los medios de procesamiento y de las condiciones de manejo (soluciones tampón, estabilidad del pH, control del estrés oxidativo), con el objetivo de crear un entorno más “benigno” para los espermatozoides durante el proceso de clasificación y congelación. Este nuevo producto de semen sexado se comercializó bajo la marca SexedULTRA™. Datos de laboratorio y de campo, resumidos por Vishwanath y Moreno (2018), indican una mejor calidad seminal tras la descongelación y mejores resultados de fertilización en comparación con métodos de procesamiento anteriores. Además, se observó un efecto dosis-respuesta. El aumento del número de espermatozoides por pajuela, de 2 millones a 4 millones (SexedULTRA-4M™), se asoció con tasas de no retorno similares a las obtenidas con semen convencional en novillas lecheras.

Vishwanath y Moreno (2018) también señalaron que el proceso de sexado puede modificar la fisiología de los espermatozoides (cambios similares a la capacitación, alteraciones en la unión al oviducto, heterogeneidad), lo cual respalda la idea de que el momento de la IA y la gestión pueden requerir ajustes específicos cuando se utiliza semen sexado, en lugar de aplicar automáticamente los protocolos diseñados para semen convencional.

Sistemas de partos estacionales y manejo reproductivo con semen sexado

Los sistemas lecheros estacionales basados en pastoreo con partos estacionales se organizan de forma que el periodo de partos coincida con el crecimiento máximo del pasto, permitiendo que el pico de lactación coincida con la mayor disponibilidad de comida. Esto genera una restricción reproductiva inevitable: las vacas deben concebir dentro de una ventana reproductiva breve para mantener un patrón de partos compacto al año siguiente. Si la concepción se retrasa, el parto se desplaza a fechas posteriores, las vacas pierden la sincronía con la curva de producción de pasto y el sistema pierde parte de su ventaja económica debido a mayores costes de alimentación, una peor dinámica de la condición corporal y una menor producción de sólidos lácteos provenientes del pastoreo.

Dado que la temporada de cría es deliberadamente corta, cada celo perdido o cada inseminación fallida acarrea consecuencias desmesuradas. La temporada de cubriciones comienza en una fecha fija del calendario (generalmente finales de abril o principios de mayo), y el intervalo hasta el primer servicio debe gestionarse cuidadosamente (salud posparto, recuperación uterina, balance energético). La detección del celo o los protocolos de sincronización deben

ser muy eficaces. Problemas como el balance energético negativo en lactación temprana, las cojeras, la mastitis, la metritis o endometritis, la condición corporal deficiente reducen la ciclicidad ovárica y la competencia del ovocito y del embrión.

Un patrón de partos compacto también depende de la distribución de las gestaciones. No basta con alcanzar una tasa de gestación aceptable al final de la temporada si demasiadas vacas conciben tarde. Las concepciones tardías provocan partos tardíos, lo que puede acortar el periodo seco siguiente, o requerir descartes estratégicos. Por ello, el indicador clave suele ser la tasa de presentación temprana al servicio y la tasa de gestación temprana, más que la tasa global de gestación. El sistema favorece vacas que (1) reanuden la ciclicidad temprana, (2) muestren un celo claro y (3) alcancen altas tasas de gestación por proceso IA en el primer o segundo servicio.

La utilización de semen sexado añade un nivel adicional: si la fertilidad es incluso ligeramente inferior a la del semen convencional, las consecuencias (más repeticiones y concepciones más tardías) se amplifican en sistemas estacionales (Holden y Butler, 2018). Por este motivo, en Irlanda se han realizado varios estudios para evaluar el rendimiento del semen sexado en el primer servicio coincidiendo con el inicio de la temporada reproductiva.

Resumen de los estudios sobre semen sexado realizados en Irlanda

Estudio 1: La fertilidad de semen sexado fresco y congelado en rebaños de partos estacionales (Maicas et al., 2019)

Trabajo realizado: Evaluación de campo a gran escala en rebaños de pastoreo con parto estacional utilizando eyaculados divididos de 10 toros para producir semen convencional fresco, semen sexado fresco (1M o 2M espermatozoides/pajuela) y semen sexado congelado (2M). Se analizó la tasa de gestación por IA (P/AI) en novillas (n = 3.214) y vacas (n = 5.457) mediante modelos mixtos.

Resultados principales: En novillas, la tasa de gestación (P/AI) con semen convencional (60,9 %) superó la del semen sexado congelado (52,8 %), pero fue similar a la del semen sexado fresco (≈53–54 %). En vacas la tasa de gestación (P/AI) con semen convencional (48,0 %) superó a todos los tratamientos con semen sexado (≈37,6–40,6 %), sin que se observara ninguna ventaja del semen fresco frente al congelado ni ningún beneficio de la dosis de 2 M frente a la de 1 M. El toro influyó significativamente en la fertilidad, y el rendimiento relativo del semen sexado congelado superó el 84 % del semen convencional, un resultado mejor que el observado previamente en vacas lactantes.

Estudio 2: Fertilidad de semen SexedULTRA-4M congelado en vacas lactantes (Maicas et al., 2020)

Trabajo realizado: Comparación en campo entre semen convencional congelado (15 M) vs semen sexado congelado (SexedULTRA-4M) en vacas con parto estacional, utilizando 10 toros y 7.246 inseminaciones. Se analizaron los posibles efectos del toro, del rebaño y de la fertilidad de las vacas. Los toros se encontraban cerca de un laboratorio de selección de sexo, o bien en Irlanda, y los eyaculados se enviaban a un laboratorio de selección de sexo en el Reino Unido (con un tránsito de entre 6 y 8 horas).

Resultados principales: En general, la tasa de gestación (P/AI) fue menor en el caso del semen sexado (45,5 %) que en el del semen convencional (59,9 %), lo que supone un rendimiento relativo de aproximadamente el 76 %. El rendimiento dependió del toro, de la fertilidad de la vaca y de la explotación. Los resultados sugieren que los eyaculados procesados cerca del laboratorio de sexado presentaron mejores resultados que los transportados, con una interacción evidente entre el tratamiento y el toro en el caso del semen transportado. Los datos se analizaron posteriormente por separado para los toros ubicados cerca del laboratorio de sexado y para los toros cuyos eyaculados fueron transportados al laboratorio. La magnitud de las diferencias en el P/AI entre el semen convencional y el semen sexado fue menor en los toros situados cerca del laboratorio de sexado (60,3 % vs 50,2 %; 83 % de rendimiento relativo) que en los toros cuyos eyaculados fueron enviados al laboratorio (58,6 % vs 40,7 %; 70 % de rendimiento relativo).

Estudio 3: Evaluación del momento de inseminación con semen sexado bajo IA sincronizada (Drake et al., 2020)

Trabajo realizado: Estudio de IA a tiempo fijo (TAI) en rebaños con patrón de partos compacto, utilizando un protocolo progesterona-Ovsynch modificado; se comparó la IA convencional realizada 16 horas después de la administración de GnRH con la IA utilizando semen sexado a las 16 vs 22 horas; se analizaron 2.175 registros y se evaluó la variación entre explotaciones.

Resultados principales: La P/AI con semen convencional (61,1 %) fue superior a la obtenida con semen sexado en ambos momentos de inseminación (49,0 % y 51,3 %), y retrasar la inseminación hasta las 22 horas no mejoró significativamente la P/AI en términos generales. No obstante, se observó una marcada variación entre rebaños: aproximadamente un tercio de los rebaños alcanzó resultados con semen sexado equivalentes a los obtenidos con semen convencional, lo que indica que los factores relacionados con la manejo y la correcta aplicación de la técnica constituyen áreas clave de mejora.

Estudio 4: El efecto del retraso en el momento de la IA con semen sexado en novillas lecheras sincronizadas (Moore et al., 2023)

Trabajo realizado: Estudio de campo en novillas lecheras de rebaños con partos estacionales, sincronizadas mediante un protocolo Co-Synch de progesterona de 6 días e inseminadas con semen sexado congelado-descongelado en el momento de la segunda inyección de GnRH (TAI-0) o 8 horas más tarde (TAI-8); el diagnóstico de gestación se realizó a los 34 días (11 rebaños; 816 registros analizados).

Resultados principales: Retrasar la inseminación artificial mejoró la fertilidad: P/AI de 59 % (TAI-8) vs 50 % (TAI-0); la P/AI por rebaño osciló entre el 38 % y 75 %, sin observarse interacción tratamiento × rebaño. El subíndice de fertilidad mostró una asociación positiva con la P/AI.

Estudio 5: Características de la descendencia procedente de semen X-sexado frente a semen convencional (Maicas et al., 2020)

Trabajo realizado: Análisis retrospectivo de 5.179 descendientes en 396 explotaciones, nacidos tras IA con semen convencional o con semen X-sexado procedente de eyaculados divididos; se evaluaron la supervivencia en las primeras etapas de vida y el rendimiento posterior (reproducción y producción de leche en hembras; características del canal en machos).

Resultados principales: No se encontró evidencia de que el sexado del semen afectara negativamente a la mortinatalidad ni a la mortalidad dentro de cada sexo, ni al rendimiento reproductivo, ni a la lactancia de las hembras a lo largo de múltiples lactaciones. Se observó una pequeña diferencia en el peso de la canal entre los grupos de machos castrados (novillos) en términos globales, pero no de forma consistente entre los distintos grupos de edad al sacrificio, lo que sugiere que esta diferencia se debe más a factores de manejo que a un efecto biológico del proceso de sexado del semen.

Conclusión: por qué el semen sexado es importante para una producción sostenible de leche y carne

El semen sexado se ha consolidado como una tecnología genética que puede reducir el número de terneros machos lecheros no deseados, mejorar los resultados en bienestar animal (por ejemplo, menor riesgo de distocia al aumentar la proporción de terneras), acelerar el progreso genético y permitir el uso estratégico de semen de razas cárnicas en cubriciones no destinadas a la reposición. De este modo, se incrementa el valor de la producción de carne procedente del rebaño lechero, al tiempo que se reduce el desperdicio y la intensidad de las emisiones. Al mismo tiempo, los sistemas de partos estacionales exigen niveles muy elevados de fertilidad reproductiva. Los resultados de la gestación por IA con semen sexado pueden ser buenos, pero están influidos por el toro, el potencial reproductivo de la vaca y la gestión reproductiva a nivel de explotación. Por ello, los beneficios en materia de sostenibilidad se maximizan cuando el semen sexado se utiliza junto con una gestión reproductiva rigurosa y una selección dirigida de los animales candidatos.

Bibliografía

Drake E, Holden SA, Aublet V, Doyle RC, Millar C, Moore SG, Maicas C, Randi F, Cromie AR, Lonergan P, Butler ST. Evaluation of delayed timing of artificial insemination with sex-sorted sperm on pregnancy per artificial insemination in seasonal-calving, pasture-based lactating dairy cows. J Dairy Sci. 2020 Dec;103(12):12059-12068.

Holden SA, Butler ST. Review: Applications and benefits of sexed semen in dairy and beef herds. Animal. 2018 Jun;12(s1):s97-s103.

Maicas C, Hutchinson IA, Kenneally J, Grant J, Cromie AR, Lonergan P, Butler ST. Fertility of fresh and frozen sex-sorted semen in dairy cows and heifers in seasonal-calving pasture-based herds. J Dairy Sci. 2019 Nov;102(11):10530-10542.

Maicas C, Holden SA, Drake E, Cromie AR, Lonergan P, Butler ST. Fertility of frozen sex-sorted sperm at 4×10^6 sperm per dose in lactating dairy cows in seasonal-calving pasture-based herds. J Dairy Sci. 2020 Jan;103(1):929-939.

Maicas C, Hutchinson IA, Cromie AR, Lonergan P, Butler ST. Characteristics of offspring derived from conventional and X-sorted bovine sperm. J Dairy Sci. 2020 Aug;103(8):7509-7520.

Moore SG, Crowe AD, Randi F, Butler ST. Effect of delayed timing of artificial insemination with sex-sorted semen on pregnancy per artificial insemination in synchronized dairy heifers managed in a seasonal-calving pasture-based system. JDS Commun. 2023 Jul 21;4(5):417-421.

Vishwanath R, Moreno JF. Review: Semen sexing - current state of the art with emphasis on bovine species. Animal. 2018 Jun;12(s1):s85-s96.

RENDIMIENTO REPRODUCTIVO DE EMBRIONES PRODUCIDOS IN VITRO FRESCOS Y CONGELADOS

Dr. Stephen T Butler,[1] A.D. Crowe,[1,2] E.M. Murphy,[1,2] L. Thompson,[1] and P. Lonergan[2]

[1]Teagasc, Moorepark AGRIC, Fermoy. Co. Cork, Ireland

[2]University College Dublin, Ireland

stephen.butler@teagasc.ie

Producción in vitro de embriones en bovinos

La producción in vitro de embriones (IVP) en bovinos se utiliza para multiplicar la descendencia de animales con genética élite, lo que permite una difusión más rápida de líneas de alto mérito genético en ganado lechero y de carne, además de apoyar estrategias de cruzamiento leche-carne (dairy-beef) en sistemas estacionales basados en el pastoreo (Butler et al., 2023). Los ovocitos se recuperan de donantes genéticamente superiores mediante aspiración folicular transvaginal guiada por ecografía (OPU), se maduran in vitro, se fecundan in vitro y posteriormente se cultivan hasta el estadio de blastocisto (Crowe et al., 2024). Los embriones se clasifican habitualmente entre los días 7 y 8, y los blastocistos de grado 1 se seleccionan para su transferencia en fresco o tras criopreservación (por ejemplo, congelación lenta), con el fin de permitir su descongelación y transferencia directa en la explotación (Crowe et al., 2024; Butler et al., 2023). En rebaños con partos estacionales, un aspecto clave es sincronizar la transferencia embrionaria con la fecha fija de inicio de la reproducción. Para ello, las vacas receptoras se sincronizan y los embriones se transfieren siete días después de la ovulación o celo sincronizado, lo que permite que la transferencia embrionaria actúe como un "evento de servicio" alternativo a la primera inseminación artificial (IA) (Butler et al., 2023; Crowe et al., 2024).

Los beneficios de la IVP son mayores cuando las donantes presentan un mérito genético realmente superior en relación con los caracteres de interés (producción de reposición lechera o rendimiento terminal en sistemas carne-sobre-leche), ya que el sistema funciona esencialmente como un multiplicador genético (Butler et al., 2023). Las donantes pueden pertenecer a razas lecheras (por ejemplo, Holstein-Friesian o Jersey) o razas cárnicas (por ejemplo, Angus), y pueden ser novillas o vacas adultas. Las sesiones de OPU pueden repetirse semanalmente durante varias semanas en una misma donante hasta alcanzar el número objetivo de ovocitos recuperados (Crowe et al., 2024; Murphy et al., 2025). Numerosos estudios han observado una gran variabilidad entre donantes tanto en el número de ovocitos recuperados como en la producción de blastocistos por sesión de OPU. Asimismo, se ha constatado una variabilidad significativa entre sementales en la fertilización in vitro, incluso entre toros con fertilidad demostrada en condiciones de campo.

Estudio 1: Fuentes de embriones IVP a gran escala y fertilidad en campo con embriones frescos frente a congelados (Crowe et al., 2024)

Trabajo realizado: Los ovocitos se recolectaron semanalmente (hasta las 9 semanas) de donantes élite de razas lecheras y cárnicas mediante OPU. Además, se obtuvieron ovarios de ganado de carne con pedigrí tras el sacrificio. Los embriones producidos in vitro se cultivaron hasta el estadio de blastocisto y se transfirieron, frescos o congelados, a vacas lactantes receptoras sincronizadas en 16 rebaños experimentales. El diagnóstico de gestación se realizó mediante ecografía a los días 32–35 y 62–65 de gestación.

Resultados principales: La tasa de gestación por servicio (P/S) al día 32 fue similar entre la inseminación artificial (IA) y la transferencia embrionaria (TE) en términos globales. No obstante, los embriones frescos mostraron mejores resultados que los congelados en el día 32, y la pérdida de gestación entre los días 32 y 62 fue mayor en la TE que en la IA, lo que pone de manifiesto que la manipulación embrionaria, la criotolerancia y la sincronía entre el embrión y la receptora son factores limitantes importantes de la fertilidad (Crowe et al., 2024). La tasa de gestación al día 32 fue de aproximadamente 56 % para embriones frescos y de 42 % para embriones congelados. Los diagnósticos de gestación posteriores indicaron que la probabilidad de llegar al parto de un ternero vivo fue del 45,5 % para la TE con embriones frescos, similar a la IA (44,0 %), pero solo del 30,2 % para la TE con embriones congelados. Una parte considerable de las pérdidas se produjo entre los días 32 y 62 de gestación.

Estudio 2: Producción embrionaria y tasa de gestación tras transferencia usando semen convencional o sexado (Murphy et al., 2025)

Trabajo realizado: Los ovocitos se recolectaron semanalmente mediante OPU durante 4 semanas de donantes élite de raza cárnica Angus (n = 37) y Holstein-Friesian (n = 51). Los ovocitos se fecundaron con semen congelado-descongelado convencional (CONV) o semen sexado (SS) procedente de sementales de carne (n = 6) o de lecheros (n = 9). Los embriones se cultivaron hasta el estadio de blastocisto y los embriones de grado 1 se transfirieron, principalmente en

fresco, a receptoras lactantes sincronizadas. La gestación se evaluó al día 32 y se confirmó al día 63.

Resultados principales: Las donantes de razas cárnicas presentaron una mayor recuperación de ovocitos y una mayor producción de blastocistos que las donantes lecheras (14,9 vs 8,1 ovocitos por sesión de OPU; 28,7 % vs 16,1 % de producción de blastocistos). Es importante destacar que la producción embrionaria fue similar utilizando CONV o SS (20,0 % vs 24,7 % de producción de blastocistos). Estos resultados respaldan la viabilidad del uso de semen sexado en programas de fertilización in vitro (IVF). Sin embargo, tanto la donante como el semental fueron fuentes importantes de variabilidad en ambos tipos de semen. No se observaron diferencias en la tasa de gestación por transferencia (P/ET) entre embriones producidos con CONV o SS al día 32 (58,8 % vs 57,9 %) ni al día 63 (50,1 % vs 52,3 %). Tampoco se detectaron diferencias en la pérdida de gestación entre los días 32 y 63. Estos resultados indican que, bajo las condiciones del estudio, el semen sexado puede utilizarse en programas de IVF sin comprometer la fertilidad en campo.

Información transcriptómica materna sobre el tamaño fetal

Una preocupación relacionada con los embriones producidos in vitro es la posibilidad de que den lugar a terneros con un peso al nacimiento elevado y un mayor riesgo de distocia. Thompson et al. (2025a) demostraron que la expresión génica en la sangre materna presenta una fuerte señal gestacional y puede reflejar diferencias en el crecimiento fetal. Utilizando bases de datos públicas integradas a lo largo de la gestación (días 0, 21, 42, 56, 63 y 105), los grupos de coexpresión reflejaron los procesos biológicos específicos de cada etapa (por ejemplo, la respuesta al interferón en las primeras fases, la fosforilación oxidativa a mitad de la gestación y los procesos inmunitarios en las últimas fases). Además, el análisis de secuenciación del ARN (RNA-seq) de la sangre materna de vacas receptoras que gestaban fetos hembras procedentes de embriones IVP identificó módulos genéticos correlacionados con el peso al nacer de los terneros, así como 189 genes con expresión diferencial (DE) asociados a dicho peso. Los genes asociados positivamente se relacionaron con procesos de fosforilación y modificación proteica, mientras que los genes asociados negativamente se vincularon con procesos inmunitarios. Un enfoque basado en biomarcadores alcanzó una elevada precisión predictiva (R^2 de hasta 0,88), lo que respalda el uso de la transcriptómica sanguínea materna como herramienta no invasiva para monitorizar el crecimiento fetal y, potencialmente, detectar embarazos atípicos (Thompson, 2025a).

Efectos de IVP frente a IA sobre el transcriptoma hepático y muscular de los terneros

Otra preocupación relacionada con la IVP es la posibilidad de que se produzcan alteraciones en la impronta génica que puedan afectar al desarrollo postnatal. Thompson et al. (2025b) compararon los transcriptomas hepáticos y musculares de terneros de 4 meses de edad concebidos mediante IA o transferencia de embriones IVP, diferenciados por sexo. Los transcriptomas hepáticos mostraron una clara separación por sexo, independientemente del origen del embrión. No obstante, dentro del grupo de terneras (hembras), también se observó una separación clara entre animales procedentes de la IVP y de la IA. El análisis de expresión diferencial sugirió una disminución de la expresión de genes relacionados con la fosforilación oxidativa y un aumento de genes asociados a procesos inmunitarios en el hígado. En el músculo, la separación por sexo fue menos marcada que en el hígado, pero las hembras también mostraron diferencias según el origen embrionario. En conjunto, estos resultados respaldan la hipótesis de que las condiciones de producción in vitro pueden dejar una "firma molecular" detectable tras el nacimiento, especialmente en las hembras, lo que resalta la necesidad de estudios longitudinales que relacionen estas diferencias transcriptómicas con la salud y productividad a lo largo de la vida (Thompson et al., 2025b).

Conclusiones

La producción in vitro de embriones (IVP) está adquiriendo un papel cada vez más relevante en la producción sostenible de leche y carne, ya que permite multiplicar rápidamente una genética élite y puede complementar estrategias basadas en semen sexado y cruzamientos carne-sobre-leche en sistemas estacionales (Butler et al., 2023). Sin embargo, la brecha de rendimiento entre embriones IVP frescos y congelados, así como la mayor pérdida de gestación asociada a los embriones congelados, indican que mejorar la criotolerancia embrionaria y la retención de la gestación sigue siendo el principal cuello de botella para una adopción más amplia de esta tecnología (Crowe et al., 2024; Crowe et al., 2025a). Las prioridades que probablemente facilitarán de forma más directa su implementación incluyen: (1) Reducir la variabilidad entre donantes y sementales en la producción embrionaria IVP, manteniendo al mismo tiempo la posibilidad de utilizar semen sexado en la fertilización in vitro (Murphy et al., 2025). (2) Optimizar la selección y la sincronización de las receptoras dentro de la estrecha ventana reproductiva de los sistemas estacionales (Butler et al., 2023).

Bibliografía

Butler ST, Crowe AD, Moore SG, Lonergan P. Review: Use of assisted reproduction in seasonal-calving dairy herds. Animal. 2023 May;17 Suppl 1:100775.

Crowe AD, Sánchez JM, Moore SG, McDonald M, Rodrigues R, Morales MF, Orsi de Freitas L, Randi F, Furlong J, Browne JA, Rabaglino MB, Lonergan P, Butler ST. Fertility in seasonal-calving pasture-based lactating dairy cows following

timed artificial insemination or timed embryo transfer with fresh or frozen in vitro-produced embryos. J Dairy Sci. 2024 Mar;107(3):1788-1804.

Crowe AD, Sánchez JM, Moore SG, McDonald M, McCabe MS, Randi F, Lonergan P, Butler ST. Incidence and timing of pregnancy loss following timed artificial insemination or timed embryo transfer with a fresh or frozen in vitro-produced embryo. J Dairy Sci. 2025 Jan;108(1):1022-1038.

Murphy EM, Crowe AD, Thompson L, Moore SG, McDonald M, Hordern E, Bertholdi B, Randi F, Canadas ER, Lonergan P, Butler ST. Fertility in lactating dairy cows following timed embryo transfer with fresh in vitro-produced embryos derived from conventional or sex-sorted semen. J Dairy Sci. 2025 Oct;108(10):11635-11650.

Thompson L, van Helvoort PG, Duijn M, Reinders DD, Murphy EM, McDonald M, Crowe AD, Butler ST, Lonergan P, Rabaglino MB. The Maternal Blood Transcriptome Reflects Changes in Fetal Growth and Is an Accurate Predictor of Birth Weight in Cattle. FASEB J. 2025 Nov 15;39(21):e71201.

Thompson L, van Helvoort PG, Duijn M, Reinders DD, Murphy EM, McDonald M, Crowe AD, Butler ST, Lonergan P, Rabaglino MB. The Maternal Blood Transcriptome Reflects Changes in Fetal Growth and Is an Accurate Predictor of Birth Weight in Cattle. FASEB J. 2025 Nov 15;39(21):e71201.

GANADERÍA O CENIZAS: PASTOREO PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES Y OTROS SERVICIOS AMBIENTALES. EL EJEMPLO DEL PROYECTO MOSAICO

Dr. Gonzalo Palomo Guijarro

Universidad de Extremadura

Resumen (Español)

Los grandes incendios forestales (GIF) constituyen uno de los principales retos ambientales y territoriales del sur de Europa. El abandono rural, la homogeneización del paisaje y el cambio climático han favorecido la aparición de incendios de comportamiento extremo. Esta ponencia presenta una metodología de prevención estructural basada en la gestión del paisaje mediante ganadería extensiva, tomando como referencia los proyectos Mosaico y LIFE Landscape Fire. Se describen los fundamentos técnicos, la metodología aplicada, los resultados obtenidos y las implicaciones para la planificación futura.

Abstract (English)

Large forest fires represent one of the main environmental and territorial challenges in Southern Europe. Rural abandonment, landscape homogenization and climate change have led to increasingly extreme wildfire behavior. This paper presents a structural wildfire prevention methodology based on landscape management through extensive livestock grazing, using Mosaico and LIFE Landscape Fire projects as references. Technical foundations, applied methodology, results and future planning implications are discussed.

1. Los grandes incendios forestales (GIF)

En el contexto mediterráneo (85% de los incendios forestales de la Unión Europea), los grandes incendios forestales (GIF) se definen no solo por su superficie quemada, sino por su comportamiento extremo, caracterizado por altas intensidades, gran velocidad de propagación y una elevada dificultad de extinción. Estos incendios superan la capacidad operativa de los dispositivos de supresión y generan impactos ecológicos, económicos y sociales de gran magnitud (Palomo, 2022).

Desde un punto de vista técnico, los GIF están directamente relacionados con la continuidad horizontal y vertical del combustible, la acumulación de biomasa fina y media, y la sincronización de episodios meteorológicos extremos —olas de calor, baja humedad relativa y vientos intensos—. En la Península Ibérica, estos factores se ven agravados por procesos estructurales como:

- Despoblación rural y abandono de usos tradicionales,
- Homogeneización del paisaje forestal,
- Expansión de masas monoespecíficas altamente inflamables, como pinares densos o eucaliptales.

La desaparición del mosaico agro-silvo-pastoral ha eliminado discontinuidades funcionales del combustible, facilitando incendios de régimen continuo, capaces de recorrer grandes superficies sin encontrar barreras eficaces (Huntsinger et al. 2016).

Además, desde el punto de vista del ciclo del carbono, los GIF generan un doble efecto negativo: emisiones masivas de CO_2, CH_4 y N_2O durante la combustión, y pérdida de la capacidad futura de secuestro de carbono del ecosistema forestal afectado.

2. ¿Se pueden prevenir los GIF con la ganadería extensiva?

La prevención de GIF implica actuar antes del incendio modificando las condiciones estructurales del paisaje, como se plantea con la metodología mosaico (Universidad de Extremadura. 2016-continúa). En este marco, la ganadería extensiva emerge como la herramienta de gestión del combustible biológica, continua y multifuncional de mayor impacto en extensión territorial y la mayor eficiencia coste-beneficio (Pulido et al. 2023).

Desde un enfoque técnico, el pastoreo extensivo permite:

- Reducir la carga de combustible fino y herbáceo,
- Limitar el desarrollo del matorral leñoso inflamable,
- Romper la continuidad horizontal del combustible,

- Crear paisajes más heterogéneos y resilientes al fuego.

Sin embargo, su eficacia depende de condiciones clave:

- Planificación espacial y temporal.
- Emprendimiento.
- Definición de cargas ganaderas mínimas en una estrategia de pastoreo.
- Seguimiento de resultados ecológicos y de ejecución.
- Reconocimiento y pago por servicios ecosistémicos.

El pastoreo preventivo no sustituye a otras herramientas (quemas prescritas, tratamientos selvícolas), sino que actúa de forma complementaria, aportando una ventaja fundamental: su permanencia en el tiempo y su capacidad de generar retornos económicos en territorios rurales a un bajo coste (Huntsinger et al. 2016).

3. Los ejemplos del Mosaico y el LIFE Landscape Fire

El proyecto Mosaico es una actuación conveniada entre la Junta de Extremadura y la Universidad de Extremadura (2016-continúa) para diseñar una estrategia participativa de prevención de incendios, para Sierra de Gata, Las Hurdes y la Vera (esta última comarca desde 2025), basada en actividades agrícolas, ganaderas y forestales que gradualmente recuperen un paisaje diverso, habitado y con menor riesgo: un paisaje en mosaico.

Estas tres comarcas, al Norte de Extremadura, son así mismo las que más superficie quemada y número de incendios dejan de media cada año, situándose solo por detrás de Galicia en cuanto a este tipo de siniestros (Figuras 1 y 2).

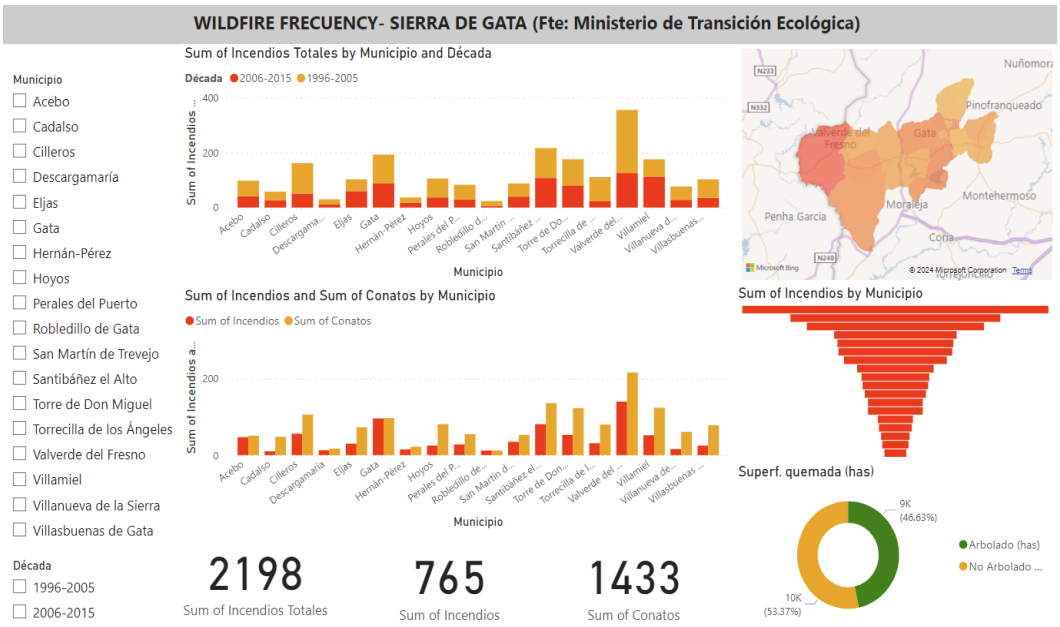


Figura 1. Incendios en la Sierra de Gata hasta 2015. Elaboración propia. Fuente MITECO.

Tras las correspondientes prospecciones de campo en 2017 y 2018 se consigue iniciar las experiencias piloto de pago por servicios por el pastoreo preventivo de incendios en el año hidrológico 2019-2020. Se trata de ocho ganaderías (caprino, ovino, vacuno y mixtas) que abarcan 560 ha de cortafuegos, a los se presupuestó un pago medio de 67 euros/ha año con idéntica fórmula a la utilizada por la RAPCA andaluza (Ruiz-Mirazo et al. 2011), pero incorporando la variable de pastoreo en zona periurbana (cuando fuera el caso). La selección se ha realizado sobreponiendo las áreas de pastoreo de dichos ganaderos sobre la red de defensa del Servicio de Prevención y Extinción de Incendios de la Junta de Extremadura. Además de la complementariedad entre áreas debían de darse unas garantías mínimas de cumplimiento en virtud de: experiencia, número de animales y dificultad de las áreas a pastorear (Figura 3).

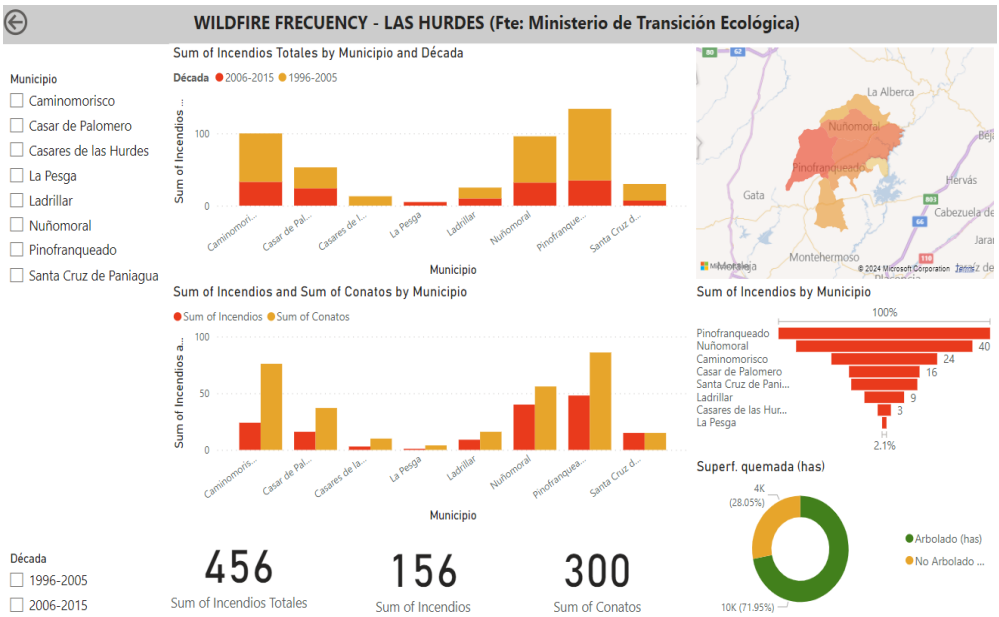


Figura 2. Incendios forestales en Las Hurdes hasta 2015. Elaboración propia/MITECO

Tras esta primera anualidad la media del grado de cumplimiento fue de un 48% y en 2021 de un 44%, sin diferencia estadísticamente significativa entre líneas primarias de defensa ni áreas preventivas de defensa, distancia a la majada (por debajo de los dos km) ni pendiente.



Figura 3. Mapa de zonas de pastoreo de las experiencias MOSAICO y red de defensa.

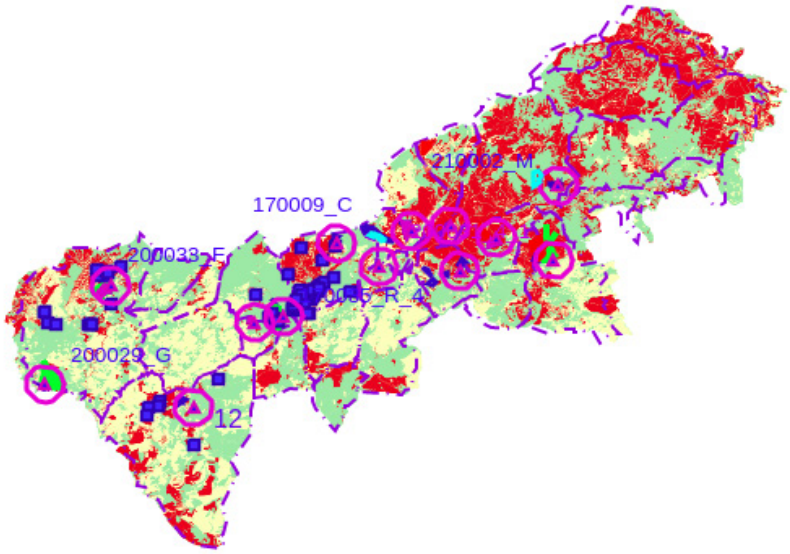


Figura 4. Modelo Landscape Fire de riesgo de incendios en Sierra de Gata y Las Hurdes. Nótese la amplia representación de zonas de alto riesgo en Las Hurdes. También se marcan (violeta) áreas estratégicas de gestión y puntos de monitorización (cuadros azules).

La única diferencia estadísticamente significativa se ha dado en los cortafuegos pastoreados por rebaños mixtos de ovejas y cabras pues han logrado un cumplimiento mayor debido al pastoreo intenso a muy intenso en un 44% de los cortafuegos, frente al 20% de los pastoreados únicamente por cabras. En trabajo similar sobre la RAPCA andaluza, no se encontró una gran diferencia de cumplimiento entre especies, aunque se observaron mejores resultados de las cabras en paisajes más matorralizados (Ruiz-Mirazo et al. 2011).

Tras dos años de ejecución y en virtud de la recomendaciones de la Declaración de Valencia (Madrigal et al. 2019) se plantea un nuevo modelo basado en puntos estratégicos de gestión en lugar de las infraestructuras lineales habituales en base a un análisis de peligros y riesgos en colaboración con el Instituto Politécnico de Viseu (Figura 4). El cambio fundamental será que el pastoreo se ceñirá a las condiciones del terreno y al modelo de combustible aplicando altas densidades animales (mínimo 3 cabras o 5 ovejas/ha) para asegurar una reducción sustancial de la fitomasa antes del periodo de alto riesgo de incendios. Se realiza además una estimación de costes en virtud de la cual se incluye en tarifas forestales de la Consejería de Gestión Forestal y Mundo Rural de la Junta de Extremadura dos módulos “Pastoreo para prevención de incendios en cortafuegos” (SOGF24.A.6.34) y “Pastoreo para prevención de incendios en puntos estratégicos” (SOGF24.A.6.33) con un pago por servicio ambiental de 129,29 y 104,68 euros respectivamente (SOGF, 2024). En 2025 ha finalizado el último contrato de ejecución a cargo de TRAGSA y con la participación de siete ganaderías finalmente. Hay una medida de pago por pastoreo preventivo en zonas de alto riesgo de incendios incluida en el Plan estratégico de la Política Agraria Comunitaria para la Comunidad Autónoma que debería arrancar a finales de 2026 con un pago de 200 euros por hectárea de recinto forestal pastoreada no solo en suelo de montes de utilidad pública (como ha venido siendo desde 2019) sino también privadas (MAPA, 2022). Este pago por servicios ya está implantado con diversas fórmulas en las comunidades autónomas de Madrid, Aragón, Andalucía, Cataluña, Castilla La Mancha, Comunidad Valenciana o Islas Canarias (Palomo, 2022).

Como parte del programa de acompañamiento que está realizando la Universidad de Extremadura a todos los ganaderos se ha realizado además de la planificación estratégica del pastoreo preventivo según metodología holística (Palomo & Savory, 2020), monitorización de las áreas pastoreadas para valorar el impacto animal, tanto a nivel biomasa como del biotopo, mediante el Índice de Salud de Pastizales (ISP ó EHI del inglés original Ecological Health Index) según la metodología propuesta por Borrelli y colaboradores (2012).

Gracias al proyecto LIFE Landscape Fire (2019-2024) se amplía el estudio para la implementación de estas estrategias a otras dos tres regiones con alto riesgo de incendio: Viseu Dão Lafões (Portugal) y Sierra de San Pedro Occidental (Extremadura).

El proyecto parte de un diagnóstico territorial riguroso, basado en:

- Análisis de riesgo de incendio,
- Caracterización de modelos de combustible,

- Y evaluación de la dinámica histórica del fuego.

Un elemento clave es el enfoque transnacional, que permite validar la transferibilidad de la metodología en distintos contextos biofísicos y administrativos del sur de Europa.

4. Otros impactos ambientales del pastoreo preventivo de incendios.

Gracias al estudio y modelización con sistemas de información geográfica según premisas antes establecidas se articula una red de Áreas de Gestión Estratégica (SMA) en las que se insertan los Puntos Estratégicos de Gestión (PEG) definidos como "localizaciones del territorio en las cuales la modificación del combustible y/o la preparación de infraestructuras permiten al servicio de extinción ejecutar maniobras de ataque seguras para limitar la potencialidad de un Gran Incendio Forestal". Esta definición implica una diferencia fundamental respecto a las infraestructuras lineales clásicas de carácter reactivas siendo estos PEG de carácter proactivo, y por tanto infraestructuras "complementarias permitiendo planificar una estrategia a priori de acuerdo al análisis del territorio, el régimen y el tipo de incendios en la zona" (Junta de Extremadura, 2022[1]).

Metodología

1. Identificación de zonas críticas para la propagación del fuego.
2. Proceso bottom-up con ganaderos locales para asegurar viabilidad operativa.
3. Diseño de planes de pastoreo adaptativo, con:
    - cargas ganaderas definidas (cabras/ovejas por hectárea),
    - tiempos de permanencia controlados,
    - objetivos explícitos de reducción de biomasa.
4. Implementación de infraestructuras de apoyo (agua, accesos).
5. Seguimiento técnico mediante indicadores ecológicos.

Se intervinieron más de 2.000 ha en cortafuegos y cerca de 2.500 ha en puntos estratégicos, incorporando además tecnologías como el vallado virtual, que permite una delimitación dinámica del pastoreo y reduce costes de gestión.

El seguimiento de acuerdo al estándar GRASS (Borrelli et al. 2012) implica dos escalas de monitorización:

- Monitoreo a corto plazo (STM del inglés original): más de 800 puntos muestreados donde se comprueba el grado global de ejecución del pastoreo (ver supra) a la par que realiza en Índice de Salud de Pastizales.
- Monitoreo a largo plazo (LTM): muestras de suelo, infiltración de agua, inventario de biodiversidad florística y regeneración arbórea.

La actuación con mayor superficie de implementación ha sido el pastoreo preventivo tanto en red preventiva de defensa lineal (102 cortafuegos con un total de 1.960 ha de pastoreo acumulado en cuatro años) así como en puntos estratégicos de gestión (2.500 ha), seguido por quemas prescritas (158 ha). La evaluación se ha realizado in situ tras un muestreo estratificado dirigido en un mínimo de tres puntos por actuación (n=551) mediante el índice de salud de pastizal (EHI, en el inglés original Ecological Health Index), además el último año de ensayo (2023) se realizó toma de muestras de suelo para determinar su contenido en nitrógeno, fósforo, potasio y carbono (n=155) según la metodología GRASS (Borrelli et al. 2012).

Resultados y discusión.

El mayor valor de EHI se ha dado en las plantaciones de castaños a modo de cortafuego productivo (26,67) seguido por el pastoreo en PEG (25,45), quemas (6,8), desbroces (-2,47), control (-16,17) y por ultimo decapado (-20,83). En cuanto a macronutrientes del suelo, las plantaciones destacan en nitrógeno y potasio mientras que el pastoreo en PEG duplica en fósforo en el suelo al siguiente tratamiento (desbroces) y se sitúa también primero en carbono orgánico total (55,95 t/ha de media en los primeros 10 cm de suelo) seguido de desbroces (45,13), castaños (44,40), control (43,89), decapado (34,13) y por último quemas prescritas (33,85) (Figura 5).

1 El Real Decreto-ley 15/2022, de 1 de agosto, por el que se adoptan medidas urgentes en materia de incendios forestales fue promulgado en plena ola de grandes incendios forestales establece las pautas de coordinación de las administraciones autonómicas con el MITECO (competente en política forestal a nivel estatal) así como las condiciones para que el estado ayuda en las labores de restauración post-incendio, establece la obligatoriedad por parte de las autoridades competentes de hacer planes anuales de prevención y extinción con un formato muy concreto en la modificación pertinente sobre a Ley de Montes. En concreto: "Artículo 48. Planificación para la prevención y defensa ante el riesgo de incendios forestales. 1. Las Comunidades Autónomas ante el riesgo general de incendios forestales, elaborarán y aprobarán planes anuales para la prevención, vigilancia y extinción de incendios forestales. Los referidos planes, que deberán ser objeto de publicidad previa a su desarrollo, comprenderán la totalidad de las actuaciones a desarrollar y abarcarán la totalidad del territorio de la Comunidad Autónoma correspondiente". No todas las comunidades autónomas han cumplido con esta obligatoriedad en su primer año de vigor (sí la Junta de Extremadura) razón por la cual (entre otras) Greenpeace (2023) en su informe sobre incendios forestales la posiciona en el segundo grupo de regiones en cuanto a cumplimiento de sus obligaciones de planificación (sólo por detrás de Cataluña, Valencia y Andalucía).

		M. Orgánica	Nitrógeno	Conduct.	pH	Fósforo	Sodio (Na+)	Magnesio (Mg++)	Potasio (K+)	Calcio(Ca++)	EHI
APD	Media	7,90	0,38	0,05	4,88	17,55	0,01	0,41	0,19	1,30	-2,47
	Desviación estándar	2,33	0,13	0,03	0,50	10,54	0,01	0,28	0,07	0,96	18,67
LPD	Media	6,08	0,26	0,03	4,99	6,66	0,00	0,44	0,20	1,99	-20,83
	Desviación estándar	3,40	0,11	0,01	0,29	7,23	0,00	0,37	0,15	2,64	48,36
PEG	Media	9,45	0,38	0,04	5,76	40,47	0,05	0,18	0,20	0,60	25,45
	Desviación estándar	2,70	0,15	0,03	3,26	48,03	0,05	0,20	0,07	0,54	39,02
Quemas	Media	8,54	0,34	0,04	4,73	3,57	0,14	0,54	0,24	0,88	6,80
	Desviación estándar	3,45	0,07	0,01	0,37	3,02	0,09	0,18	0,05	0,32	23,76
Recup. Castanea	Media	8,68	0,48	0,03	4,84	2,26	0,09	0,36	0,32	1,31	26,67
	Desviación estándar	0,90	0,06	0,00	0,29	1,24	0,01	0,04	0,10	0,67	33,17
Control	Media	9,66	0,31	0,03	4,76	4,77	0,11	0,59	0,23	1,19	-16,17
	Desviación estándar	2,92	0,12	0,01	0,43	4,30	0,09	0,46	0,09	0,87	69,20
Total	Media	8,72	0,36	0,04	5,11	16,86	0,07	0,41	0,23	1,24	6,47
	Desviación estándar	2,78	0,12	0,02	1,81	30,42	0,07	0,37	0,11	1,59	44,67

Figura 5. Valores (%) de caracterización y macronutrientes de las muestras de suelo (n=52) de los monitores de largo plazo analizados en los diversos tratamientos preventivos de incendios en el Norte de Extremadura y Región Centro de Portugal en el marco del proyecto LIFE Landscape Fire.

Por lo tanto los resultados muestran que:

- El pastoreo en PEG obtiene índices de salud ecológica superiores al pastoreo en infraestructuras lineales.
- Las actuaciones menos agresivas presentan mejores resultados ecológicos.
- Y el pastoreo preventivo es eficaz para cumplir objetivos de reducción de combustible sin degradar el ecosistema.

5. Ganadería regenerativa en la dehesa.

La dehesa es el Sistema Agrario de Alto Valor Natural más extenso de Europa, ocupando una superficie de más de 5 millones de hectáreas en el Suroeste de la Península Ibérica. Desempeñan un papel clave cómo sumideros de carbono y conservación de la biodiversidad, así como en el desarrollo del medio rural. A pesar de su alto valor ambiental y paisajístico, en su modelo de explotación tradicional sufre un agrave crisis a causa de la baja rentabilidad por hectárea siendo habituales signos de degradación del suelo y biodiversidad, amenazando con ello al suministro de bienes y servicios ambientales que generan (Moreno et al. 2018).

En el marco de los proyectos Dehesas&Montados (Fundación MAVA, 2017-2019), GODEHESA (Junta de Extremadura, 2018-2020), PASTURE+ (Fundación Biodiversidad/MITECO, 2022-2025) y SOS PRODEHESA-MONTADO (Interreg-UE, 2024-continúa) se están evaluando los efectos de la implementación de la planificación holística de pastoreo sobre la biodiversidad vegetal y la salud ambiental (Palomo & Savory, 2020). A través del estándar de verificación de resultados ambientales (EOV, Savory Institute, 2018) como evolución del estándar GRASS antes citado. Si nos centramos en los resultados del muestreo de vegetación de puntos y áreas flexibles (PAF) se han evaluado las diferencias tras cinco años de aplicación de la práctica (año 2019 vs año 2024) en 11 monitores de largo plazo de 5 fincas de Extremadura donde se viene practicando la ganadería regenerativa en una media de seis años. Se ha observando un aumento en todos los valores analizados (riqueza de especies, índice de Shannon y grupos funcionales) encontrando una mejora significativa en la riqueza de especies ($p < 0,05$) (Catalán et al. 2019; 2024).

Por otra parte, en la primaveras de 2024 y 2025 se han evaluado las diferencias en el Índice de Salud de Pastizales o Ecológica (ISE) de 15 fincas de Extremadura y Alentejo bajo pastoreo holístico planificado frente a fincas bajo pastoreo convencional. Se han observado mejoras significativas de más de 30 puntos en las fincas bajo planificación holística de pastoreo frente a las de pastoreo convencional. Se ha observado además una tendencia positiva en la evolución del índice resultando la calificación de “restauradas” en estas 15 fincas de estudio (Catalán et al. 2024, 2025).

Estos hallazgos ponen de manifiesto que la implementación de la planificación holística de pastoreo como herramienta concreta de la ganadería regenerativa puede ser una opción válida para la restauración ecológica de las dehesas.

6. Escenarios futuros (quizás no tanto)

Las proyecciones indican un aumento significativo de los incendios extremos en las próximas décadas. Los proyectos Mosaico y LIFE Landscape Fire demuestran que la prevención estructural es viable, pero requiere cambios en la planificación forestal y en las políticas públicas (Pulido et al. 2023; Wolpert et al. 2022).

En Extremadura, ya se han dado pasos importantes:

- Reconocimiento del pastoreo preventivo en tarifas forestales.
- Establecimiento programas plurianuales de pagos por servicios ambientales.
- E integración progresiva en la planificación regional de estos métodos alternativos de prevención.

El reto futuro es consolidar estas herramientas como parte central de la política de prevención, superando el enfoque reactivo y avanzando hacia una gestión proactiva del paisaje. Porque, desde un punto de vista técnico, los GIF no son solo un problema de extinción sino el resultado de cómo gestionamos —o dejamos de gestionar— el territorio.



Figura 6. Cabrero en plena ejecución del pastoreo preventivo en la Sierra de Gata. Foto del autor.

Referencias

Borrelli, P. F. Boggio, P. Sturzenbaum, M. Paramidani, R. Heinken, C. Pague, M. Stevens, and A. Nogués. 2012. Grassland Regeneration and Sustainable Standard (GRASS). Arlington County: The Nature Conservancy. VA, USA

Catalán, M. Palomo, G. y Moreno, G. 2019. Holistic management: an approach to increase pasture sustainability and mitigate climate change effects. 1st Joint Meeting, FAO-CIHEAM Networks on Sheep and Goats and on Mediterranean Pastures. Meknès, Marruecos.

Catalán, M. Peña, L. Martín, A. Asension, V. Palomo, G. 2025. Evaluación de los efectos del pastoreo rotacional holístico sobre la salud del ecosistema en dehesas de la ecorregión Mediterráneo Sur. I Congreso Internacional de Ganadería Regenerativa. Palma de Mallorca, 20-21 noviembre.

Catalán, M. Lozano, B. Peña, L. Martín, A. García, A. Gómez, M. Fernández, L. Palomo, G. 2024. Mejoras de la biodiversidad y salud ambiental en las dehesas bajo planificación holística del pastoreo. V Congreso Internacional de la Dehesa-Montado, Evora, Portugal, 29-30 octubre.

Greenpeace. 2023. Informe grandes incendios forestales. 60pp. https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2023/08/informe-incendios_GP_marzo_2025.pdf

Huntsinger, L, Pulido, F, Plieninger, T, Starrs. 2016. Letter in Reply: Europe's forest management did not mitigate climate warming, Available from: https://www.researchgate.net/publication/296702523_Letter_in_Reply_Europe%27s_forest_management_did_not_mitigate_climate_warming_Huntsinger_Pulido_Plieninger_Starrs.

Junta de Extremadura. 2022. Plan anual de prevención, vigilancia y extinción de incendios forestales de la Comunidad Autónoma de Extremadura. https://www.infoex.info/wp-content/uploads/2023/11/20231030-Plan-Anual-CAEx-2024.pdf

Madrigal, J. Romero-Vivó M. Rodríguez F. 2019. Definición y recomendaciones técnicas en el diseño de Puntos Estratégicos de Gestión (PEGs): 'Decálogo de Valencia' para la defensa integrada frente a los incendios en la gestión del mosaico agroforestal. Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF) y la Generalitat Valenciana.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2022. Plan estratégico de la Política Agraria Comunitaria 2023-2027. https://redpac.es/plan-estrategico-pac/pepac

Moreno, G., Aviron, S., Berg, S. 2018. Agroforestry systems of high nature and cultural value in Europe: provision of

commercial goods and other ecosystem services. Agroforest Syst 92, 877–891.

Palomo, G. 2022. “Servicios ecosistémicos de la ganadería extensiva en la prevención

de incendios”. En Moyano, E. Agricultura y ganadería familiar en España. Anuario 2022.

Ed. Fundación de Estudios Rurales. pp. 211-217.

Palomo, G. & Savory, A. (2020). “Pastoreando, fertilizando y vivificando el suelo”. En Vivificar el suelo: conocimientos y prácticas agroecológicas (pp. 295-319). Fundación Instituto Agricultura Ecológica y Sostenible (FIAES) & Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE).

Pulido, F. Corbacho, J. Bertomeu, M. Gómez, Á. Guiomar, N. Juárez, E. & Palomo, G. 2023. Fire-Smart Territories: a proof of concept based on Mosaico approach. Landscape Ecology, 38(12), 3353-3370.

Ruiz-Mirazo, J. Robles, AB. González-Rebollar, JL. 2011. “Two-year evaluation of

fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain)”.

Agriculture, Ecosystems and Environment 141 (2011) 13–22.

Servicio de Ordenación y Gestión Forestal (SOGF). 2024. Tarifas de precios forestales (pp. 59 y 60). Junta de Extremadura.

Wolpert, F. Quintas-Soriano, C. Pulido, F., Huntsinger, L. & Plieninger, T. 2022. Collaborative agroforestry to mitigate wildfires in Extremadura, Spain: land manager motivations and perceptions of outcomes, benefits, and policy needs. Agroforestry systems, 96(8), 1135-1149.

GANADERÍA O CENIZAS: PASTOREO PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO. GANADERÍA REGENERATIVA

Jorge Conte

Moncayo Ecológico

El cambio climático nos amenaza desde múltiples flancos: desertificación, inundaciones, grandes incendios forestales, pérdida de biodiversidad… ¿Y si pudiera ayudarnos el ganado con todo esto? La Ganadería Regenerativa nos muestra que la clave no está en el qué, sino en el cómo. El ganado, al que se le atribuye hasta el 15% de las emisiones de gases de efecto invernadero, puede cambiarse de bando y pasar a ser un gran aliado tanto para la mitigación como para la adaptación al cambio climático. Solamente cambiando el manejo. Moncayo Ecológico, un proyecto de agroganadería regenerativa a los pies del Moncayo soriano, lleva desde 2017 implementando estas prácticas en el manejo de los animales: mirando al suelo y entendiendo el ganado como pieza fundamental del ecosistema. Fijando carbono, aumentando la infiltración, fomentando la biodiversidad y reduciendo el riesgo de incendios, mientras se obtiene un alimento sano, con un alto valor nutricional y que se transforma y comercializa desde el territorio.

MASTITIS… ¿QUÉ HAY DE NUEVO (O NO)?

Dra. Sofie Piepers

CEO MEX Team UGent

La mastitis sigue siendo una de las enfermedades más importantes y costosas en la producción lechera a nivel mundial. A pesar de décadas de investigación y de programas de control, continúa siendo el principal factor determinante del uso de antibióticos en las explotaciones lecheras, además de ser un elemento clave para el bienestar animal, la calidad de la leche y la rentabilidad de las explotaciones. Pero ¿cuánto de lo que se propone hoy en el control de la mastitis es realmente nuevo? ¿Y cuánto consiste simplemente en aplicar correctamente lo que ya sabemos? Esta presentación comienza revisando los conceptos básicos. La mastitis es una reacción inflamatoria de la ubre, generalmente causada por una infección intramamaria tras la penetración de bacterias a través del canal del pezón. El resultado de la infección está determinado por la interacción de tres factores clave: el tipo de patógeno, la presión de infección, y la inmunidad de la vaca o del cuarto mamario. El equilibrio entre estos factores determina si la vaca desarrollará una mastitis subclínica (habitualmente detectada mediante recuentos elevados de células somáticas, con un umbral práctico de 200.000 células/ml) o una mastitis clínica leve, moderada o grave.

Comprender la respuesta inmunitaria es fundamental. La respuesta celular temprana tras la invasión bacteriana determina en gran medida la gravedad del cuadro, especialmente en la mastitis por coliformes. La gestión de factores como evitar el balance energético negativo, la acidosis ruminal, la fiebre de la leche (hipocalcemia) o las deficiencias vitamínicas y minerales es esencial para mantener una competencia inmunitaria adecuada. Las estrategias de vacunación pueden contribuir a la prevención, pero no pueden compensar deficiencias en la gestión básica. El control de la mastitis sigue basándose en principios bien establecidos: (1) una actuación adecuada frente a las infecciones existentes y (2) la prevención de nuevas infecciones. Estos principios están recogidos en los clásicos programas de control de mastitis de 5 puntos (Reino Unido) y de 10 puntos (Estados Unidos). Aunque fueron desarrollados hace varias décadas, siguen siendo muy relevantes. Sin embargo, los desafíos actuales, especialmente la reducción del uso de antibióticos y la prohibición de la terapia antibiótica de secado sistemática (blanket dry cow therapy) en muchas regiones, exigen una aplicación más rigurosa y adaptada de estos principios. El programa actualizado de 7 puntos se basa en estos fundamentos. Sus elementos clave incluyen la desinfección de pezones después del ordeño, el tratamiento de la mastitis clínica basado en un diagnóstico bacteriológico, la terapia de secado selectiva combinada con el uso generalizado de selladores internos del pezón, la eliminación de vacas infectadas crónicamente, el mantenimiento adecuado de la máquina de ordeño, la preparación óptima del pezón antes de colocar el conjunto de ordeño, y el apoyo nutricional e inmunológico para mejorar la resistencia a las infecciones.

La gestión del ordeño merece especial atención. Una preparación óptima del pezón implica una rutina estructurada que incluya el tiempo de contacto suficiente con el desinfectante preordeño, el despunte de los primeros chorros de leche (forestripping), el uso de toallas individuales desechables, y un intervalo adecuado entre la estimulación y la colocación del conjunto de ordeño (prep-lag) de 60 a 120 segundos, con el fin de optimizar la liberación de oxitocina. En la práctica, sin embargo, las desviaciones respecto a esta rutina siguen siendo frecuentes. La contaminación residual de la piel del pezón antes de colocar el conjunto de ordeño incrementa considerablemente el riesgo de nuevas infecciones intramamarias por patógenos oportunistas, como Streptococcus uberis, Klebsiella spp. y Escherichia coli. Asimismo, los deslizamientos de las pezoneras, el sobreordeño o una pulsación inadecuada pueden provocar lesiones en el extremo del pezón, anillos de compresión, pezones hinchados o cianóticos, y un aumento del riesgo de transmisión bacteriana entre cuartos mamarios. En algunos rebaños, más del 20 % de los cuartos mamarios pueden presentar lesiones significativas en el extremo del pezón. Estos hallazgos ponen de manifiesto que muchos problemas relacionados con la mastitis no se deben a la falta de tecnología, sino a una implementación insuficiente de principios ya conocidos.

Entonces, ¿qué hay realmente de nuevo?

Entre las innovaciones recientes se encuentran enfoques terapéuticos y preventivos sin antibióticos. La Tecnología de Pulsos Acústicos (Acoustic Pulse Technology, ATP) pretende mejorar las tasas de curación y la producción de leche al estimular los procesos de autorreparación tisular y la vitalidad celular. Los tratamientos intramamarios basados en la nisina actúan contra patógenos Gram positivos inhibiendo la síntesis de peptidoglicano y formando poros en la membrana bacteriana. La terapia láser también se ha propuesto para el tratamiento de la mastitis clínica con el objetivo de reducir la fiebre y el dolor, aunque la evidencia científica sólida aún es limitada. Además, se han estudiado péptidos derivados del hidrolizado de caseína para acelerar la involución de la ubre durante el periodo seco. Asimismo, los inmunomoduladores, como suplementos alimentarios diseñados para mejorar la función de los neutrófilos (por ejemplo, favoreciendo la expresión de CD62 y la fagocitosis) o el uso de ácidos grasos de cadena media (MCFA) para mejorar la viabilidad de los neutrófilos durante el periodo periparto, son estrategias de apoyo prometedoras. No obstante, su papel debe considerarse complementario, no sustitutivo, de las medidas fundamentales de prevención.

El mensaje central es claro: antes de buscar soluciones “milagro”, debemos garantizar la aplicación óptima de los principios básicos para el control de la mastitis. La terapia de secado selectiva, el tratamiento selectivo de la mastitis clínica y la sustitución progresiva de antibióticos por alternativas no antibióticas validadas representan la dirección futura. Sin embargo, los mayores avances suelen lograrse no mediante tecnologías revolucionarias, sino mediante la aplicación constante y rigurosa de estrategias ya demostradas. Por tanto, el control de la mastitis no consiste principalmente en descubrir algo radicalmente nuevo, sino en aplicar con rigor el conocimiento existente, adaptarlo a las restricciones actuales en el uso de antibióticos e integrar las innovaciones emergentes con un enfoque crítico y científico. En la gestión de la mastitis, la verdadera innovación puede consistir simplemente en hacer excepcionalmente bien lo básico.

Resumen breve: La mastitis sigue siendo una de las enfermedades más importantes y costosas en la producción lechera a nivel mundial. A pesar de décadas de investigación, programas de control e innovaciones tecnológicas, sigue siendo el principal factor que impulsa el uso de antibióticos en las granjas lecheras. La pregunta clave es: ¿qué hay realmente de nuevo en el control de la mastitis y qué parte corresponde simplemente a conocimientos que aún no aplicamos plenamente? Esta presentación revisa primero los fundamentos: ¿qué es la mastitis, qué factores determinan su evolución y por qué la inmunidad, la presión de infección y el tipo de patógeno siguen siendo elementos centrales? También se revisan los principios básicos de prevención y control, incluyendo la evolución desde los planes clásicos de 5 y 10 puntos hacia el enfoque actualizado de 7 puntos, así como las estrategias de tratamiento selectivo. Finalmente, se realiza un análisis crítico de las nuevas terapias no antibióticas e inmunomoduladoras. El mensaje principal es claro: antes de buscar soluciones milagrosas, debemos asegurarnos de aplicar rigurosamente y de forma consistente los fundamentos del control de la mastitis.

MATERIAL DE CAMA Y MASTITIS DESDE UNA PERSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN

Dra. Sofie Piepers

CEO MEX Team UGent

El material de cama constituye un elemento central, aunque con frecuencia subestimado, en el control de la mastitis en explotaciones lecheras. Desde una perspectiva científica, la relación entre el material de cama y la mastitis se ha mostrado notablemente consistente en distintos países y sistemas de producción y a lo largo de décadas de investigación. La cuestión fundamental sigue siendo la misma: ¿existe un material de cama "óptimo" y de qué manera influye en la salud de la ubre?

Al seleccionar el material de cama, deben considerarse múltiples factores: el bienestar y el confort de las vacas, la mano de obra, la disponibilidad, el coste, la gestión del estiércol, las implicaciones para la salud pública y, sobre todo, la salud de la ubre. La literatura científica demuestra reiteradamente que el material de cama influye de manera significativa en la carga bacteriana, lo que, a su vez, afecta el riesgo de mastitis.

Existe una distinción fundamental entre los materiales de cama orgánicos e inorgánicos. Los materiales orgánicos, como el serrín, la paja y los sólidos de estiércol reciclado (RMS, recycled manure solids), generalmente favorecen un mayor crecimiento bacteriano que los materiales inorgánicos, como la arena. Diversos estudios muestran de forma consistente recuentos más elevados de bacterias Gram negativas, coliformes y Klebsiella spp. en materiales de cama orgánicos. Ensayos experimentales de incubación ilustran la rapidez con la que las poblaciones bacterianas, especialmente las de Klebsiella spp., pueden multiplicarse en el estiércol reciclado y el serrín, en comparación con la arena fresca. Por el contrario, la arena correctamente gestionada suele tener recuentos bacterianos más bajos, debido a su contenido de nutrientes limitado y a sus mejores propiedades de drenaje.

Es importante destacar que un aumento de la carga bacteriana en el material de cama se asocia con un mayor riesgo de mastitis. Las investigaciones han demostrado una relación positiva entre las unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de materia seca del material de cama y la incidencia de la mastitis clínica, especialmente en los casos causados por patógenos Gram negativos y Klebsiella spp. Sin embargo, esta asociación no es absoluta. La variabilidad entre explotaciones es considerable, lo que indica que el tipo de material de cama, por sí solo, no determina la aparición de mastitis.

Los sistemas de cama compostada (compost-bedded pack) y el uso de sólidos de estiércol reciclado han ganado popularidad por sus ventajas en términos de bienestar animal y sostenibilidad. No obstante, los recuentos bacterianos en estos sistemas pueden variar ampliamente entre explotaciones. Factores como el contenido de humedad, la ventilación, la densidad de animales (stocking density), la frecuencia de volteo y la gestión general del lecho desempeñan un papel determinante. La investigación destaca que el contenido de materia seca es un factor crítico. Los sólidos de estiércol reciclado recién obtenidos ("verdes") suelen contener menos del 35 % de materia seca y, en condiciones reales de explotación, los niveles de humedad pueden mantenerse elevados, lo que favorece la proliferación bacteriana. Procesos como el compostaje, la biodigestión, el secado o los tratamientos mecánicos pueden reducir la carga bacteriana, aunque su eficacia depende de una implementación adecuada y de una gestión constante.

Las camas de arena, a menudo consideradas el estándar de referencia para la salud de la ubre, tampoco están exentas de limitaciones. La distribución del tamaño de partícula influye tanto en el drenaje como en el confort animal. Una arena demasiado fina reduce la capacidad de drenaje, mientras que partículas demasiado angulosas pueden provocar lesiones en los pezones o en la piel. Por ello, incluso los materiales inorgánicos requieren una correcta especificación y un adecuado mantenimiento.

Un hallazgo clave de la investigación es que la gestión del material de cama suele ser más importante que el tipo de material empleado. El riesgo de mastitis ambiental no solo se ve influido por la contaminación bacteriana del material de cama, sino también por la transferencia de bacterias del material de cama a la piel del pezón. La preparación y desinfección de los pezones antes del ordeño puede reducir los recuentos bacterianos en la piel del pezón entre 1,5 y 2,0 log UFC, lo que atenúa significativamente el impacto de los materiales de cama contaminados. Este hecho demuestra la interacción entre la gestión del alojamiento y la higiene del ordeño.

La gestión de los sólidos de estiércol reciclado requiere especial atención. Diferentes tipos de procesamiento, como la separación mediante prensa de tornillo, la biodigestión, el compostaje, los compostadores de tambor y el secado mecánico o por infrarrojos, influyen en la supervivencia bacteriana. No obstante, ninguno de estos sistemas elimina por completo las bacterias. El control de la humedad, la reposición frecuente del material de cama, una ventilación adecuada y evitar densidades de animales excesivas son aspectos fundamentales para limitar la multiplicación bacteriana. Las investigaciones que comparan sistemas de reposición diaria del material de cama con sistemas de lecho

profundo (deep-pack) muestran diferencias sustanciales en los recuentos bacterianos a lo largo del tiempo, lo que refuerza la importancia de una gestión activa del material de cama.

También se han investigado los aditivos para materiales de cama como medio para controlar el crecimiento bacteriano. Los aditivos ácidos, la cal hidratada y los productos alcalinos pueden reducir temporalmente los recuentos bacterianos en algunos materiales de cama, incluidos la arena, el estiércol reciclado y el serrín. Los estudios in vitro demuestran efectos inhibidores sobre el crecimiento bacteriano; sin embargo, estos efectos suelen ser de corta duración. Por ello, los aditivos deben considerarse medidas complementarias y no soluciones independientes.

En conjunto, los estudios coinciden en un mensaje fundamental: el material de cama puede exponer los pezones a cargas bacterianas elevadas y los materiales orgánicos tienden a favorecer un mayor crecimiento bacteriano que los materiales inorgánicos. No obstante, la mastitis es una enfermedad multifactorial. El tipo de material de cama puede influir en la distribución de patógenos (por ejemplo, un mayor riesgo de Klebsiella en determinados sistemas orgánicos), pero la incidencia final de la mastitis depende de la interacción entre la gestión del material de cama, la higiene del ordeño, la inmunidad de las vacas, la densidad de animales y la gestión general del rebaño.

En conclusión, la evidencia científica confirma de manera consistente que el material de cama es un factor clave para la salud de la ubre. Los materiales orgánicos tienden a presentar cargas bacterianas más altas, aunque una gestión adecuada puede mitigar el riesgo. Los materiales inorgánicos, como la arena, ofrecen ventajas inherentes para limitar la proliferación bacteriana, pero requieren una selección y un mantenimiento adecuados. En última instancia, una gestión proactiva que incluye el control de la humedad, la reposición regular del material de cama, una adecuada higiene preordeño y la atención a las condiciones ambientales resulta más determinante que la elección del material de cama por sí sola.

Desde una perspectiva científica, el “mejor” material de cama no se define únicamente por el tipo de material, sino por la eficacia con la que se gestiona como parte de una estrategia integral de prevención de la mastitis.

Resumen breve: El material de cama desempeña un papel fundamental en la epidemiología de la mastitis, aunque el debate sobre cuál es el material más adecuado continúa. Desde una perspectiva científica, la evidencia es consistente: el tipo de material de cama influye en la carga bacteriana y esta influye en el riesgo de mastitis. Los materiales orgánicos, como el serrín o los sólidos de estiércol reciclado, suelen favorecer un mayor crecimiento de bacterias Gram negativas y de Klebsiella spp. en comparación con materiales inorgánicos, como la arena. Sin embargo, el tipo de material de cama por sí solo no determina la salud de la ubre. Esta presentación analiza la relación entre el material de cama, la contaminación bacteriana y la mastitis, destacando cómo factores como el contenido de humedad, el porcentaje de materia seca, la ventilación, la densidad de animales y las prácticas de gestión del material de cama modifican significativamente el riesgo. Se prestará especial atención a los sistemas basados en sólidos de estiércol reciclado, a los lechos compostados y al uso de aditivos en los materiales de cama. Es importante destacar que las investigaciones demuestran que la gestión, incluida una higiene eficaz de los pezones antes del ordeño, puede reducir sustancialmente la transferencia de bacterias de la cama a la piel de los pezones. El mensaje central es claro: la mastitis es una enfermedad multifactorial y una gestión proactiva del material de cama, como parte de una estrategia integral de salud del rebaño, es más determinante que la elección del material de cama por sí sola.

VALORACIÓN ECONÓMICA DE PRÁCTICAS SOSTENIBLES PARA EL CONTROL DE INFECCIONES POR HELMINTOS EN GANADO VACUNO

Dra. María Martínez Valladares

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León), Departamento de Sanidad Animal, León (España)

El estudio aborda la percepción de la viabilidad económica de los métodos sostenibles para el control de las infecciones por helmintos en rumiantes en pastoreo. Estas infecciones constituyen uno de los principales problemas sanitarios de la ganadería a nivel mundial, al generar importantes pérdidas productivas. En Europa, los nematodos gastrointestinales, Fasciola hepatica y Dictyocaulus viviparus son responsables de una elevada proporción del impacto económico asociado a las parasitosis. A esta situación se suma el desarrollo creciente de resistencias a los fármacos antihelmínticos, consecuencia de su uso continuado y, en muchos casos, indiscriminado, así como la limitada disponibilidad de nuevos principios activos.

En este contexto surge el proyecto europeo SPARC (Sustainable Parasite Control in Grazing Ruminants), que promueve estrategias de control más sostenibles orientadas a reducir la dependencia de los antihelmínticos sin comprometer la productividad. Entre las medidas propuestas se incluyen los tratamientos selectivos, la mejora del diagnóstico coprológico, el manejo del pastoreo para interrumpir los ciclos biológicos de los parásitos, el uso de plantas bioactivas con efecto nematicida y la cría selectiva de animales resistentes. Asimismo, se enfatiza la importancia de la toma de decisiones compartida entre ganaderos, veterinarios e investigadores, lo que requiere conocer la percepción y el grado de aceptación de estas estrategias por parte del sector.

El objetivo del estudio fue evaluar la percepción económica de los métodos sostenibles de control de helmintos mediante una encuesta dirigida a profesionales vinculados al ámbito ganadero. Para ello, se diseñó un cuestionario estructurado de trece preguntas, dirigido a ganaderos y veterinarios de vacuno, ovino y caprino, así como a investigadores de todo el territorio nacional.

La encuesta incluyó tres preguntas demográficas, dos relativas al impacto económico del diagnóstico y del uso de antihelmínticos convencionales, y ocho centradas en la valoración económica de distintas estrategias sostenibles. Las preguntas fueron de respuesta única y, en varios casos, se utilizó una escala tipo Likert de cinco opciones para medir el grado de acuerdo, desde el desacuerdo total hasta el acuerdo total, incluyendo una opción específica de desconocimiento. Posteriormente, las respuestas se agruparon en tres categorías analíticas: conformidad, disconformidad y duda o desconocimiento, con el fin de facilitar la interpretación de los resultados.

La difusión se realizó principalmente a través de redes sociales especializadas del grupo de investigación HelminRum y mediante contacto directo con profesionales del sector. El periodo de recogida de datos abarcó varios meses, permitiendo recopilar un total de 154 respuestas. Aunque la muestra presenta ciertas limitaciones derivadas del canal de difusión —especialmente en relación con la edad y el perfil productivo de los participantes—, el diseño metodológico permitió obtener una visión global sobre el grado de conocimiento, aceptación y percepción de rentabilidad de las distintas estrategias sostenibles de control parasitario en el contexto actual de la ganadería española.

RESISTENCIAS ANTIMICROBIANAS EN PRODUCCIÓN BOVINA: UN ENFOQUE INTEGRAL

Dra. Laura Montoro-Dasi, Ana Marco-Fuertes, Clara Marin

Universidad cardenal-Herrera (Valencia)

La aparición de las resistencias a los antimicrobianos (RAM) es uno de los desafíos más importantes a los que nos enfrentamos actualmente a nivel global, tanto en sanidad animal como en salud pública; ya que la presencia de RAM pone en riesgo la eficacia de medicamentos esenciales para tratar infecciones en seres humanos, animales y plantas. Este fenómeno ocurre cuando bacterias, virus, hongos y parásitos evolucionan para resistir el efecto de los fármacos. De hecho, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) advierten que el uso excesivo o indebido de estos productos, tanto en la medicina humana como en la veterinaria, ha acelerado este proceso, incrementando la mortalidad y los costes económicos a nivel global. Los últimos datos epidemiológicos sobre el impacto de las RAM en la medicina humana indican 1,27 millones de muertes directas y 4,71 millones de muertes asociadas cada año a nivel mundial, 35.000 en Europa y alrededor de 5.000 en España. Por todo ello, este problema debe abordarse desde una perspectiva global, incluyendo el concepto One Health. En medicina veterinaria, los objetivos de los principales programas desarrollados por las autoridades sanitarias se centran en la prevención y la acción coordinada entre gobiernos, asociaciones, veterinarios y productores, mejorando la sanidad animal mediante la vacunación, estrictos protocolos de bioseguridad y el acceso a diagnósticos rápidos y precisos. Por todo ello, este trabajo se centra en la descripción de los principales mecanismos de RAM, su impacto epidemiológico en el sector vacuno y el desarrollo de las medidas de control implementadas a nivel europeo y nacional, así como en el estudio de los factores de riesgo, la actualización de las alternativas disponibles y la valoración de las perspectivas de futuro para el sector.

Mecanismos de resistencia antimicrobiana

Existen diferentes mecanismos de desarrollo de resistencias antimicrobianas: intrínsecos, adquiridos y adaptativos. En primer lugar, la resistencia intrínseca es un rasgo universal dentro de una especie bacteriana, independiente de exposiciones previas a antibióticos, no relacionada con la transferencia horizontal de genes y controlada por genes cromosómicos (membrana asimétrica, bombas de eflujo o enzimas inactivadoras de antibióticos). Por ejemplo, en el caso de las bacterias causantes de mastitis en ganado vacuno, se ha descrito que Staphylococcus aureus es intrínsecamente resistente al ciprofloxacino, la daptomicina, la gentamicina, en linezolid, la oxacilina y la vancomicina; mientras que Streptococcus se considera intrínsecamente resistente a los aminoglucósidos y al ácido fusídico. Por otro lado, las enterobacterias como Escherichia coli y Salmonella, causantes de muchos problemas digestivos sobre todo en bovinos jóvenes, son intrínsecamente resistentes a los macrólidos, las aminocumarinas o los glucopéptidos gracias a las características de su membrana.

En segundo lugar, nos encontramos ante los mecanismos de resistencia adquiridos: las mutaciones y la adquisición de genes de resistencia. Las mutaciones ocurren cuando las bacterias desarrollan cambios en sus genes durante su replicación, lo que puede inducir la sobreexpresión de proteínas como bombas de eflujo o enzimas que inactivan la acción de antibióticos o desinfectantes. Sin embargo, el principal reto al que nos enfrentamos en la lucha contra las resistencias antimicrobianas es la adquisición de genes de resistencia del entorno, mediante el intercambio de plásmidos, transposones, integrones y profagos entre las bacterias por transferencia horizontal de genes. Por ejemplo, en el caso de Salmonella, en 2014 se descubrió un megaplásmido (pESI mega-plasmid) que contiene genes asociados a una mayor adaptación, virulencia, resistencia a antibióticos y desinfectantes, así como una mayor capacidad de formar biopelículas.

Por último, mediante los mecanismos de resistencia adaptativos las bacterias pueden permanecer en las superficies de las granjas durante un mayor tiempo, con la modificación a células persistentes o por la formación de biopelículas, principalmente. En este sentido, las células persistentes son subpoblaciones metabólicamente inactivas que sobreviven temporalmente a altas concentraciones de antibióticos o desinfectantes y pueden reactivarse, lo que dificulta la eliminación completa de la infección. Por otro lado, las biopelículas están formadas por células bacterianas y sustancias extracelulares y se desarrollan en cuatro etapas: adhesión, proliferación, maduración y dispersión. Estas biopelículas aumentan la resistencia a antibióticos y desinfectantes, elevan la frecuencia de mutaciones y activan la respuesta inmune innata del huésped, favoreciendo la persistencia y propagación de la infección, incluida la transmisión a través de la cadena alimentaria.

Tradicionalmente, el uso inapropiado e indiscriminado de antibióticos, su empleo como promotores de crecimiento (dosis subterapéuticas) y el control deficiente de las medidas de control de infecciones bacterianas (falta de bioseguridad y protocolos ineficaces de limpieza y desinfección), han promovido el desarrollo de resistencias adquiridas y adaptativas por parte de las bacterias. Como consecuencia, los tratamientos generalmente empleados para tratar

patologías frecuentes están dejando de funcionar, lo que retrasa el procedimiento diagnóstico (necesidad de realización de cultivos microbiológicos para aislamiento del patógeno y realización de antibiograma), disminuye el bienestar y el rendimiento productivo del lote y, como consecuencia, incrementa los gastos del ganadero. Por todo ello, la lucha contra las RAM debe enfocarse actuando tanto sobre los animales (reducción de tratamientos antibióticos, desarrollo de tratamientos alternativos, etc.), como sobre el ambiente (desarrollo de protocolos optimizados de limpieza y desinfección).

Epidemiología de las resistencias antimicrobianas en ganado bovino

A nivel de la Unión Europea (UE), la Autoridad Europea en Seguridad Alimentaria (EFSA, de sus siglas en inglés, European Food Safety Authority) junto con el Centro Europeo para la Prevención y el Control de las Enfermedades (ECDC, de sus siglas en inglés, European Centre for Disease Prevention and Control) establecen un programa armonizado para la recolección de datos epidemiológicos de RAM en diferentes especies animales, incluyendo el control de ganado de vacuno de carne en años impares. En este sector el control se realiza principalmente a nivel de matadero, analizando ciegos de terneros menores de un año para detectar E. coli, Campylobacter y Salmonella.

Como bacteria centinela e indicadora de los porcentajes generales de RAM se emplea la especie E. coli comensal. Para esta especie bacteriana, a la espera del próximo informe sobre los datos recopilados en el año 2025 (que se espera que se publique a lo largo de este año), los últimos resultados publicados, correspondientes con los análisis realizados en 2023, indicaron que el 41,5% de los aislados presentó resistencia frente a alguno de los antibióticos estudiados, de los que el 28,0% fueron multirresistentes. Además, se observaron niveles elevados de resistencia frente a la tetraciclina (37,4% de los aislados), el sulfametoxazol (28,3%), la ampicilina (27,4%) y la trimetoprima (20,7%); niveles moderados de resistencia frente al cloranfenicol (17,1%), y niveles bajos frente a la ciprofloxacina (9,3%), el ácido nalidíxico (3,8%), la gentamicina (2,9%), la cefotaxima (1,8%), la ceftazidima (1,6%), la azitromicina (1,4%) y la combinación de cefotaxima y ciprofloxacina (1,0%).

Por otro lado, Campylobacter es la bacteria que mayor número de toxiinfecciones alimentarias causa en la UE, con un total de 168.396 casos en humanos anuales, según el último informe publicado de la EFSA, siendo las especies más importantes Campylobacter jejuni y Campylobacter coli. Respecto a los resultados obtenidos en el estudio epidemiológico de RAM en ganado vacuno durante el año 2023, para C. jejuni los resultados mostraron un porcentaje del 80,2% de aislados resistentes a alguno de los antibióticos estudiados, de los que un 1,6% fue multirresistente. Se observaron también porcentajes de resistencia muy elevados para la tetraciclina (65,6%) y la ciprofloxacina (57,6%); niveles moderados para el ertapenem (2,4%) la gentamicina (1,1%) y la eritromicina (1,1%); niveles muy bajos para la combinación de ciprofloxacina y eritromicina (0,8%), y ausencia de cepas resistentes al cloranfenicol. Por otro lado, el 95,5% de las cepas aisladas de C. coli mostró resistencia frente a alguno de los antibióticos estudiados, de las que un 34,8% se consideró multirresistente. Además, para cada uno de los antibióticos analizados se observaron también porcentajes de resistencia más elevados, siendo extremadamente altos para la tetraciclina (88,6%) y la ciprofloxacina (80,4%); elevados frente al ertapenem (35,5%), la eritromicina (31,6%) y la combinación de ciprofloxacina y eritromicina (30,3%); moderados frente a la gentamicina (10,5%) y bajos para el cloranfenicol (1,7%).

Finalmente, Salmonella es el segundo patógeno zoonótico productor de toxiinfecciones alimentarias en la UE, con un total de 79.703 casos aislados y 1.238 brotes reportados en el último año. Respecto al estudio de susceptibilidad antimicrobiana realizado en ganado bovino en el año 2023, el 43,7% de las cepas se consideraron resistentes a alguno de los antibióticos estudiados, siendo el 25,0% de ellas multirresistentes. Además, se observaron niveles elevados de resistencia frente a la tetraciclina (31,8%), el sulfametoxazol (25,9%) y el cloranfenicol (20%); niveles moderados frente a la ampicilina (14,7%), y niveles bajos de resistencia frente a la trimetoprima (7,6%), la ciprofloxacina (5,3%), el ácido nalidíxico (2,4%), la azitromicina (1,2%) y la gentamicina (1,2%).

A nivel nacional, el último informe que detalla información epidemiológica sobre las RAM en bovinos menores de un año, correspondiente con datos de 2023, indica que en las cepas de E. coli comensal aisladas mostraron un 35,9% de cepas resistentes a alguno de los antibióticos estudiados, de las que el 22,9% mostraron multirresistencia. Respecto a los resultados obtenidos frente a los diferentes grupos de antibióticos, los porcentajes de resistencia más elevados se observaron frente la tetraciclina (31,8%), el sulfametoxazol (25,9%) y el cloranfenicol (20,0%), mientras que no se observaron resistencias frente a la cefotaxima o la ceftazidima.

En el caso de Campylobacter, los aislados de C. jejuni mostraron un 78,8% de cepas resistentes a alguno de los antibióticos analizados, sin presencia de bacterias multirresistentes, elevados porcentajes de resistencia frente a la tetraciclina (70,4%) y la ciprofloxacina (66,7%) y ausencia de resistencias frente a los demás antibióticos. Para C. coli se observó un porcentaje de bacterias resistentes del 89,5%, de las que el 10,5% fueron multirresistentes. Respecto a los diferentes antibióticos estudiados, los mayores porcentajes de resistencia se detectaron frente a la ciprofloxacina (85,7%), seguida de la tetraciclina (71,4%) y el ertapenem (28,6%) y la corresistencia ciprofloxacina/eritromicina (5,3%).

Por último, las cepas aisladas de Salmonella mostraron un 37,5% de cepas resistentes a alguno de los antibióticos estudiados, de las que un 12,5% fueron multirresistentes. Respecto a los resultados obtenidos frente a los diferentes grupos de antibióticos, los porcentajes de resistencia más elevados se observaron frente al ácido nalidíxico, el sulfametoxazol, la tetraciclina y la trimetoprima, con un porcentaje del 16,7% todos ellos. Seguidamente, el porcentaje de resistencia frente a la ciprofloxacina fue del 12,5%, mientras que no se observaron resistencias frente a la cefotaxima y la ceftazidima.

Planes de acción

En España, las estrategias de reducción de las RAM están dirigidas por el Plan Nacional de Resistencia a Antibióticos (PRAN). Este plan fue aprobado en el año 2014 por el Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de la Salud y por la Conferencia Intersectorial de Agricultura como respuesta a la Comunicación de la Comisión Europea del 17 de noviembre de 2011, que solicitó a los Estados miembros un Plan de Acción sobre Resistencias Antimicrobianas, así como a las Conclusiones del Consejo de la UE del 29 de mayo de 2012, en las que se instó a un abordaje conjunto de este problema. El PRAN establece 6 líneas estratégicas que abarcan diferentes aspectos de relevancia: la vigilancia del consumo de antibióticos, el control de las RAM, las medidas de prevención, el fomento de la investigación, la formación e información de los profesionales sanitarios y la comunicación y sensibilización de la población.

En el sector vacuno, el PRAN comenzó su actividad en el periodo 2019-2024, tanto para vacuno de carne como de leche. Respecto al sector de bovino de carne, los objetivos principales fueron la reducción en el empleo de todos los antibióticos y la eliminación de las premezclas y soluciones orales (periodo de 2 años), por otro lado, en el sector lácteo los objetivos fueron la reducción del uso general de antibióticos, especialmente de los antibióticos considerados críticos para la salud humana.

Por otro lado, dentro de la Línea estratégica I de Vigilancia del consumo de antibióticos, se establece como objetivo recoger y comparar datos de venta y uso de antimicrobianos, por especies, con el fin de desarrollar medidas específicas para el control y uso razonable de los antimicrobianos en veterinaria, en colaboración con la Agencia Europea de Medicamentos (EMA). Es en este punto donde entra en consideración el Sistema Informático Central de Control de Prescripciones Veterinarias de Antibióticos (PRESVET), una herramienta informática que centraliza la información relativa a las prescripciones que se realizan de antibióticos en veterinaria, hasta enero de 2025, únicamente para explotaciones ganaderas y, desde entonces, también en animales de compañía. Los principales objetivos de esta herramienta son recoger y centralizar los datos de prescripciones de antibióticos veterinarios desde explotaciones ganaderas y clínicas veterinarias, vigilar el uso de estos medicamentos para conocer patrones de consumo por especie y zona y facilitar el control y análisis del consumo de antibióticos para establecer medidas eficaces en salud pública y veterinaria.

PRESVET exige que los veterinarios que prescriben antibióticos en animales de producción comuniquen al sistema, con al menos periodicidad quincenal, los datos clave de cada prescripción. Estos datos, que vienen definidos por el Real Decreto 666/2023, incluyen (como mínimo): la identificación de la explotación y especie tratada (en este caso, ganado vacuno), el tipo de medicamento antibiótico prescrito (forma farmacéutica, dosis, principio activo), la cantidad administrada o prescrita, la fecha de prescripción y periodo de tratamiento, la identificación del veterinario responsable (número de colegiado) y la especificación de si el antibiótico es en forma de piensos medicados u otra presentación. Este conjunto de datos permite tener un registro detallado del uso de antibióticos en cada explotación bovina, diferenciando por tipo de bovino (terneros, vacas lecheras, cebo, etc.).

Como consecuencia a estas medidas, el último informe de la EMA sobre consumo de antibióticos en animales de producción de la UE (ESUAvet 2024) revela que el ganado vacuno es una de las especies con un mejor control en la vigilancia de antimicrobianos, destacando que en 2024 se consolidó la recogida de datos de uso real desglosados por categorías como vacuno de leche, de carne y terneros menores de un año.

A nivel europeo, el consumo total de antimicrobianos en producción animal informado fue de 3.297,2 toneladas, siendo las tetraciclinas y las penicilinas las clases de antibióticos más comunes en el ganado bovino. En el caso de España, el país se posiciona como un referente en la calidad de la información al reportar una cobertura del 100% de los datos de uso en ganado vacuno. Durante 2024, España notificó el consumo de 217,3 toneladas de antimicrobianos en esta especie, lo que representa una disminución frente a las 249,4 toneladas del año anterior. La eficacia del sistema español se atribuye a la implementación del sistema PRESVET para el registro de datos, lo que garantiza una alta precisión en la información real de consumo.

Sin embargo, para analizar la situación actual frente a los objetivos de la UE, es fundamental cruzar los datos de consumo del informe ESUAvet 2024 con las metas de la estrategia “De la Granja a la Mesa” (Farm to Fork). Esta estrategia establece como objetivo principal una reducción del 50% en las ventas de antimicrobianos para animales de granja y de acuicultura en la UE para el año 2030, tomando como base de referencia los datos de 2018. En este sentido, a nivel de la UE el informe de la EMA muestra que las ventas agregadas han pasado de 118,3 mg/PCU (Unidad de Corrección Poblacional, de sus siglas en inglés, Population Correction Unit) en 2018 a 89,6 mg/PCU en 2024. Esto representa una

reducción acumulada del 24,3%, lo que indica que Europa se encuentra aproximadamente a mitad de camino del objetivo final. Sin embargo, el informe advierte sobre una estabilización de la curva: tras un descenso pronunciado hasta 2022, los años 2023 y 2024 han mostrado ligeros repuntes en varios países. Es importante destacar que España es uno de los países que más ha contribuido al descenso global de las ventas en la UE. Desde que se lanzó el PRAN, España ha logrado reducir sus ventas totales de antimicrobianos veterinarios en más de un 60% desde 2014, superando con creces el ritmo medio europeo. Además, en el sector específico del vacuno, los datos de 2024 confirman que la tendencia a la baja continúa. Esta mejora se debe no solo a la concienciación, sino también a la prohibición del uso profiláctico de antibióticos, una medida del Reglamento (UE) 2019/6 que España ha integrado estrictamente en su normativa nacional.

Para consolidar estos avances, el enfoque de la EFSA y la EMA se está desplazando del simple control de "ventas" al control del "uso real". El hecho de que España ya notifique el 100% de su uso en vacuno permite identificar que el mayor desafío reside en el vacuno de carne de menos de un año (terneros de cebo), donde el estrés del transporte y la mezcla de animales de diferentes orígenes elevan el riesgo de enfermedades respiratorias. El éxito final hacia 2030 dependerá de la capacidad de los productores para sustituir los antibióticos por mejores medidas de bioseguridad, vacunación y bienestar animal, reduciendo la necesidad de intervención de estos fármacos sin comprometer la rentabilidad de las granjas.

Retos del sector vacuno y perspectivas de futuro

Una de las principales características asociadas con la producción de ganado vacuno, tanto de carne como de leche, es la naturaleza abierta de sus instalaciones, que contrastan fuertemente con los sistemas intensivos cerrados típicos de otros sectores productivos, como el de aves o porcino. En la mayoría de las explotaciones bovinas, los animales no se mantienen en instalaciones herméticas ni con barreras físicas estrictas que limiten el acceso de fauna silvestre, vectores o incluso elementos del entorno como agua y suelo. Este enfoque extensivo es cada vez más valorado por la sociedad debido a las crecientes preocupaciones sobre el bienestar animal y la sostenibilidad de la producción de alimentos. De hecho, diferentes estudios recientes muestran que los consumidores priorizan atributos asociados al bienestar, como la libertad de movimiento, la alimentación natural y el alojamiento entornos más naturales, incluso por encima de otros criterios de sostenibilidad o precio en la elección de carne y leche.

No obstante, esta estructura abierta implica desafíos significativos para el control de patógenos y de RAM, ya que el ganado vacuno está continuamente expuesto a una gran diversidad de microorganismos ambientales que pueden incorporar o seleccionar genes de resistencia en su microbiota. Estudios comparativos de microbiomas han demostrado que los animales silvestres que comparten los mismos espacios de pastoreo pueden albergar una mayor abundancia de microorganismos resistentes y genes de resistencia que el propio ganado, indicando que la fauna y el entorno funcionan como reservorios de resistencias que pueden ser transmitidas al ganado en sistemas abiertos.

Además, estudios recientes sobre resistoma (conjunto global de genes que confieren resistencia a los antibióticos en bacterias) realizados en la interfaz entre animales y ambiente subraya que el microbioma y los perfiles de genes de RAM se transmite entre la fauna y el ambiente que los rodea. Aunque algunos estudios específicos, como el de Schmartz et al. (2024) no se centran exclusivamente en ganado vacuno, sí ilustran cómo comunidades microbianas de diferentes especies animales pueden portar genes de resistencia a antibióticos de uso veterinario y críticos en medicina humana, y cómo estas RAM están presentes en microbiomas animales en contacto con el medio ambiente. Adicionalmente, análisis metagenómicos de la microbiota del tracto digestivo y su resistoma han demostrado que la estructura del microbioma y las interacciones microbianas en sistemas abiertos o extensivos favorecen la introducción y mantenimiento de RAM, debido a la continua exposición a microorganismos ambientales y a otros animales. La ausencia de bioseguridad estricta, como barreras físicas, limita las posibilidades de controlar la introducción y difusión de patógenos y genes de resistencia en estos sistemas productivos, lo que hace que la interacción con el entorno sea un factor crítico a considerar en estrategias de mitigación de RAM en la ganadería bovina.

Por tanto, aunque los sistemas abiertos o extensivos se alinean con las expectativas de bienestar animal y producción sostenible demandadas por la sociedad, su menor capacidad para controlar estrictamente la bioseguridad aumenta la vulnerabilidad de los animales frente a la diseminación de RAM, lo que subraya la necesidad de estrategias integradas de manejo, vacunación y monitoreo ambiental para reducir riesgos sin comprometer las ventajas del pastoreo.

Por todo ello, para abordar de manera eficaz el control de patógenos y la diseminación de RAM en la producción de ganado vacuno se requiere una aproximación integral que actúe tanto sobre el animal como sobre su entorno, combinando alternativas innovadoras, rentables, respetuosas con los animales y con el ambiente que les rodea. En el animal, las estrategias deben centrarse en reducir la dependencia de los antibióticos y fortalecer la inmunocompetencia, aumentando la resiliencia frente a infecciones y promoviendo una recuperación eficiente cuando se produce la enfermedad. A nivel ambiental, las medidas más estudiadas incluyen bioseguridad estricta, como protocolos optimizados de limpieza y desinfección, y mejoras en las prácticas de manejo que reduzcan lo máximo posible el estrés en los animales de producción.

En primer lugar, los programas de vacunación optimizados que cubran las principales enfermedades del ganado bovino han demostrado reducir significativamente la incidencia de infecciones y, por ende, la necesidad de tratamientos antibióticos, presentándose como una alternativa eficaz en sistemas de producción animal. La vacunación es una forma sencilla, segura y eficaz de proteger a los animales contra enfermedades. Esta herramienta utiliza las defensas naturales para desarrollar resistencia frente a infecciones específicas y fortalece el sistema inmunológico. Las vacunas previenen enfermedades al entrenar al sistema inmunológico para reconocer y responder eficazmente a un patógeno, reduciendo la gravedad de la enfermedad o incluso la infección, y disminuyendo la necesidad de terapia antibiótica. Por esta razón, esta herramienta de control no solo protege contra los patógenos, sino que también reduce la propagación y el desarrollo de RAM. Diversos estudios publicados en los últimos años aportan evidencia científica de que programas de vacunación en ganado bovino pueden reducir la carga de enfermedad y, en algunos casos, disminuir la necesidad de tratamientos antibióticos. Por ejemplo, un estudio longitudinal realizado en granjas lecheras del norte de Alemania encontró que fincas que vacunaron a sus vacas contra Coxiella burnetii (vacuna CO-XEVAC®) presentaron una reducción en la frecuencia de tratamientos antibióticos por animal frente a granjas que no vacunaron. Además, una revisión reciente sobre vacunas inactivadas contra esta bacteria concluye que la vacunación disminuye la excreción bacteriana, la incidencia de abortos y la contaminación ambiental, factores que indirectamente pueden reducir la necesidad de terapias antibióticas secundarias en animales infectados. Otro ensayo en terneros señaló que un programa de vacunación múltiple contra patógenos respiratorios redujo la mortalidad en los animales vacunados, aunque el efecto directo sobre la tasa de tratamientos antibióticos fue pequeño, también mostró beneficios clínicos importantes al disminuir desenlaces adversos. En conjunto, estos trabajos recientes respaldan que la vacunación en bovinos no solo protege frente a infecciones específicas, sino que también puede contribuir a disminuir el uso de antibióticos al prevenir enfermedades y limitar su propagación, lo que es un componente clave de estrategias para combatir las RAM.

Otra línea de acción sobre el animal consiste en modular y mejorar la microbiota intestinal, ya que una comunidad microbiana más equilibrada puede limitar la colonización y proliferación de patógenos resistentes y reducir la necesidad de tratamientos antibióticos. El uso de probióticos, prebióticos y otros moduladores del microbioma se está evaluando como una herramienta para promover la salud intestinal y la resistencia natural a infecciones, aportando beneficios adicionales en términos de bienestar y eficiencia productiva. Diversos estudios recientes han demostrado que la modulación de la microbiota intestinal mediante probióticos y moduladores del microbioma ofrece beneficios concretos en ganado bovino. Por ejemplo, una meta-análisis sobre terneros lecheros antes del destete observó que la suplementación con probióticos mejora el peso corporal, la ganancia media diaria y la eficiencia alimentaria, así como parámetros inmunitarios como niveles de IgA e IgM, lo que sugiere una mejor salud y resistencia a infecciones en los animales tratados. Además, la administración de bacterias lácticas probióticas en ganado de engorde modificó la microbiota fecal, favoreciendo familias microbianas asociadas con una mejor digestión de polisacáridos de plantas y funciones metabólicas beneficiosas para la salud intestinal. Otro estudio sobre terneros indicó que la suplementación con probióticos aumentó la diversidad de microbiota intestinal y enriqueció bacterias comensales como Lactobacillus y Bifidobacterium, lo cual se asoció con una menor incidencia de diarrea y una respuesta inmunitaria más activa, con elevación de citocinas y producción de anticuerpos relevantes. En vacas lecheras adultas, investigaciones sobre postbióticos (metabolitos de probióticos) mostraron que su inclusión en la dieta durante el período de transición mejoró la digestibilidad de nutrientes, aumentó la ingesta de materia seca y elevó la concentración de inmunoglobulinas en el calostro y la producción de leche, sugiriendo beneficios tangibles en salud intestinal y productividad. Estos resultados empíricos respaldan que la mejora de la microbiota en bovinos mediante probióticos y derivados está relacionada con una mayor salud intestinal, mejor función inmunitaria y potencial reducción de tratamientos antibióticos.

Además, actualmente también se están evaluando tratamientos alternativos como la terapia con bacteriófagos. Los bacteriófagos son virus que infectan y lisan específicamente bacterias patógenas sin afectar a otras poblaciones microbianas, lo que puede reducir la carga de microorganismos resistentes y la diseminación de genes de resistencia. Aunque la aplicación práctica de la terapia con bacteriófagos en ganado bovino aún está en fase experimental, publicaciones recientes sugieren beneficios potenciales en el control de infecciones bacterianas específicas que podrían reducir la carga de patógenos resistentes y, por ende, la necesidad de antibióticos. Una revisión de la literatura sobre mastitis bovina destaca que los bacteriófagos líticos y sus endolisinas pueden dirigirse a patógenos comunes como Staphylococcus aureus y E. coli, proponiéndolos como alternativas terapéuticas para esta enfermedad que suele tratarse con antibióticos tradicionales. Asimismo, investigaciones recientes en bovinos han demostrado que algunos fagos pueden inducir respuestas inmunitarias ex vivo en células sanguíneas de ganado, lo que sugiere que además de lisar bacterias, podrían interactuar con el sistema inmunitario del huésped, un aspecto relevante para evaluar su eficacia in vivo. En conjunto, estos estudios apoyan que la terapia con bacteriófagos tiene potencial como tratamiento alternativo o complementario para infecciones bacterianas en bovinos, lo que podría contribuir tanto al control de agentes resistentes como a la reducción del uso de antibióticos en sistemas de producción animal, aunque se necesitan más ensayos clínicos.

Por último, en los últimos años también ha crecido el interés por reutilizar fármacos existentes para nuevas aplicaciones antimicrobianas en medicina veterinaria, con el objetivo de encontrar terapias alternativas o coadyuvantes que reduzcan la presión sobre los antibióticos clásicos y su contribución a la resistencia. Una revisión reciente (2025) sobre drug repurposing en contexto veterinario identifica que diversas clases de fármacos no antibióticos, como antiinflamatorios, antiparasitarios o compuestos con actividad inmunomoduladora, muestran actividad antibacteriana o potencian la eficacia de antibióticos cuando se usan contra patógenos relevantes en animales; este enfoque se destaca por ser más rápido y económicamente eficiente que desarrollar nuevos antibióticos desde cero. Aunque muchos estudios aún se centran en ensayos in vitro o en modelos experimentales, este tipo de evidencia apoya que la reutilización de medicamentos aprobados puede ofrecer nuevas estrategias terapéuticas y profilácticas frente a bacterias resistentes en animales de producción, incluido el ganado bovino, al aprovechar perfiles de seguridad ya conocidos y reducir tiempos de desarrollo.

Paralelamente, es necesario continuar mejorando las instalaciones y las condiciones de manejo para reducir al máximo el estrés en los animales, ya que el estrés está asociado a una inmunocompetencia reducida y mayor riesgo de infecciones, mientras que los animales que se encuentran en condiciones mejoradas de bienestar pueden ser más resilientes y afrontar de manera más eficiente los retos infecciosos que aparezcan durante su vida productiva. Por ejemplo, la literatura científica señala que el estrés térmico debilita la respuesta inmunitaria de las vacas lecheras, alterando tanto la inmunidad adaptativa como la innata y aumentando la susceptibilidad a enfermedades, mientras que estrategias de manejo como provisión de sombra y métodos de enfriamiento pueden mitigar estos efectos negativos y preservar la función inmunitaria y la productividad en climas cálidos. Otra revisión reciente sobre el bienestar animal en bovinos destaca que el estrés crónico asociado a factores ambientales y de manejo (como calor, transporte o hacinamiento) modifica el comportamiento, reduce la ingesta de alimentos y afecta tanto la salud como la productividad de los animales, implicando que prácticas que disminuyen el estrés llevan a una mejor eficiencia productiva y menor riesgo de enfermedad. Estudios centrados en pastoreo u otros sistemas integrados de producción también reflejan que entornos mejor diseñados para los bovinos (con espacio, sombra, acceso a recursos y manejo respetuoso) se traducen en mejor bienestar comportamental y potencialmente mejores parámetros productivos. En conjunto, esta evidencia reciente respalda que intervenciones que reducen el estrés y optimizan el bienestar no solo favorecen la salud y el confort de los bovinos, sino que también pueden contribuir a una mayor resistencia natural a infecciones y a una menor dependencia de tratamientos veterinarios intensivos.

Por otro lado, las medidas dirigidas al ambiente de producción son esenciales para limitar la presencia y persistencia de bacterias patógenas y sus genes de resistencia. Esto incluye la implementación de protocolos de limpieza y desinfección optimizados con productos eficaces pero respetuosos con el medio ambiente, como formulaciones basadas en aceites esenciales y compuestos naturales que han mostrado actividad antibacteriana y pueden ayudar a reducir cargas de microorganismos resistentes en superficies y equipos sin provocar toxicidad ambiental significativa. Diversos estudios recientes respaldan que productos basados en aceites esenciales pueden ser efectivos para reducir bacterias patógenas y su persistencia en el entorno de producción del ganado bovino, ofreciendo alternativas más respetuosas con el medio ambiente frente a desinfectantes tradicionales. En trabajos experimentales se ha demostrado que desinfectantes formulados con aceites esenciales de clavo, citronela y albahaca tienen actividad antibacteriana in vitro contra patógenos causantes de mastitis como S. aureus, Streptococcus agalactiae y E. coli. Además, en pruebas in vivo un formulado de citronela redujo eficazmente las bacterias en los pezones de vacas lecheras comparado con soluciones yodadas convencionales. Por otro lado, investigaciones sobre compuestos como el linalool, presente en aceites esenciales, han demostrado que inhiben la formación de biopelículas de E. coli resistentes y reducen la producción de exopolisacáridos en cepas implicadas en endometritis bovina, lo que indica un potencial para limitar reservorios bacterianos difíciles de eliminar. Aunque aún se necesitan más ensayos in situ en granjas, estas evidencias recientes sugieren que aceites esenciales y sus componentes bioactivos pueden contribuir a protocolos de higiene ambiental más sostenibles y a reducir la carga de microorganismos patógenos resistentes en instalaciones ganaderas, complementando prácticas de limpieza sin impactos ambientales significativos. Asimismo, estrategias que fomenten el uso de biopelículas beneficiosas en determinados contextos, es decir, comunidades microbianas que puedan competir con patógenos y disminuir su colonización, pueden ser consideradas como una medida ambiental que, combinada con prácticas de higiene y gestión de residuos, contribuya a reducir los reservorios de resistencia en el entorno de las explotaciones ganaderas.

Finalmente, para evaluar de manera precisa y dinámica el impacto de las estrategias dirigidas tanto a los animales como al ambiente en la reducción de resistencias antimicrobianas, es fundamental complementarlas con herramientas modernas de monitoreo genómico y análisis bioinformático. En este sentido, los avances en tecnologías de secuenciación de nueva generación, como la secuenciación del genoma completo (WGS, whole genome sequencing), las plataformas de secuenciación de larga lectura y portátil como Oxford Nanopore MinION, y los enfoques de metagenómica shotgun, permiten caracterizar de forma exhaustiva el resistoma y el microbioma presentes en los animales y el ambiente de la explotación sin necesidad de cultivos tradicionales. Estas tecnologías ofrecen una visión completa de los perfiles de resistencia y su dinámica en tiempo real (o casi real) en campo. La integración de estos

datos en plataformas informáticas y pipelines bioinformáticos permite no solo monitorear la presencia y evolución de genes de resistencia, sino también evaluar el efecto real de vacunaciones, moduladores de microbiota, terapias alternativas y mejoras en bioseguridad ambiental, ajustando las intervenciones basadas en evidencia cuantitativa y promoviendo un enfoque de vigilancia predictiva en ganadería vacuno.

En conjunto, estas acciones dirigidas a fortalecer la salud y resistencia natural de los animales, junto con medidas ambientales que reduzcan la presencia de patógenos y genes de resistencia, conforman un enfoque integral dentro de la filosofía One Health para mitigar el desarrollo y la diseminación de resistencias antimicrobianas en sistemas de producción de ganado vacuno, alineándose con las tendencias actuales de investigación y práctica veterinaria.

Referencias

Aiemsaard, J., Borlace, G.N., Thongkham, E., Jarassaeng, C., 2023. Antibacterial efficacy of essential oil spray formulation for post-milking disinfection in dairy cows. Vet World 16, 1552–1561.

Alhassan, M.Y., Kabara, M.K., Ahmad, A.A., Abdulsalam, J., Habib, H.I., 2025. Revisiting antibiotic stewardship: veterinary contributions to combating antimicrobial resistance globally. Bull Natl Res Cent 49, 25.

Ammann, J., Mack, G., El Benni, N., Jin, S., Newell-Price, P., Tindale, S., Hunter, E., Vicario-Modroño, V., Gallardo-Cobos, R., Sánchez-Zamora, P., Miškolci, S., Frewer, L.J., 2024. Consumers across five European countries prioritise animal welfare above environmental sustainability when buying meat and dairy products. Food Quality and Preference 117, 105179.

Anciones-Polo, M., Rodríguez-Rosa, M., Queiruga-Dios, A., & Vicente-Galindo, P. 2024. Exploring Sustainability and Efficiency of Production Models in the Spanish Beef Cattle Industry through External Logistic Biplot. Mathematics, 12(13), 1975.

BOE (Boletín Oficial del Estado). 2023. BOE-A-2023-16727 Real Decreto 666/2023, de 18 de julio, por el que se regula la distribución, prescripción, dispensación y uso de medicamentos veterinarios. Disponible en: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2023-16727.

CE (Consejo Europeo). 2012. Council conclusions of 22 June 2012 on the impact of antimicrobial resistance in the human health sector and in the veterinary sector — a 'One Health' perspective. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012XG0718(01).

CE (Consejo Europeo). 2018. Reglamento (UE) 2019/6 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, sobre medicamentos veterinarios y por el que se deroga la Directiva 2001/82/CE (Texto pertinente a efectos del EEE), 2018. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:32019R0006.

CE (Consejo Europeo). 2025. De la granja a la mesa. Consilium. Disponible en: https://www.consilium.europa.eu/es/policies/from-farm-to-fork/.

Chowdhury, Md.R., Hassan, M., Shimosato, T., 2025. Gut health management in livestock: roles of probiotics, prebiotics, and synbiotics in growth, immunity, and microbiota modulation. Vet Res Commun 49, 361.

Démoulins, T., Cherbuin, J.D.R., Yimthin, T., Eggerschwiler, L., Adnan, F., Jores, J., 2025. Beware of host immune responses towards bacteriophages potentially impacting phage therapy. Vet Res 56, 170.

EFSA (European Food Safety Authority) y ECDC (European Centre for Disease Preventionand Control). 2023. Data visualization: Resistencia a los antimicrobianos en Europa en 2023. Disponible en: https://multimedia.efsa.europa.eu/dataviz-2023/index.htm

EFSA (European Food Safety Authority) y ECDC (European Centre for Disease Preventionand Control). 2024. The European Union summary report on antimicrobialresistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2021–2022. EFSA Journal 2024;8583.

Elbehiry, A., Marzouk, E., 2025. From Farm to Fork: Antimicrobial-Resistant Bacterial Pathogens in Livestock Production and the Food Chain. Veterinary Sciences 12, 862.

European Medicines Agency (EMA). 2024. European sales and use of antimicrobials in veterinary medicine: annual surveillance report 2024. Disponible en: https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/european-sales-use-antimicrobials-veterinary-medicine-annual-surveillance-report-2024_en.pdf

Gisbert, P., Hurtado, A., Guatteo, R., 2024. Efficacy and Safety of an Inactivated Phase I Coxiella burnetii Vaccine to Control Q Fever in Ruminants: A Systematic Review. Animals 14, 1484.

Gupta, R., Srivastava, D., Sahu, M., Tiwari, S., Ambasta, R.K., Kumar, P., 2021. Artificial intelligence to deep learning: machine intelligence approach for drug discovery. Mol Divers 25, 1315–1360.

Gupta, S., Sharma, A., Joy, A., Dunshea, F.R., Chauhan, S.S., 2023. The Impact of Heat Stress on Immune Status of Dairy Cattle and Strategies to Ameliorate the Negative Effects. Animals 13, 107.

Huber, N., Gundling, N., Thurow, M., Ligges, U., Hoedemaker, M., 2024. Which Factors Influence the Consumption of Antibiotics in Q-Fever-Positive Dairy Farms in Northern Germany? Animals 14, 1375.

Idowu, P.A., Mbambalala, L., Akinmoladun, O.F., Idowu, A.P., 2025. Gut Microbiome Modulation by Probiotics: Implications for Livestock Growth Performance and Health—Narrative Review. Applied Microbiology 5, 149.

Jansen, K. U., Knirsch, C., and Anderson, A. S. (2018). The role of vaccines in preventing bacterial antimicrobial resistance. Nature Medicine 2018 24:1 24, 10–19.

Lee, S., Fan, P., Liu, T., Yang, A., Boughton, R.K., Pepin, K.M., Miller, R.S., Jeong, K.C. 2022. Transmission of antibiotic resistance at the wildlife-livestock interface. Commun Biol 5, 585.

Maciel-Guerra, A., Baker, M., Hu, Y., Wang, W., Zhang, X., Rong, J., Zhang, Y., Zhang, J., Kaler, J., Renney, D., Loose, M., Emes, R.D., Liu, L., Chen, J., Peng, Z., Li, F., Dottorini, T., 2023. Dissecting microbial communities and resistomes for interconnected humans, soil, and livestock. The ISME Journal 17, 21–35.

Mansilla, F.I., Ficoseco, C.A., Miranda, M.H., Puglisi, E., Nader-Macías, M.E.F., Vignolo, G.M., Fontana, C.A., 2022. Administration of probiotic lactic acid bacteria to modulate fecal microbiome in feedlot cattle. Sci Rep 12, 12957.

Marin, C., Marco-Jiménez, F., Martínez-Priego, L., De Marco-Romero, G., Soriano-Chirona, V., Lorenzo-Rebenaque, L., D'Auria G. 2022. Rapid Oxford Nanopore Technologies MinION Sequencing Workflow for Campylobacter jejuni Identification in Broilers on Site—A Proof-of-Concept Study. Animals (Basel). 12(16):2065.

Martin, D.M., Moraes, R.F., Ruthes, B.E.S., de Oliveira, L.B., de Moraes, A., 2025. Beef cattle welfare: the role of Integrated Systems in animal adaptation and productivity. Front. Ethol. 4.

Micoli, F., Bagnoli, F., Rappuoli, R., and Serruto, D. 2021. The role of vaccines in combatting antimicrobial resistance. Nat Rev Microbiol 19, 287–302.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2023. Informe sobre resistencias antimicrobianas 2023. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/ganaderia/temas/sanidad-animal-e-higiene-ganadera/higiene-ganadera/resistencias-antimicrobianas/informe_resistencias_2023.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). 2026. Prescripción de medicamentos veterinarios. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/en/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/higiene-de-la-produccion-primaria-ganadera/medicamentos-veterinarios/presvet?utm_source=chatgpt.com#prettyPhoto

MSD Veterinary Manual. 2026. Bioseguridad en el ganado vacuno de carne. Disponible en: https://www.msdvetmanual.com/es/manejo-y-nutrici%C3%B3n/cuidado-preventivo-sanitario-y-cr%C3%ADa-de-ganado-vacuno-de-carne/bioseguridad-en-el-ganado-vacuno-de-carne?utm_source=chatgpt.com

Munwar, A., Chang, X., Qazal, H., Aoyun, L., Kun, L., 2026. Interrelations between probiotics, gut microbiota, intestinal barrier, and immune response focusing on diarrhea in dairy calves. Journal of Integrative Agriculture 25, 16–29.

Mustonen, K., Härtel, H., Simojoki, H., 2025. Effect of vaccination against bovine respiratory disease (BRD) in a calf rearing unit in Finland. Acta Vet Scand 67, 30.

Nale, J.Y., McEwan, N.R., 2023. Bacteriophage Therapy to Control Bovine Mastitis: A Review. Antibiotics (Basel) 12, 1307.

PRAN (Plan Nacional de Resistencia Antibióticos). Disponible en: https://resistenciaantibioticos.es/es

Schmartz, G.P., Rehner, J., Schuff, M.J. Molano, L.A.G., Becker, S.L., Krawczyk, M., Tagirdzhanov, A., Gurevich, A., Francke, R., Müller, R., Keller, V., Keller, A. 2024. Exploring microbial diversity and biosynthetic potential in zoo and wildlife animal microbiomes. Nat Commun 15, 8263

Shabtay, A., 2025. Combined approaches to reduce stress and improve livestock well-being: A review. Cell Stress and Chaperones 30, 100091.

Sharma, S. 2024. Bacteriophage Therapy In Dairy Farming: A Potential Alternative To Antibiotics. Research & Reviews : Journal of Dairy Science & Technology. 2024; 13(02):1-5.

Stampa, E., Janssen, M., Zander, K., 2025. Pasture grazing, animal welfare, and biodiversity: a latent class analysis of German consumers' preferences for beef and milk. Agric Econ 13, 63.

Suay-Garcia, B., Falcó, A., Bueso-Bordils, J.I., Anton-Fos, G.M., Pérez-Gracia, M.T., Alemán-López, P.A., 2020. Tree-Based QSAR Model for Drug Repurposing in the Discovery of New Antibacterial Compounds Against Escherichia coli. Pharmaceuticals (Basel) 13, 431.

Tarín-Pelló, A., Suay-García, B., Pérez-Gracia, M.-T., 2022. Antibiotic resistant bacteria: current situation and treatment options to accelerate the development of a new antimicrobial arsenal. Expert Rev Anti Infect Ther 20, 1095–1108.

Tort-Miró, C., Lorenzo-Rebenaque, L., Montoro-Dasi, L., Vega, S., Rodríguez, J.C., Ventero, M.-P., Pérez-Gracia, M.T., Guitart-Matas, J., Giler-Baquerizo, N., Marco-Fuertes, A., D'Auria, G., Marin, C., Migura-Garcia, L., 2025. Nanopore versus Illumina to study the gut bacterial diversity of sows and piglets between farms with high and low health status. BMC Vet Res 21, 246.

Vicente, F., Campo-Celada, M., Menéndez-Miranda, M., García-Rodríguez, J., Martínez-Fernández, A., 2024. Effect of Postbiotic Supplementation on Nutrient Digestibility and Milk Yield during the Transition Period in Dairy Cows. Animals 14, 2359.

Wang, L., Sun, H., Gao, H., Xia, Y., Zan, L., Zhao, C., 2023. A meta-analysis on the effects of probiotics on the performance of pre-weaning dairy calves. J Animal Sci Biotechnol 14, 3.

Wang, L., Wang, Jiamian, Zhang, K., Zhang, J., Cui, D., Wang, Junyan, Ji, P., Wei, Y., Li, J., 2025. Linalool as a potential agent for inhibiting Escherichia coli biofilm formation and exopolysaccharide production. BMC Vet Res 21, 235.

WHO (World Health Organization). 2021. Vaccines and immunization: What is vaccination? Disponible en: https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination?adgroupsurvey={adgroupsurvey}&gclid=CjwKCAiAkrWdBhBkEiwAZ9cdcHtKgEHz4Nr_59V_FiQmHsev3_uadcOIZ9lDlvbs-z1affj1TJpPiQBoCygkQAvD_BwE.

World Organisation for Animal Health (WOAH). 2026. Resistencia a los antimicrobianos. Disponible en: https://www.woah.org/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/resistencia-a-los-antimicrobianos/.

LOS DATOS Y LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL

Dr. Alberto Morillo Alujas

Consultor

Visión general de la minería de datos

Definición y Evolución:

- Comprender la minería de datos como el proceso de descubrir patrones en grandes volúmenes de conjuntos de datos.
- Reconocer su evolución desde los años sesenta (Data Fishing, Data Mining, Data Archaeology) hasta la consolidación con Knowledge Discovery in Databases (KDD) en los años ochenta.
- Identificar las cuatro etapas principales de la evolución de las herramientas:
    - recopilación de datos (1960),
    - acceso de datos (1980),
    - almacén de datos y
    - apoyo a las decisiones (principios de 1990), y minería de datos inteligente (finales de 1990).
- Campos relacionados:
    - Entender que la minería de datos es un campo interdisciplinario que utiliza métodos de inteligencia artificial (IA), aprendizaje automático (machine learning), estadística y sistemas de bases de datos.
- Objetivo principal:
    - El objetivo general es extraer información de un conjunto de datos y transformarla en una estructura comprensible para su uso posterior, creando conocimiento a través de patrones descubiertos.
- Conceptos clave:
    - Algoritmos no supervisados vs. supervisados:
        - Diferenciar entre la búsqueda de correlaciones sin una hipótesis previa (no supervisados) y la verificación de una hipótesis previa (supervisados). La minería de datos, en su esencia, a menudo comienza con algoritmos no supervisados.
- Interacción de expertos:
    - La importancia de la colaboración constante entre técnicos del dominio (ej., técnicos porcinos) y técnicos en minería de datos para validar resultados y evitar conclusiones sin sentido.
- Aplicación en producción animal:
    - Ejemplos concretos de cómo la minería de datos puede ser aplicada para identificar grupos de cerdos con diferentes estatus sanitarios o para evaluar el impacto de nuevos aditivos o vacunas.

Metodología CRISP-DM

- Definición:

1. Comprender que CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) es un estándar creado por la Unión Europea en 1997 que resume las etapas para realizar minería de datos en cualquier sector.

- Fases de CRISP-DM:

1. Comprensión del Negocio:
    - Establecer los objetivos del análisis de datos, que deben ser concretos, específicos, realizables y alineados con las necesidades de la compañía.
    - Planificar el análisis de datos, reconociendo que no es una tarea lineal y que puede haber replanteamientos.
2. Comprensión de los datos:

- Identificar fuentes de datos.
- Identificar y describir variables (tipo, rango, valores ausentes, errores).
- Comprobar la calidad de los datos (valores anómalos, datos redundantes, formatos incorrectos, valores perdidos).
- Realizar un primer análisis general y gráfico de la variabilidad (gráficos de densidad, boxplots).
- Análisis numérico de la variabilidad (pruebas de normalidad, medidas de dispersión).
- Preparación de los datos:
- Fusión de diferentes bases de datos.
- Depuración de datos:
- Corrección de datos erróneos (ej., valores fuera de rango, formatos incorrectos).
- Manejo de valores perdidos/ausentes: eliminación de registros, eliminación de variables, o reemplazo por media, mediana o moda (imputación).
- Identificación y eliminación de datos duplicados.
- Creación de nuevas variables calculadas (ej., Facturación, Beneficio Total).
- Construcción de modelos:
- Seleccionar técnicas de modelado apropiadas (regresión, clustering, PCA, etc.).
- Identificar relaciones entre variables (continuas, categóricas).
- Evaluar la influencia de variables clasificatorias (ANOVA, Chi-Square Test).
- Evaluación:
- Determinar la validez y el rendimiento del modelo.
- Interpretar los resultados obtenidos por el modelo.
- Considerar los próximos pasos en función de los hallazgos.
- Despliegue:
- Implementar las soluciones basadas en los modelos.
- Realizar mantenimiento periódico de los modelos para asegurar su validez a lo largo del tiempo.
- Naturaleza Cíclica: Entender que el proceso CRISP-DM no es estrictamente lineal, sino cíclico, permitiendo revisiones y mejoras continuas.

Técnicas y Herramientas Específicas

- Manejo de datos ausentes:
  - Opciones: borrar registros, borrar variables, imputación (media, mediana, moda, kNN).
  - Ejemplo de imputación con media y kNN y cálculo del error medio absoluto (MAPE).
- Descripción numérica de datos:
  - Tipos de variables: numéricas (continuas, discretas) y categóricas (cualitativas, ordinales).
  - Medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar, rango intercuartílico).
- Análisis gráfico de variabilidad:
  - Gráficos de densidad y boxplots para estudiar la distribución de variables y detectar outliers.
  - Otros gráficos como secuenciales y de barras.
  - Uso de herramientas como Jamovi, RCommander, ggplot2.
  - Análisis de correlación:
  - Estudiar la relación entre variables (ej., consumo diario y ganancia diaria).
  - Matriz de correlaciones, valores p y métodos de ajuste (Holm).

- Representación gráfica de correlaciones (librería corrplot en R).

- Estandarización de datos:
  - Importancia de centrar (restar la media) y reducir (dividir por la desviación estándar) variables para hacerlas comparables, independientemente de la unidad de medida.
- Análisis de componentes principales (PCA):
  - Método descriptivo para explorar datos con variables correlacionadas.
  - Reduce un número grande de variables a un conjunto más pequeño de "componentes principales" que resumen la variabilidad.
  - Uso de FactoMineR y factoextra en R para visualizar la variabilidad por componente y la correlación de variables con los componentes.
  - Interpretación de valores ctr (contribución) y cos2 (calidad de representación).
- Clustering (Agrupamiento):
  - Definición: Agrupar individuos en subconjuntos (clusters) que sean homogéneos y tengan sentido.
  - Tipos de técnicas: particionales (ej., k-means) y jerárquicas.
  - Aprendizaje no supervisado: se buscan patrones sin una hipótesis previa.
  - Objetivos: comprender los datos y resumirlos.
  - K-means: Técnica particional que asigna individuos al clúster cuyo centroide es más cercano, minimizando la suma de distancias.
  - Proceso de K-means: elección de K centroides iniciales, asignación de observaciones al clúster más cercano, recalculado de centroides, repetición hasta convergencia.
  - Elección del número óptimo de clústeres: método "silhouette" y pruebas estadísticas (librería NbClust).
  - Distancias euclidianas como métrica de similitud.
- Control estadístico de procesos (SPC):
  - Monitoreo de procesos a lo largo del tiempo.
  - Gráficos de control (X-bar, rango móvil, p-chart, np-chart, c-chart) para identificar puntos fuera de control y tendencias anómalas.
  - Aplicación en datos de producción (consumo medio diario, índice de conversión, mortalidad).

Aplicación y Consideraciones Prácticas

- Ejemplos de variables en producción animal: (id_cer, pes_cer, fat_cer, gran, cat_cer, mortality_per, mean_stay, n_piglets_placed, mean_weight_enter, adfi_kg_head_d, adg_kg_head_d, cost_head_eur, fcr, group).
- Importancia de los Metadatos:
  - Tablas de metadatos son cruciales para entender qué significa cada variable, sus unidades, rangos y tipos.
- Validación de modelos:
  - La validación es esencial antes de la explotación del modelo para asegurar resultados adecuados y márgenes de error admisibles.
- Desafíos:
  - Manejo de grandes volúmenes de datos ("ruido").
  - Identificación de "outliers" y su tratamiento adecuado.
  - Asegurar la validez continua de los modelos a lo largo del tiempo frente a cambios externos.

Revisión de los errores Tipo I y Tipo II

Error tipo I: hacer algo que no deberías hacer, es dar un falso positivo y está ligado a la especificidad. Rechazas la hipótesis nula cuando deberías aceptarla.

Error tipo II: no hacer algo que deberías hacer, es dar un falso negativo y está ligado a la sensibilidad. Aceptas la hipótesis nula cuando deberías rechazarla.

Definiciones

- Error Tipo I (Falso Positivo):
  - Ocurre cuando se rechaza la hipótesis nula (H0H_0H0) siendo esta verdadera, es decir, se concluye que hay un efecto o diferencia cuando en realidad no lo hay.
  - Se denomina "falso positivo" porque se detecta un resultado positivo (efecto, diferencia) cuando no existe.
  - Está relacionado con el nivel de significancia (α\alphaα), pero no directamente con la especificidad. La especificidad se usa más en pruebas diagnósticas, aunque existe cierta analogía.
- Error Tipo II (Falso Negativo):
  - Ocurre cuando no se rechaza la hipótesis nula (H0H_0H0) siendo esta falsa, es decir, se concluye que no hay efecto o diferencia cuando sí lo hay.
  - Se denomina "falso negativo" porque no se detecta un resultado positivo cuando realmente existe.
  - Está relacionado con la potencia de la prueba (1−β1-\beta1−β) y la sensibilidad en pruebas diagnósticas.

Relación con Especificidad y Sensibilidad

- Especificidad: Capacidad de una prueba para identificar correctamente a los verdaderos negativos. Se relaciona más con evitar falsos positivos (error tipo I) en pruebas diagnósticas, pero en estadística inferencial el error tipo I está vinculado con α\alphaα.
- Sensibilidad: Capacidad de una prueba para identificar correctamente a los verdaderos positivos. Se relaciona con evitar falsos negativos (error tipo II), y en estadística inferencial el error tipo II está vinculado con β\betaβ.
- Es importante matizar que:
  - El error tipo I está más directamente ligado al nivel de significancia (α), no a la especificidad en sentido estricto.
  - El error tipo II está más relacionado con la potencia y la sensibilidad, pero en estadística inferencial se habla de β y potencia, no solo de sensibilidad.

Tabla 1: Tabla resumen de los tipos de errores

Error	Definición Estadística	Diagnóstico Médico	Parámetro Asociado
Tipo I	Rechazar H0H_0H0 siendo verdadera (falso positivo)	Falso positivo	α, especificidad
Tipo II	No rechazar H0H_0H0 siendo falsa (falso negativo)	Falso negativo	β, sensibilidad

Conviene matizar la relación exacta con sensibilidad y especificidad

- Error tipo I (α)
  - Es un falso positivo: rechazar H_0 cuando en realidad es cierta.
  - Se liga a la tasa de falsos positivos, que es
  - un falso positivo: rechazar la H_0 cuando en realidad es cierta
  - Relacionado con la especificidad:
- Error tipo II (β)
  - Es un falso negativo: aceptar H_0 cuando en realidad H_1 es cierta.
  - Se liga a la tasa de falsos negativos, que es
  - Es un falso negativo: aceptar la H_0 cuando en realidad H_1 es cierta
  - Relacionado con la sensibilidad:

Así pues, la descripción ("rechazas H0 cuando deberías aceptarla" para el tipo I, y "aceptas H0 cuando deberías rechazarla" para el tipo II) es perfectamente correcta, y la asociación con especificidad y sensibilidad viene a través de sus complementos (1–especificidad y 1–sensibilidad).

Conclusión

La definición es válida y clara para la mayoría de los contextos, pero en estadística inferencial es más preciso asociar el error tipo I con α y el tipo II con β, mientras que especificidad y sensibilidad son términos más propios de pruebas diagnósticas.

¿Cómo puedo identificar si estoy cometiendo un error tipo I en mis análisis?

Para identificar si estás cometiendo un error tipo I en tus análisis estadísticos, debes considerar los siguientes aspectos clave:

- Un error tipo I ocurre cuando rechazas la hipótesis nula (H0H_0H0) siendo esta verdadera, es decir, concluyes que hay un efecto o diferencia cuando en realidad no lo hay (falso positivo).
- La probabilidad de cometer este error está determinada por el nivel de significancia (α\alphaα) que defines antes de realizar el análisis, comúnmente 0,05 (5%).
- Si el valor p de tu prueba estadística es menor que α\alphaα y decides rechazar H0H_0H0, existe una probabilidad igual a α\alphaα de que estés cometiendo un error tipo I.

Cómo identificarlo en la práctica:

- Si tu análisis arroja un resultado estadísticamente significativo (valor p < α\alphaα), pero en la realidad no existe ese efecto, has cometido un error tipo I. Sin embargo, en la práctica, rara vez puedes saber con certeza si el efecto es real o producto del azar, porque no conoces el «estado real» de la hipótesis nula en la población.
- Lo que sí puedes controlar es el nivel de riesgo aceptado: cuanto menor sea el α\alphaα que establezcas, menor será la probabilidad de cometer este error.
- Revisa si has realizado múltiples comparaciones o tests sin ajustar el α (por ejemplo, usando correcciones como Bonferroni), ya que esto aumenta la probabilidad de cometer errores tipo I.

Resumen
No puedes identificar con certeza absoluta si un resultado significativo es un error tipo I en un análisis concreto, pero sí puedes estimar y controlar la probabilidad de cometerlo a través del nivel de significancia y el diseño experimental. Es fundamental interpretar los resultados considerando este riesgo y, cuando sea posible, replicar los hallazgos para reducir la probabilidad de falsos positivos.

¿Qué técnicas estadísticas me ayudan a detectar errores tipo I en mis análisis?

Para detectar y controlar errores tipo I en tus análisis estadísticos, existen varias técnicas y estrategias estadísticas que puedes aplicar:

- Establecer un nivel de significancia adecuado (α):
  Definir un umbral claro para el valor p, comúnmente 0,05, que limita la probabilidad máxima aceptable de cometer un error tipo I.
- Corrección por comparaciones múltiples:
  Cuando realizas múltiples pruebas estadísticas, aumenta la probabilidad de error tipo I. Para controlarlo, utiliza correcciones como la corrección de Bonferroni, que ajusta el nivel α\alphaα dividiéndolo por el número de pruebas realizadas, reduciendo así la tasa global de falsos positivos.
- Aumentar el tamaño de la muestra:
  Un tamaño de muestra mayor mejora la precisión de las estimaciones y reduce la probabilidad de errores tipo I y tipo II, aumentando la potencia estadística del estudio.
- Elegir la prueba estadística adecuada:
  Utilizar la prueba correcta para el tipo de datos y la hipótesis que se evalúa evita resultados erróneos que puedan conducir a falsos positivos.
- Pruebas de una cola vs dos colas:
  En algunos casos, usar una prueba de una cola puede reducir la tasa de error tipo I, siempre que esté justificado por la hipótesis planteada.
- Replicación de estudios:
  Repetir el análisis en diferentes muestras o estudios ayuda a confirmar si un resultado significativo es consistente o si fue un falso positivo.
- Control del nivel alfa según contexto:
  Ajustar el nivel α\alphaα según las consecuencias de los errores tipo I en el área de estudio. Por ejemplo, en medicina puede ser conveniente un α\alphaα más estricto (0,01) para minimizar falsos positivos que podrían tener graves consecuencias.

Resumen

En resumen, las técnicas estadísticas para detectar y minimizar errores tipo I incluyen definir y ajustar el nivel de significancia, aplicar correcciones por pruebas múltiples, aumentar el tamaño de muestra, elegir pruebas adecua-

das, usar pruebas de una cola cuando corresponda y replicar resultados. Estas estrategias permiten controlar la tasa de falsos positivos y mejorar la validez de tus conclusiones.

Y además de por técnicas estadísticas, ¿cómo puedo reducir el error de tipo I?

Además de las técnicas estadísticas, puedes reducir el error de tipo I implementando las siguientes estrategias y buenas prácticas en tu proceso de investigación y toma de decisiones:

- Establecer un nivel de significancia más estricto: Reducir el valor de α\alphaα (por ejemplo, de 0,05 a 0,01) disminuye la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera. Esto es especialmente recomendable cuando las consecuencias de un falso positivo son graves.
- Aumentar el tamaño de la muestra: Un mayor tamaño muestral proporciona estimaciones más precisas y reduce el riesgo de obtener resultados significativos por azar. Sin embargo, es importante balancear el costo y la viabilidad de aumentar la muestra.
- Aplicar correcciones por comparaciones múltiples: Si realizas varias pruebas simultáneamente, utiliza ajustes como la corrección de Bonferroni para evitar que se acumulen los falsos positivos. Esto ayuda a mantener el riesgo global de error tipo I bajo control.
- Utilizar métodos alternativos de inferencia: La inferencia bayesiana, que incorpora conocimiento previo en el análisis, puede reducir la probabilidad de error tipo I frente a los métodos frecuentistas tradicionales.
- Elegir pruebas estadísticas apropiadas y robustas: Seleccionar pruebas que se adapten correctamente a las características de los datos (por ejemplo, pruebas no paramétricas si los datos no cumplen supuestos de normalidad) minimiza la probabilidad de obtener resultados erróneos.
- Diseño experimental riguroso: Un diseño experimental cuidadoso, con controles adecuados y aleatorización, disminuye sesgos y reduce la probabilidad de falsos positivos.
- Replicación de los hallazgos: Confirmar los resultados en estudios independientes o con nuevos conjuntos de datos ayuda a descartar que un hallazgo significativo sea un error tipo I.

Resumen

En resumen, reducir el error tipo I implica tanto ajustes estadísticos como buenas prácticas metodológicas y de diseño, asegurando que los resultados sean más fiables y menos propensos a falsos positivos.

¿Cómo puedo identificar si estoy cometiendo un error tipo II en mis análisis?

Identificar si estás cometiendo un error tipo II en tus análisis implica reconocer situaciones en las que no rechazas la hipótesis nula (H_0) cuando en realidad es falsa, es decir, cuando existe un efecto o diferencia que tu estudio no detecta (falso negativo).

¿Cómo puedes identificarlo?

- Revisión de la potencia estadística:
  El error tipo II está directamente relacionado con la potencia de la prueba estadística (potencia = 1 - β). Si la potencia es baja (por ejemplo, menor al 80%), aumenta la probabilidad de cometer un error tipo II. Por lo tanto, si tus análisis tienen baja potencia, es más probable que estés pasando por alto efectos reales.
- Tamaño de muestra insuficiente:
  Si el tamaño de tu muestra es pequeño, tu análisis puede carecer de la sensibilidad necesaria para detectar diferencias o efectos existentes, incrementando el riesgo de error tipo II.
- Magnitud del efecto:
  Si el efecto real es pequeño y tu estudio no está diseñado para detectarlo (por ejemplo, por falta de sensibilidad o por un diseño poco robusto), puedes estar cometiendo un error tipo II.
- Resultados no significativos con tendencias:
  Si observas tendencias o diferencias que no alcanzan significación estadística, pero son consistentes con la hipótesis alternativa, podría ser una señal de error tipo II, especialmente si la potencia es baja.
- Análisis post hoc de potencia:
  Tras obtener un resultado no significativo, puedes calcular la potencia post hoc para estimar la probabilidad de haber cometido un error tipo II, aunque este enfoque tiene limitaciones y debe interpretarse con cautela.

Resumen

En la práctica, no puedes saber con certeza absoluta si has cometido un error tipo II en un análisis concreto, ya que desconoces el verdadero estado de la hipótesis nula en la población. Sin embargo, puedes identificar situaciones de riesgo revisando la potencia estadística, el tamaño de muestra, la magnitud del efecto y la presencia de tendencias

no significativas. Aumentar la potencia y el tamaño de muestra, así como diseñar estudios robustos, ayuda a minimizar este tipo de error.

¿Qué es la magnitud del efecto?

La magnitud del efecto (o tamaño del efecto) es una medida estadística que cuantifica la fuerza o importancia de la relación entre dos variables, o la diferencia entre dos grupos, en un estudio de investigación.

A diferencia de la significación estadística (valor p), que solo indica si un resultado es improbable bajo la hipótesis nula, la magnitud del efecto nos informa cuán relevante o grande es ese resultado desde el punto de vista práctico o clínico.

Por ejemplo, en un ensayo clínico, la magnitud del efecto puede ser la diferencia media en la reducción del dolor entre un grupo tratado y un grupo control, o el porcentaje de mejora en una intervención educativa. Existen diferentes índices para medirla, como la d de Cohen (para diferencias de medias), el r de Pearson (para correlaciones) o el R cuadrado (para regresión).

En resumen, la magnitud del efecto te permite interpretar la relevancia práctica de tus hallazgos, más allá de si son estadísticamente significativos.

¿Cómo se calcula la d de Cohen?

La d de Cohen se calcula como la diferencia entre las medias de dos grupos dividida por la desviación estándar combinada (o ponderada) de ambos grupos. Esta medida indica cuántas desviaciones estándar separan las medias de los grupos comparados127.

La fórmula general es:

donde:

- M_1 = media del grupo 1
- M_2 = media del grupo 2
- SDpooled = desviación estándar combinada de ambos grupos

La desviación estándar combinada se calcula así:

donde:

- SD_1, SD_2 = desviaciones estándar de cada grupo
- n_1, n_2 = tamaños muestrales de cada grupo.

Interpretación estándar de d de Cohen:

- 0,2 = efecto pequeño
- 0,5 = efecto mediano
- 0,8 = efecto grande.

Esta métrica te permite comparar la magnitud de la diferencia entre grupos en unidades de desviación estándar, independientemente de la escala original de medida.

Y además de por técnicas estadísticas, ¿cómo puedo reducir el error de tipo II?

Además de las técnicas estadísticas clásicas, puedes reducir el error de tipo II aplicando varias estrategias metodológicas y de diseño en tus estudios:

- Aumentar el tamaño de la muestra: Esta es una de las formas más efectivas de incrementar la potencia estadística y, por tanto, reducir la probabilidad de no detectar un efecto real13457.
- Mejorar la calidad y precisión de las mediciones: Utilizar instrumentos o procedimientos más sensibles y fiables permite detectar con mayor facilidad diferencias o efectos que realmente existen5.
- Optimizar el diseño experimental: Implementar un diseño robusto, con controles adecuados y minimizando la variabilidad, ayuda a aumentar la capacidad de detectar efectos verdaderos5.
- Seleccionar variables de resultado relevantes y sensibles: Elegir indicadores que respondan de manera clara a los cambios o tratamientos estudiados facilita la detección de diferencias significativas5.
- Refinar la hipótesis y la pregunta de investigación: Formular hipótesis específicas y bien fundamentadas aumenta la probabilidad de detectar efectos reales, ya que reduce la dispersión y la ambigüedad en los resultados3.
- Controlar variables de confusión: Identificar y ajustar por posibles factores que puedan enmascarar el efecto

de interés contribuye a reducir el error de tipo II3.

- Realizar análisis de potencia antes del estudio: Planificar el tamaño muestral y la potencia necesaria antes de iniciar el estudio asegura que el diseño sea capaz de detectar los efectos de interés7.

Resumen

En resumen, además de las técnicas estadísticas, un enfoque integral que incluya un diseño experimental riguroso, mediciones precisas, selección adecuada de variables y control de confusores es fundamental para minimizar el riesgo de cometer errores de tipo II y aumentar la validez de tus conclusiones.

¿Por qué analizar datos en producción animal?

En un sector con tanta información, ¿por qué es crítico el análisis de datos?

En la producción animal, es fundamental pasar de la gran cantidad de "datos" a la "información" y, finalmente, a la "toma de decisiones" informada. El análisis de datos permite identificar patrones, crear conocimiento, y evitar "salir de pesca" buscando correlaciones sin una hipótesis clara, lo cual puede llevar a conclusiones erróneas. Un análisis correcto es una herramienta "sine qua non" para la toma de decisiones.

¿Qué son los metadatos y cuál es su importancia?

Los metadatos son datos sobre otros datos. Es decir, describen las características, el contexto o la estructura de un recurso de información (documento, imagen, base de datos, vídeo, etc.). A grandes rasgos, podemos clasificarlos en tres tipos:

1. Descriptivos
    - Proporcionan información para identificar y encontrar un recurso: título, autor, palabras clave, fecha de creación…
    - Ejemplo: en una foto digital, los metadatos EXIF incluyen la fecha, modelo de cámara y ajustes de exposición.
2. Estructurales
    - Definen cómo se organizan o relacionan las partes de un recurso: capítulos de un libro, pistas de un CD, secciones de un PDF…
    - Ejemplo: un archivo EPUB de un libro electrónico lleva metadatos que indican la secuencia de capítulos y vinculan ilustraciones.
3. Administrativos
    - Ayudan a gestionar el acceso, preservación y uso: derechos de autor, formato de archivo, historial de versiones, políticas de conservación…
    - Ejemplo: un expediente digital en un sistema de gestión documental indicará quién puede leerlo o modificarlo, y durante cuánto tiempo debe conservarse.

Importancia de los metadatos

1. Facilitan la búsqueda y recuperación
    - Gracias a palabras clave, fechas o descripciones, los sistemas (motores de búsqueda, bibliotecas, gestores de contenido) pueden indexar y encontrar rápidamente los recursos deseados.
2. Mejoran la interoperabilidad
    - Al respetar estándares (Dublin Core, IPTC, EXIF, MARC…), diferentes sistemas y organizaciones pueden compartir y entender los datos sin problemas de compatibilidad.
3. Garantizan la preservación a largo plazo
    - Los metadatos administrativos documentan formatos, versiones y estrategias de migración, lo que es esencial para archivar información en soportes digitales y asegurar que siga siendo accesible en el futuro.
4. Optimización del análisis y la toma de decisiones
    - En entornos de Big Data o BI, los metadatos (por ejemplo, procedencia de un dato, frecuencia de actualización) son clave para evaluar su calidad y fiabilidad antes de incorporarlos a modelos analíticos.
5. Control de acceso y seguridad
    - Definir permisos y licencias en los metadatos ayuda a asegurar que solo los usuarios autorizados puedan ver o modificar la información, protegiendo la confidencialidad y cumpliendo con normativas de privacidad.

Ejemplo práctico

Imagina un archivo de factura electrónica:

Tabla 2: Ejemplo de metadatos

Metadato	Valor	Tipo
Número de factura	2025-000123	Descriptivo
Fecha emisión	2025-06-15	Descriptivo
Cliente	Empresa XYZ S.A.	Descriptivo
Formato	XML	Administrativo
Versión esquema	UBL 2.1	Estructural
Permisos	Lectura: Finanzas; Escritura: Admin	Administrativo

Sin estos metadatos, no sabríamos rápidamente de qué factura se trata, cuándo se emitió, en qué formato está, ni quién tiene derecho a modificarla.

En resumen, los metadatos son la "etiqueta" que hace posible organizar, proteger y aprovechar eficazmente cualquier tipo de información en entornos digitales. Su correcta gestión es fundamental para garantizar la accesibilidad, interoperabilidad y preservación de los datos a lo largo del tiempo.

Análisis de componentes principales

Interpretación básica:

- El gráfico de eigenvalores (fviz_eig) te dirá cuántos componentes vale la pena conservar.
- El gráfico de variables (fviz_pca_var) muestra qué variables están asociadas entre sí y con qué componentes.
- El biplot es útil si tienes pocos individuos y quieres ver cómo se agrupan respecto a las variables.

Varianza explicada

En la tabla exportada:

- PC1 explica ~31.4% de la varianza total.
- PC2 aporta ~18.7%, y
- PC3~12.2%.
  Interpretación: Las tres primeras componentes explican juntas alrededor del 62.3% de toda la variabilidad en los datos, lo que es razonable para reducción de dimensiones.

Variables que más contribuyen a cada componente

- PC1 (31.4%): Eje de costos y rendimiento general

Variables que más influyen:

- cost_head (0.456)
- cost_med_pig (0.369)
- fcr (0.365)
- adfi_kg_head_d (0.346)
- mortality_per (0.337)

Interpretación: Este eje parece captar la dimensión de costos asociados al rendimiento alimenticio y eficiencia. Es un eje económico-productivo.

- PC2 (18.7%): Eje de crecimiento y consumo

Variables que más influyen:

- adg_kg_head_d (0.578)
- adfi_kg_head_d (0.457)
- mean_weight_enter (0.397)

Interpretación: Este componente refleja una dimensión fisiológica de crecimiento. A mayor consumo, mayor ganancia de peso.

- PC3 (12.2%): Eje de duración y peso inicial

Variables importantes:

- mean_weight_enter (0.531)
- mean_stay (-0.588)

Interpretación: Este eje refleja la duración de la fase productiva en relación con el peso inicial. Es un eje más temporal/logístico.

Definiciones de las salidas res.pca

1. res.pcavarcoord

Coordenadas de las variables en el nuevo espacio de componentes principales

- Es la proyección de cada variable sobre los ejes principales (PC1, PC2, ...).
- Se puede interpretar como los “loadings” (cargas factoriales) o pesos que indican cuánto contribuye una variable a cada componente.
- Su valor va entre -1 y 1, ya que se calculan con datos estandarizados.

Interpretación:

- Un valor alto (positivo o negativo) indica una fuerte contribución de esa variable al componente.
- Si dos variables tienen coordenadas similares en los primeros dos PCs, están positivamente correlacionadas.

2. res.pcavarcor

Correlación entre cada variable original y los componentes principales

- Muy similar a coord cuando los datos han sido centrados y escalados.
- Te dice qué tan bien se correlaciona una variable original con cada componente principal.

Interpretación:

- Una variable con alta correlación con PC1 está bien representada en ese eje.
- Es útil para saber qué variable se “alinea” con cada eje.

3. res.pcavarcos2 (coseno al cuadrado)

Calidad de representación de cada variable en los componentes

- Mide la proporción de la varianza de una variable explicada por un componente.
- Va de 0 a 1. Se interpreta como un coeficiente de determinación (R^2) de la variable respecto a un componente.

Interpretación:

- Un valor cercano a 1 en PC1 o PC2 significa que la variable está bien representada en el plano de los dos primeros componentes.
- Se usa para seleccionar las variables mejor proyectadas en los gráficos.

4. res.pcavarcontrib (contribución porcentual)

Contribución (%) de cada variable a la formación de cada componente

- Indica cuánto aporta cada variable a la construcción de un eje principal.
- Se calcula como:

donde λj es el eigenvalor del componente j.

Interpretación:

- Cuanto mayor sea el valor, más relevante es esa variable para ese componente.
- Muy útil para interpretar el significado de cada eje.

En resumen:

Tabla 3: Resumen parámetros de res.pca$

Elemento	Qué indica	Valor típico	Uso principal
$coord	Coordenadas de variables en el nuevo espacio	-1 a 1	Forma y dirección de las variables
$cor	Correlación variable–componente	-1 a 1	Asociación directa con los PCs
$cos2	Calidad de representación (R^2)	0 a 1	Qué tan bien se representa la variable en un eje
$contrib	% de contribución a cada componente	0 a 100 %	Qué variables forman cada eje

Detalle sobre $cos2:

El valor de cos2 (coseno al cuadrado) mide la calidad de representación de una variable sobre un componente principal o en un plano de componentes (por ejemplo, PC1 y PC2). Se interpreta como un R^2, es decir, la proporción de varianza de la variable explicada por el componente.

Interpretación del cos2:

Tabla 4:Interpretación de cos2

cos2	Interpretación
≥ 0.7	Representación excelente. La variable está muy bien proyectada.
0.5 – 0.7	Buena representación. Se puede interpretar con confianza.
0.3 – 0.5	Representación moderada. Precaución al interpretar su posición en el gráfico.
< 0.3	Representación pobre. No se puede asegurar una interpretación fiable.

¿Por qué una variable puede parecer bien alineada con un eje (por ejemplo PC2) pero tener un cos2 bajo?

1. El cos2 mide calidad de proyección, no solo alineación visual

- El hecho de que una variable esté “cerca del eje Y” (PC2) no significa que esté bien representada en el plano PC1–PC2.
- El cos2 se refiere a cuánta parte de la varianza total de esa variable se refleja en ese plano.

2. Visualmente puede parecer “cerca del eje”, pero si el vector es corto (pequeña longitud), su cos2 es bajo

- En el gráfico de variables (círculo de correlaciones), la longitud del vector (desde el origen hasta el punto) refleja el cos2_total (la suma de cos^2 en los ejes mostrados).
- Si el vector es corto, aunque apunte hacia PC2, su representación en ese plano es pobre.

En el ejemplo:

cos2_PC1 = 0.4976

cos2_PC2 = 0.0275

cos2_total_PC1_PC2 = 0.5251

Esto quiere decir que solo el 52.5 % de la varianza de cost_feed_per_ton está representada en el plano PC1–PC2. El resto (47.5 %) se proyecta fuera de ese plano (por ejemplo, en PC3, PC4…).

Así que, aunque esté alineada con el eje Y (PC2), la magnitud de su proyección en ese plano es débil, y por eso:

- El punto aparece cerca del eje → dirección aparente correcta
- Pero el vector es corto → baja representación real

Conclusión:

La dirección te dice con qué eje está correlacionada (eje x o y),
pero el cos2 te dice si esa representación es suficientemente completa como para confiar en su posición.

Por eso es fundamental no basarse solo en la dirección del gráfico, sino consultar también los valores de cos2.

¿Qué es el v.test?

- El v.test compara la posición del centroide de un grupo con respecto al centro total, en un eje del PCA.
- Es equivalente a un test t estandarizado, útil para evaluar si un grupo está significativamente desplazado sobre un eje.
- Valores |v.test| > 2 son aproximadamente significativos ($p < 0.05$).

1. Columna Dist

- La distancia al centroide es igual para ambos grupos (0.295), lo que es lógico si el PCA fue calculado con solo dos grupos equilibrados. Esto indica que ambos están igualmente alejados del centro del espacio multivariado, pero en direcciones opuestas.

2. Dim.1: v.test = ±1.229

- Control = +1.229
- Experimental = −1.229
  Ninguno supera el umbral de ±2 → no es estadísticamente significativo en este eje.

Aunque el grupo Control esté más hacia la derecha en Dim.1 y el Experimental hacia la izquierda, esa diferencia no es lo bastante grande como para concluir que difieren significativamente en Dim.1.

3. Dim.2: v.test = ±2.272

- Control = −2.272
- Experimental = +2.272
  Significativo estadísticamente: la diferencia en Dim.2 entre grupos es suficiente para afirmar que se separan significativamente en este componente ($p < 0.05$).

Interpretación práctica: La Dimensión 2 representa una característica multivariada (una combinación lineal de las variables cuantitativas) en la que los dos grupos difieren significativamente. No es una sola variable, sino una dirección en el espacio multivariado donde el grupo Experimental se sitúa hacia el extremo positivo y el Control hacia el negativo.

4. Dim.3: v.test = ±0.578

- No significativa. No hay evidencia de separación entre grupos en esta dimensión.

Tabla 5: Resumen interpretación v.test

Dimensión	¿Difieren los grupos?	v.test	Significación
Dim.1	No	±1.229	No significativa
Dim.2	Sí	±2.272	✓ Significativa
Dim.3	No	±0.578	No significativa

El grupo Experimental se diferencia significativamente del Control en el eje Dim.2, lo que justifica mostrar la separación por grupos en un gráfico de PCA (como con fviz_pca_ind() + habillage).

Árboles de regresión (y de decisión)

En los árboles de regresión (y clasificación) generados con rpart() en R, el parámetro cp (complexity parameter) es clave para controlar el tamaño del árbol y prevenir el sobreajuste.

¿Qué es cp?

cp significa “complexity parameter”, o parámetro de complejidad. Es un umbral que controla el crecimiento del árbol. Cuanto menor sea, más complejo (grande) será el árbol.

¿Cómo funciona?

- Cada vez que se considera hacer una división (split) en un nodo, rpart calcula si esa división reduce suficientemente el error.
- Solo se acepta la división si la mejora relativa del error es mayor que cp.

En concreto, se usa el criterio:

Donde RSS es el residual sum of squares (suma de cuadrados del error).

¿Qué hace cada valor de cp?

Tabla 6: Significado del cp

Valor de cp	Comportamiento del árbol	Resultado
0.1 – 0.05	Muy restrictivo	Árbol muy pequeño, poco explicativo
0.01	Valor estándar inicial	Árbol de tamaño razonable
0.005 – 0.001	Permite más divisiones	Árbol más grande, riesgo de sobreajuste
0	Sin restricción → árbol enorme	Casi seguro sobreajuste

¿Cómo elegir el mejor cp?

rpart calcula una tabla interna de podas (modelo$cptable) que incluye:

- El error de validación cruzada (xerror)
- El valor de cp correspondiente
- El número de splits (tamaño del árbol)

Interpretación general del árbol

El árbol intenta predecir la mortalidad (%) a partir de variables como:

- adg_kg_head_d (ganancia media diaria),
- cost_med_pig (coste medio por cerdo),
- adfi_kg_head_d (consumo medio diario),
- n_piglets_placed (lechones colocados).

Nodo raíz (top)

- Media de mortality_per general: 0.073 (7.3 %)
- Aplica al 100 % de los datos

Primera división: adg_kg_head_d ≥ 0.32

Rama izquierda (mayor o igual que 0.32)

- Mortalidad más baja: media 0.062 (6.2 %)
- Representa el 89 % de los datos
- Este grupo sigue subdividiéndose según:
    - cost_med_pig < 4.7
    - adg_kg_head_d ≥ 0.41
    - adfi_kg_head_d < 0.74
    - n_piglets_placed ≥ 818

En general:

Mayor ganancia diaria (ADG) se asocia con menor mortalidad.

Rama derecha (ADG < 0.32)

- Mortalidad media mucho más alta: 0.17 (17 %)
- Solo el 11 % de los datos
- También se subdivide según:
    - cost_med_pig < 6
    - adfi_kg_head_d < 0.58

En general:

Baja ganancia diaria + bajo consumo + bajo coste → mayor riesgo de mortalidad.

Ejemplos clave de interpretación de hojas

1. Hoja con mortalidad más baja (0.045)

Ruta:

- adg_kg_head_d ≥ 0.32
- cost_med_pig < 4.7
- n_piglets_placed ≥ 818

Interpretación: Grupos con buena ganancia de peso, bajo coste y poblaciones grandes tienen menor mortalidad (~4.5 %).

2. Hoja con mortalidad más alta (0.30)

Ruta:

- adg_kg_head_d < 0.32
- cost_med_pig ≥ 6
- adfi_kg_head_d ≥ 0.58

Interpretación: Animales con baja ganancia, alto coste y alto consumo acaban con la mortalidad más alta (~30 %).

Conclusiones prácticas

1. ADG es la primera variable clave que separa los grupos → mejor crecimiento = menor mortalidad.
2. El coste medio por cerdo (cost_med_pig) y el ADFI también afectan, pero en pasos posteriores.
3. El árbol captura interacciones que un modelo lineal podría no mostrar tan fácilmente.

Análisis de series temporales

¿Qué es el análisis de series temporales?

- Definición
  Conjunto de datos medidos en instantes ordenados cronológicamente.
  - Intervalos regulares (p. ej., abortos semanales)
  - Intervalos irregulares (p. ej., uso de producto contra diarrea neonatal) 123 Series temporales 1
  - Objetivos
  - Descripción de comportamientos pasados
  - Predicción de valores futuros (extrapolación)
  - Interpolación en períodos no observados
- Relevancia en CRISP-DM
  - Data Understanding: caracterizar la serie
  - Data Preparation: transformar y limpiar (p. ej., desestacionalizar, diferenciar).

Componentes y descomposición aditiva

- Modelo aditivo
  $Xt=Tt+St+ItX_t = T_t + S_t + I_tXt=Tt+St+It$
  donde:
  - T_t = Tendencia (evolución a largo plazo)
  - S_t = Estacionalidad (oscilaciones periódicas < 1 año)
  - I_t = Irregularidad o ruido (variación aleatoria)
- Variaciones adicionales
  - Cíclicas (periodo > 1 año)
  - Transientes (eventos aislados)
- Implementación en R

Modelado y predicción (Holt-Winters)

- Suavizado exponencial con Holt-Winters
  - Ajusta nivel, tendencia y estacionalidad
  - Parámetros α (nivel), β (pendiente), γ (estacionalidad)
  - Predice valores futuros con intervalos de confianza al 80 % y 95 % 126 Series temporales 4
- Fase CRISP-DM: Modeling & Evaluation
  - Selección de modelo según estructura (tendencia, estacionalidad)
  - Validación de pronósticos y ajuste de parámetros

Gráfico de las series temporales

El gráfico de series temporales muestra la descomposición aditiva de tu serie de abortos mensuales (junio 2020–diciembre 2023) en cuatro componentes:

1. Serie observada (observed)
    - Muestra los valores originales de abortos mes a mes.
    - Se aprecia una clara tendencia al alza desde mediados de 2020 hasta principios de 2022, un ligero estancamiento y luego un repunte al cierre de 2023.
2. Tendencia (trend)
    - Representa el comportamiento de "largo plazo".
    - Subida sostenida de ~24 abortos/mes en 2020 a ~38 en 2022, pequeña caída en el segundo semestre de 2022 y nuevo ascenso hacia ~45 a finales de 2023.
    - Indica cambios estructurales o efectos persistentes (por ejemplo, modificaciones en prácticas reproductivas o en reporte de datos).
3. Estacionalidad (seasonal)
    - Patrón recurrente dentro de cada año.
    - Picos positivos en los primeros meses (enero–marzo) y valles a mitad de año (junio–agosto).
    - Sugiere que ciertos meses (quizá por clima, manejo reproductivo o eventos programados) registran sistemáticamente más abortos.
4. Componente aleatorio (random)
    - Residuos tras quitar tendencia y estacionalidad.
    - Fluctuaciones impredecibles: por ejemplo, un gran pico residual positivo a comienzos de 2022 y un valle marcado a principios de 2023.
    - Aquí se concentran eventos aislados (brotes, errores de registro, intervenciones puntuales).

Interpretación práctica en CRISP-DM

- En Data Understanding confirmamos que hay tendencia creciente y fuerte estacionalidad anual.
- En Data Preparation podríamos ajustar por estacionalidad (p. ej. desestacionalizar) para modelar mejor la tendencia y aleatoriedad.
- En Modeling elegiríamos un modelo que incorpore nivel, tendencia y estacionalidad (por ejemplo, Holt–Winters o ARIMA estacional).
- En Evaluation analizaríamos si los residuales ("random") son ruido blanco o si apuntan a nuevas estructuras no capturadas.

Clustering

Para realizar un análisis de clusters (agrupamiento) sobre tus datos de producción, puedes seguir este flujo de trabajo general:

1. Definición del objetivo y selección de variables
    - Determina qué quieres descubrir con el clustering: ¿segmentar lotes de producción según rendimiento, identificar perfiles de granjas, agrupar periodos temporales similares…?
    - Elige las variables relevantes (ej. kilos faenados, tasa de conversión, mortalidad, edad al sacrificio, costes de alimentación, etc.).
2. Limpieza y preprocesamiento de los datos
    - Tratamiento de valores faltantes: imputación (media/mediana), eliminación de observaciones o de variables con muchos "NA".
    - Detección de outliers: visualiza con boxplots o IQR; decide si recortar o transformar.
    - Estandarización o normalización: la mayoría de los algoritmos de clustering (como k-means) son sensibles a la escala. Aplica, por ejemplo, Z-score (restar media y dividir por desviación estándar) o MinMax (llevar a [0,1]).

3. Selección del método de clustering
    - o k-means: particiona el conjunto en k clusters, minimizando la varianza intracluster.
    - o Jerárquico: crea un dendrograma que te permite “cortar” a distintos niveles; no necesitas fijar k de antemano.
    - o DBSCAN (basado en densidad): descubre clusters de forma arbitraria y detecta ruido.
4. Determinación del número óptimo de clusters
    - o Método del codo (elbow): grafica la suma de cuadrados intra-cluster (inercia) para distintos k y busca el punto donde la mejora se atenúa.
    - o Índice de la silueta: mide lo bien separados que están los clusters; busca el k que maximice la silueta promedio.
    - o Gap statistic u otros criterios (Calinski–Harabasz, Davies–Bouldin).
5. Ejecutar el algoritmo y validar resultados
    - o Ajusta el modelo con el k elegido (o el umbral de densidad en DBSCAN).
    - o Validación interna: silueta, cohesión, separación.
    - o Validación externa (si tienes alguna “verdad conocida”): compara con agrupaciones preexistentes.
    - o Visualiza:
    - o Proyecciones 2D/3D (PCA, t-SNE, UMAP) con los clusters coloreados.
    - o Gráficos de radar o perfiles de medias por cluster.
6. Interpretación y despliegue
    - o Analiza características distintivas de cada cluster: ¿qué variables los separan más?
    - o Asigna etiquetas descriptivas (“altos rendimientos”, “costes elevados”, “perfil joven-adulto”, etc.).
    - o Integra estos grupos en tu sistema de toma de decisiones (p. ej. planificación de alimentación, estrategias sanitarias).

¿PUEDEN LAS TECNOLOGÍAS DE GANADERÍA DE PRECISIÓN DETECTAR ANTES QUE TÚ LO QUE PASA EN TU CEBADERO?

Maria Roda Tena y Lorena Castillejos Velázquez

Servicio de Nutrición y Bienestar Animal (SNiBA), Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona

La recogida manual de datos sigue siendo la práctica más habitual en las explotaciones de producción animal (Castillo Díaz et al., 2024). De hecho, en una encuesta realizada en Europa, se observó que el 51 % de los agricultores todavía recopila los datos en papel, el 57 % mediante hojas de cálculo y/o documentos escaneados, únicamente un 23 % emplea aplicaciones o software especializados y apenas un 3 % dispone de sistemas totalmente automatizados (Tur Cardona et al., 2025).

No obstante, los métodos tradicionales para diagnosticar enfermedades, seleccionar reproductores o predecir el crecimiento mediante observación directa requieren mucho tiempo y mano de obra, y dependen en gran medida de la interpretación del observador (Richeson et al., 2018). Estas limitaciones han impulsado un proceso progresivo de tecnificación del sector ganadero, con una incorporación creciente de dispositivos capaces de monitorizar de forma continua y automática múltiples parámetros.

El sector bovino representa aproximadamente el 38 % del mercado global de Precision Livestock Farming (PLF), situándose en primer lugar, seguido del sector avícola (31 %), el porcino (22 %) y otros sectores ganaderos con alrededor del 9 % (Market Reports World, 2026). No obstante, este liderazgo está dominado por el vacuno lechero, ya que la mayoría de las tecnologías descritas han sido diseñadas específicamente para sistemas de producción láctea, como los robots de ordeño. En comparación, la adopción en vacuno de carne es mucho menor, aunque en los últimos años se ha ampliado la disponibilidad de dispositivos de ganadería de precisión dirigidos a este subsector.

Entre las tecnologías descritas se incluyen: sistemas de identificación individual, como RFID (obligatoria en terneros nacidos a partir del 30 de junio de 2025) y herramientas biométricas, como el escaneo del iris o el reconocimiento facial (Ruchay et al., 2024; Yoon et al., 2024); acelerómetros y sistemas de localización en tiempo real para monitorizar diferentes comportamientos (Cabezas et al., 2022; Camargo et al., 2024); comederos y bebederos electrónicos y básculas automáticas para controlar la ingesta y el peso (Durst et al., 2022; Imaz et al., 2020; Jackson et al., 2016; Oliveira et al., 2018); cámaras con sistemas de visión artificial para la estimación de peso y las características de la canal (Miller et al., 2019); cámaras infrarrojas para monitorizar temperatura corporal y frecuencia respiratoria (Giro et al., 2019; Kim & Hidaka, 2021); dispositivos ruminales para registrar temperatura, pH y movimiento ruminal (Timsit et al., 2011); herramientas para la monitorización ambiental, como la medición de emisiones de metano (Kang et al., 2022); y en sistemas extensivos, tecnologías basadas en GPS y vallado virtual (Aaser et al., 2022).

A pesar de la amplia gama de dispositivos descritos en la literatura científica, no todos se encuentran disponibles comercialmente. En muchos casos, estas tecnologías se encuentran todavía en fase experimental o presentan limitaciones económicas y/o técnicas que dificultan su adopción. Además, por el momento, algunas de ellas tienen una escasa aplicabilidad en sistemas intensivos de engorde de terneros, donde los márgenes productivos y las condiciones de manejo pueden restringir la viabilidad de su implementación.

En consecuencia, más allá de la disponibilidad tecnológica, resulta necesario determinar si estos sistemas presentan la sensibilidad, especificidad y precisión para detectar de forma precoz alteraciones sanitarias o desviaciones productivas que se producen en el cebadero. Por ello, es imprescindible analizar las principales limitaciones que pueden comprometer su rendimiento en condiciones reales de producción.

Limitaciones de las tecnologías PLF en vacuno de cebo

Validación

Aunque cada vez son más los dispositivos de ganadería de precisión que encontramos en el mercado después de haber sido sometidos a un proceso de validación, todavía existen numerosos sistemas cuya evaluación independiente no ha sido descrita (Stygar et al., 2021). La validación específica de cada tecnología según el tipo de ganado y sistema productivo donde se va a utilizar es esencial para asegurar que las mediciones que ofrece sean precisas y exactas (Ruuska et al., 2018). Este proceso es fundamental para garantizar que el seguimiento y el control de los animales se basen en datos fiables y objetivos.

Con el objetivo de evaluar el rendimiento de distintas tecnologías en vacuno de cebo, realizamos un estudio de validación en terneros Black Angus x Frisona durante dos lotes consecutivos de engorde en un cebadero comercial situado

en Talavera (Lleida, España). Uno de los dispositivos evaluados fue un acelerómetro colocado en un collar (CowScout Neck, GEA Farm Technologies, Bönen, Alemania) originalmente diseñado para vacuno lechero. Los resultados mostraron un coeficiente de correlación de concordancia (CCC) elevado para el comportamiento de rumia, moderado para la inactividad y la alimentación, y prácticamente nulo para la categoría de otros comportamientos (Roda et al., 2025a). Estos valores coinciden parcialmente con los obtenidos por Borchers et al. (2021) en vacas lecheras, quienes observaron un CCC similar para la rumia, pero superior en los comportamientos de inactividad y alimentación.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones anteriores que validaron el mismo dispositivo, un acelerómetro integrado en un crotal (CowManager SensOor), obteniendo resultados muy variables según el sistema productivo y el tipo de ganado bovino (Bikker et al. (2014) y Borchers et al. (2016) en vacuno lechero intensivo; Pereira et al. (2018) en vacuno lechero en pastoreo; Zambelis et al. (2019) en vacuno lechero en tie-stall house; Wolfger et al. (2015a) en terneros de engorde).

Estos resultados ponen de manifiesto un desafío clave en la implementación de dispositivos de ganadería de precisión en terneros de cebo. Muchos de los sistemas disponibles son adaptaciones de herramientas desarrolladas para vacuno lechero y no están completamente optimizados para este tipo de producción, lo que compromete la fiabilidad de los datos. Para mejorar su precisión, sería necesario desarrollar y calibrar algoritmos específicos que tengan en cuenta los patrones conductuales y productivos propios de los terneros de engorde. Además, la presencia en el mercado de tecnologías sin validación previa añade nivel adicional de incertidumbre sobre la calidad de los datos generados en condiciones reales de producción.

Calidad y gestión de datos

La ganadería de precisión genera de forma continua grandes volúmenes de datos a partir de la monitorización individual en tiempo real. Una gestión adecuada de esta información puede mejorar el control del proceso productivo y la toma de decisiones, sin embargo, la recogida, almacenamiento, procesamiento e interpretación plantean desafíos importantes.

Estos retos se enmarcan en el paradigma de las “3 V” del big data: volumen (cantidad de datos generados), velocidad (rapidez con la que se producen y deben procesarse), y variedad (diversidad de fuentes y formatos). A ello se añaden la veracidad (calidad y fiabilidad de la información), y el valor (capacidad de transformar los datos en conocimiento útil) (Martínez-López et al., 2025). En el contexto del vacuno de cebo, la dificultad no radica únicamente en manejar grandes cantidades de datos, sino en garantizar su calidad y en extraer indicadores realmente relevantes para la gestión productiva.

En nuestro estudio, también validamos un comedero electrónico individualizado (bonÀrea Agrupa, Guissona, Lleida, España) tipo túnel (Verdú et al., 2017). Los resultados mostraron coeficientes de determinación elevados para la duración de la visita y la ingestión de alimento, así como una alta sensibilidad y especificidad en la detección de animales (Roda et al., 2025b). Sin embargo, su implementación implica gestionar un flujo muy elevado de registros, afrontar pérdidas ocasionales de información y aplicar procesos rigurosos de depuración para asegurar la calidad final de los datos.

La calidad de la información puede verse comprometida por: errores de registro, pérdidas de señal, fallos técnicos y/o artefactos derivados del propio comportamiento animal. Estos problemas generan brechas en las series temporales. Aunque estas ausencias pueden compensarse mediante métodos de imputación, predicción o el uso de variables proxy, la incorporación de información incompleta o sesgada puede afectar al rendimiento de modelos predictivos y algoritmos de aprendizaje automático, cuya precisión depende de la calidad y representatividad de los datos utilizados para su entrenamiento (Martínez-López et al., 2025).

En este contexto, los procesos de depuración, filtrado y validación interna son esenciales para evitar conclusiones erróneas. A ello se suma la falta de valores de referencia claramente definidos, lo que dificulta distinguir entre variaciones fisiológicas normales y desviaciones relevantes. Esta ausencia de umbrales limita la capacidad de transformar la información generada en herramientas realmente útiles para la toma de decisiones.

Mantenimiento

Las tecnologías de ganadería de precisión se han convertido en herramientas clave para apoyar al ganadero en la toma de decisiones, ya que permiten reducir de forma notable la carga de trabajo asociada al seguimiento de los animales, la evaluación del comportamiento y la gestión productiva. No obstante, uno de los principales desafíos de su implementación es la necesidad de realizar intervenciones regulares para garantizar la integridad y el funcionamiento de los sistemas, una responsabilidad que recae en gran medida sobre los propios productores.

En el estudio de Hartung et al. (2017) sobre la experiencia de ganaderos europeos con sistemas de ganadería de precisión, se identificaron como barreras relevantes tanto los costes de adquisición como los requerimientos de mantenimiento. De forma similar, Wang et al. (2006) indicaron que algunos sistemas electrónicos de alimentación no

se han adoptado de manera generalizada en explotaciones comerciales debido a su elevado coste y a las exigencias operativas y de cuidado que requieren los equipos.

En nuestro estudio, los comederos automáticos requirieron de un seguimiento constante para asegurar la integridad del sistema, evitando pérdidas de conexión e interrupciones provocadas por la interacción física de los animales con los dispositivos. También trabajamos con básculas de pesaje automático (DigitAnimal, Madrid, España), cuyos valores de CCC fueron variables (Siurana et al., 2025). Los valores más bajos se atribuyeron, principalmente, a errores de calibración derivados de deficiencias en el mantenimiento rutinario. En ambos casos, el uso adecuado de los equipos depende de acciones regulares de verificación y limpieza de los sensores, esenciales para mantener la calidad de los datos y la operatividad de los sistemas.

Aplicabilidad

Entre los distintos dispositivos de ganadería de precisión disponibles en el mercado, los acelerómetros, ya sea en collares, en la pierna o integrados en crotales, son los más extendidos, seguidos por comederos automáticos, las básculas de pesaje y los sistemas de monitorización de emisiones (Stygar et al., 2021). Estas tecnologías son, en consecuencia, las que muestran mayor potencial de adopción.

No obstante, la disponibilidad tecnológica no garantiza su aplicabilidad directa en todos los sistemas productivos. La experiencia en granja muestra que la implementación efectiva de estas herramientas dista de ser inmediata, observándose una brecha entre el potencial teórico descrito en la literatura y su integración real en las explotaciones (Banhazi et al., 2022). En este sentido, Ungar et al. (2022) destacaron la brecha que existe entre lo que es “posible en principio” y lo “alcanzable en la práctica” en la aplicación de tecnología PLF en sistemas extensivos de pastoreo.

En nuestro caso, aunque los collares proporcionaron resultados satisfactorios para el seguimiento continuo e individualizado del comportamiento de rumia (Roda et al., 2025a), su uso en terneros de engorde presenta limitaciones prácticas. El crecimiento continuo de los animales exige ajustes periódicos del dispositivo, lo que incrementa la carga operativa y puede comprometer su viabilidad a escala comercial.

Por ello, es fundamental que las tecnologías destinadas al sector no solo estén validadas, sino también diseñadas en función de las características específicas del sistema productivo y de las necesidades concretas de las explotaciones, asegurando que su incorporación responda a objetivos concretos y realistas en su aplicación.

Beneficios de las tecnologías PLF en vacuno de cebo

A pesar de las limitaciones descritas, las tecnologías de ganadería de precisión han demostrado un notable potencial para generar beneficios en los sistemas de vacuno de cebo. Diversos estudios han evidenciado que determinadas herramientas permiten identificar alteraciones antes de que los signos clínicos sean visibles mediante la observación directa.

Belaid et al. (2019) desarrollaron un modelo predictivo basado en variables registradas mediante podómetros (basado en el tiempo de asistencia al comedero, el tiempo de reposo y la frecuencia de los períodos de reposo), que permitió identificar terneros con riesgo de enfermar 9 días antes del diagnóstico visual. No obstante, la elevada tasa de falsos positivos (50 %) puso de manifiesto la necesidad de optimizar la sensibilidad para evitar intervenciones innecesarias. De forma similar, Marchesini et al. (2018) observaron que las modificaciones en los patrones de actividad y rumia registradas por acelerómetros permitían detectar enfermedad respiratoria bovina y cojera entre 3 y 6 días antes de la aparición de signos clínicos.

Los cambios en el comportamiento alimentario también han demostrado valor predictivo. Wolfger et al. (2015b) evidenciaron que las variaciones registradas por comederos automáticos permitían anticipar la aparición de enfermedad respiratoria bovina hasta 7 días antes de la aparición de signos clínicos.

Más allá de la detección precoz de enfermedades, estas tecnologías también son útiles para estimar parámetros productivos. Cominotte et al. (2020) demostraron que un sistema automatizado de visión artificial puede predecir con precisión el peso vivo y la ganancia media diaria en ganado de carne, permitiendo un seguimiento continuo del crecimiento, la identificación de animales con bajo rendimiento y la optimización del momento de salida a matadero.

En consecuencia, cuando los dispositivos están adecuadamente validados y correctamente integrados en el sistema productivo, pueden convertirse en herramientas de apoyo relevantes para mejorar la eficiencia del manejo y favorecer intervenciones más tempranas.

Conclusiones

Las tecnologías de ganadería de precisión aplicadas al vacuno de cebo muestran capacidad para detectar alteraciones comportamentales, sanitarias y productivas de forma anticipada respecto a la observación directa, siempre que es-

tén validadas y adaptadas al sistema productivo. Sin embargo, su potencial no depende únicamente del rendimiento técnico del dispositivo, sino también de factores que condicionan su funcionamiento en condiciones reales, como el mantenimiento, la viabilidad operativa dentro de la rutina del cebadero y la correcta gestión e interpretación de los datos generados. La información adquiere valor únicamente cuando ganaderos y/o veterinarios pueden transformarla en decisiones prácticas que mejoren la gestión del engorde.

Además, es fundamental que estas tecnologías sean económicamente viables y funcionales, y que estén diseñadas para responder a necesidades concretas del sector. Su desarrollo e implementación futura deberán orientarse hacia soluciones prácticas, adaptadas a las particularidades de cada sistema de producción e integradas de forma efectiva en las explotaciones.

Referencias

Aaser, M. F., Staahltoft, S. K., Korsgaard, A. H., Trige-Esbensen, A., Alstrup, A. K. O., Sonne, C., Pertoldi, C., Bruhn, D., Frikke, J., & Linder, A. C. (2022). Is virtual fencing an effective way of enclosing cattle? Personality, herd behaviour and welfare. Animals, 12(7), 842. https://doi.org/10.3390/ani12070842

Banhazi, T., Halas, V., & Maroto-Molina, F. (2022). Introduction to practical precision livestock farming. En Practical Precision Livestock Farming (pp. 17–25). Brill | Wageningen Academic. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-934-3_0

Belaid, M. A., Rodriguez-Prado, M., Chevaux, E., & Calsamiglia, S. (2019). The use of an activity monitoring system for the early detection of health disorders in young bulls. Animals, 9(11), 924. https://doi.org/10.3390/ani9110924

Bikker, J. P., van Laar, H., Rump, P., Doorenbos, J., van Meurs, K., Griffioen, G. M., & Dijkstra, J. (2014). Technical note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. Journal of Dairy Science, 97(5), 2974–2979. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7560

Borchers, M. R., Chang, Y. M., Tsai, I. C., Wadsworth, B. A., & Bewley, J. M. (2016). A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. Journal of Dairy Science, 99(9), 7458–7466. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10843

Borchers, M. R., Gavigan, S., Harbers, A., & Bewley, J. (2021). An evaluation of a novel device for measuring eating, rumination, and inactive behaviors in lactating Holstein dairy cattle. Animal, 15(1), 1008. https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100008

Cabezas, J., Yubero, R., Visitación, B., Navarro-García, J., Algar, M. J., Cano, E. L., & Ortega, F. (2022). Analysis of Accelerometer and GPS Data for Cattle Behaviour Identification and Anomalous Events Detection. Entropy, 24(3), 336. https://doi.org/10.3390/e24030336

Camargo, V. A., Pajor, E. A., Bayat, S., & Pearson, J. M. (2024). Predicting main behaviors of beef bulls from accelerometer data: A machine learning framework. Smart Agricultural Technology, 9, 100683. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100683

Castillo Díaz, F. J., Blaas Nacle, A., & Lainez Andrés, M. (2024). Estado de la transformación digital de la industria agroalimentaria española. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/desarrollo-rural/temas/innovacion/digitalizacion/estadodelatransformaciondigitalindustriaagroalimentariaespanola.pdf

Cominotte, A., Fernandes, A. F. A., Dorea, J. R. R., Rosa, G. J. M., Ladeira, M. M., van Cleef, E. H. C. B., Pereira, G. L., Baldassini, W. A., & Machado Neto, O. R. (2020). Automated computer vision system to predict body weight and average daily gain in beef cattle during growing and finishing phases. Livestock Science, 232, 103904. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103904

Durst, L. S., Harvey, K. M., Yankey, K. C., Whipple, L. M., Russell, J. R., & Cooke, R. F. (2022). Validation of a portable, self-contained individual feeding unit for monitoring supplement intake of grazing cattle. Applied Animal Science, 38(2), 150–156. https://doi.org/10.15232/aas.2021-02239

Giro, A., Bernardi, A. C. D. C., Barioni Junior, W., Lemes, A. P., Botta, D., Romanello, N., Barreto, A. D. N., & Garcia, A. R. (2019). Application of microchip and infrared thermography for monitoring body temperature of beef cattle kept on pasture. Journal of Thermal Biology, 84, 121–128. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.06.009

Hartung, J., Banhazi, T., Vranken, E., & Guarino, M. (2017). European farmers' experiences with precision livestock farming systems. Animal Frontiers, 7(1), 38–44. https://doi.org/10.2527/af.2017.0107

Imaz, J. A., García, S., & González, L. A. (2020). Application of in-paddock technologies to monitor individual self-fed supplement intake and liveweight in beef cattle. Animals, 10(1), 93. https://doi.org/10.3390/ani10010093

Jackson, K. S., Carstens, G. E., Tedeschi, L. O., & Pinchak, W. E. (2016). Changes in feeding behavior patterns and dry matter intake before clinical symptoms associated with bovine respiratory disease in growing bulls. Journal of Animal Science, 94(4), 1644–1652. https://doi.org/10.2527/jas.2015-9993

Kang, K., Cho, H., Jeong, S., Jeon, S., Lee, M., Lee, S., Baek, Y., Oh, J., & Seo, S. (2022). Application of a hand-held laser methane detector for measuring enteric methane emissions from cattle in intensive farming. Journal of Animal Science, 100(8), skac211. https://doi.org/10.1093/jas/skac211

Kim, S., & Hidaka, Y. (2021). Breathing pattern analysis in cattle using infrared thermography and computer vision. Animals, 11(1), 207. https://doi.org/10.3390/ani11010207

Marchesini, G., Mottaran, D., Contiero, B., Schiavon, E., Segato, S., Garbin, E., Tenti, S., & Andrighetto, I. (2018). Use of rumination and activity data as health status and performance indicators in beef cattle during the early fattening period. The Veterinary Journal, 231, 41–47. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.11.013

Market Reports World. (2026, February 16). Precision livestock farming market size, share, growth, and industry analysis, by type, by application, regional insights and forecast to 2034. https://www.marketreportsworld.com/market-reports/precision-livestock-farming-market-14723332

Martínez-López, B., Díaz-Cao, J. M., Clavijo, M. J., González-Crespo, C., Gómez-Vázquez, J. P., Rupasinghe, R., & Liu, X. (2025). Toward precision veterinary epidemiology: applications, challenges, and opportunities of digitalization and the Big Data revolution in livestock health. Journal of the American Veterinary Medical Association, 263(5), 650-657. https://doi.org/10.2460/javma.25.01.0026

Miller, G. A., Hyslop, J. J., Barclay, D., Edwards, A., Thomson, W., & Duthie, C.-A. (2019). Using 3D Imaging and Machine Learning to Predict Liveweight and Carcass Characteristics of Live Finishing Beef Cattle. Frontiers in Sustainable Food Systems, 3, 30. https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00030

Oliveira, B. R., Ribas, M. N., Machado, F. S., Lima, J. A. M., Cavalcanti, L. F. L., Chizzotti, M. L., & Coelho, S. G. (2018). Validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behaviour and intake in young cattle. Animal, 12(3), 634–639. https://doi.org/10.1017/S1751731117002002

Pereira, G. M., Heins, B. J., & Endres, M. I. (2018). Technical note: Validation of an ear-tag accelerometer sensor to determine rumination, eating, and activity behaviors of grazing dairy cattle. Journal of Dairy Science, 101(3), 2492–2495. https://doi.org/10.3168/jds.2016-12534

Richeson, J. T., Lawrence, T. E., & White, B. J. (2018). Using advanced technologies to quantify beef cattle behavior. Translational Animal Science, 2(2), 223–229. https://doi.org/10.1093/tas/txy004

Roda, M., Verdú, M., Siurana, A., Soldevila, X. & Castillejos, L. (2025a). Validación de un collar acelerómetro para monitorizar el comportamiento de rumia en terneros angus de cebo intensivo. En L. Varona, C. Baila, I. Blanco-Penedo, A. Casao, L. Castillejos, A. Cerisuelo, M. Escribano, & P. Gaspar (Eds.), XXI Jornadas sobre Producción Animal (p. 262). Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Roda, M., Verdú, M., Siurana, A., Soldevila, X., Cea, D., Pinedo, F., Salas, H., & Castillejos, L. (2025b). Validación de tecnologías de precisión en cebo intensivo de terneros. En Libro de ponencias, comunicaciones orales y póster del XXVII Congreso ANEMBE (pp. 395–396). Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España (ANEMBE).

Ruchay, A., Kolpakov, V., Guo, H., & Pezzuolo, A. (2024). On-barn cattle facial recognition using deep transfer learning and data augmentation. Computers and Electronics in Agriculture, 225, 109306. https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109306

Ruuska, S., Hämäläinen, W., Kajava, S., Mughal, M., Matilainen, P., & Mononen, J. (2018). Evaluation of the confusion matrix method in the validation of an automated system for measuring feeding behaviour of cattle. Behavioural Processes, 148, 56–62. https://doi.org/10.1016/j.beproc.2018.01.004

Siurana, A., Roda, M., Verdú, M., Soldevila, X., Cea, D., Pinedo, F., & Castillejos, L. (2025). Validación de básculas automáticas para monitorizar el crecimiento de terneros de engorde intensivo. En L. Varona, C. Baila, I. Blanco-Penedo, A. Casao, L. Castillejos, A. Cerisuelo, M. Escribano, & P. Gaspar (Eds.), XXI Jornadas sobre Producción Animal (p. 264). Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Stygar, A. H., Gómez, Y., Berteselli, G. V., Dalla Costa, E., Canali, E., Niemi, J. K., Llonch, P., & Pastell, M. (2021). A Systematic Review on Commercially Available and Validated Sensor Technologies for Welfare Assessment of Dairy Cattle. Frontiers in Veterinary Science, 8, 634338. Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.634338

Timsit, E., Assié, S., Quiniou, R., Seegers, H., & Bareille, N. (2011). Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses. The Veterinary Journal, 190(1), 136–142. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.09.012

Tur Cardona, J., Ciaian, P., Antonioli, F., Fellmann, T., & Rocciola, F. (2025). The state of digitalisation in EU agriculture - Insights from farm surveys, Publications Office of the European Union, Luxembourg. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/72e3952f-975f-11f0-97c8-01aa75ed71a1

Ungar, E. D., Horn, R., Zahavi, M., Baram, H., & Evlagon, D. (2022). Chapter 15: Not-so-precise livestock farming: GPS and the spatial dimension of extensive grazing systems. In T. Banhazi, V. Halas, & F. Maroto-Molina (Eds.), Practical Precision Livestock Farming (pp. 247–265). Brill | Wageningen Academic. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-934-3_15

Verdú, M., Bach, A., & Devant, M. (2017). Effect of an Adaptation Strategy to a Single-Space Concentrate Feeder with Lateral Protections on Performance, Eating, and Animal Behavior after Arrival of Fattening Holstein Calves. Journal of Animal Science and Livestock Production, 1(2). https://doi.org/10.21767/2577-0594.100007

Wang, Z., Nkrumah, J. D., Li, C., Basarab, J. A., Goonewardene, L. A., Okine, E. K., Crews, D. H., & Moore, S. S. (2006). Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe System. Journal of Animal Science, 84(9), 2289–2298. https://doi.org/10.2527/jas.2005-715

Wolfger, B., Timsit, E., Pajor, E. A., Cook, N., Barkema, H. W., & Orsel, K. (2015a). Technical note: Accuracy of an ear tag-attached accelerometer to monitor rumination and feeding behavior in feedlot cattle. Journal of Animal Science, 93(6), 3164–3168. https://doi.org/10.2527/jas.2014-8802

Wolfger, B., Schwartzkopf-Genswein, K. S., Barkema, H. W., Pajor, E. A., Levy, M., & Orsel, K. (2015b). Feeding behavior as an early predictor of bovine respiratory disease in North American feedlot systems. Journal of Animal Science, 93(1), 377-385. https://doi.org/10.2527/jas.2014-8030

Yoon, H., Park, M., Lee, H., An, J., Lee, T., & Lee, S.-H. (2024). Deep learning framework for bovine iris segmentation. Journal of Animal Science and Technology, 66(1), 167–177. https://doi.org/10.5187/jast.2023.e51

Zambelis, A., Wolfe, T., & Vasseur, E. (2019). Technical note: Validation of an ear-tag accelerometer to identify feeding and activity behaviors of tiestall-housed dairy cattle. Journal of Dairy Science, 102(5), 4536–4540. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15766

¿MENOS ANIMALES POR CORRAL… MÁS KILOS Y MEJOR BIENESTAR?

Maria Roda Tena y Lorena Castillejos Velázquez

Servicio de Nutrición y Bienestar Animal (SNiBA), Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona

En Europa encontramos principalmente tres sistemas de producción para el engorde de bovinos: los sistemas intensivos, en los que los animales permanecen estabulados durante todo el ciclo productivo, los sistemas con acceso a pasto o sistemas extensivos, y los sistemas mixtos, que combinan periodos de pastoreo con fases de estabulación. En España predomina el cebo intensivo, donde los animales llegan a las instalaciones de engorde con 2-3 meses (terneros lecheros) o 6-9 meses (terneros pasteros) de vida y son alimentados ad libitum con dietas ricas en concentrado complementadas con forraje (90:10), hasta alcanzar los 12-15 meses de edad, cuando son trasladados a matadero (MAPA, 2022).

Por lo tanto, uno de los factores con mayor impacto tanto en la productividad del engorde (Keane et al., 2017) como en el bienestar animal (Ahmed et al., 2020) es el espacio del que disponen. Este parámetro puede expresarse en términos de densidad animal, que hace referencia al número de animales o a los kilogramos de peso vivo por m^2, o bien como espacio disponible, refiriéndose a m^2 por animal o por kilogramo de peso vivo.

En los últimos dictámenes científicos emitidos por la European Food Safety Authority (EFSA), el espacio disponible por animal ha sido identificado como uno de los principales factores asociados a problemas de bienestar en terneros de engorde (EFSA, 2012; EFSA, 2023; EFSA, 2025)as well as measures to prevent or mitigate the hazards leading to them. In addition, recommendations on three specific issues were requested: welfare of calves reared for white veal (space, group housing, requirements of iron and fibre. No obstante, la normativa europea vigente presenta importantes limitaciones, ya que no establece requisitos mínimos específicos para la fase de crecimiento y cebo. La Directiva 2008/119/CE del Consejo, transpuesta en España mediante el RD 1047/1994 y actualizada por el RD 159/2023, establece únicamente las normas mínimas de protección para terneros menores de seis meses en explotaciones ganaderas. En este marco, se establece un espacio mínimo de 1,8 m^2 por animal para terneros con un peso vivo igual o superior a 220 kg. Sin embargo, para animales de mayor edad, la mayoría de los países europeos únicamente incluyen recomendaciones generales sobre el espacio disponible, siendo Austria el único país con normativa específica. De acuerdo con la EFSA (2025), un espacio aproximado de 13 m^2/animal se considera adecuado para favorecer el descanso, reducir la competencia social y minimizar el estrés grupal.

Además, los informes de la EFSA destacan la necesidad de más investigación que permita determinar con precisión las consecuencias reales de proporcionar un mayor espacio a los bovinos de engorde, ya que los estudios específicos que evalúen este factor de manera directa y aislada son aún limitados. En este sentido, Park et al. (2020)in the form of a cattle brush, on feedlot cattle behavior, productivity and stress physiology. Steers were blocked by weight and assigned to one of two treatments 1 realizaron una revisión de alcance sobre el impacto de los sistemas de alojamiento y las características ambientales en el ganado bovino de carne, encontrando únicamente siete estudios que evaluaran la asignación de espacio. Todos ellos se desarrollaron bajo un mismo tipo de sistema de engorde, lo que restringe la extrapolación de los resultados a otros modelos productivos. Estas investigaciones presentaron limitaciones que dificultaron la comparación entre estudios, como la variabilidad en los espacios de alojamiento evaluados, la restricción de los estudios a la fase de finalización y las diferencias en las métricas utilizadas para cuantificar el impacto, lo que complica la generalización de sus conclusiones.

Efectos de la densidad animal en vacuno de carne

Parámetros productivos

Aunque los resultados varían entre estudios, la evidencia disponible muestra una tendencia consistente, el aumento del espacio disponible por animal mejora los parámetros productivos hasta un determinado umbral, a partir del cual no se observan beneficios adicionales. Hickey et al. (2003) evaluaron cuatro densidades (1,5; 2,0; 3,0 y 4,0 m^2/animal) y observaron incrementos significativos en la ganancia media diaria (GMD) y en el peso de canal al comparar los extremos de espacio (1,5 vs. 4,0 m^2). La GMD aumentó hasta 0,61 kg/día y el peso de canal en 32 kg ($p < 0,05$). Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas al comparar espacios más próximos (3,0 vs. 4,0 m^2). Curiosamente, vieron que el rendimiento de canal fue superior en los animales alojados en 1,5 m^2, con un incremento del 1,9 % respecto a los alojados a 3,0 m^2.

En el estudio de Keane et al. (2018), los animales alojados a 3,0 m^2/animal presentaron mejores resultados productivos que los alojados a 2,0 m^2/animal. Observaron un mayor peso al sacrificio (705 vs. 665 kg), mayor GMD (1,05 vs. 0,76 kg/d), mejor índice de conversión (IC) (10,3 vs. 13,7), mayor peso de canal (409 vs. 389 kg) y mayor puntuación

de engrasamiento (8,9 vs. 7,9) ($p < 0,05$).

En otro estudio, Keane et al. (2017) evaluaron densidades más representativas de los sistemas productivos actuales (3,0; 4,5 y 6,0 m^2). Los animales alojados a 4,5 m^2 mostraron una mejora de 0,10 kg/día en GMD y una reducción del IC en 0,70 kg/kg en comparación con los animales alojados a 3,0 m^2 o 6,0 m^2 (GMD: 1,28 kg/d vs 1,18 y 1,19 kg/d; IC: 8,74 kg/kg vs 9,43 y 9,45 kg/kg) ($p < 0,05$). No se encontraron diferencias significativas en el resto de parámetros productivos.

Estos resultados indican que superar los 3 m^2/animal mejora los índices productivos (el peso vivo, la GMD, el peso de canal y el IC), pero incrementar el espacio hasta 6 m^2 no aporta beneficios adicionales.

Para evaluar el efecto de la densidad de corral en el sistema de cebo de terneros representativo de España, realizamos un estudio con terneros machos Black Angus x Frisona alojados en una granja comercial situada en Lleida (Roda et al., 2025a). Todos los animales recibieron las mismas condiciones de alimentación y de manejo y se distribuyeron en dos tratamientos, baja densidad (15 animales/corral) y alta densidad (19 animales/corral) durante 8 meses de engorde. Los animales de alta densidad dispusieron de 3,8 m^2/animal y los de baja densidad contaban con 4,8 m^2/animal. La elección de estos valores se basó en la revisión realizada por Ingvartsen & Andersen (1993), quienes indicaron que un espacio inferior a 4,7 m^2/animal en terneros de 240-500 kg puede reducir la GMD hasta en 300 g/día, debido a una menor ingestión, y un espacio mayor no garantiza mejoras adicionales.

A nivel productivo se observaron diferencias en el peso de canal y en el rendimiento de canal, ambos parámetros fueron mayores en los animales alojados en baja densidad (4,8 m^2/animal). También se observó que tanto el peso vivo como el consumo de pienso presentaban interacciones con la fase de crecimiento, indicando que las diferencias significativas se presentan al final del período de cebo. En el resto de parámetros productivos no se observaron diferencias significativas.

Bienestar animal

Más allá de los efectos productivos, la limitación del espacio también tiene implicaciones directas sobre el bienestar animal. La EFSA (2025) identifica el espacio como uno de los factores de mayor impacto, asociándolo a problemas como dificultades para descansar, restricción del movimiento, incremento del estrés grupal, lesiones, trastornos locomotores e incapacidad para realizar comportamientos exploratorios, de búsqueda de alimentos o de juego. Estos aspectos pueden evaluarse mediante indicadores de bienestar basados en el comportamiento (tiempo dedicado a rumia, descanso, interacción social, actividad), salud y dolor (cojeras, lesiones, inflamación) o estrés social o ambiental (competencia, desplazamientos).

El comportamiento de descanso es uno de los indicadores más estudiados en bovino de carne. Hickey et al. (2003) observaron que los animales alojados con 4 m^2/animal pasaban 3,6 h/día más tumbados que los alojados en 1,5 m^2 ($p < 0,05$), mientras que Keane et al. (2018) encontraron un incremento de aproximadamente 1,1 h/día al comparar 3 m^2 con 2 m^2 ($p < 0,05$). Gygax et al. (2007) no detectaron diferencias en el tiempo total tumbado cuando compararon 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 y 4,0 m^2, pero sí en parámetros asociados al descanso, como el tipo de postura cuando están tumbados, distancia entre animales y la probabilidad de que un toro fuera pisado por otros. Estos resultados muestran que más espacio no siempre aumenta el tiempo total de descanso, pero sí mejora la calidad del descanso y reduce riesgos asociados a la densidad.

Además del descanso, el espacio también influyó en las conductas sociales. Hickey et al. (2003) observaron más interacciones sociales en los animales alojados a 4,0 m^2 que a 1,5 m^2 (17,8 frente a 7,5 eventos por corral cada 4 h; $p < 0,05$). De manera similar, Keane et al. (2018) observaron más selfgrooming en animales alojados a 3,0 m^2 que a 2,0 m^2 (0,94 h/día vs. 0,41 h/día; $p < 0,05$). Por su parte, Keane et al. (2017) no detectaron efectos del espacio (3,0; 4,0 y 6 m^2) sobre los diferentes comportamientos observados, lo que sugiere que por encima de cierto umbral el efecto del espacio se atenúa.

En cuanto a la rumia, Cortese et al. (2020) detectaron diferencias significativas en el tiempo de rumia durante las sesiones de observación directa de 8 h, siendo los animales alojados a 4,37 m^2/animal los que pasaron más tiempo rumiando (16,5 % de la sesión) en comparación con los alojados a 3,5 m^2/animal (11,3 % de la sesión). Sorprendentemente, fue el único estudio que encontró diferencias claras en el tiempo dedicado a rumiar, a pesar de ser uno de los comportamientos más asociados a niveles de bienestar superior.

En nuestro sistema de cebo evaluamos el bienestar animal mediante dos enfoques complementarios, registrando el comportamiento a partir de la observación directa mediante un etograma y a través de un acelerómetro colocado en un collar (CowScout Neck, GEA Farm Technologies, Bönen, Germany) previamente validado (Roda et al., 2025b).

Los resultados del etograma mostraron que los animales alojados en corrales de baja densidad (4,8 m^2/animal) pasaban más tiempo rumiando y menos tiempo de pie. Además, presentaban un mayor número de comportamientos positivos, como interacciones sociales, y una menor frecuencia de conductas antagonistas, como los desplazamien-

tos. El análisis global del período de engorde no mostró diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, al analizar las fases del engorde por separado, se identificaron interacciones significativas en el tiempo de rumia con los meses de mayor temperatura y en la fase final del cebo.

El espacio disponible también influye en la salud locomotora y la incidencia de enfermedades. Magrin et al. (2019) observaron que aumentar el espacio de 3,5 a 4,0 m²/animal redujo la prevalencia de cojeras leves (de 4,45 % a 1,43 %) y severas (de 2,24 % a 1,54 %) en animales alojados sobre slat. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas al incrementar el espacio de 5,0 a 5,5 m²/animal en animales alojados sobre cama de paja (Magrin et al., 2019). Por su parte, Cortese et al. (2020) tampoco encontraron diferencias en cojeras o enfermedad entre 3,5 y 4,37 m²/animal, aunque sí detectaron un mayor porcentaje de animales tratados repetidamente por recaída en el grupo de alta densidad ($p < 0,05$).

En nuestro estudio, no se observaron diferencias entre tratamientos en animales enfermos o tratados, probablemente debido al bajo número de casos registrados en ambos grupos (baja y alta densidad).

Balance económico

El espacio disponible por animal influye tanto en el rendimiento productivo como en el bienestar animal, pero su ajuste tiene implicaciones económicas directas. Aumentar el espacio por animal suele implicar reducir el número de animales por corral, lo que disminuye la producción total de carne por unidad de superficie. Por otro lado, incrementar el espacio disponible puede generar beneficios económicos indirectos, derivados de mejoras en la salud de los animales, la eficiencia productiva y el bienestar animal (Dawkins, 2017), así como de una mayor disposición de los consumidores a pagar por productos con estándares de bienestar superiores (Norwood & Lusk, 2011). Por tanto, cualquier ajuste en la densidad debe equilibrar productividad, bienestar y viabilidad económica.

Ahmed et al. (2020)producers are concerned that stricter welfare regulations would decrease their profits and hence their competitiveness. Given the relevance of the debate surrounding FAW especially in Sweden, and the lack of studies related to the beef sector, this study examined the impact of changes in FAW practices on economic performance of Swedish beef fattening operations. We modelled a herd of 50 cattle of either beef or dairy breed reared for meat production to examine the impact of increased space allowance, including a corresponding decrease in herd size, and increased forage-to-concentrate (FC realizaron una simulación para evaluar el impacto económico de aumentar 1 m²/animal en el espacio disponible, reduciendo el número de terneros por corral: 50 animales (4 m²/animal) frente a 40 animales (5 m²/animal). Su análisis consideró únicamente los ingresos derivados del aumento de peso individual en los corrales de menor densidad y la pérdida de ingresos por alojar menos individuos y por el incremento de consumo por animal, obteniendo como resultado una reducción de las ganancias netas a corto plazo del 18,9 % por animal en razas de aptitud cárnica y del 10,8 % por animal en razas de aptitud lechera.

No obstante, este enfoque presenta limitaciones importantes. El modelo no tuvo en cuenta otros factores relevantes, como los posibles efectos positivos del mayor espacio sobre la salud y el bienestar animal, que podrían traducirse en una menor incidencia de enfermedades, la reducción del número de animales tratados o subclínicos, y cambios en el comportamiento (mayor tiempo de rumia y de descanso, menos conflictos). Además, aunque se contempla como coste adicional el aumento del consumo por animal, no descuenta el ahorro en alimentación derivado de alojar menos terneros, ni la posible reducción de mano de obra. Al no considerar estos factores, el modelo tiende a sobrestimar las pérdidas económicas y a subestimar los beneficios indirectos asociados a un mayor espacio disponible.

Por ello, es necesario llevar a cabo estudios de balance económico en condiciones reales, que integren tanto los costes directos (alimentación y mantenimiento) como los efectos indirectos sobre la salud, el comportamiento y la productividad de los animales. Asimismo, sería importante evaluar mecanismos de compensación para los productores, como primas por bienestar animal, certificaciones diferenciadas o mejoras en la eficiencia global del sistema, que permitan compatibilizar los beneficios del mayor espacio con la sostenibilidad económica de la explotación. Este enfoque integral permitiría generar recomendaciones más precisas y aplicables en la práctica, facilitando decisiones que promuevan tanto la rentabilidad como el bienestar de los animales.

Conclusiones

El espacio disponible para los terneros de engorde influye tanto en la productividad como en el bienestar animal, aunque existe un límite a partir del cual no se observan mejoras adicionales. Por ello, cualquier cambio en la densidad debe considerar simultáneamente la eficiencia productiva, la salud y el comportamiento de los animales y la viabilidad económica del sistema.

La evidencia disponible indica que el espacio afecta al descanso, la rumia, las interacciones sociales, la locomoción y la incidencia de enfermedades, pero estos efectos no son lineales y pueden depender de factores como la fase del cebo o las condiciones ambientales. En este contexto, los estudios de campo son esenciales para cuantificar estos efectos en condiciones reales y para desarrollar estrategias que permitan aprovechar los beneficios del mayor espacio sin comprometer la sostenibilidad económica de la explotación.

Referencias

Ahmed, H., Alvåsen, K., Berg, C., Hansson, H., Hultgren, J., Röcklinsberg, H., & Emanuelson, U. (2020). Assessing economic consequences of improved animal welfare in Swedish cattle fattening operations using a stochastic partial budgeting approach. Livestock Science, 232, 103920. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103920

Cortese, M., Brščić, M., Ughelini, N., Andrighetto, I., Contiero, B., & Marchesini, G. (2020). Effectiveness of stocking density reduction on mitigating lameness in a Charolais finishing beef cattle farm. Animals, 10(7), 1147. https://doi.org/10.3390/ani10071147

Dawkins, M. S. (2017). Animal welfare and efficient farming: Is conflict inevitable? Animal Production Science, 57(2), 201–208. https://doi.org/10.1071/AN15383

European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Animal Health and Animal Welfare (AHAW). (2012). Scientific Opinion on the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming systems. EFSA Journal, 10(5), 2669. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2669

European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Animal Health and Animal Welfare (AHAW). (2023). Welfare of calves. EFSA Journal, 21(3), e07896. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7896

European Food Safety Authority (EFSA) (2025). Common husbandry systems and practices for keeping beef cattle. EFSA Supporting Publications, 22(7), EN-9565. https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2025.EN-9565

Gygax, L., Siegwart, R., & Wechsler, B. (2007). Effects of space allowance on the behaviour and cleanliness of finishing bulls kept in pens with fully slatted rubber coated flooring. Applied Animal Behaviour Science, 107(1–2), 1–12. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.011

Hickey, M. C., Earley, B., & Fisher, A. D. (2003). The effect of floor type and space allowance on welfare indicators of finishing steers. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 42(1), 89–100.

Ingvartsen, K. L., & Andersen, H. R. (1993). Space allowance and type of housing for growing cattle: A review of performance and possible relation to neuroendocrine function. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science, 43(2), 65–80. https://doi.org/10.1080/09064709309410147

Keane, M. P., McGee, M., O'Riordan, E. G., Kelly, A. K., & Earley, B. (2017). Effect of space allowance and floor type on performance, welfare and physiological measurements of finishing beef heifers. Animal, 11(12), 2285–2294. https://doi.org/10.1017/S1751731117001288

Keane, M. P., McGee, M., O'Riordan, E. G., Kelly, A. K., & Earley, B. (2018). Performance and welfare of steers housed on concrete slatted floors at fixed and dynamic (allometric based) space allowances. Journal of Animal Science, 96(3), 880–889. https://doi.org/10.1093/jas/sky007

Magrin, L., Gottardo, F., Contiero, B., Brščić, M., & Cozzi, G. (2019). Time of occurrence and prevalence of severe lameness in fattening Charolais bulls: Impact of type of floor and space allowance within type of floor. Livestock Science, 221, 86–88. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.01.021

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022). Estudio sobre el sector vacuno de carne en España: Engorde de terneros. Datos SITRAN (Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios). Centro de Publicaciones. https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos-2/vacuno-de-carne/informes-de-interes/2024_enero_sgpgyc_estudioengordeternerosdatossitran2021.pdf

Norwood, F. B., & Lusk, J. L. (2011). A calibrated auction-conjoint valuation method: Valuing pork and eggs produced under differing animal welfare conditions. Journal of Environmental Economics and Management, 62(1), 80–94. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2011.04.001

Park, R. M., Schubach, K. M., Cooke, R. F., Herring, A. D., Jennings, J. S., & Daigle, C. L. (2020). Impact of a cattle brush on feedlot steer behavior, productivity and stress physiology. Applied Animal Behaviour Science, 228, 104995. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104995

Roda, M., Verdú, M., Siurana, A., Soldevila, X., & Castillejos, L. (2025a). Efecto de la densidad animal de corral sobre el rendimiento productivo y bienestar en terneros Angus de cebo intensivo. En Libro de ponencias, comunicaciones orales y póster del XXVII Congreso ANEMBE (pp. 393–394). Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España (ANEMBE).

Roda, M., Verdú, M., Siurana, A., Soldevila, X., Cea, D., Pinedo, F., Salas, H., & Castillejos, L. (2025b). Validación de tecnologías de precisión en cebo intensivo de terneros. En Libro de ponencias, comunicaciones orales y póster del XXVII Congreso ANEMBE (pp. 395–396). Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España (ANEMBE).

THE EVOLUTION OF VACCINOLOGY FOR THE CONTROL OF TICK INFESTATIONS AND TICK-BORNE DISEASES

EVOLUCIÓN DE LAS VACUNAS PARA EL CONTROL DE GARRAPATAS Y LAS ENFERMEDADES QUE TRANSMITEN

Dr. José de la Fuente

SaBio. Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos IREC-CSIC-UCLM-JCCM, Ronda de Toledo 12, 13005 Ciudad Real, Spain; Department of Veterinary Pathobiology, Center for Veterinary Health Sciences, Oklahoma State University, Stillwater, OK 74078, USA. Email: jose_delafuente@yahoo.com. ORCID ID: 0000-0001-7383-9649.

Las vacunas constituyen uno de los mayores logros científicos y la intervención preventiva más eficaz para reducir la enfermedad, la discapacidad y la mortalidad causadas por diversas enfermedades infecciosas. Según la OMS, las vacunas protegen a millones de personas contra enfermedades y previenen entre 2 y 3 millones de muertes cada año. Sin embargo, el desarrollo de vacunas sigue siendo un importante desafío científico para reducir la mortalidad causada por enfermedades infecciosas como la tuberculosis, el SIDA y la malaria a nivel mundial.

Las garrapatas y las enfermedades que transmiten representan una amenaza significativa para la salud humana y animal, así como una preocupación para la sociedad a escala global. Además, las garrapatas constituyen un organismo modelo para el estudio de las interacciones vector-hospedador-patógeno; son consideradas, después de los mosquitos, los segundos vectores más importantes de enfermedades humanas en el mundo y un ectoparásito relevante de animales domésticos y silvestres. Asimismo, las garrapatas son difíciles de controlar, y las vacunas representan la intervención más eficaz, segura, económicamente viable y ambientalmente sostenible, lo que las convierte en un modelo adecuado para evaluar la evolución de la vacunología. Las vacunas han evolucionado desde las formulaciones clásicas basadas en las "3I" (Aislar-Inactivar-Inyectar) a finales del siglo XVIII, con importantes logros en el control de la viruela, la rabia y la tuberculosis, hasta el uso de la ingeniería genética y la biotecnología, la vacunología inversa y computacional, la vacunómica, la vacunómica cuántica y la vacunología personalizada, junto con nuevas formulaciones y plataformas de administración.

La evolución de la vacunología frente a garrapatas ha estado impulsada por múltiples desafíos:

(1) Las garrapatas son difíciles de controlar

El control de garrapatas se ha basado tradicionalmente en el uso de acaricidas químicos, con éxito parcial y con inconvenientes como la selección de garrapatas resistentes, el impacto negativo en la salud y producción animal, y la contaminación ambiental. La aparición de poblaciones resistentes a múltiples acaricidas en distintas regiones del mundo, junto con la creciente preocupación por la contaminación ambiental, plantea serios desafíos para la continuidad de estos métodos convencionales. Desde la perspectiva de "Una sola salud" y sostenibilidad, las vacunas representan la intervención más eficaz y segura para reducir las poblaciones de garrapatas y los riesgos asociados a los patógenos que transmiten.

(2) Las vacunas controlan las infestaciones reduciendo la aptitud y reproducción del ectoparásito

La prueba de concepto de vacunas contra garrapatas fue propuesta en 1979 mediante extractos proteicos específicos de órganos. Posteriormente, el descubrimiento del antígeno Bm86/Bm95 en Rhipicephalus microplus permitió el desarrollo, registro y comercialización de vacunas como TickGARD y Gavac para el control de infestaciones en bovinos. El mecanismo protector se asocia con la producción de anticuerpos que interactúan con antígenos en el intestino medio de las garrapatas durante la alimentación, afectando funciones proteicas y reduciendo el número de garrapatas que completan su ciclo de vida, su peso, oviposición y fertilidad. Dado el papel del ganado en las enfermedades transmitidas por garrapatas, estas vacunas pueden reducir tanto las infestaciones como la incidencia de dichas enfermedades en animales y humanos.

No obstante, la eficacia variable (0–100%) frente a distintas cepas ha limitado su aprobación global. Para superar este reto, se identificaron antígenos conservados entre diferentes géneros, como Subolesina (SUB), que induce respuestas inmunitarias complejas afectando múltiples procesos biológicos y reduciendo la aptitud y reproducción en diversas especies hospedadoras. Además, otros antígenos (p29, aquaporinas, metaloproteasas, canales de potasio, inhibidores de proteasas, calreticulina, P0, ferritina 2 y tropomiosina) han mostrado efectos protectores. Actualmente, solo las vacunas basadas en Bm86/Bm95 están aprobadas en algunos países de América Latina, mientras que una vacuna basada en SUB ha sido recientemente aprobada en Uganda.

(3) Impacto de la diversidad genética en la eficacia vacunal

La diversidad genética de las garrapatas influye en la eficacia de las vacunas. Para abordar este desafío, se ha propuesto un enfoque de medicina personalizada que considere factores regionales, especies/cepas de garrapatas y características del hospedador. Estudios en Uganda han demostrado la importancia de seleccionar antígenos específicos con mayor protección cruzada. Este enfoque también ha sido evaluado en la India, destacando la necesidad de personalizar las vacunas para mejorar su eficacia en condiciones de campo.

(4) Vacunología cuántica para la combinación de antígenos

La combinación de antígenos puede mejorar la eficacia vacunal, aunque presenta limitaciones debido a posibles interacciones inmunológicas. La vacunología cuántica propone la identificación y combinación de epítopos protectores mediante enfoques integrados (in vitro, in silico, análisis musical, mapeo de epítopos), junto con biología de sistemas, inteligencia artificial y Big Data. Este enfoque permite diseñar vacunas más eficaces considerando factores inmunológicos, ambientales y geográficos. Ejemplos incluyen antígenos multiepítopo con alta eficacia frente a infestaciones.

(5) Formulaciones y plataformas de administración

Las formulaciones y los sistemas de administración son determinantes clave de la eficacia vacunal. Avances recientes incluyen vacunas dirigidas a la microbiota intestinal de las garrapatas, probióticos, formulaciones con alfa-gal y vacunas orales. También se están explorando vacunas basadas en ARNm, partículas microparticuladas y nanopartículas lipídicas.

(6) Combinación de vacunas con transgénesis y paratransgénesis

Las tecnologías de edición genética, como CRISPR-Cas9, permiten manipular el genoma y la microbiota de las garrapatas. Estrategias como la paratransgénesis y la “frankenbacteriosis” buscan reducir la aptitud de las garrapatas y la transmisión de patógenos. Sin embargo, estas tecnologías conllevan riesgos, como mutaciones fuera del objetivo, transferencia genética no deseada y posibles efectos ecológicos, lo que requiere evaluaciones rigurosas y marcos regulatorios adecuados.

Conclusiones y perspectivas futuras

Los antígenos vacunales han evolucionado desde extractos proteicos hasta proteínas recombinantes y diseños quiméricos basados en vacunómica y vacunología cuántica. Las futuras investigaciones avanzarán mediante la integración de tecnologías como multiómica, inteligencia artificial, Big Data, vacunas de ARNm, probióticos y estrategias combinadas, con un enfoque de vacunología personalizada adaptado a regiones con alta incidencia de garrapatas y enfermedades asociadas.

Agradecimientos

El autor agradece la contribución de los miembros de su grupo y colaboradores. Este estudio fue financiado parcialmente por el Ministerio de Ciencia e Innovación/Agencia Estatal de Investigación (MCIN/AEI/10.13039/501100011033), España, y la UE-FEDER (Proyecto BIOGAL PID2020-116761GB-I00), así como por la National Agricultural Research Organization (NARO) de Uganda.

DECISIONES DE MANEJO EN VACUNO DE DEHESA: CÓMO INFLUYE LA INTENSIFICACIÓN Y EXTENSIVIDAD EN LA SOSTENIBILIDAD Y LA HUELLA DE CARBONO

Dr. Vicente Rodríguez Estévez

Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba

La dehesa constituye uno de los sistemas agroganaderos de mayor valor ecológico de Europa, donde la producción animal contribuye a la conservación de recursos naturales, la biodiversidad y el mantenimiento del territorio rural. En los últimos años se han producido dos cambios importantes: la sustitución del ovino por el vacuno y el aumento de las cargas ganaderas.

La carga ganadera, desvirtuada por la Política Agraria Común, y todo lo que implica su gestión, es el único factor ecológico y de manejo que realmente puede controlar el ganadero. Es por ello que, en un contexto de cambio climático (aumento de la aridez), con un aumento de costes de producción y una creciente exigencia ambiental, las decisiones basadas en el manejo de la carga ganadera (presión de pastoreo, división y rotación de parcelas, tiempos de descanso, etc.) adquieren un papel clave para determinar la sostenibilidad real de estos sistemas.

Los distintos grados de intensificación y extensividad en el vacuno de dehesa influyen sobre indicadores económicos, productivos (de los pastos y del rebaño) y ambientales, desde la regeneración de la arboleda a la huella de carbono. Con respecto a esta última se analiza como la eficiencia reproductiva y la carga ganadera, que condiciona el consumo de alimentación suplementaria externa, condicionan tanto la sostenibilidad económica como la ambiental, influyendo en la continuidad del propio sistema.

Lejos de una visión simplista en la que lo "extensivo" deba asociarse automáticamente con un menor impacto, se plantea una discusión crítica sobre la compatibilidad entre productividad y servicios ecosistémicos, objetivos que no siempre pueden maximizarse simultáneamente.

Hay que diferenciar intensificación de eficiencia, tecnificación y organización, que también son posibles en los sistemas más extensivos; no obstante, la intensificación sin eficiencia es ruinosa. Así, asumiendo que los sistemas más intensificados debieran ser más eficientes, en estos se pueden reducir las emisiones (huella de carbono) por kilogramo de carne producido gracias a una mayor productividad por vaca (menor intervalo entre partos); mientras que los modelos más extensivos, si son eficientes y se tiene en cuenta el secuestro de carbono, pueden llegar a tener huellas de carbono próximas a la neutralidad o, incluso, negativas, aportando otros beneficios ambientales no reflejados en los inventarios convencionales (prevención de incendios, mantenimiento del arbolado, y conservación de hábitats y biodiversidad).

El objetivo es ofrecer una visión integral que permita entender que la sostenibilidad del vacuno de dehesa no depende únicamente del nivel de productividad o del grado de intensificación o extensividad, sino de cómo se toman las decisiones de manejo y de qué indicadores se utilizan para evaluarlas.

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.

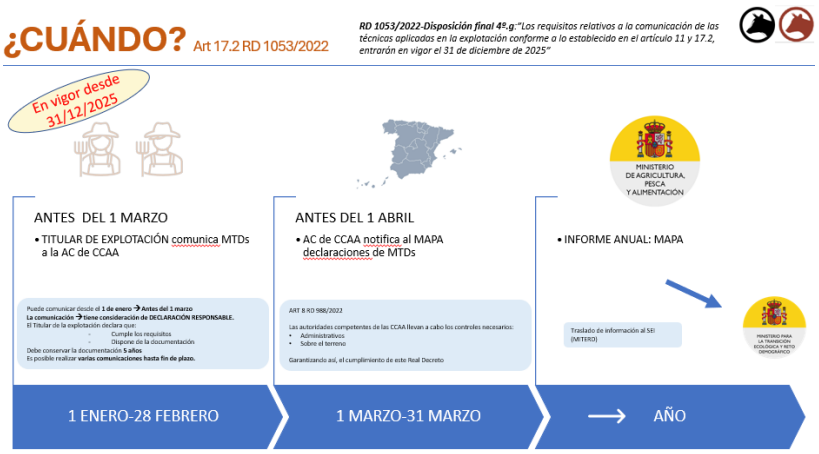


Figura 1. Esquema del procedimiento de declaración ECOGAN

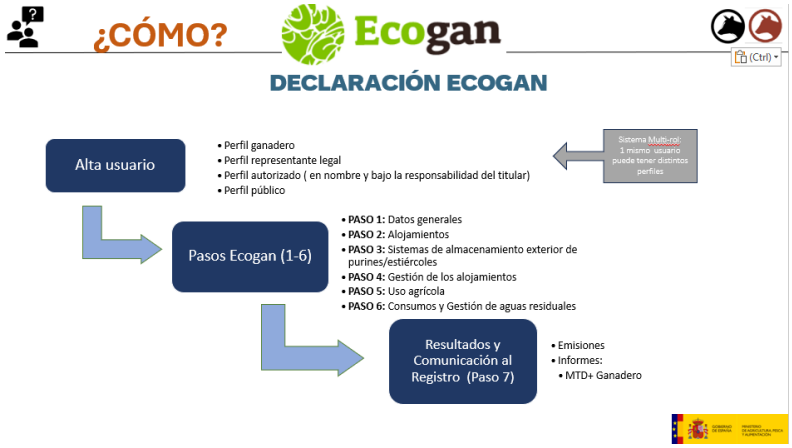


Figura 2. Pasos declaración ECOGAN

1. Darse de alta en ECOGAN. ACCESO CLAVE

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 que afectan a los ganaderos

Tipos de perfiles Ecogan

TIPO DE PERFIL	DEFINICIÓN	ALTA EN ECOGAN	FUNCIONES
GANADERO	Persona física titular de explotaciones dadas de alta en REGA (asociados a un NIF).	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 (NIF) 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
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.

TIPO DE PERFIL	DEFINICIÓN	ALTA EN ECOGAN	FUNCIONES
AUTORIZADO	Persona física (NIF) que actúa en nombre de personas físicas (NIF) o jurídicas (CIF) titulares de explotaciones en REGA.	Por parte de un perfil "Ganadero" o "Representante legal" siempre bajo su responsabilidad.	Acceso al simulador, Acceso a "mis granjas" que le permite seleccionar en nombre de que "NIF/CIF" quiere actuar. Puede comunicar declaraciones de titulares pertenecientes a la misma o diferentes CCAA.



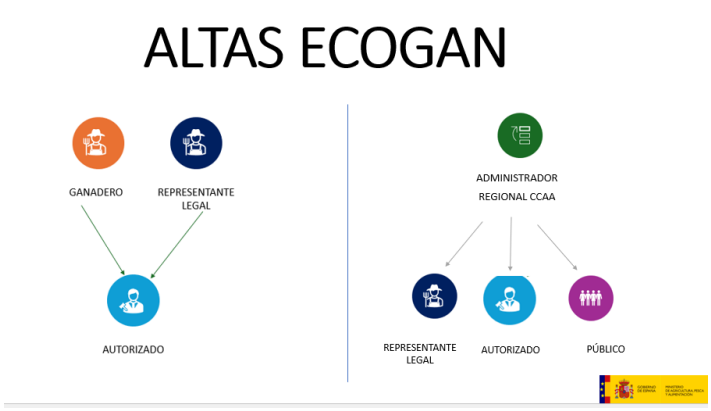


Figura 3. Altas y acceso ECOGAN

3. Cumplimentar la declaración en ECOGAN: PECULIARIDADES VACUNO DE LECHE Y CEBO DE TERNEROS

Vemos las peculiaridades para vacuno de leche y cebo de terneros centrándonos en los aspectos más relevantes

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 4. 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

¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DERIVADOS DE ECOGAN PARA EL SECTOR VACUNO?

1. Facilita el cumplimiento de la normativa mediante el registro de las MTD que se aplican en la granja y el cálculo de la reducción de emisiones alcanzada
2. Le permite realizar la estimación de emisiones en su granja: contaminantes atmosféricos (amoniaco, óxidos de N), gases efecto invernadero (metano, óxido nitroso, CO_2) y el cálculo de la Huella de C
3. Es una herramienta gratuita de fácil uso y acceso (servicio web con acceso mediante dispositivo móvil y ordenador) adaptada a las características del sistema productivo español con resultados reconocidos a nivel gubernamental.
4. Diagnóstico, monitorización y seguimiento de la gestión ambiental de la granja: permite al ganadero conocer el estado actual de su granja, analizar la evolución de sus emisiones a lo largo de los distintos años de declaración y establecer un plan de mejora para la sostenibilidad medioambiental de su granja. Además, ECOGAN permite realizar simulaciones para establecer las condiciones que se deseen en una granja por ejemplo mejoras medioambientales). Los resultados de la declaración facilitan al ganadero la elaboración de Planes de acción individual o colectivo (integradoras) para la gestión medioambiental de las granjas o del sector. ECOGAN no es solo una herramienta de cálculo también es una herramienta para la toma de decisiones
5. Facilita el asesoramiento por agentes externos para mejorar la sostenibilidad medioambiental en la granja
6. Permite conocer los datos del Nitrógeno disponible en el estiércol lo que facilita la valorización agronómica de este subproducto y su comercialización como fertilizante sin necesidad de realizar costosos análisis laboratoriales
7. ECOGAN proporciona al ganadero los siguientes indicadores de sostenibilidad medioambiental de la granja que se utilizan para evaluar y medir el impacto de la granja en el medio ambiente:
    a. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI):
        i. Cantidad de metano (CH_4) producido por la fermentación entérica y por la gestión de estiércoles
        ii. Emisiones de óxido nitroso (N_2O) procedentes del manejo del estiércol
        iii. Emisiones de dióxido de carbono (CO_2) relacionadas con el consumo de energía.
    b. Indicadores relacionados con el manejo del estiércol:
        i. Gestión del estiércol y purines, incluyendo su almacenamiento y aplicación como fertilizante.
        ii. Emisiones de amoníaco (NH_3) procedentes del estiércol.

Estos indicadores sirven de instrumento al ganadero para acceder a ayudas/financiación públicas o privadas o mejorar la comercialización de sus productos, ya que son de utilidad para el reconocimiento de la sostenibilidad medioambiental de la granja frente a clientes y proveedores. E incluso para la comparativa con el sector a nivel nacional.

8. Facilita la realización de trámites con la administración pública: En algunas CCAA la declaración ECOGAN es un requisito indispensable para la formalización de determinados trámites de la gestión ganadera (obtención de autorizaciones, cambio de titular, controles…)



Figura 5. Utilidades ECOGAN

ECOGAN — UNA HERRAMIENTA DIGITAL PARA UNA GANADERÍA EUROPEA MÁS SOSTENIBLE

Dr. Odón Sobrino

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Introducción

Señoras y señores,

Permítanme comenzar recordando una realidad que todos quienes trabajamos en el ámbito de la sostenibilidad agraria conocemos bien: la ganadería europea es uno de los sectores más regulados desde el punto de vista ambiental. En las últimas décadas, la Unión Europea ha desarrollado un vasto marco legislativo con un objetivo común — reducir las emisiones contaminantes, proteger los recursos naturales y fomentar la economía circular en todo el territorio europeo.

Entre las principales normas que afectan directamente a la actividad ganadera, cabe mencionar:

- **La Directiva de Emisiones Industriales (2010/75/UE)**, que regula las emisiones a la atmósfera, el agua y el suelo de las instalaciones intensivas.

- **La Directiva de Nitratos (91/676/CEE)**, enfocada en prevenir la contaminación de las aguas por nitratos de origen agrícola.

- **El Reglamento (UE) 2018/842**, que establece los compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en sectores no incluidos en el régimen de comercio de derechos de emisión (ESR).

- **La Estrategia "De la Granja a la Mesa"** y la **Estrategia de Biodiversidad 2030**, que integran la sostenibilidad ambiental, económica y social en la producción de alimentos.

- Y más recientemente, los requisitos derivados del **Pacto Verde Europeo** y de la **Ley Europea del Clima**, que elevaron el nivel de ambición de toda la política ambiental de la Unión.

El reto para los ganaderos

El cumplimiento de esta normativa representa un enorme desafío para el sector ganadero. Las explotaciones deben cuantificar sus emisiones, aplicar medidas de mitigación y documentar su efectividad. Sin embargo, muchos ganaderos carecen de los conocimientos técnicos o de los recursos necesarios para comprender qué estrategias de reducción son las más eficaces y económicamente viables, ni mucho menos para calcularlas con rigor.

A esta carga normativa se suma una presión adicional procedente del mercado y de la sociedad.

Las industrias alimentarias, conscientes de la creciente preocupación de los consumidores por la sostenibilidad, trasladan a sus proveedores —los ganaderos— exigencias ambientales cada vez más estrictas, a menudo sin criterios homogéneos y utilizando herramientas de cálculo propias, que no siempre están alineadas con las directrices internacionales ni con los métodos científicos reconocidos.

Esto genera un panorama fragmentado y confuso. Un mismo sistema productivo puede ofrecer resultados de emisiones distintos dependiendo de la herramienta o metodología aplicada, creando incertidumbre tanto para los ganaderos como para los consumidores, y en última instancia, minando la credibilidad del propio esfuerzo ambiental del sector.

El impacto sobre el ganadero y su percepción de la normativa

El ganadero, en este escenario, vive bajo lo que podríamos llamar un "triple acoso": **normativo**, **comercial** y **mediático**.

Está obligado a cumplir con una normativa compleja, a adaptarse a las exigencias variables de las cadenas alimentarias y a defender su papel frente a una sociedad que, en muchas ocasiones, percibe la ganadería como una actividad contaminante, sin tener en cuenta su papel histórico en el mantenimiento del territorio, la fijación de población rural o la seguridad alimentaria.

La percepción del ganadero es que la normativa medio ambiental es una carga burocrática más que lo único que pretende es acabar con la producción ganadera, que su actividad no tiene ningún impacto negativo sobre el medio ambiente, ignorando que cada día son más los pueblos que no pueden beber el agua de sus fuentes por un exceso de nitratos, que el aire que respiran está cargado de partículas generadas por el exceso de amoniaco que afectan a sus pulmones y a los de sus familias y que la sanidad que rodea a sus explotaciones se deteriora a medida que aumenta su tamaño productivo. Ya no son granjas familiares adaptadas y mimetizadas con el entorno, son producciones industriales que general miles de litros de leche mensuales o toneladas de carne. Como otras producciones industriales, es necesario gestionar bien su actividad, ya que los potenciales daños que se generen van a afectar, en primer lugar, al entorno en el que se encuentran, el ganadero y sus allegados.

Sin embargo, la producción ganadera tiene una gran ventaja sobre otras actividades industriales, los subproductos

(mal llamado “residuos”), que se generan son fácilmente reciclables y reintegrables al entorno, lo que actualmente se llama “economía circular” y que siempre ha sido conocido como Sistema agropecuario o, más bien, el ecosistema agropecuario, en el que la agricultura y la ganadería han convivido durante milenios y en el que las aportaciones de uno son imprescindibles para el desarrollo del otro.

En concreto, el aprovechamiento de los subproductos ganaderos, ricos en materia orgánica, nitrógeno y fósforo, fundamentalmente, contenidos en los estiércoles.

(incluir la importancia de la gestión integral del nitrógeno en las explotaciones bovinas siguiendo las recomendaciones del libro https://unece.org/sites/default/files/2022-11/UNECE_NitroOpps%20red.pdf).

La correcta gestión integral del nitrógeno es esencial no solo desde un punto de vista ambiental, sino también económico, un aspecto que, desgraciadamente, los ganaderos tienden a menospreciar, considerando la utilización agrícola de los estiércoles como una forma de deshacerse de ellos, mas que una forma de aprovecharse de sus cualidades.

De hecho, la correcta gestión de los estiércoles debería ser una de las primeras etapas formativas tanto de agricultores como ganaderos, en lugar de la eterna asignatura pendiente que convierte en un problema lo que debería ser una ventaja productiva, especialmente en aquellas ganaderías con base tierra. En consecuencia, es necesario aprovechar al máximo un recurso que se encuentra disponible, el nitrógeno y el fósforo de los estiércoles para disminuir la dependencia de nitratos y fosfatos inorgánicos, el medio ambiente lo agradece y el bolsillo también (hacer una estimación del ahorro que se produce sustituyendo el nitrógeno producido por una granja de 100 vacas, al emplearlo en lugar de nitrógeno inorgánico, urea por ejemplo, a precios de 2026)

Pero es que el nitrógeno, como recurso de alto valor, también se pierde mediante su transformación a amoniaco y posterior evaporación. Emplear las mejores técnicas disponibles para retener la mayor cantidad posible de nitrógeno no solo es una oportunidad, sino que debería ser el primer objetivo del ganadero a efectos de monetizar de la mejor forma posible un recurso finito teniendo en cuenta, además, los altos precios alcanzados por los fertilizantes de síntesis que, dicho sea de paso, originan un 3% de los gases de efecto invernadero a nivel global. No es solo una ventaja económica y estratégica, es la mejor opción para disminuir los gases de efecto invernadero.

No debemos olvidar que el papel esencial del ganadero es criar animales sanos y producir alimentos seguros y de calidad a un coste razonable. La sobrecarga técnica y administrativa puede distraerlo de esa misión fundamental. Sin embargo, hemos visto la oportunidad que se presenta, de realizar una gestión correcta de nitrógeno, pero.. como puede el ganadero conocer las emisiones de nitrógeno y la mejor forma de gestión. No podemos pretender que lleve a cabo tareas que le costarían a científicos especializado, debemos facilitarle la tarea con un sistema de recogida de información fiable, robusto, eficaz y sencillo y eso es lo que nos ha impulsado a la creación de ECOGAN. si queremos avanzar hacia una ganadería verdaderamente sostenible, necesitamos dotar al sector de **herramientas sencillas, científicamente sólidas y administrativamente útiles**.

En lo que respecta al metano en febrero de este año se han presentado los resultados del piloto de certificación de la UE para reducciones de emisiones de ganadería, impulsado por DG CLIMA, busca evaluar la viabilidad de incluir prácticas de mitigación de metano (fermentación entérica y gestión de estiércol) dentro del Reglamento CRCF, mediante baselines científicas estandarizadas y verificables. El taller del 4 de febrero de 2026 presentó el Technical Assessment Paper, integrando resultados de surveys (79 respuestas) para consensuar metodologías alineadas con IPCC y casos EU/internacionales.

Objetivos principales

- Establecer baselines robustas: Regionales estandarizadas o específicas por proyecto para calcular reducciones reales, priorizando rumiantes (bovino leche), cerdos y aves.
- Desarrollar metodologías verificables: Lista abierta de prácticas (aditivos dietéticos, breeding bajo metano, biogas estiércol), con flexibilidad Tier 2/3 IPCC y co-beneficios (biodiversidad, bienestar).
- Apoyar metas climáticas UE: Generar créditos para farmers resilientes, integrando PAC y registro UE; evaluación para propuesta legislativa post-2026 si viable.

Contexto y próximos pasos

Complementa CRCF actual (excluye ganadería directa), respondiendo a la cláusula de extensión 2026; fomenta transparencia vía verificación independiente y pagos por kg/litro leche (sugerencia España). Post-taller, se prevé consulta pública y refinamiento para neutralidad 2050.

Durante el taller no se pudo alcanzar ningún consenso debido a la diversidad de sistemas de estimación de emisiones en la UE que impide hacer una estimación homogénea de las emisiones y los resultados de las técnicas de mitigación. Durante el año en curso se seguirán realizando consultas a fin de evaluar la posibilidad de incluir al ganado vacuno en el mercado de los créditos de carbono de forma que se favorezca y se reconozcan explícitamente los esfuerzos de la ganadería para la reducción de emisiones.

En lo que si existe consenso es en reconocer que la ganadería de vacuno de leche ha realizado un gran esfuerzo durante los últimos años, mejorando la producción lechera y disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero por litro de leche producido hasta casi la mitad, comparada con las emisiones de equivalentes de co2 de 1995. Estas mejoras tienen su base en la mejora genética, la mejora de la alimentación y del bienestar de los animales. Para-

dójicament, la percepción por parte de los ciudadanos, dirigida por algunos sectores que no analizan en profundidad los datos, es la de señalar a esta ganadería como una gran emisora.

ECOGAN: una respuesta desde la administración

Con esta visión, el **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España** puso en marcha la herramienta **ECOGAN**.

Su objetivo es claro: **aligerar la carga técnica y administrativa del ganadero y, al mismo tiempo, ofrecer a la administración y a la sociedad una información veraz, homogénea y comparable sobre el impacto ambiental del sector**.

ECOGAN está concebida como una plataforma digital abierta, alineada con los procedimientos científicos internacionales —en particular los del **IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)** y los del **Joint Research Centre (JRC)** de la Comisión Europea—, de modo que los cálculos de emisiones sean consistentes con las metodologías oficialmente reconocidas.

Principales objetivos y beneficios de ECOGAN

1. Facilitar el cumplimiento normativo.

ECOGAN permite a los ganaderos calcular de forma automatizada sus emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos (como amoníaco), cumpliendo con las metodologías exigidas por la normativa europea. De esta forma, el usuario obtiene resultados que pueden utilizarse directamente para informes ambientales, planes de gestión o auditorías internas.

2. Ofrecer transparencia y coherencia.

La herramienta garantiza que todos los cálculos se realicen bajo un marco común, evitando la dispersión de resultados entre diferentes plataformas. Esto aumenta la confianza tanto de los productores como de las industrias y las autoridades competentes.

3. Incorporar recomendaciones de mejora.

Además de calcular, ECOGAN asesora. La plataforma propone medidas de reducción adaptadas al tipo de explotación, especie y sistema de manejo, basadas en la bibliografía científica y con estimaciones de efectividad técnica y económica.

4. Simplificar la comunicación y la trazabilidad.

Los resultados se presentan de forma visual e intuitiva, lo que facilita la comprensión por parte del ganadero y su presentación ante clientes, administraciones o auditores.

5. Fomentar una imagen positiva del sector.

Mediante la trazabilidad y verificación de los esfuerzos ambientales, ECOGAN permite demostrar, con datos verificables, el compromiso real del sector ganadero español y europeo con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático.

ECOGAN en el contexto internacional

Aunque ECOGAN nace en España, su metodología es plenamente extrapolable a nivel europeo e internacional. Se inspira en un principio fundamental: **no se puede mejorar lo que no se puede medir**.

Una herramienta común, fundada en la ciencia y accesible para todos los operadores, es el primer paso hacia una política agraria y ambiental más armonizada, transparente y justa.

La experiencia española demuestra que, con apoyo institucional y desarrollo tecnológico, es posible compatibilizar productividad, bienestar animal y sostenibilidad ambiental.

Este tipo de soluciones digitales podrían integrarse en sistemas europeos más amplios, fortaleciendo la comparabilidad de datos y la cooperación transnacional en materia de emisiones agropecuarias.

Conclusión

El reto no es menor: debemos avanzar hacia una ganadería **más verde**, **más eficiente**, pero también **más reconocida y comprendida** por la sociedad.

Herramientas como ECOGAN no sustituyen el trabajo del ganadero; lo **revalorizan**, ofreciendo información objetiva que convierte la obligación en oportunidad, y la carga administrativa en conocimiento útil para la mejora continua.

En definitiva, ECOGAN no es solo un instrumento de control, sino un **instrumento de confianza**: entre productor, administración y consumidor.

Una confianza basada en datos, en transparencia y en la convicción de que la ganadería puede y debe ser parte de la solución ambiental europea.

JUEVES

PÉRDIDAS DE GESTACIÓN EN VACAS LECHERAS: MOMENTO Y CAUSAS

Dr. Stephen T Butler,[1] A.D. Crowe,[1,2] and P. Lonergan[2]

[1]Teagasc, Moorepark AGRIC, Fermoy. Co. Cork, Ireland

[2]University College Dublin, Ireland

stephen.butler@teagasc.ie

Establecimiento de la gestación: hitos clave

El establecimiento de la gestación en bovinos es un proceso secuencial que requiere sincronía entre el conceptus en desarrollo, el ambiente uterino y el mantenimiento de la función del cuerpo lúteo (CL). Un hito fundamental es la elongación del conceptus y el inicio de la secreción de interferón tau embrionario (IFNT) por el trofoectodermo, observados a partir de aproximadamente el día 12 tras la fecundación en bovinos (Bishop et al., 2025).

El IFNT constituye la señal clave de reconocimiento materno de la gestación, ya que suprime el mecanismo luteolítico normal (las pulsaciones uterinas de prostaglandina $F_2\alpha$ ($PGF_2\alpha$)), evitando así la regresión del CL y manteniendo el soporte progesterónico necesario para la gestación (Wiltbank et al., 2023; Wiltbank et al., 2016). La denominada ventana de reconocimiento materno se sitúa aproximadamente entre los días 16 y 25 de gestación en bovinos (Wiltbank et al., 2023) y es particularmente sensible a los retrasos en el desarrollo embrionario. A medida que comienza la adhesión del conceptus al endometrio, la producción de IFNT por parte del conceptus disminuye, mientras que las células trofoblásticas binucleadas o gigantes comienzan a secretar glicoproteínas asociadas a la gestación. A partir de este momento, otros mecanismos locales contribuyen a mantener la función del CL desde aproximadamente el día 25 de la gestación (Wiltbank et al., 2023).

Desde un punto de vista práctico, otro aspecto importante es determinar cuándo puede detectarse la gestación de forma fiable. Las señales biológicas tempranas pueden aportar información antes de la confirmación ecográfica rutinaria: El IFNT puede detectarse en secreciones cervicales entre los días 15 y 25, con mayor capacidad discriminatoria entre los días 16 y 19 (Bishop et al., 2025). La confirmación ecográfica de un embrión con latido cardíaco alrededor del día 28 marca la transición hacia el periodo embrionario tardío, y aproximadamente hacia el día 60, la gestación se considera firmemente establecida, con un riesgo considerablemente menor de pérdida posterior (López-Gatius y Szenci, 2023).

Momentos clave en los que se producen pérdidas de gestación

Las pérdidas de gestación en vacas lecheras se concentran en determinadas ventanas fisiológicas de riesgo. La primera ventana importante corresponde a la primera semana tras el servicio, e incluye fallos de fertilización y muerte embrionaria temprana. En esta etapa pueden producirse pérdidas sustanciales (Wiltbank et al., 2016). Datos recientes procedentes de sistemas de producción basados en pastoreo también destacan que la mayoría de los fallos de gestación ocurren durante la primera semana en los sistemas estacionales (Berg et al., 2022). La segunda ventana crítica se sitúa aproximadamente entre los días 8 y 27, periodo que abarca la elongación del conceptus y el reconocimiento materno de la gestación. Las pérdidas durante este intervalo se sitúan, en promedio, alrededor del 30 %, aunque existe una gran variabilidad entre explotaciones (Wiltbank et al., 2016). Desde el punto de vista fisiológico, un retraso o fallo en el desarrollo del conceptus puede provocar una producción insuficiente o desincronizada de IFNT, lo que conduce a la luteólisis y a la pérdida de la gestación (Wiltbank et al., 2016; Wiltbank et al., 2023). Una tercera ventana clínicamente relevante se sitúa entre los días 28 y 60, periodo que corresponde al final del desarrollo embrionario y comienzo del desarrollo fetal. Este intervalo abarca desde la detección ecográfica del embrión con latido cardíaco (~día 28) hasta aproximadamente el día 60, momento a partir del cual la gestación se considera firmemente establecida y el riesgo de pérdida disminuye notablemente (López-Gatius y Szenci, 2023). En consonancia con esto, los marcos de referencia del primer trimestre identifican los días 28 al 60 como un periodo diferenciado en el que se produce una pérdida cuantificable relacionada con el desarrollo placentario y corioalantoideo (Wiltbank et al., 2016). Después del día 60, las pérdidas suelen ser bajas, aunque pueden aumentar en situaciones particulares, como las gestaciones gemelares (Wiltbank et al., 2016).

Pérdidas de gestación relacionadas con tecnologías de reproducción asistida

En bovinos, la producción in vitro de embriones (IVP) implica la recuperación de ovocitos de donantes genéticamente superiores, habitualmente mediante aspiración folicular transvaginal (OPU) o a partir de ovarios procedentes de matadero. Estos ovocitos se maduran y fecundan en el laboratorio y los embriones resultantes se cultivan hasta el

estadio de blastocisto para su transferencia a las vacas receptoras sincronizadas. Recientemente se han realizado estudios de campo para evaluar la fertilidad de embriones IVP transferidos a vacas lecheras lactantes. Los blastocistos IVP se obtuvieron a partir de ovocitos recuperados mediante OPU de donantes élite de razas lecheras y cárnicas, además de ovocitos procedentes de novillas de carne con pedigrí tras el sacrificio. Los embriones se transfirieron en fresco o tras criopreservación (descongelados).

Estudio 1: Incidencia y momento de las pérdidas de gestación tras la inseminación artificial o transferencia embrionaria con embriones IVP frescos o congelados (Crowe et al., 2025a)

Trabajo realizado: Vacas Holstein-Friesian lactantes fueron asignadas a la IA programada (n = 243) o a la transferencia embrionaria (n = 863) utilizando blastocistos IVP frescos o congelados. La gestación se monitorizó mediante pruebas tempranas de gestación y ecografía en los días 32, 62 y 125, además de registrar los resultados al parto.

Resultados principales: Independientemente del tratamiento, la mayor proporción de pérdidas de gestación se produjo entre el servicio y el día 18, mientras que las pérdidas entre el día 62 y el parto fueron mínimas. La transferencia de embriones frescos mostró tasas de parto similares a las de la IA (~45 %). En cambio, la transferencia de embriones congelados presentó tasas de parto más bajas (~30 %) y mayores tasas de pérdidas gestacionales, especialmente entre los días 32 y 62 (Crowe et al., 2025a).

Estudio 2: Tiempo hasta la presunta implantación del conceptus y posterior pérdida del embarazo en vacas lecheras lactantes criadas en pastoreo tras la inseminación artificial con semen convencional o sexado (x-sorted), o tras la transferencia de embriones. (Crowe et al., 2025b)

Trabajo realizado: Las vacas lactantes en sistemas de pastoreo (n = 417; 3 rebaños) recibieron la IA programada con semen convencional o semen sexado (X-sorted) o la transferencia embrionaria programada (TET) con un blastocisto IVP congelado-descongelado de grado 1. Los perfiles de PSPB (proteínas asociadas a la gestación bovina) entre los días 19 y 28 se utilizaron para determinar el momento de la adhesión presunta del conceptus (pCA). La gestación se evaluó en los días 32, 62 y 120, y en el momento del parto.

Resultados principales: La adhesión presunta del conceptus (pCA) ocurrió más tarde en el caso de la TET que tras la IA convencional. Además, las vacas con adhesión tardía del conceptus (≥ día 21) presentaron tasas de pérdida gestacional considerablemente más altas que aquellas con adhesión temprana (≤ día 20) (Crowe et al., 2025b). La incidencia de pérdidas de gestación fue mayor tras la TET y tras la IA con semen sexado que tras la IA con semen convencional (Crowe et al., 2025b).

Conclusiones

La mayoría de las pérdidas de gestación ocurren en fases tempranas (hasta el día 18). No obstante, el uso de embriones producidos in vitro, en particular los IVP criopreservados, puede asociarse con mayores pérdidas en el intervalo comprendido entre los días 32 y 62 de gestación. Esto se explica, al menos en parte, por el retraso en la adhesión del conceptus en los embriones IVP criopreservados, un mecanismo biológico importante estrechamente relacionado con el riesgo de pérdida posterior. A pesar de estas limitaciones, los embriones IVP tienen una gran importancia estratégica, ya que permiten una multiplicación rápida de la genética élite en ganado lechero y de carne, acelerando el progreso genético y favoreciendo sistemas de producción más eficientes y sostenibles.

Bibliografía

Berg DK, Ledgard A, Donnison M, McDonald R, Henderson HV, Meier S, Juengel JL, Burke CR. The first week following insemination is the period of major pregnancy failure in pasture-grazed dairy cows. J Dairy Sci. 2022 Nov;105(11):9253-9270

Bishop JV, Guzeloglu A, Scheller T, Docheff JJ, Gonzalez-Berrios CL, Van Campen H, Nett TM, Zezeski AL, Geary TW, Thatcher WW, Hansen TR. Early identification of bovine pregnancy status and embryonic mortality. Biol Reprod. 2025 May 13;112(5):981-995.

Crowe AD, Sánchez JM, Moore SG, McDonald M, McCabe MS, Randi F, Lonergan P, Butler ST. Incidence and timing of pregnancy loss following timed artificial insemination or timed embryo transfer with a fresh or frozen in vitro-produced embryo. J Dairy Sci. 2025 Jan;108(1):1022-1038.

Crowe AD, Sánchez JM, Moore SG, McDonald M, Randi F, Santos A, Minela T, Branen J, Furlong J, Pursley JR, Lonergan P, Butler ST. Time to presumptive conceptus attachment and subsequent pregnancy loss in pasture-based lactating dairy cows following artificial insemination with conventional or X-sorted semen or embryo transfer. J Dairy Sci. 2025 May;108(5):5420-5432.

López-Gatius F, García-Ispierto I. Ultrasound and endocrine findings that help to assess the risk of late embryo/early foetal loss by non-infectious cause in dairy cattle. Reprod Domest Anim. 2010 Sep;45 Suppl 3:15-24.

López-Gatius F, Szenci O. Clinical management of pregnancy-related problems between days 28 and 60 in the dairy cow. Theriogenology. 2023 Aug;206:140-148.

Stevenson JS. An analysis addressing factors affecting risk of ovulation, pregnancy, and pregnancy loss in lactating dairy cows submitted to fixed-time artificial insemination programs with special reference to the diameter of the ovarian follicle. Anim Reprod Sci. 2025 Aug;279:107887.

Wiltbank MC, Baez GM, Garcia-Guerra A, Toledo MZ, Monteiro PL, Melo LF, Ochoa JC, Santos JE, Sartori R. Pivotal periods for pregnancy loss during the first trimester of gestation in lactating dairy cows. Theriogenology. 2016 Jul 1;86(1):239-53.

Wiltbank MC, Monteiro PLJ, Domingues RR, Andrade JPN, Mezera MA. Review: Maintenance of the ruminant corpus luteum during pregnancy: interferon-tau and beyond. Animal. 2023 May;17 Suppl 1:100827.

TERNEROS ZEROZERO

Dr. Jodi Wallace, DVM, MSc.

Ormstown Veterinary Hospital, Ormstown, Quebec, Canada

Cero tratamientos y cero mortalidad. Nunca habría creído que fuera posible, pero el enfoque ZeroZero en el manejo de terneros sí lo es. Sin embargo, no se consigue de un día para otro. Requiere un equipo de cuidadores y profesionales comprometidos, que trabajen de forma constante y apliquen correctamente los fundamentos básicos. Comprender la importancia de cada una de las tareas diarias en el manejo del ternero permite avanzar hacia un sistema ZeroZero.

Los tratamientos y la mortalidad en terneros no deberían considerarse normales en una explotación. Solo se perciben como "normales" porque históricamente nos hemos acostumbrado a observarlos. Cuando lo anormal se convierte en lo normal, hay un problema. Como veterinarios, somos profesionales de la salud, y nuestro objetivo es ayudar a las explotaciones a mantener un estado sanitario óptimo del rebaño. Los terneros jóvenes presentan sistemas inmunitarios inmaduros, por lo que deben considerarse una prioridad absoluta en la explotación. La clave para una buena salud del ternero reside en la atención al detalle y la constancia. Esto se puede lograr si todos los procedimientos se recogen en protocolos, lo que permite que todas las personas que trabajan con los terneros adopten un enfoque coherente.

Los objetivos estándar del sector en materia de salud de los terneros antes del destete (0-60 días) son: 1) tasas de mortalidad inferiores al 5 %, 2) bajas tasas de tratamiento (inferiores al 25 %) y 3) crecimiento acelerado (duplicar el peso al nacer en 56 días). Voy a cuestionar estas prioridades. Las explotaciones pueden alcanzar fácilmente tasas de mortalidad del 0-2 %, tasas de tratamiento inferiores al 15 % y ganancias de peso medias diarias superiores a 1 kg, lo que se traduce en una duplicación del peso al nacer en menos de 50 días. El objetivo debe ser mejorar continuamente y superar los estándares actuales del sector.

Las principales causas de enfermedad en los terneros son la diarrea y la neumonía. Se trata de enfermedades que se pueden prevenir. Si el ternero nace vivo, debe sobrevivir. Depende de nosotros mantener ese estado de salud. La diarrea y la neumonía no son culpa del ternero, sino de un fallo en uno o varios pasos del manejo del ternero.

Los siguientes puntos son pasos fundamentales para garantizar la salud óptima de los terneros.

1-Salud de la vaca en transición

En primer lugar, es fundamental centrarse en las vacas en periodo de transición. Los terneros sanos provienen de vacas sanas. La vaca seca debe disponer de una vida libre de estrés, en la que pueda centrarse en el desarrollo del feto in útero y en la producción de calostro de alta calidad. La zona de parto debe estar limpia, seca y bien ventilada. Deben implementarse medidas preventivas para evitar enfermedades metabólicas y otras patologías, como la hipocalcemia (fiebre de la leche), la retención de la placenta, la cetosis, el desplazamiento de abomaso, la mastitis y las cojeras.

Las vacas secas requieren un manejo especialmente cuidadoso. Deben disponer de un espacio tranquilo, silencioso y fresco. En Canadá, el Código de Buenas Prácticas del Sector Lácteo recomienda una superficie mínima de 9,3 m² de cama profunda por vaca seca en fase lejana (far-off) y de 14 m² por vaca en preparto cercano (close-up). Las vacas secas también pueden alojarse en cubículos (free-stalls), con un mínimo de una vaca por cubículo, evitando la sobreocupación; sin embargo, el parto debe realizarse en una zona con cama (bedded pack) o en los pastos. La creación de grupos estables durante el secado es una estrategia eficaz para reducir el estrés en vacas en secado. Este sistema consiste en agrupar a los animales según un esquema de "todo dentro–todo fuera". Una vez formado el grupo, las vacas permanecen juntas hasta el parto. Sin introducir nuevos animales. La incorporación de una vaca a un grupo provoca interacciones agresivas para establecer la jerarquía social. Si se introducen vacas una vez por semana, el grupo puede experimentar aproximadamente 1,5 días de conflictos sociales para restablecer la jerarquía. Si se introducen vacas tres veces por semana, pueden producirse hasta 4–5 días de conflictos. Esta situación reduce la ingesta de materia seca, lo que repercute negativamente en la aparición de enfermedades metabólicas en el posparto.

La zona de parto debe situarse en un área tranquila, alejada del tránsito habitual de la explotación. Lejos de la sala de ordeño, de las zonas de recorte de pezuñas y de las entradas principales. La zona de partos puede monitorizarse fácilmente mediante cámaras o sistemas de videovigilancia, lo que permite al ganadero supervisar el progreso del parto sin interferir ni generar estrés en los animales.

Para maximizar el potencial genético, es imprescindible optimizar el entorno. La epigenética estudia los efectos del ambiente sobre la expresión fenotípica. Se refiere a cambios en la expresión génica sin modificación de la secuencia de ADN. La programación epigenética está relacionada con la expresión génica en aspectos como el aumento de peso, la reproducción, el desarrollo mamario, la producción de calostro y la producción de leche.

Prevenir el estrés térmico es sumamente importante, ya que tiene efectos perjudiciales para la vaca, el ternero en el útero y sus gónadas (ovarios o testículos). El estrés térmico puede tener efectos epigenéticos que se extienden a lo largo de hasta tres generaciones. El estrés por calor en las fases finales de la gestación altera el ambiente intrauterino. Diversos estudios han demostrado que los terneros expuestos a estrés térmico en el útero presentaban una mayor probabilidad de sufrir un fallo en la transferencia pasiva, tenían alvéolos mamarios y células secretoras más pequeños, producían menos leche en total durante la primera, segunda y tercera lactancia, y presentaban una menor tasa de supervivencia en comparación con los terneros que no habían sufrido estrés térmico en el útero.

La nutrición también es un factor clave. Las vacas secas deben recibir una ración equilibrada. La ración debe evitar un aporte calórico excesivo para prevenir el aumento de la condición corporal. La ración debe reducir el hígado graso y la cetosis y prevenir el desequilibrio energético negativo tras el parto. La ración también debe prevenir la hipocalcemia y aportar una cantidad adecuada de proteína metabolizable.

Para reducir el estrés en el momento del parto, pueden incorporarse “rincones de parto” (calving corners) en la zona de maternidad. Estas áreas permiten que la vaca se aísle y se “oculte” para parir, imitando su comportamiento natural.

Las vacas secas pueden ser vacunadas frente a los principales patógenos causantes de la diarrea neonatal, con el objetivo de aumentar la concentración de anticuerpos en el calostro.

2- Manejo del calostro

Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia del calostro. Los factores clave en su administración son: 1- calidad, 2- cantidad, 3- momento de la administración y 4- higiene. Lo antes posible tras el nacimiento, el ternero debe recibir un volumen equivalente al 10 % de su peso vivo de calostro limpio y de alta calidad. Un manejo adecuado del calostro contribuye a prevenir enfermedades. Diversos estudios han demostrado que los terneros que reciben una cantidad adecuada de calostro (es decir, que logran una correcta transferencia pasiva de inmunidad) presentan mayores ganancias medias diarias, un mejor estado sanitario durante las fases predestete y posdestete y una mayor producción de leche en su primera lactación en comparación con aquellos que no reciben suficiente calostro.

Todas las explotaciones deberían contar con medios para evaluar la calidad del calostro. Puede utilizarse un refractómetro Brix óptico o digital. Únicamente debe administrarse calostro de calidad excelente, recomendándose un valor ≥ 24 % en escala Brix. La primera toma de calostro debe administrarse lo antes posible. Idealmente, el ternero debe recibir el 10 % de su peso vivo en las primeras 6 horas de vida. Según mi experiencia, los terneros nacen con apetito y deberían alimentarse con biberón incluso antes de que puedan mantenerse en pie. Asimismo, es fundamental que el calostro sea de alta calidad sanitaria, es decir, libre de patógenos. Es posible congelar calostro procedente de vacas adultas libres de enfermedades (leucosis, *Staphylococcus aureus*, paratuberculosis, micoplasma, diarrea viral bovina) en envases pequeños (2 litros) que permitan una descongelación rápida en agua templada. En explotaciones donde exista presencia de enfermedades, puede establecerse un banco de calostro congelado previamente pasteurizado. La segunda y la tercera toma también deben ser de calostro. La higiene del calostro es fundamental para garantizar una correcta absorción. Las muestras de calostro pueden analizarse para determinar su carga bacteriana total. El calostro debe contener < 10.000 UFC/ml de bacterias totales y cero coliformes.

Puede recurrirse al enriquecimiento del calostro materno para mejorar su calidad. Este método consiste en añadir un sustituto de calostro a calostro de baja calidad para incrementar su valor en Brix en la primera toma. Los terneros requieren más de una toma de calostro. Idealmente, deben recibir 2 o 3 tomas de calostro o de leche de transición. A partir de las 12 horas de vida, la eficiencia de absorción de anticuerpos disminuye por debajo del 50 %. No obstante, múltiples tomas de calostro tienen un efecto beneficioso sobre la mucosa intestinal. El calostro contiene no solo inmunoglobulinas, sino también compuestos bioactivos, nutrientes y energía, esenciales para la termogénesis, el mantenimiento y el crecimiento del ternero. El calostro evoluciona hacia leche comercializable tras 5–6 ordeños, dando lugar a la leche de transición (transition milk, TM). Diversos estudios han demostrado que las explotaciones que utilizan leche de transición presentan menor incidencia de enfermedades y mortalidad en terneros predestete, así como menor duración de los episodios de diarrea, menor uso de antimicrobianos y mayores ganancias medias diarias. Estos beneficios se han observado mediante la elaboración de una leche de transición enriquecida, añadiendo 70 g de un sustituto de calostro con 100 g de IgG a la leche una vez al día durante los primeros 10 días de vida.

La eficacia del manejo del calostro puede evaluarse mediante la cuantificación de la transferencia pasiva de anticuerpos. La medición de proteínas totales en suero sanguíneo en terneros de 1 a 5 días de edad permite determinar si la absorción de anticuerpos ha sido adecuada. Más del 70 % de los terneros debería presentar una transferencia pasiva satisfactoria, con valores de proteínas séricas totales > 5,7 g/dL (tabla 1). Este control puede integrarse en las visitas rutinarias de sanidad del rebaño.

Tabla 1: Estándares de transferencia de inmunidad pasiva en terneros lecheros y a nivel de explotación.

Categoría	IgG sérica (g/L)	Proteína total sérica (g/dL)	Brix (%)	% terneros a nivel de explotación
Excelente	**>25,0**	**> 6,2**	**>9,4**	**> 40%**
Bueno	**18,0-24,9**	**5,8-6,1**	**8,9-9,3**	**~ 30%**
Aceptable	**10,0-17,9**	**5,1-5,7**	**8,1-8,8**	**~ 20%**
Deficiente	**<10,0**	**<5,1**	**<8,1**	**< 10%**

Lombard et al, 2020.

3- Procesado del ternero

Es importante establecer protocolos básicos de manejo inmediatamente después del nacimiento del ternero. Estos pueden incluir la desinfección del ombligo, el secado y/o calentamiento del ternero, su traslado a la zona de recría, la identificación (colocación de crotales), la vacunación, la toma de muestras para pruebas genómicas u otras intervenciones. Estas tareas son más fáciles de recordar si se elaboran fichas individuales del ternero con una lista de verificación que incluya cada uno de los pasos. La inclusión de información como el grado de asistencia al parto, la calidad del calostro, el momento y el volumen de las tomas administradas, así como las iniciales de la persona responsable de cada tarea, permite disponer de registros más completos y facilita la identificación de terneros de alto riesgo.

4- Alimentación con leche

Tras la administración de calostro, el siguiente paso es la alimentación con leche o sustituto de leche, con el objetivo de lograr ganancias medias diarias (GMD) óptimas que permitan alcanzar el peso y el tamaño adecuados para la futura reproducción. Idealmente, los terneros deben duplicar su peso al nacimiento en 56 días. En términos sencillos: alimentarlos con más leche. Lo ideal es una cantidad de leche equivalente aproximadamente al 20 % del peso vivo. Otra estrategia consiste en aumentar el aporte energético mediante tres tomas diarias o mediante el suministro de leche a libre disposición. Existen explotaciones en las que los terneros lecheros duplican su peso al nacer en tan solo 23–30 días (este crecimiento (GMD) acelerado no modifica la edad de destete). Estos terneros presentan un buen estado corporal y una baja incidencia de enfermedades, lo que demuestra su potencial de mejora respecto a los estándares actuales del sector.

El incremento del suministro de leche para mejorar la GMD suele suscitar escepticismo. Una objeción frecuente es: "Mis terneros tienen diarrea si les doy demasiada leche". Si los terneros enferman al aumentar la cantidad de leche, existe un problema subyacente. Comprueba los niveles de bacterias en la leche. ¿Ha estado la leche fuera, lo que ha permitido que se multipliquen las bacterias? ¿Está el equipo de alimentación completamente limpio? ¿Se ha preparado el sustituto de leche correctamente, con la concentración y la temperatura adecuadas?

El equipo de alimentación de los terneros puede representar una fuente final de contaminación bacteriana de la leche o del calostro, incluso cuando aparentemente está limpio. Las pruebas de limpieza son una herramienta importante en la evaluación de la salud de los terneros. La contaminación del equipo puede determinarse mediante la medición de adenosín trifosfato (ATP), expresado en unidades relativas de luz (RLU). Un sistema ampliamente utilizado es el Hygiena Ensure Touch Luminometer (Hygiena, Camarillo, CA), junto con los hisopos de superficie UltraSnap para la detección de ATP. Este sistema de control de higiene ATP ofrece resultados de verificación de la limpieza en tan solo 10 segundos. Las superficies con valores < 380 RLU se consideran adecuadamente limpias.

Los protocolos de limpieza son esenciales para todo el equipo de alimentación de leche. La formación del personal y la disponibilidad de un área específica para limpiar el equipo facilitarán esta tarea. Coloca los protocolos de limpieza en un lugar visible para todos.

Recientemente se ha evaluado un nuevo método para mejorar la limpieza de los equipos de alimentación. Un estudio preliminar analizó el uso de la pasteurización para reducir los niveles de ATP en el material de administración de calostro en terneros lecheros (Wallace, AABP proceedings 2025). Se utilizó un pasteurizador comercial de leche para "pasteurizar" el equipo de alimentación. Se introdujeron en el equipo (TrustiPasteur, Antahi, Nueva Zelanda) utensilios utilizados para la administración de calostro (sondas esofágicas, tetinas y biberones; n = 7), previamente considerados limpios. Se empleó el programa de pasteurización a 60 °C durante 60 minutos. Una vez finalizada la pasteurización, se retiró el equipo y se sometió de inmediato a pruebas con los hisopos UltraSnap ATP. El ATP se cuantificó en unidades relativas de luz (RLU). Los resultados antes y después mostraron una reducción media de 12.144,6 RLU, y el 100 % de las muestras se situó por debajo del umbral de limpieza de 380 RLU. Por lo tanto, la pasteurización del material para terneros, que resulta difícil de limpiar, puede reducir eficazmente el recuento de bacterias en las superficies. Este método podría incorporarse a los protocolos de limpieza actuales para ayudar a garantizar la limpieza de equipos difíciles de limpiar.

El destete es una etapa estresante. Para reducir el riesgo de succión cruzada, el destete debe realizarse de forma gradual durante 10–14 días, mediante una reducción progresiva del volumen de leche. Asegurar que los terneros consuman al menos 1 kg de pienso iniciador antes de iniciar el proceso de destete. No combines otros factores estresantes durante el destete, como los traslados de corral, el descornado o el cambio de pienso de inicio.

5- Alojamiento

El alojamiento durante los primeros 60 días de vida también es de gran importancia. Debe prestarse especial atención a mantener a los terneros limpios y secos. Los terneros recién nacidos pasan aproximadamente el 80 % del tiempo tumbados y los de seis semanas, el 75 %. Es fundamental garantizar una cantidad suficiente de cama para mantenerlos abrigados y secos. Haz esta sencilla prueba: ¿te tumbarías donde están las terneras? Si la respuesta es no, es probable que los terneros tampoco estén en condiciones óptimas.

La ventilación es clave para prevenir enfermedades respiratorias. Es imprescindible disponer de aire fresco abundante, sin corrientes. La neumonía tiene graves repercusiones económicas tanto en el presente como en el futuro de un ternero. Puede afectar negativamente el crecimiento, el rendimiento reproductivo, la producción lechera y la longevidad. La medición de la carga bacteriana aérea total no es práctica en condiciones de explotación, ya que requiere equipamiento especializado. No obstante, puedes utilizar tu nariz. Fíjate en el primer olor que percibes al entrar en el recinto de los terneros. Podemos percibir el olor a amoníaco a partir de una concentración de 10 ppm; sin embargo, para los terneros, 10 ppm ya es un nivel peligroso. Por tanto, si se percibe olor a amoníaco, la concentración es excesiva. Evalúa el olor a la altura del ternero. Respira por tu nariz. ¿Sientes irritación en la nariz y en los ojos? ¿Hay demasiado amoníaco y demasiados gases nocivos? Esto se puede comprobar utilizando tiras reactivas al amoníaco. ¿Hay polvo o signos de moho, condensación o humedad? Hay que identificar estos problemas evidentes. También es importante observar el comportamiento de los terneros. ¿Se observan cambios en el comportamiento individual o grupal? ¿Se agrupan los terneros? ¿Hay corrientes de aire que entren en contacto directo con los terneros?

La carga bacteriana aérea puede reducirse aumentando la superficie disponible por ternero. Los terneros alojados individualmente o en grupo deben disponer de un mínimo de 2,6 m^2 y 3,3 m^2 de superficie de cama por animal, respectivamente. Una de las causas más frecuentes de la mala calidad del aire en las naves de terneros es la sobreocupación de los corrales, combinada con una limpieza insuficiente. Se recomienda aumentar la frecuencia de limpieza de los corrales y mejorar la ventilación mediante sistemas complementarios, evitando la generación de corrientes de aire.

Los sistemas de ventilación por presión positiva mediante tubos perforados constituyen una solución sencilla para mejorar la calidad del aire en instalaciones interiores. El aire fresco del exterior se distribuye a través de pequeños orificios del tubo y se difunde a nivel del ternero sin generar corrientes. Los terneros no perciben corrientes de aire cuando la velocidad del aire es inferior a 0,3 m/s.

Debe considerarse la cría de terneros en parejas o en pequeños grupos, ya que se ha demostrado que mejora su desarrollo. Los terneros criados en pareja presentan una mayor capacidad de adaptación a los cambios y una mayor disposición a consumir nuevos alimentos, como el heno, los granos o la ración total mezclada (TMR), lo que se traduce en una mayor resistencia al estrés. Los terneros emparejados se mostraban menos asustados y comían más tras el destete. La interacción social es importante, ya que los terneros son animales gregarios. El alojamiento con al menos un compañero no solo mejora la salud, sino que también contribuye a una mejor percepción por parte del consumidor. La percepción del consumidor es relevante, ya que influye en la aceptación de los productos finales, y existe una creciente preocupación por las condiciones de alojamiento y el bienestar animal.

Asimismo, es esencial proporcionar agua y pienso de arranque a libre disposición para favorecer un crecimiento rápido. Se ha demostrado que los terneros con acceso libre a agua, en comparación con aquellos sin acceso libre, presentan un 45 % mayor consumo de pienso iniciador y un incremento del 60 % en el peso durante las primeras cuatro semanas de vida. El consumo de pienso iniciador es fundamental, ya que favorece el desarrollo del rumen.

Por último, no deben olvidarse las medidas básicas de bioseguridad: Proteger el rebaño frente a la introducción de nuevas enfermedades. Lo ideal es que los terneros dispongan de un espacio separado del rebaño lechero adulto para limitar la transmisión de patógenos por el aire. Ocúpate primero de los terneros cuando tengas las botas y la ropa limpias. Restrinja el acceso a las instalaciones para terneros y limite la entrada de visitantes, tomando las medidas de bioseguridad adecuadas (botas y ropa cubiertas o limpias).

Los programas de vacunación en terneros desempeñan un papel clave en la prevención de la neumonía. Las vacunas ayudan a estimular el sistema inmunitario, lo preparan para hacer frente a infecciones y enfermedades, reducen la gravedad de estas, disminuyen la carga de patógenos en el entorno y mejoran la respuesta al tratamiento. Los programas de vacunación deben ser específicos para cada explotación.

6- Registro de datos sanitarios

Para monitorizar la salud de los terneros, es necesario registrar y evaluar periódicamente los datos. El registro de

enfermedades como la diarrea y la neumonía, así como de los tratamientos aplicados, es fundamental para comprender la epidemiología de estas en la explotación. Los datos deben registrarse de manera que puedan analizarse fácilmente. Los programas informáticos y los sistemas de gestión del rebaño lechero permiten monitorizar de manera eficiente los eventos sanitarios.

El conocimiento es poder. Cuanta más información tengamos, mejores decisiones podemos tomar. La cría de terneros es un trabajo de equipo. El establecimiento de protocolos claros y la formación de todo el personal implicado en el cuidado de los terneros son fundamentales para el éxito. Es importante prestar atención a los detalles de las tareas diarias y supervisar todo el proceso mediante el análisis de datos (evaluación de la calidad del calostro, control de la transferencia pasiva, GMD, incidencia de enfermedades, tasas de tratamiento, controles de limpieza). Deben identificarse oportunidades de mejora continua para optimizar la salud y el crecimiento. Incluso pequeñas mejoras pueden ayudar a las explotaciones a acercarse al objetivo ZeroZero en la cría de terneros, permitiendo que los animales alcancen su máximo potencial genético.

FLUIDOTERAPIA PRÁCTICA EN BOVINOS JÓVENES Y ADULTOS

Amanda Hartnack, DVM, MS, DACVS-LA

Departement für Nutztiere

Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich

Visión general

Repasaremos los conceptos básicos de la fluidoterapia en ganado joven y adulto, centrándonos en la personalización de los planes de fluidoterapia para afecciones comunes a partir de la evaluación clínica del animal.

Aspectos etiológicos y fisiopatológicos clave

- **Bovinos adultos Generalidades**
  - El ganado anoréxico tiende a presentar alcalosis
    - Suspender la alimentación durante varios días
    - Hipopotasemia leve
  - Ganado con patología gastrointestinal: alcalosis metabólica hipoclorémica e hipopotasémica
  - Ganado con sobrecarga de grano, atragantamiento o disfagia, obstrucciones urinarias o gastrointestinales graves: Acidosis
- **Evaluación de los déficits de fluidos**
  - Estado mental (sensorio)
  - Color de las mucosas
    - Rosadas → Normal
    - Pálidas → Shock o anemia (verificar hematocrito/PCV)
    - Rosa intenso → Aumento de perfusión capilar
    - Rojo oscuro (ladrillo) → Perfusión capilar deficiente
    - Gris-azulado → Shock grave y cianosis
    - Secas o pegajosas → Shock (deshidratación)
  - Tiempo de relleno capilar
    - >2 segundos → shock
  - Calidad del pulso
  - Frecuencia cardíaca
  - Perfusión periférica
- **Deshidratación**
  - Volumen de líquido en el rumen
  - Hematocrito, proteínas plasmáticas totales
  - Enoftalmia
  - Aumento del tiempo de pliegue cutáneo
  - Otros signos
    - Extremidades frías
    - Taquicardia
    - Calidad del pulso
    - Diarrea, pérdida de sangre
- **Alcalosis**
  - Condiciones frecuentes en bovinos adultos
  - Desplazamiento de abomaso a la izquierda (LDA)

- Vólvulo abomasal
- Obstrucción intestinal proximal
- Indigestión vagal
- Reticuloperitonitis traumática
- Peritonitis
- Casi cualquier proceso que curse con anorexia y estasis gastrointestinal

o Terapia de fluidos para la alcalosis

- Alcalosis tratada con un exceso de aniones (y menos cationes)
- Soluciones ricas en Cl^- y K^+
- Alcalosis metabólica, generalmente acompañada de hipocloremia e hipopotasemia
- Acidificante (SID bajo)

• Solución salina normal

o 0,9%

• Solución salina hipertónica

o 7,2%

- seguida de fluidoterapia isotónica oral o intravenosa

• Ringer's

• **Acidosis**

o Más frecuente en terneros.

- Deshidratación
- Diarrea

o Afecciones comunes que provocan acidosis

- Diarrea
- Sobrecarga de grano
- Obstrucción esofágica
- Enfermedad del tracto urinario
- Obstrucción o estrangulación intestinal
- Alcalosis inicial seguida de acidosis en fases avanzadas

o Diagnóstico

- Una disminución del pH (<7,35) indica acidemia.
- El exceso de bases (EB) refleja el estado metabólico: un EB negativo = acidosis metabólica.
- El bicarbonato (HCO_3^-) disminuye a medida que aumenta la gravedad de la acidosis.

• Niveles elevados de lactato (especialmente de D-lactato) se asocian con signos neurológicos (ataxia, depresión).

• Puede darse hiperpotasemia a pesar de la disminución del potasio corporal total debida a la acidosis.

o Terapia de fluidos para la Acidosis

- Soluciones alcalinizantes (SID alto)

• Bicarbonato sódico

o Isotonico = 1,3%

- Ringer lactato
- Normosol
- Multisol
- Bases metabolizables:

• Lactato, acetato, gluconato

• El lactato no debe emplearse en terneros neonatos ni en bovinos adultos con sobrecarga de grano.

- **¿Que ocurre con las enfermedades urinarias?**
  - ¿Mejor fluidoterapia inicial?
- NaCl
  - Sin K^+
  - Tratar otras alteraciones electrolíticas
    - Hiponatremia, hipocloremia
  - Favorece la resolución de la azotemia (post-renal)
- **Estimar y reevaluar (Guess and Re-Assess)**
  - Plan inicial: Estimar
    - % de deshidratación
    - Mantenimiento + pérdidas continuas
- Lactancia
- Diarrea
  - Tratar el déficit
  - Reevaluar

Guía para estimar la deshidratación								
% de deshidratación	0	2	4	6	8	10	12	14
Enoftalmia (mm)	0	1	2	3	4	6	7	8
Pliegue cutáneo (segundos)	2	3	4	5	6	7	8	9

Peso del animal	**Volumen (litros) de fluidoss requerido Para corregir el % de deshidratación**			
lb	**kg**	**5%**	**8%**	**10-12%**
500	**227**	**11**	**18**	**23-27**
750	**341**	**17**	**27**	**34-41**
1000	**455**	**23**	**36**	**45-55**
1500	**682**	**34**	**55**	**68-82**
1750	**795**	**40**	**64**	**80-95**
2000	**909**	**45**	**73**	**91-109**

- ¿Qué tipo de fluidos administrar?
  - Soluciones acidificantes (más útiles en adultos)
    - LDA, adulto anoréxico
    - NaCl 0,9%
    - Ringer's
  - Soluciones alcalinizantes (más utilizadas en terneros)
    - Bicarbonato
    - Ringer lactato
  - Cuanto?
    - Reposición oral (adultos)
- 5-10 galones (19-38 L)

    - Reposición intravenosa
- Máximo
    - 40 mL/kg/h (adultos)
        - Catéter 14G
        - Difícil superar 7 L/h
- 80 mL/kg/h (terneros)
- La terapia de fluidos intravenosos está indicada en los siguientes casos:
    - >8% de deshidratación
    - Pérdida aguda de sangre
    - Evidencia clínica de shock
    - Ganado con enfermedad gastrointestinal obstructiva
    - Ganado con endotoxemia
        - Requerimientos de mantenimiento
- Vaca no lactante
    - 35-50 ml/kg/día (1000 lb vaca = 22,7 L)
        - 1,5-2 ml/kg/hr
- Lactancia
    - 50 ml/kg/día + Pérdidas contínuas
    - 44 lbs leche = 20 L
- Terneros:
    - 50-100 ml/kg/día
        - 2-4 ml/kg/hr
        - Fluidoterapia durante anestesia
- 3-5 ml/kg/hr
- Considerar estado de hidratación
- Considerar duración del precedimiento
        - Riesgo de sobrehidratación

Tipos de fluidos

- Comerciales
    - 50 mL – 5 L
- Preparados caseros
    - Utilizar agua destilada
    - Estéril / no pirógena
    - Sales pesadas previamente (almacenadas en bolsas)
    - Mezclar en el momento de uso

Componente	Cantidad
NaCl	140 g (7g/L)
KCl	25 g (1,25g/L)
$CaCl_2$	10 g (0,5g/L)
H_2O (destilada)	20L

- Salina isotónica (0,9%)
    - Sal común no yodada
        - 9 g/L

- Solución salina hipertónica
  - 72g NaCl/L
- Bicarbonato sódico isotónico (1,3%)
  - Bicarbonato sódico
    - 13 g/L
- Suplementación de potasio
  - Aporte dietético
    - Preferentemente por vía oral
    - Hasta 0,2–0,4 g KCl/kg PV/día
  - Fluidos IV
    - 10-40 mEq K^+/L adicionales
  - Dependiente de la velocidad de infusión
  - **NO MÁS DE 0,5mEq/kg/h**

SELECCIÓN DE FLUIDOS BASADA EN SID

Tipo de fluido	SID aprox. (mmol/L)	Efecto
NaCl 0,9%	0	Acidificante
Ringer lactato	≈28	Ligeramente acidificante
Ringer acetato	≈28–30	Neutro–ligeramente alcalinizante
$NaHCO_3$ (1,3%)	≈155	Fuertemente alcalinizante

Shock y pérdida de sangre

- Tratamiento
- Salina hipertónica (7,2%)
  - Shock
- Hemorrágico
- Séptico
  - Hipertónica (1500–2100 mOsm/L)
  - Bolo: 4 mL/kg
  - Aumento del volumen vascular
  - Aumento del gasto cardíaco
  - Aumento de la perfusión renal y periférica
  - Deshidratación celular
- ¿Lo usas en caso de deshidratación?
  - Proporcionar una fuente adicional de líquido
- Oral vs IV
  - Cristaloides
    - Dosis en shock
- 80–90 mL/kg administrado en bolos fraccionados (¼) según respuesta
- Cálculo rápido - Añadir un “0” al peso en lb para cada ¼ de bolo
  - Coloides (terneros)
    - Alto peso molecular
    - Permanencia intravascular prolongada
- ↑ Presión oncótica
- ↑ Volumen sanguíneo

- ↑ Presión arterial
    - o Transfusión de plasma (terneros)
        - Fallo de transferencia de inmunidad pasiva (FPT)
- 20-40 ml/kg IV en caso de FPT
        - Hipoproteinemia
        - Sepsis
        - CID
        - Velocidad 5-20 ml/kg/h
- Hasta 50ml/kg/h
    - o Transfusión de sangre total
        - Volumen de la transfusión
        - 3 ml/kg aumentará el hematocrito en aproximadamente un 1 %
        - 10 ml/kg de volumen de transfusión inicial
- 1% PV
        - $(PV_R)(0.08)(PCV\ Deseado - PCV_R)/\ PCV\ Donante$
- PCV = hematocrito (Packed Cell Volume)
- R = receptor
        - Velocidad de transfusión
- Registrar constantes pretransfusión (T
- 0,1 ml/kg en 5-10 minutos
- Reevaluar los parámetros clínicos
- Continuar hasta 20 mL/kg/h

ALGORITMO CLÍNICO DE FLUIDOTERAPIA EN TERNEROS

Paso 1: Evaluar al ternero

- Estado mental (alerta / deprimido / recostado)

- Reflejo de succión (presente / débil / ausente)

- Hidratación (enoftalmia, pliegue cutáneo)

Paso 2: Clasificar la gravedad

- Leve: en pie, succión normal → probablemente <8% de deshidratación

- Moderada: débil, succión reducida → ~8–10% de deshidratación

- Grave: recostado, sin succión → >10% de deshidratación

Paso 3: Elegir tratamiento

- Leve: solución electrolítica oral (OES)

- Moderado: OES + líquidos intravenosos

- Grave: Sueros intravenosos (a base de $NaHCO_3$) + seguir con OES

Paso 4: Tratamiento de la acidosis

- Leve (BE > -5): sin corrección agresiva

- Moderada (BE de -5 a -10): líquidos alcalinizantes

- Grave (BE < -10): bicarbonato sódico por vía intravenosa

Paso 5: Reevaluar cada 4-6 horas

BIBLIOGRAFÍA

1. Constable PD, Trefz FM, Sen I, et al. Intravenous and oral fluid therapy in neonatal calves with diarrhea or sepsis and in adult cattle. Front Vet Sci. 2021.
2. Lear AS. Practical fluid therapy in ambulatory practice. AABP Proceedings. 2024.
3. Meganck V, Hoflack G, Opsomer G. Advances in prevention and therapy of neonatal dairy calf diarrhoea. Acta Vet Scand. 2014.
4. Pempek JA, England Z, Habing GG, Niehaus A. Rehydration post-transport in neonatal dairy calves. J Anim Sci. 2024.
5. Roussel AJ. Fluid therapy in mature cattle. Vet Clin Food Anim. 2014.
6. Sayers RG, Kennedy A, Krump L, et al. Blood gas analysis in neonatal calf diarrhea. J Dairy Sci. 2016.
7. Smith G. Fluid therapy in calves. AABP Proceedings. 2022.

EVALUACIÓN DE HERIDAS EN ANIMALES DE GRAN TAMAÑO: DE "LO SUFICIENTEMENTE LIMPIO" A LO CATASTRÓFICO

Amanda Hartnack, DVM, MS, DACVS-LA

Departement für Nutztiere

Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich

Visión general

Las heridas traumáticas en bovinos se evalúan con frecuencia en condiciones de campo, a menudo con un historial incompleto, contención subóptima y bajo presión para tomar decisiones terapéuticas de forma rápida. El desafío principal no radica en la elección del apósito o del antibiótico, sino en determinar qué estructuras subyacentes están afectadas por el defecto cutáneo: comunicación con una articulación o vaina tendinosa, penetración de cavidades torácicas o abdominales, afectación ósea, presencia de amplias zonas de tejido desvitalizado o contaminación masiva. El presente trabajo propone un enfoque conciso, orientado a la toma de decisiones, para la evaluación de heridas traumáticas en animales de gran tamaño, con especial énfasis en aquellas lesiones con mayor probabilidad de ser infravaloradas.

Relevancia clínica

Muchos resultados desfavorables en el manejo de heridas en bovinos no se deben a una elección terapéutica inadecuada, sino a una evaluación inicial insuficiente. Defectos cutáneos pequeños pueden ocultar daños internos de carácter catastrófico, mientras que heridas de mayor tamaño y aspecto alarmante pueden limitarse a tejidos blandos. En la práctica bovina, esta diferenciación tiene implicaciones directas en el pronóstico, los costes, la producción láctea, el valor reproductivo futuro y el bienestar animal.

Enfoque basado en la localización de la herida

Heridas en la porción distal de las extremidades

Debido a la limitada cobertura de tejidos blandos, cualquier herida traumática en la región distal de la extremidad presenta una alta probabilidad de implicar estructuras sinoviales, tendones, ligamentos, vasos sanguíneos y/o hueso, hasta que se demuestre lo contrario.

Las lesiones del casco deben considerarse con el mismo nivel de cautela. Aunque los trastornos podales en los bovinos suelen manejarse de forma rutinaria, el éxito terapéutico depende de determinar si la lesión es de baja complejidad y presenta una evolución favorable o si la infección se ha extendido a estructuras profundas.

Heridas en la porción proximal de las extremidades

A diferencia de las lesiones distales, las heridas proximales pueden implicar daños en grandes volúmenes de tejido blando y presentar un aspecto clínico grave o de difícil tratamiento. En heridas con posible afectación sinovial, el acceso a las estructuras puede verse dificultado por un edema tisular y/o contaminación.

Heridas torácicas y abdominales

Las heridas de la pared torácica, del abdomen ventral, del flanco y de la fosa paralumbar deben hacer sospechar de inmediato una posible penetración de cavidades corporales. En los traumatismos perforantes, la apertura cutánea puede ser notablemente pequeña en relación con el grado de daño interno. Las lesiones por arma de fuego o por empalamiento son ejemplos clásicos en medicina humana. En el ganado bovino, las lesiones penetrantes también pueden producirse por cuernos, alambres, estacas, maquinaria o elementos de cierre (portones, vallas).

Los signos de alarma incluyen el enfisema subcutáneo, heridas aspirativas, el esfuerzo respiratorio anormal, defensa abdominal, tumefacción masiva o herniación evidente, salida de fluidos o contenido digestivo y signos de shock. Ante sospecha de penetración, debe evaluarse el estado general del animal y, si se considera el tratamiento, se requerirá diagnóstico por imagen avanzado y/o intervención quirúrgica.

Heridas en pezones y ubre

Las lesiones del pezón constituyen una categoría especial, ya que incluso las laceraciones de pequeño tamaño pueden tener consecuencias económicas y funcionales significativas. Es fundamental determinar si la lesión es de espesor completo y afecta al canal o al parénquima glandular y, en caso afirmativo, establecer su localización exacta para decidir entre reparación y amputación. Las laceraciones de la vena mamaria constituyen una urgencia real que

requiere atención inmediata, pudiendo ser necesario dar instrucciones al ganadero para controlar temporalmente la hemorragia hasta la llegada del veterinario. Estos animales pueden sufrir pérdidas de sangre importantes y requieren estabilización ante el shock, así como transfusión sanguínea en función del volumen perdido.

Evaluación inicial

Tras una primera inspección visual, la herida debe rasurarse ampliamente y examinarse en condiciones adecuadas de contención, con sedación, anestesia local o general, según proceda. Una vez la herida haya sido rasurada y limpiada, se realizarán radiografías y/o ecografías cuando esté indicado. Asimismo, la profundidad y dirección de los trayectos de la herida deben evaluarse cuidadosamente mediante sondaje.

Estructuras sinoviales y óseas

Las pequeñas heridas próximas a articulaciones o a vainas tendinosas pueden dar lugar a infecciones graves si no se detecta la afectación de las estructuras sinoviales. La confirmación o la exclusión de dicha afectación puede condicionar la decisión de tratar la herida o no. Una vez que la infección se ha establecido, el pronóstico empeora rápidamente y el tratamiento se vuelve considerablemente más costoso y laborioso. Si se sospecha que hay articulaciones afectadas, se deben tomar muestras lo más lejos posible de la herida, evaluar el líquido macroscópicamente y enviarlo para un recuento celular/proteínas totales (TP) si está indicado, y realizar una prueba de presión inyectando solución salina estéril en la articulación para comprobar si sale por la herida o si presuriza la articulación. En el caso de heridas con edema masivo de los tejidos blandos y celulitis, es posible que no sea posible tomar una muestra debido al riesgo de introducir una infección en la articulación.

Del mismo modo, las heridas en estructuras óseas deben evaluarse para determinar si el hueso es palpable, así como la presencia de daño periostal o de fractura abierta. En las heridas con afectación ósea, el secuestro óseo es una secuela frecuente que puede retrasar la cicatrización y aumentar los costes del tratamiento.

Decisión precoz: cierre, cierre diferido o manejo abierto

La decisión de cierre debe basarse en la antigüedad de la herida, el grado de contaminación, la viabilidad tisular, la vascularización y la tensión de los bordes. El cierre primario solo es adecuado cuando la herida puede transformarse en un defecto limpio, viable y sin tensión. El cierre primario diferido o secundario es preferible cuando existen dudas sobre la viabilidad tisular, la contaminación o la cronicidad. La cicatrización por segunda intención puede ser la opción más segura, especialmente en defectos extensos o en heridas con pérdida significativa de tejido.

Resumen

I. Si es necesario, evalúe cualquier problema urgente, como una hemorragia persistente.

II. Evaluar al animal en su conjunto.
   a. ¿Ha recibido medicamentos con tiempo de espera para carne?
   b. ¿Presenta cojera o decúbito?
   c. ¿Existen déficits neurológicos?

III. Evaluación inicial de la herida.
   a. Antigüedad de la herida.
   b. Grado de contaminación.
   c. Tamaño de la herida.
   d. Visualización de estructuras vitales a través de la herida.
   e. Grado de inflamación de los tejidos blandos.

IV. Rasurado amplio, limpieza adecuada y definición de la profundidad y del trayecto de la herida.

V. Descartar comunicación con la cavidad torácica o abdominal, con articulaciones o vainas tendinosas, con el canal del pezón, con hueso, o con otras estructuras vitales. Una vez que se conozca esto, podrá adoptarse una decisión fundamentada sobre el tratamiento, el sacrificio o la eutanasia del animal.

Bibliografía

1. Bijkerk HJC, Nielen M, van Geijlswijk IM, Vernooij JCM, Jorritsma R. A clinical field trial on wound healing after disbudding of dairy calves with or without antimicrobial spray. Front Vet Sci. 2025;12:1445605.

2. Bolcato M, Roccaro M, Gentile A, Peli A. First report on medical treatment and outcome of burnt cattle. Vet Sci. 2023;10(3):187.

3. Caterino C, Della Valle G, Aragosa F, et al. Clinical application of platelet concentrates in bovine practice: a systematic review. Vet Sci. 2023;10(12):686.

4. Cuddy LC. Wound closure, tension-relieving techniques, and local flaps. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2017;47(6):1221-1235.

5. Devriendt N, de Rooster H. Initial management of traumatic wounds. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2017;47(6):1123-1134.

6. Harmon ML, Downey BC, Drwencke AM, Tucker CB. Development and application of a novel approach to scoring ear tag wounds in dairy calves. J Dairy Sci. 2023;106(7):5043-5053.

7. Hussein AA, Farman RH, Jassim AI. Enhancing wound healing in cattle through the application of vitreous humour fluid and platelet-rich plasma. Edelweiss Appl Sci Technol. 2024;8(3):423-438.

8. Klawitter M, Braden TB, Müller KE. Randomized clinical trial evaluating the effect of bandaging on the healing of sole ulcers in dairy cattle. Vet Anim Sci. 2019;8:100070.

9. Lux CN. Wound healing in animals: a review of physiology and clinical evaluation. Vet Dermatol. 2022;33(2):91-e27.

10. Martins G, Stilwell G. Comparative study of the healing process of disbudding wounds in calves using Bepanthene® or an antibiotic spray. Animals (Basel). 2024;14(17):2526.

11. Mulon PY. Wound management in cattle. AABP Proc. 2021;54(2):209-210.

12. Proios I, Kusenda M, Seiler C, Siewert C, Seifert H, Kaske M. Postoperative wound assessment in cattle: how reliable is the back hand palpation? Ir Vet J. 2021;74:16.

13. Reedman CN, Duffield TF, DeVries TJ, et al. Effect of plane of nutrition and analgesic drug treatment on wound healing and pain following cautery disbudding in preweaning dairy calves. J Dairy Sci. 2022;105(7):6220-6239.

14. Risselada M. Perforating cervical, thoracic, and abdominal wounds. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2017;47(6):1135-1148.

15. Shearer JK, Plummer PJ, Schleining JA. Perspectives on the treatment of claw lesions in cattle. Vet Med (Auckl). 2015;6:273-292.

16. Singer AJ, Clark RAF. Cutaneous wound healing. N Engl J Med. 1999;341(10):738-746.

17. Stanley BJ. Negative pressure wound therapy. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2017;47(6):1203-1220.

18. Stilwell G, Laven RA. Comparison of two topical treatments on wound healing 7 days after disbudding of calves using thermocautery. N Z Vet J. 2020;68(5):304-308.

19. Thompson E. Debridement techniques and non-negative pressure wound therapy wound management. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2017;47(6):1181-1202.

20. Vanhoudt A, Hesseling J, Nielen M, Wilmink J, Jorritsma R, van Werven T. M-score and wound healing assessment of 2 nonantibiotic topical gel treatments of active digital dermatitis lesions in dairy cattle. J Dairy Sci. 2022;105(1):695-709.

LA NUTRICIÓN COMO HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO EN VACAS LECHERAS

Alexander N. Hristov and Leoni F. Martins

Department of Animal Science

The Pennsylvania State University

RESUMEN El nitrógeno, como elemento clave de las proteínas y los aminoácidos, es fundamental en la nutrición animal e influye en la producción y calidad de los productos, en la salud y la reproducción animal, así como en las emisiones ambientales de compuestos nitrogenados. Existen pruebas claras de que reducir el aporte de nitrógeno en la dieta tiene un impacto significativo en la disminución de la excreción urinaria de N y de las emisiones de amoníaco, nitrato y óxido nitroso procedentes del estiércol de las vacas lecheras. Debido a sus complejas interacciones con el consumo de pienso, la energía de la dieta y el rendimiento de los animales, la manipulación del N en la dieta para reducir los costes de alimentación, mejorar la eficiencia en el uso del N y disminuir las emisiones al medio ambiente supone un reto y conlleva el riesgo de una pérdida de producción, si la reducción del N en la dieta da lugar a un aporte insuficiente de aminoácidos digeribles. Por lo tanto, las dietas bajas en proteínas son una opción viable para reducir las emisiones de nitrógeno al medio ambiente, siempre y cuando no se vean afectados negativamente el consumo de pienso, la fermentación microbiana y la degradabilidad de la fibra en el rumen, ni se produzca una carencia de aminoácidos esenciales clave. Entre los aminoácidos individuales, la metionina, la lisina y la histidina son las más consistentemente asociadas con limitaciones en la síntesis de proteína láctea en vacas lecheras bajo condiciones comunes de alimentación. La evidencia indica que equilibrar estos aminoácidos en la dieta puede aumentar el rendimiento de proteína en la leche, mejorar la conversión del N del alimento en N de la leche, y permitir reducciones en la proteína bruta dietaria sin comprometer la producción. Sin embargo, la implementación práctica de estrategias de alimentación basadas en aminoácidos para vacas lecheras sigue limitada por dificultades en la predicción de la síntesis de proteína microbiana y el suministro de aminoácidos postruminales.

INTRODUCCIÓN

En los rumiantes, la fermentación ruminal cumple una doble función: alimentar tanto a la microbiota ruminal como al animal hospedador. La eficiencia de utilización del nitrógeno (**EUN**) en este proceso simbiótico es limitada. En promedio, aproximadamente entre el 25 y el 29% del N ingerido por una vaca lechera en lactación se secreta como proteína láctea (Huhtanen y Hristov, 2009; Hristov et al., 2011), aunque también se han reportado valores entre el 13% y el 46%, dependiendo de la etapa de lactación, la producción de leche (**PL**), el contenido proteico y la ingesta de N (datos de Bougouin et al., 2022 y Hristov et al., 2026). A escala de explotación, la eficiencia global de utilización del N en sistemas lecheros se ha estimado entre el 41% (Hristov et al., 2006) y el 55% (Powell y Rotz, 2015). Para comparar la eficiencia de utilización de nutrientes entre sistemas de producción ganadera, Wilkinson (2011) destacó la necesidad de considerar la proporción de alimentos comestibles y no comestibles para el ser humano utilizados en dichos sistemas. Así, cuando se expresa en términos de proteína comestible para humanos, la eficiencia de los rumiantes es relativamente elevada y puede superar la de los no rumiantes. Por ejemplo, Flachowsky et al. (2017) estimaron que la eficiencia de conversión de proteína alimentaria comestible para humanos en proteína animal también comestible en vacas lecheras en lactación oscila entre el 130% y el 240% (dependiendo del uso de subproductos en la dieta), frente al 30–50% en porcino y 70–120% en pollos de engorde. La explicación de estas grandes diferencias radica en el tipo y la calidad (es decir, disponibilidad y aptitud para el consumo humano) de la proteína suministrada a los rumiantes, que a menudo es inferior a la de la proteína suministrada a animales no rumiantes. Los forrajes ricos en fibra, como el maíz de planta entera, las leguminosas y las gramíneas, tanto frescos o conservados, aportan alrededor de un tercio de la proteína bruta (**PB**) en dietas típicas de vacas lecheras en sistemas estabulados, y una proporción aún mayor en sistemas de pastoreo. Los rumiantes prosperan con estos alimentos gracias a la capacidad del microbioma ruminal para utilizar proteínas vegetales no aptas para consumo humano y convertir el N no proteico (**NNP**), abundante en forrajes frescos y conservados, en proteína microbiana con un perfil de aminoácidos similar al de las proteínas musculares y la caseína láctea (NASEM, 2021). No obstante, uno de los principales desafíos en la nutrición de rumiantes es mejorar la eficiencia de utilización del N a nivel ruminal. Los microorganismos del rumen (bacterias y protozoos) poseen una amplia gama de actividades proteolíticas, peptidolíticas y desaminativas. Si el tiempo de permanencia del alimento en el rumen es suficiente, la mayor parte de las proteínas se degradan completamente a péptidos de distinta longitud y aminoácidos (**AA**), algunos de los cuales se utilizan para la síntesis microbiana, otros pasan al tracto digestivo posterior aportando aminoácidos al animal, y una fracción se transforma finalmente en amoníaco (NH_3). Si el NH_3 no es incorporado a proteína microbiana, se absorbe a través de la pared ruminal, se convierte en urea en el hígado y se excreta mayoritariamente por vía urinaria, contribuyendo a emisiones

ambientales de nitratos, amoníaco y óxido nitroso (Hristov et al., 2011; Dijkstra et al., 2013). Por lo tanto, la fermentación ruminal, la síntesis de proteína microbiana (**SPM**) y la digestibilidad intestinal de la proteína microbiana y de la proteína del alimento degradada en el rumen (**RUP**) son claves para mejorar la eficiencia en el uso del N en vacas lecheras. Sin embargo, la ingesta de proteína bruta dietaria es el factor más importante que determina la eficiencia de utilización del N, las pérdidas urinarias de N y, en consecuencia, la lixiviación de nitratos y las emisiones de NH_3 y N_2O del estiércol. En algunas situaciones dietarias, la ingesta de proteína bruta puede disminuirse sin afectar la producción ni la composición de la leche. En dietas bajas en proteína, se debe prestar especial atención al equilibrio entre la energía dietaria y los aminoácidos esenciales. La proteína dietaria tiene diversas implicaciones productivas y de otro tipo, y ajustar la oferta y la demanda suele ser complejo, ya que tanto el déficit como el exceso de proteína son indeseables. La pérdida de producción asociada con dietas que no satisfacen los requerimientos proteicos de las vacas lecheras es algo que ha sido documentado de forma consistente y puede deberse a: (1) disminución de la ingesta de alimento debido a un funcionamiento ruminal deficiente o a la regulación fisiológica de la ingesta de materia seca (**IMS**); (2) deficiencia de proteína degradable en el rumen (**RDP**), lo que puede reducir la digestión de la fibra, la síntesis de proteína microbiana y los rendimientos de grasa y proteína de la leche; y (3) el suministro insuficiente de aminoácidos clave que limitan la síntesis de proteína láctea. Por lo tanto, las intervenciones dietarias que conllevan el riesgo de disminuir la producción de leche deben evaluarse cuidadosamente antes de su implementación.

AVANCES EN LA NUTRICIÓN PROTEICA Y DE AMINOÁCIDOS EN VACUNO LECHERO

En especies monogástricas, los avances en la nutrición proteica que han permitido mejorar la eficiencia de utilización del nitrógeno (EUN) han estado estrechamente ligados a la capacidad de predecir la digestibilidad ileal de los aminoácidos (AA). En la nutrición del vacuno lechero se han logrado progresos importantes; sin embargo, persisten limitaciones en la capacidad de predecir el aporte de proteína metabolizable (PM) y de los aminoácidos individuales, como se discute en detalle en una revisión reciente (Hristov et al., 2026). Martineau et al. (2025) realizaron un metaanálisis para evaluar la idoneidad de tres sistemas de valoración de alimentos, incluido el modelo NASEM (2021), para la predicción de los flujos intestinales de AA digestibles, comparándolos con mediciones de aparición neta portal. Sus resultados evidenciaron que ningún sistema de evaluación dietaria es capaz de predecir con la misma precisión los flujos digestibles de todos los AA. Con un enfoque similar, Martins et al. (2025) evaluaron los estadísticos de ajuste para la predicción de los flujos ruminales de salida de aminoácidos esenciales (**AAE**) mediante los modelos NRC (2001), NASEM (2021), CNCPS (v6.5.5; Van Amburgh, 2015; Higgs et al., 2015) y el modelo NittanyCow (**NC**; NittanyCow Software Services; https://nittanycow.com). Este análisis indicó un mejor rendimiento de los modelos NRC, NASEM y NC en la predicción de todos los AAE individuales en comparación con CNCPS. Entre los modelos evaluados, la CNCPS mostró un desempeño inferior en la predicción del flujo de salida de proteína bruta microbiana. Se identificaron sesgos medios y observados de magnitud relevante (es decir, >5% del valor observado) en todos los modelos, lo que, según los autores, debe tenerse en cuenta por los nutricionistas al ajustar y evaluar raciones dirigidas a cubrir los requerimientos de AAE en vacas lecheras de alta producción. En otro ejemplo, Huhtanen y Hristov (2009), a partir de un metaanálisis de 1.700 dietas de Norteamérica y Europa del Norte, concluyeron que los modelos basados únicamente en la ingesta de proteína bruta (PB) predicen razonablemente bien la producción de proteína metabolizable, y que la inclusión de la degradabilidad de la PB (según NRC, 2001) solo mejora ligeramente la predicción. En dicho análisis, los modelos con mayor capacidad predictiva se basaron en la ingesta de nutrientes digestibles totales (NDT) y de PB, lo que también cuestiona la precisión de las estimaciones del aporte de PM según el modelo NRC (2001). Asimismo, la PM de origen microbiano predijo mejor la MPY (rendimiento de proteína metabolizable) que la PM total, lo que pone en duda la exactitud de las metodologías utilizadas para estimar la proteína no degradada en rumen (RUP). El modelo de nutrición proteica NASEM (2021) ha introducido cambios relevantes respecto al NRC (2001); no obstante, el tiempo dirá si estas modificaciones mejoran la predicción de la degradabilidad de la proteína, el aporte de proteína microbiana, el aporte y la digestibilidad de la RUP, y, en última instancia, el aporte de PM al animal. En un metaanálisis basado en 682 observaciones individuales, Richards et al. (2024) documentaron un rendimiento similar de los modelos NRC (2001) y NASEM (2021) en la predicción de la producción de leche (PL) limitada por PM en vacas Holstein (media predicha, error de predicción y coeficiente de concordancia de Lin). En dicho análisis, el modelo NASEM (2021) subestimó la producción de proteína metabolizable (MPY). En un análisis previo, Lee et al. (2012) demostraron que el modelo NRC (2001) subestimaba sistemáticamente la PL limitada por PM en vacas alimentadas con dietas que aportaban PM por debajo de los requerimientos del modelo NRC (2001). En ese conjunto de datos, el balance medio de PM fue de −297 ± 15,3 g/día. Una discrepancia lineal similar entre la producción de leche observada y la limitada por PM se observó con el modelo NASEM (2021) utilizando datos de la base de datos de nutrición lechera de la Pennsylvania State University (PSDND) (Figura 1). En este conjunto de datos (n = 2.219), el balance medio (± DE) de PM predicho por NASEM (2021) fue de −116 (± 378,0) g/día, con valores mínimos y máximos de −1132 y 895 g/día, respectivamente. La diferencia media entre la PL observada y la PL limitada por PM fue de 3,0 (± 8,7) kg/día, con un rango de −21,5 a 28,8 kg/día. Estos resultados dejan claro que la predicción de la producción de leche basada en la disponibilidad de PM, según el modelo NASEM (2021), presenta limitaciones de precisión, especialmente en dietas con aporte de PM inferior a los requerimientos estimados.

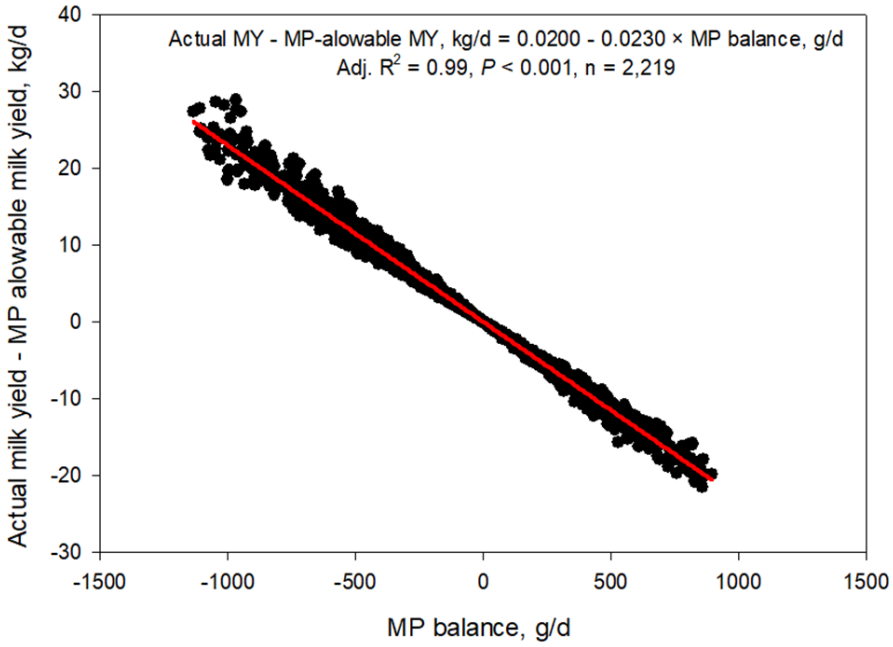


Figura 1. Relación entre el balance de PM predicho por NASEM (2021) y la diferencia entre la producción de leche observada (PL) y la producción de leche limitada por PM predicha por NASEM (2021) en vacas Holstein (datos individuales del PSDND; no publicados).

No obstante, en las últimas décadas se han logrado avances sostenidos en la comprensión de cómo factores metodológicos, como el sitio de muestreo del flujo postruminal, las técnicas analíticas de AA, entre otros, influyen en la capacidad de predecir los flujos de AA digestibles. Con la mejora continua del conocimiento de los requerimientos y el aporte de AAE, es probable que se perfeccionen los sistemas de evaluación de la alimentación, lo que permitirá que la formulación de raciones basada en los AA digestibles se aplique de forma rutinaria en el sector con mayor precisión y exactitud. Sin embargo, es poco probable que estos avances se consoliden hasta que se desarrollen métodos más precisos para determinar la proteína degradable en rumen (PDR) y la digestibilidad intestinal de la proteína no degradada en rumen (RUP).

EFECTOS DE LA PROTEÍNA DIETÉTICA SOBRE LA INGESTA DE MATERIA SECA Y LA DIGESTIBILIDAD

Se analizaron datos procedentes de la base de datos de la PSDND para determinar la relación entre el contenido de proteína bruta (PB) de la dieta (%) y la ingesta de PB (kg/día) con las siguientes variables productivas y ambientales: ingesta de materia seca (IMS), producción de leche (PL), rendimientos de grasa láctea y proteína verdadera de la leche (**MTPY**), concentración de nitrógeno ureico en leche (**MUN**), eficiencia alimentaria, excreciones fecales y urinarias de nitrógeno, y eficiencia de utilización del nitrógeno (EUN). Para minimizar el efecto de los días en leche (**DIM**) sobre las relaciones evaluadas, se excluyeron datos de varios estudios con vacas en inicio de lactación (Harper et al., 2019; Melgar et al., 2020; Oh et al., 2021), de modo que el DIM medio (± DE) en la base de datos fue de 136 ± 54,1 días. El análisis se realizó mediante los procedimientos MIXED y REG del software SAS v9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC), considerando el estudio como efecto aleatorio y el efecto fijo de la variable de interés, tal como se describe en Hristov et al. (2018a). Los modelos se evaluaron mediante el error cuadrático medio (**RMSE**), el error porcentual cuadrático medio (**RMSPE**) y el R^2.

Tabla 1. Relaciones entre el contenido e ingesta de PB de la dieta y variables productivas y ambientales en vacas Holstein en lactación[1]

Predictor	Variable[2]				Intercept[3]			Slope[3]			REG[4]	
		N[5]	Estimate	SE		Estimate	SE	*P*-valor		RMSE	RMSPE	R^2
Diet CP, %	DMI	2.290	20,5	3,51		0,327	0,2151	0,13		3,76	14,5	0,004
	MY	2.259	28,7	6,80		0,717	0,4169	0,09		7,14	17,7	0,005
	MFY	2.231	0,527	0,2532		0,060	0,0155	<0,001		0,29	19,1	0,02

	MTPY	2.251	0,975	0,1831		0,015	0,0112	0,17		0,19	15,8	0,003
	MUN	2.148	-6,81	1,843		1,11	0,113	<0,001		1,73	15,3	0,17
	FE	2.220	1,34	0,300		0,015	0,0184	0,41		0,34	21,4	0,001
	UNE	1.637	-283,8	54,45		28,8	3,34	<0,001		49,5	26,6	0,16
	FNE	1.667	112,5	45,88		5,75	2,798	0,04		37,6	18,2	0,01
	NUE	2.219	57,9	4,97		-1,78	0,305	<0,001		57,9	19,9	0,05
Diet CP intake, kg/d	DMI	2.271	0,749	0,1601		5,98	0,017	<0,001		0,51	2,0	0,98
	MY	2.238	35,67	1,156		1,13	0,241	<0,001		7,11	17,6	0,01
	MFY	2.210	1,33	0,045		0,039	0,0097	<0,001		0,28	19,1	0,01
	MTPY	2.230	1,08	0,031		0,035	0,0065	<0,001		0,19	15,7	0,02
	MUN	2.124	10,55	0,377		0,164	0,0633	0,01		1,77	15,8	0,004
	FE	2.210	2,86	0,047		-0,304	0,0097	<0,001		0,28	17,6	0,37
	UNE	1.612	153,5	10,36		7,19	1,991	<0,001		50,2	27,4	0,01
	FNE	1.643	189,3	8,888		4,05	1,478	0,006		37,5	18,2	0,006
	NUE	2.211	53,06	0,742		-5,71	0,157	<0,001		4,54	15,6	0,44

[1]Datos individuales de animales procedentes de PSDND (no publicados).

[2]DMI = ingesta de materia seca, kg/día; MY = producción de leche, kg/día; MFY = rendimiento de grasa láctea, kg/día; MTPY = rendimiento de proteína verdadera de la leche, kg/día; MUN = nitrógeno ureico en leche, mg/dL; FE = eficiencia alimentaria, kg MY/kg DMI; UNE = excreción urinaria de N, g/día; FNE = excreción fecal de N, g/día; NUE = eficiencia de utilización del N, N en proteína verdadera de la leche como % del N ingerido.

[3]Modelo de regresión mixta; valores de P para la ordenada en el origen (intercept) < 0,001, excepto para MFY (P = 0,04) y FNE (P = 0,02).

[4]REG = estadísticos de ajuste de regresión fija; RMSE = error cuadrático medio; RMSPE = error porcentual cuadrático medio.

[5]N = número de observaciones.

Los resultados de este análisis se resumen en la Tabla 1. En la PSDND, el contenido de PB de la dieta no afectó la IMS, pero mostró una tendencia a incrementar (P = 0,09) la producción de leche y aumentó (P < 0,001) el rendimiento de grasa láctea, sin afectar al rendimiento de proteína verdadera de la leche (MTPY). La concentración de MUN, así como las excreciones urinarias y fecales de nitrógeno, aumentaron (P ≤ 0,04), mientras que la eficiencia de utilización del N (NUE), disminuyó (P < 0,001) con el incremento del contenido de la PB. La eficiencia alimentaria no se vio afectada por el contenido de PB. La ingesta de PB incrementó la ingesta de materia seca, la producción de leche (MY), el rendimiento de grasa láctea, el rendimiento de proteína verdadera de la leche (MTPY), el nitrógeno ureico en leche (MUN), y las excreciones urinarias y fecales de nitrógeno (P ≤ 0,01), mientras que la eficiencia alimentaria y la eficiencia de utilización de N (NUE) disminuyeron (P < 0,001). Claramente, la ingesta de PB, más que su concentración en la dieta, tiene una mayor influencia sobre las variables productivas en vacas lecheras. No obstante, estas relaciones están fuertemente condicionadas por la IMS, ya que dicha variable se incorpora directamente al cálculo de la ingesta de PB. Asimismo, no resulta sorprendente que la PB (ya sea en concentración o en ingesta) influya en las excreciones de nitrógeno, en el nitrógeno ureico en leche (MUN) y en la eficiencia de utilización de N (EUN), dado que estas relaciones han sido ampliamente documentadas en la literatura (p. ej., Kebreab et al., 2002; Huhtanen y Hristov, 2009; Huhtanen et al., 2015). Con el fin de visualizar el efecto específico de la concentración de PB en la dieta (expresada como % de MS) sobre variables productivas y ambientales, los datos de la PSDND se agruparon en intervalos de 0,5% de PB (desde 13,5 hasta 17,5%) y se representaron gráficamente (Figura 2).

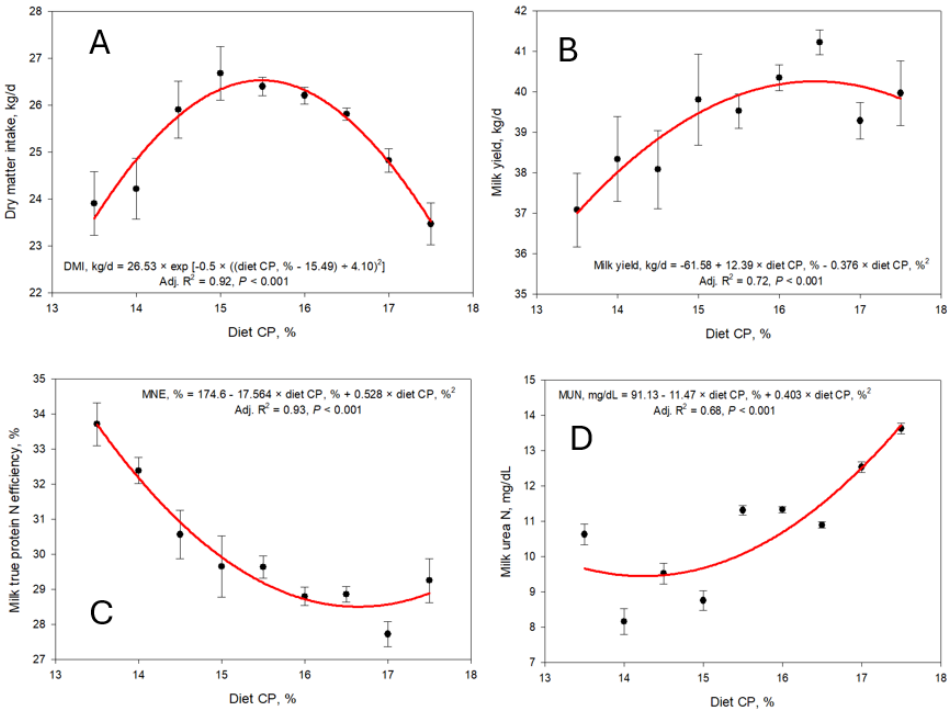


Figura 2. Relación entre la concentración de proteína bruta (PB) en la dieta y la ingesta de materia seca (IMS) (panel A), la producción de leche (panel B), la eficiencia de utilización del nitrógeno en proteína verdadera de la leche (EUN) (panel C) y el nitrógeno ureico en leche (MUN) (panel D) en vacas Holstein lecheras (datos individuales de la PSDND; no publicados). Los datos de 2.314 animales individuales se agruparon en intervalos de 0,5% de PB dietética como sigue: 13,5% (n = 36), 14,0% (n = 24), 14,5% (n = 60), 15,0% (n = 40), 15,5% (n = 378), 16,0% (n = 589), 16,5% (n = 834), 17,0% (n = 307) y 17,5% (n = 46).

Como se observa en la Figura 2, panel A, la relación entre la concentración de PB y la IMS presenta un comportamiento curvilíneo, lo que sugiere que el máximo de IMS se sitúa entre 15,5 y 16,0% de PB, y disminuye posteriormente (las relaciones de la PB dietaria con PL, EUN y MUN se discuten en las secciones siguientes). Esta relación contradice los metaanálisis publicados basados en medias de tratamientos (Allen, 2000; Zanton, 2016), que concluyeron que la IMS aumenta de forma continua con incrementos en la PB dietética, incluso por encima del 17,5% de PB, que fue el límite del subconjunto de datos de la PSDND utilizado para la Figura 2. En la PSDND, la concentración de PB dietética mostró una correlación positiva moderada con la proporción de concentrados en la dieta (r = 0,26; P < 0,001) y negativa con la relación forraje-concentrado (r = −0,29; P < 0,001), lo que sugiere que la energía (Allen, 2000) y su interacción con la proteína fueron, al menos en parte, responsables de la relación observada entre la PB dietética y la IMS en la Figura 2 (panel A). Para profundizar en el efecto de la PB dietética sobre la IMS en vacas lecheras, se analizaron tratamientos seleccionados de varios experimentos con diseño continuo realizados en la Pennsylvania State University (Figura 3). En estos cuatro experimentos, la diferencia en el contenido de PB entre las dietas control y bajas en PB fue de aproximadamente 2%-unidad, mientras que la diferencia en el balance de proteína metabolizable (PM), calculado según NRC (2001), osciló entre 200 g/día (Lee et al., 2011a) y 356 g/día (Giallongo et al., 2016). En tres de los cuatro experimentos, la IMS se redujo significativamente con las dietas bajas en PB en comparación con las dietas con mayor contenido de PB. En el estudio en el que la IMS no se vio afectada (Giallongo et al., 2015), la concentración de proteína degradable en rumen (PDR) en la dieta baja en PB fue la más baja (8,6 frente a 9,1–9,8%), mientras que la proteína no degradada en rumen (RUP) fue la más alta (6,2 frente a 4,4–5,2% de MS) en comparación con los otros tratamientos bajos en PB. En los tres experimentos en los que la IMS disminuyó, también se observó una reducción significativa en la producción de leche (P < 0,01). En el estudio de Giallongo et al. (2015), la PL no difirió entre las dietas bajas y altas en PB, y la concentración de proteína verdadera de la leche (MTP) no se vio afectada en ninguno de los experimentos; sin embargo, el rendimiento de proteína verdadera disminuyó con las dietas bajas en PB en dos estudios (Lee et al., 2012b; Giallongo et al., 2016) y no se vio afectado en los otros dos (Lee et al., 2011; Giallongo et al., 2015). Además, en dos de los tres ensayos en los que se analizó el perfil de aminoácidos plasmáticos (no evaluado en Lee et al., 2011a), las concentraciones de histidina (**His**) fueron notablemente inferiores en las dietas bajas en PB en comparación con las altas en PB, lo que no se observó en el estudio de Giallongo et al. (2015). Por último, la ganancia de peso vivo (**PV**) no difirió entre las dietas bajas y altas en PB en los ensayos en los que la IMS y la PL disminuyeron con la dieta baja en PB; sin embargo, fue considerablemente menor (16 frente a 289 g/día; P = 0,03) en la dieta baja en PB en el estudio de Giallongo et al. (2015). Por lo tanto, estos resultados sugieren que, en este conjunto de expe-

rimentos con diseño continuo realizados bajo condiciones ambientales y de manejo similares, con vacas Holstein de genética comparable y alimentadas con forrajes y materias primas similares, una reducción de 2 puntos porcentuales en la PB dietética (equivalente a una deficiencia de PM del 3 al 14%, según NRC, 2001) disminuyó significativamente la IMS, la PL y las concentraciones plasmáticas de aminoácidos esenciales (AAE), incluyendo la histidina (His) y lisina (**Lys**), pero no la metionina (**Met**), sin que estos efectos pareciesen estar asociados a la concentración de PDR de la dieta. En el experimento en el que el nivel de PB no afectó la IMS ni la producción de leche (ni el perfil de AAE plasmáticos), las vacas presentaron una menor ganancia de peso vivo (acompañada de un aumento en la concentración plasmática de 3-metilhistidina) que las vacas alimentadas con la dieta alta en PB. Esto sugiere que, probablemente debido a un adecuado aporte de RUP (el más elevado de los cuatro ensayos), las vacas no redujeron la IMS, lo que, junto con la menor ganancia de peso, permitió movilizar nutrientes suficientes para mantener la producción de leche y evitar deficiencias de aminoácidos. No puede descartarse el papel clave de la histidina, y posiblemente de otros AAE, en la regulación de la IMS mediante mecanismos fisiológicos en los estudios indicados arriba (véase Giallongo et al., 2015). Esta hipótesis fue confirmada por Giallongo et al. (2017), quienes demostraron que una dieta específicamente deficiente en histidina redujo la IMS y la producción de leche en vacas lecheras, efecto que se revirtió al final del experimento, cuando la dieta baja en His fue reforzada con histidina protegida de la degradación ruminal.

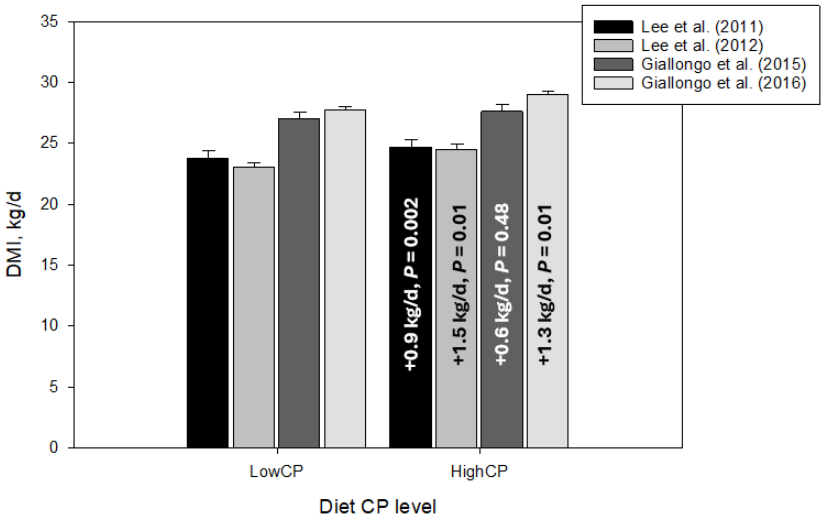


Figura 3. Respuestas de la ingesta de materia seca (IMS) a la concentración de proteína bruta (PB) de la dieta en experimentos de diseño continuo con una duración de 7 a 10 semanas realizados en la Pennsylvania State University (LowCP = dietas bajas en PB; HighCP = dietas altas en PB). Los datos deben compararse entre las dietas HighCP y LowCP dentro de cada estudio, y el texto indicado en las barras correspondientes a HighCP refleja la diferencia respecto a las barras de LowCP. Los datos proceden de: Lee et al. (2011), PB = 14,8 vs. 16,7% y balance de proteína metabolizable (PM) de −156 vs. 44 g/día; Lee et al. (2012b), PB = 13,6 vs. 15,7% y balance de PM de −317 vs. 9 g/día; Giallongo et al. (2015), PB = 14,8 vs. 16,7% y balance de PM de −145 vs. 206 g/día; y Giallongo et al. (2016), PB = 14,8 vs. 16,8% y balance de PM de −54 vs. 302 g/día (para las dietas LowCP y HighCP, respectivamente). Los balances de PM se calcularon según el modelo NRC (2001).

DIETAS BAJAS EN PROTEÍNA Y EMISIONES DE NITRÓGENO

El contenido medio de proteína bruta (PB) de las raciones completas mezcladas (**TMR**) para vacuno lechero en distintas regiones de los Estados Unidos (Mid-Atlantic, Northeast, Northwest, Plains, South-East, Upper Midwest y West) durante un periodo de 10 años fue del 16,8% (sobre base de MS; DE = 1,38; n = 5.578), con un 38,6% de la PB en forma de proteína soluble [base de datos de Cumberland Valley Analytical Services (CVAS; Waynesboro, PA); datos del 1 de enero de 2015 al 1 de enero de 2025]. Una encuesta interesante realizada por Prestegaard-Wilson et al. (2021) indicó que el 72% de los encuestados (consultores en nutrición) afirmaron formular dietas con menor contenido de PB que en los 3 a 5 años previos, siendo la principal razón de esta reducción la necesidad de reducir el coste de alimentación. De hecho, observaciones previas (Hristov et al., 2018b) mostraron una tendencia relativamente constante de la disminución del contenido de PB en las TMR para vacuno lechero, desde un promedio de 17,1% (EE = 0,06) en 2007 hasta 16,4% (EE = 0,04) en 2015 (base de datos CVAS; n = 9.707).

La reducción de la ingesta de nitrógeno en vacas lecheras puede conducir a una disminución significativa de las excreciones de N en el estiércol (Lee et al., 2012a). El nitrógeno excretado en heces y orina tiene destinos distintos y contribuye de manera diferente a la contaminación por nitratos en aguas subterráneas y a las emisiones atmosféricas de NH_3 y N_2O. Por ejemplo, Lee et al. (2011b) demostraron que más del 90% del N-NH_3 emitido durante los primeros

10 días de almacenamiento del estiércol procede de la orina, siendo relativamente baja la contribución del N fecal. El hecho de que el N urinario sea más lábil que el N fecal y constituya la principal fuente de emisiones de NH_3 y las pérdidas totales de N del estiércol pone de relieve la importancia de reducir las pérdidas de N urinario y/o desplazar la excreción de N desde la orina hacia las heces. Las ventajas de reducir la PB dietética para disminuir las pérdidas de N en el estiércol y las emisiones gaseosas de N han sido ampliamente demostradas y revisadas por Hristov et al. (2011). Se ha demostrado de forma inequívoca que la reducción del aporte de N en la dieta es una estrategia eficaz para mejorar la eficiencia de utilización del nitrógeno (EUN) y reducir las pérdidas de N en vacuno lechero. Además, la reducción de la proteína dietética puede beneficiar al productor al disminuir los costes de alimentación. Existen numerosos ejemplos en los que la reducción del contenido de proteína en las dietas de ganado lechero o de carne ha disminuido las pérdidas de N en el estiércol sin afectar a la producción animal (véase Hristov et al., 2011). No obstante, estas intervenciones deben equilibrarse con el riesgo de pérdida de producción por animal. Si no se satisfacen los requerimientos de aminoácidos esenciales clave, no es posible mantener el rendimiento productivo. Por ejemplo, la producción de leche de vacas lecheras de alto rendimiento se redujo con dietas que contenían alrededor del 14% de PB (Lee et al., 2011b; Lee et al., 2012a).

Uno de los mecanismos mediante los cuales la reducción de la PB dietética puede afectar la producción es a través de su impacto sobre la fermentación ruminal, en particular sobre la degradación de la fibra. Cuando se reduce intencionadamente la proteína dietética, suele disminuir la inclusión de alimentos proteicos comunes, como la harina de soja o de colza. Esto puede provocar deficiencias de proteína degradable en rumen (PDR), lo que puede reducir la degradabilidad de la fibra, la producción de acetato y la síntesis de proteína microbiana (SPM). Estos efectos pueden resultar en una disminución de la concentración y del rendimiento de grasa y proteína láctea. En varios estudios con diseño continuo realizados en la Pennsylvania State University (Lee et al., 2011a, 2012a; Giallongo et al., 2015), la digestibilidad aparente total de la fibra neutra detergente (**FND**) disminuyó con dietas bajas en PB. Aunque no se midió directamente la degradabilidad ruminal de la fibra, es razonable asumir que una parte importante, si no la totalidad, de esta reducción se debió a la degradación ruminal.

El análisis de datos de la PSDND, discutido parcialmente en secciones anteriores, mostró que, a pesar de una disminución de la IMS cuando la PB dietética superaba el 16%, la producción de leche continuó aumentando de forma exponencial hasta alcanzar niveles del 17,5% de PB (Figura 2, panel B). Este fenómeno puede explicarse por la mayor densidad energética de las dietas con alto contenido de PB, lo que favorece una mayor producción de leche. Cabe señalar, no obstante, que la variabilidad de los datos fue mayor en ambos extremos del conjunto de datos que en el centro, debido al menor número de observaciones. Los datos de la PSDND sugieren que la reducción del contenido de PB en dietas para vacas de alta producción puede afectar la producción de leche mediante diversos mecanismos, incluyendo su interacción con la energía dietética. La eficiencia de utilización del nitrógeno en leche (basada en proteína verdadera) disminuyó de forma cuadrática al aumentar la PB dietética (Figura 2, panel C). Asimismo, se observó una elevada variabilidad en los datos de MUN, aunque la tendencia general fue un incremento cuadrático de la concentración de MUN con el aumento de la PB dietética (Figura 2, panel D). Estas tendencias son coherentes con los resultados del metaanálisis de la PSDND comentados anteriormente.

En un metaanálisis basado en medias de tratamientos, se concluyó que la IMS en vacas lecheras en lactación está influida por variables relacionadas con la proteína, como la proteína metabolizable (PM), la PM de origen microbiano y la PDR (Hristov et al., 2004). De forma similar, un metaanálisis de datos de Norteamérica y Europa del Norte indicó que, además de la energía (expresada como NDT), la PB y la PM son predictores importantes de la EUN y de la producción de proteína metabolizable en vacas lecheras (Huhtanen y Hristov, 2009). Los resultados de estudios diseñados para evaluar el efecto de la PDR sobre la IMS son inconsistentes. Reynal y Broderick (2005), por ejemplo, no observaron ningún efecto de la PDR entre 7,7 y 12,5% (base MS), obtenida mediante la sustitución de la harina de soja tratada con lignosulfonato por la harina de soja extraída con disolventes y urea, sobre la IMS en vacas en lactación temprana a media. En ese estudio, no se observaron efectos sobre la producción de leche, pero la concentración y el rendimiento de proteína verdadera de la leche (y la concentración de NH_3 ruminal) disminuyeron de forma lineal al reducirse la PDR. El flujo de nitrógeno amino no amoniacal (NAN) microbiano disminuyó de forma lineal, mientras que las digestibilidades totales de la materia orgánica y de la FND aumentaron con la reducción de la PDR dietética (sin efectos a nivel ruminal). El aumento inesperado de la digestibilidad postruminal de la FND se atribuyó a una mayor ingesta de harina de soja tratada con lignosulfonato, que presenta un contenido superior de FND y de N insoluble en FND en comparación con la harina de soja convencional. Pequeñas reducciones en la PDR pueden no afectar la productividad, pero probablemente aumenten la EUN y reduzcan las excreciones de N y la volatilización de NH_3 del estiércol, como se observó en un estudio sobre pastoreo de ciclo completo (Lavery et al., 2025). Incluso reducciones drásticas de la PDR de 10,3 a 7,1% (base MS), mediante la sustitución de forrajes de alfalfa por ensilado de maíz y ajustes en los concentrados proteicos, no afectaron la producción ni la composición de la leche (excepto el MUN) en vacas Holstein en lactación media-tardía con producciones de alrededor de 30 kg/día (Agle et al., 2010). Un estudio de Cyriac et al. (2008) demostró que una deficiencia de PDR puede ser perjudicial para la IMS y la producción de leche en vacas de alta producción en lactación media. Se evaluaron cuatro niveles de PDR (11,3; 10,1; 8,8 y 7,6%

de MS; logrados principalmente mediante la sustitución de harina de soja extraída con disolventes por cascarilla de soja y harina de soja protegida de la degradación ruminal), con contenidos de PB entre 18,4 y 13,6%. Aunque el diseño del estudio fue adecuado y se ejecutó correctamente, la duración fue corta (19 días), lo que limitó la evaluación de variables productivas relevantes, como los cambios en el peso vivo y la condición corporal. La ingesta de materia seca disminuyó linealmente con la reducción de la PDR, aunque solo el nivel más bajo de PDR difirió del control. La disminución correspondiente en la producción de leche (y proteína láctea) fue solo una tendencia, y los balances estimados de RUP y PM fueron negativos por debajo del 10,1% de PDR, lo que dificulta aislar el efecto específico de la PDR. Como era de esperar, la reducción de los niveles de PDR/PB hizo disminuir linealmente la MUN y aumentar la EUN. En un estudio de Barros et al. (2017), la reducción simultánea de PB, PDR y RUP disminuyó linealmente la IMS, la producción de leche y la concentración y rendimiento de proteína láctea en vacas Holstein en lactación tardía. Más recientemente, en un estudio realizado por Seleem et al. (2024), se evaluó una dieta basal con 55% de forraje (MS; ensilado de maíz/heno de alfalfa), en la que la harina de soja fue sustituida por maíz laminado al vapor para obtener niveles de PB entre 16,4 y 13,6%, en vacas Holstein en inicio de lactación (69 DIM al inicio) con una producción media de 37 kg/día. En este estudio, todas las dietas presentaron balances negativos de PM y RUP, y, a excepción de la dieta con 16,4% PB, también de PDR. Las dietas bajas en PB redujeron la IMS en aproximadamente 2 kg/día, pero, debido a la limitada potencia estadística del experimento, no se observaron diferencias significativas en la producción de leche (aunque disminuyó numéricamente en aproximadamente 1 kg/día).

AMINOÁCIDOS SUPLEMENTARIOS

Los aminoácidos (AA) protegidos de la degradación ruminal (**RP**) se administran habitualmente como suplemento en dietas de vacas lecheras en lactación, con el objetivo de incrementar la producción de leche y la síntesis de proteína láctea (Schwab y Broderick, 2017) y, más recientemente, para inducir determinados efectos fisiológicos (Loor et al., 2023; Huo et al., 2025). La mayor parte de la investigación se ha centrado en tres AA: metionina (Met), lisina (Lys) e histidina (His) (Schwab y Broderick, 2017). La elección de Met y Lys se debe a su baja concentración en la mayoría de los alimentos proteicos (y en cereales, en el caso de Lys), en relación con su contenido en bacterias ruminales y en caseína (Schwab y Broderick, 2017). En cuanto a la His, su presencia limitada en dietas basadas en ensilado de maíz y en heno de alfalfa fue demostrada en estudios con dietas bajas en proteína realizados en la Pennsylvania State University (p. ej., Räisänen et al., 2023).

METIONINA

La metionina es uno de los AA más estudiados en vacas lecheras en lactación y se identifica de forma consistente como uno de los principales aminoácidos limitantes en condiciones prácticas de alimentación. Numerosos estudios han demostrado que la suplementación con Met protegida de la degradación ruminal o la infusión postruminal de Met incrementa la producción de proteína láctea y, con frecuencia, también el rendimiento de grasa láctea y la producción total de leche. Estas respuestas han sido sintetizadas en diversos metaanálisis (Zanton et al., 2014; Zanton et al., 2024; Wang et al., 2025). Las respuestas a la suplementación con Met (y, en general, al incremento del suministro de proteína metabolizable, PM) tienden a ser más pronunciadas al inicio de la lactación, cuando las vacas presentan una elevada demanda metabólica y una mayor eficiencia marginal de utilización de nutrientes.

Durante el periodo de transición, la suplementación postparto con Met ha demostrado aumentar la IMS, la producción de leche, el rendimiento de grasa láctea y el rendimiento de proteína láctea (Weston et al., 2024). En un metaanálisis que incluyó 21 estudios y 40 comparaciones tratamiento–control, se evaluaron cuatro fuentes de Met: el 2-hidroxi-4-(metiltio)butanoato (análogo de metionina, **HMTBa**) y tres fuentes comerciales de AA protegidos de la degradación ruminal (RPAA), con coeficientes de biodisponibilidad asumidos del 40% y del 50–80% de la ingesta de Met, respectivamente. La suplementación preparto con Met protegida de la degradación ruminal (8,20 ± 2,94 g/d de Met metabolizable, mMet) no afectó la IMS, el peso vivo (**PV**) ni la condición corporal (BCS), mientras que la suplementación postparto (10,53 ± 3,30 g/d de mMet) mejoró el rendimiento productivo, incluida la IMS, la producción de leche y la producción de componentes lácteos. La duración media de la suplementación fue de 19,3 ± 4,23 días en preparto y 85,9 ± 38,36 días en postparto (mean ± DE). Cuando las respuestas se estimaron a los 21 días en leche (DIM), los incrementos predichos fueron de 1,38 ± 0,283 kg/día en IMS, 2,13 ± 0,515 kg/día en producción de leche, 118 ± 23 g/día en grasa láctea y 92 ± 18 g/día en proteína láctea. Estas respuestas tendieron a disminuir a medida que avanzaba la lactación, lo que sugiere que el estado fisiológico influye de manera determinante en la respuesta a la suplementación con Met metabolizable (**m**Met). Además de su papel como sustrato para la síntesis proteica, la Met participa en el metabolismo de un carbono, reacciones de metilación y vías antioxidantes. Estos aspectos metabólicos más amplios podrían contribuir a mejoras en el estado metabólico e inmunitario observadas en vacas en transición (Batistel et al., 2017; Arshad et al., 2020). En conjunto, la evidencia disponible indica que la suplementación con Met es una de las intervenciones más eficaces relacionadas con los AA para mejorar la producción de proteína láctea y la eficiencia de utilización del nitrógeno en vacas lecheras.

Las vacas en postparto experimentan un balance energético negativo (Martins et al., 2022) y un balance negativo de

proteína metabolizable (Bell et al., 2000), pudiendo perder aproximadamente entre un 30 y un 35% de las reservas musculares del longissimus dorsi (Hanno et al., 2025). Este balance negativo de la energía y los AA es probablemente reflejo tanto de la reducción de la IMS tras el parto como del incremento de la demanda de energía y AA asociado a la activación del sistema inmune y procesos inflamatorios (Burciaga-Robles, 2009; Weiss, 2024). De acuerdo con este concepto, se ha observado que un mayor suministro de PM durante las primeras tres semanas de lactación mejora la producción de leche y de proteína láctea (Ørskov et al., 1987; Larsen et al., 2014). Sin embargo, este incremento en el aporte proteico debe ir acompañado de un adecuado suministro energético para sostener estas respuestas productivas y evitar una movilización excesiva de reservas corporales (Ørskov et al., 1987). No está completamente claro si optimizar el perfil de la PM, en lugar de aumentar el aporte total de PM, podría mejorar aún más el rendimiento en vacas en transición, ni cuál sería el perfil óptimo de la PM. Por ello, se requieren investigaciones adicionales para esclarecer el papel del equilibrado de AA individuales durante el periodo de transición.

A diferencia de los metaanálisis que evaluaron la Met en vacas en lactación establecida (Zanton et al., 2014), las respuestas obtenidas durante el periodo de transición no dependieron de la dosis y tendieron a disminuir a medida que avanzaba la lactación. En el análisis de Zanton y Toledo (2024), el DIM al final de la suplementación influyó en la magnitud de la respuesta, siendo mayor cuando la suplementación se realizaba en fases tempranas de la lactación. La suplementación con Met incrementó la IMS, la producción de leche y los rendimientos de los componentes lácteos, tanto por el aumento de la producción como por el incremento de las concentraciones de grasa y de proteína verdadera en leche. Al evaluar las respuestas según la fuente, el HMTBa fue el único que no incrementó la concentración de proteína verdadera en leche. Estos resultados son consistentes con el metaanálisis previo de Zanton et al. (2014) en lactación establecida. En dicho informe, las respuestas relacionadas con la IMS oscilaron entre −0,25 y 0,31 kg/día, la producción de leche entre −0,34 y 0,31 kg/día, la grasa láctea entre 6 y 45 g/día, y la proteína láctea entre 13 y 35 g/día, dependiendo del nivel de suplementación con mMet. En conjunto, Zanton et al. (2014) estimaron un incremento de 2,23 g/día en proteína láctea por cada gramo adicional de mMet suplementado, hasta un punto de inflexión aproximado de 65 g/día de mMet suplementado. No obstante, este umbral podría ser mayor en vacas con producciones superiores a 36 kg/día, que fue la media de producción de leche en el metaanálisis de Zanton y Toledo (2024).

En cuanto al rendimiento de grasa láctea, la respuesta fue de 1,87 g de grasa por g de mMet para Met infundida o protegida (RPMet), mientras que para la HMTBa fue significativamente mayor (5,38 g de grasa por g de mMet). Estos resultados sugieren que las fuentes de Met pueden ser equivalentes en términos de la respuesta de proteína láctea inducida por la metionina metabolizable (mMet), pero difieren en las respuestas asociadas al contenido graso de la leche, lo que podría reflejar efectos ruminales adicionales del HMTBa más allá de su papel como fuente de Met. Un conjunto de datos más amplio compilado por Feng et al. [72] indicó que la suplementación con HMTBa incrementó el rendimiento de grasa láctea en aproximadamente 45 g/día y el de proteína láctea en 13 g/día, destacando que las respuestas en producción de leche y proteína láctea fueron más variables que las observadas para el rendimiento de grasa láctea.

En conjunto, estos resultados refuerzan una conclusión clave: La suplementación con Met genera una respuesta consistente en el rendimiento de proteína láctea, aunque con rendimientos decrecientes relacionados con la producción, si bien la magnitud y la naturaleza de la respuesta dependen de la fuente de Met, la composición de la dieta basal y la presencia de otros nutrientes limitantes Unos metaanálisis posteriores han confirmado que la suplementación con Met incrementa la producción de leche corregida por energía (ECM), el rendimiento de proteína láctea y el de grasa láctea, si bien la magnitud de la respuesta depende de factores como la paridad, el estado de lactación, la composición de la dieta basal, el aporte de PM y la duración de la suplementación (Wang et al., 2025).

LISINA

La lisina (Lys) suele considerarse un aminoácido colimitante junto con la metionina (Met) en dietas lecheras basadas en maíz (Lobos et al., 2021). La suplementación con lisina protegida de la degradación ruminal (RPLys) se ha asociado con incrementos en la producción de leche, el rendimiento de proteína láctea y la concentración de proteína en leche (Arshad et al., 2024; Li et al., 2026). En comparación con la Met, las respuestas a la suplementación con Lys suelen ser de menor magnitud, aunque biológicamente relevantes, especialmente en dietas deficientes en Lys (por ejemplo, dietas basadas en grano de maíz y suplementos proteicos derivados del maíz). En muchos casos, la respuesta a la Lys depende de un adecuado aporte de Met, lo que pone de manifiesto la importancia de equilibrar el perfil de los aminoácidos en lugar de corregir deficiencias individuales de forma aislada. El incremento de la proporción de Lys digestible dentro de la proteína metabolizable (PM) se ha asociado con mejoras en la producción de leche y en la eficiencia alimentaria, particularmente al inicio de la lactación y en dietas en las que el aporte de Lys es marginal respecto a las necesidades (Arshad et al., 2024).

Metaanálisis jerárquicos recientes indican que la suplementación con Lys incrementa la producción de leche (diferencia media ponderada = 0,52 kg/día respecto al control), el rendimiento de proteína láctea [diferencia media ponderada (**DMP**) = 0,03 kg/día] y la concentración de proteína láctea (DMP = 0,05%), observándose respuestas especialmente marcadas en el inicio de la lactación y en vacas alimentadas con dietas basadas en ensilado de maíz (Li et al.,

2026). El rendimiento de grasa láctea también aumentó con la suplementación con Lys (DMP = 0,02 kg/día respecto al control). No obstante, estas respuestas fueron generalmente inferiores a las observadas con la suplementación con Met. Es importante destacar que las respuestas a Lys fueron mayores cuando el suministro de Met era adecuado, lo que evidencia una interacción clara entre ambos aminoácidos. Esta interacción respalda el concepto de que el equilibrio de los perfiles de los aminoácidos, más que la corrección de deficiencias individuales, es fundamental para maximizar la eficiencia de utilización de la proteína metabolizable (NASEM, 2021). Además, la suplementación con Lys mostró ser más eficaz en dietas con un suministro adecuado de proteína metabolizable (PM), en contraste con lo observado para la suplementación con Met, donde las respuestas en producción de leche, rendimiento de grasa láctea y rendimiento de proteína láctea suelen ser más pronunciadas en condiciones de deficiencia de PM (Wang et al., 2025)

En un metaanálisis de 13 experimentos (40 medias de tratamiento), Arshad et al. [73] documentaron que las vacas suplementadas con RPLys recibieron un aporte adicional de 19,3 ± 10,3 g/día de lisina metabolizable (mLys) (rango: 5,1 a 40,6 g/día). Las respuestas productivas dependieron tanto del momento como de la duración de la suplementación. La producción de leche aumentó en 1,51 kg/día respecto al control cuando la suplementación se inició en fases tempranas de la lactación (≤ 90 DIM) o se prolongó durante al menos 70 días. El incremento de la proporción de Lys digestible en la PM del 6,5% al 8,5% dio lugar a aumentos lineales de 1,8 kg/día en producción de leche, 2,5 kg/día en leche corregida por grasa, 2,4 kg/día en leche corregida por energía y 0,10 kg/día en rendimiento de grasa láctea, con una tendencia al aumento del rendimiento de la proteína láctea de 0,07 kg/día. Estas respuestas se produjeron sin un incremento paralelo de la IMS. Arshad et al. (2024) también observaron interacciones entre las concentraciones de Lys y Met en la PM total que afectaron la eficiencia alimentaria, de modo que el incremento de Met potenció la respuesta positiva a mayores concentraciones de Lys en la PM. A diferencia de la Met, las respuestas a Lys parecen depender en mayor medida de la proporción relativa de Lys en la PM que de su ingesta absoluta. El aumento de la proporción de Lys digestible en la PM puede asociarse con mejoras en la producción de leche y la eficiencia alimentaria, especialmente cuando el suministro de Met es adecuado. Los cambios en los perfiles de aminoácidos circulantes tras la suplementación con Lys sugieren, además, la existencia de interacciones tanto competitivas como cooperativas entre los distintos aminoácidos, lo que indica que un mayor aporte de Lys puede modificar la partición de aminoácidos entre tejidos mamarios y extramamarios.

HISTIDINA

La histidina (His) ha resultado ser un aminoácido limitante importante en diversas situaciones de la alimentación de vacuno lechero. Estudios iniciales demostraron que la suplementación con His incrementó el rendimiento de proteína láctea en vacas alimentadas con dietas basadas en ensilado de gramíneas, mientras que la suplementación con Met y Lys, por sí solas, no produjo respuestas similares (Kim et al., 1999; Vanhatalo et al., 1999). Una explicación de este efecto radica en la composición de aminoácidos de la proteína microbiana. La histidina representa una proporción menor de la proteína microbiana en comparación con su contenido en la proteína láctea, mientras que las concentraciones de Lys y Met son más similares entre ambas fuentes proteicas. Como consecuencia, las dietas en las que la proteína microbiana constituye una proporción elevada de la proteína metabolizable (PM) pueden predisponer a las vacas a una limitación de His (Lee et al., 2012).

La evidencia más reciente indica que la His puede resultar particularmente limitante en determinadas condiciones dietéticas, especialmente en raciones bajas en proteína bruta (PB) o en raciones deficientes en PM, con una alta dependencia de la proteína microbiana. Räisänen et al. (2023) resumieron datos de 17 publicaciones (22 estudios) y observaron que la suplementación con His incrementó la concentración plasmática de His [diferencia media estandarizada (**SMD**) = 1,39 mM], de la IMS (SMD = 0,24 kg/día), la producción de leche (SMD = 0,68), la concentración de proteína verdadera en leche (SMD = 0,24%) y el rendimiento de proteína verdadera de la leche (SMD = 0,58 g/día). Resultados similares fueron reportados en un metaanálisis posterior por Xu et al., (2026). En dicho análisis, la suplementación con His incrementó la IMS, la producción de leche y el rendimiento de proteína verdadera, con respuestas, en muchos casos, superiores a las observadas con Met o Lys bajo condiciones comparables de deficiencia de PM. Estas respuestas fueron particularmente marcadas en vacas alimentadas con dietas basadas en ensilado de gramíneas o de maíz con alta dependencia de la proteína microbiana, lo que refleja el relativamente bajo contenido de His en los aminoácidos microbianos. Es importante destacar que las respuestas a la suplementación con His están fuertemente influidas por el suministro de PM, la composición de la dieta basal y el método de suplementación (Räisänen et al., 2023; Xu et al., 2026). Xu et al. (2026) sugirieron, además, que un aporte total de histidina metabolizable (mHis) de aproximadamente 72,6 g/día maximiza el rendimiento de proteína láctea en vacas lecheras. Se ha informado que los incrementos en la concentración y el rendimiento de proteína verdadera de la leche fueron 3,9 y 1,3 veces mayores, respectivamente, en dietas deficientes en PM en comparación con dietas con niveles adecuados de PM (Räisänen et al., 2023), según la clasificación del NRC (2001).

Un aspecto distintivo del metabolismo de la His es la existencia de reservas endógenas lábiles de tamaño considerable, como la hemoglobina y los dipéptidos musculares, que pueden amortiguar temporalmente una deficiencia de

His. Estas reservas pueden enmascarar deficiencias a corto plazo y contribuir a respuestas retardadas o no lineales ante la suplementación. Sin embargo, una vez que estas reservas se agotan, la His puede convertirse en un aminoácido limitante agudo para la síntesis de la proteína láctea (Wang et al., 2025). Los metaanálisis también indican que el aporte óptimo de His digestible para maximizar el rendimiento de la proteína láctea es finito y presenta una relación no lineal, lo que sugiere que la eficiencia de utilización de His disminuye cuando su aporte supera la demanda metabólica (Räisänen et al., 2023). Los análisis de regresión de estos autores revelaron respuestas no lineales de la IMS, la producción de leche y el rendimiento de proteína verdadera de la leche ante el incremento del aporte de mHis, y que la magnitud de la respuesta varía en función del método de suplementación, observándose generalmente mayores efectos cuando la His se administra por infusión en comparación con formas protegidas de la degradación ruminal. Además, se identificó una interacción con la energía, de modo que la eficiencia de utilización de la His disminuye a medida que aumenta la relación entre la His digestible y la energía neta de lactación (**ENL**), lo que evidencia que la utilización de aminoácidos está condicionada por el contexto energético y metabólico global (Räisänen et al., 2023).

BIODISPONIBILIDAD DE AMINOÁCIDOS PROTEGIDOS DE LA DEGRADACIÓN RUMINAL

La estimación precisa de la biodisponibilidad (**BD**) de los aminoácidos protegidos de la degradación ruminal (RPAA) sigue siendo una de las principales limitaciones para la implementación efectiva de sistemas de alimentación basados en aminoácidos en el vacuno lechero. La biodisponibilidad se define como la proporción de un aminoácido ingerido que escapa a la degradación ruminal, se digiere postruminalmente y está disponible para el metabolismo. En consecuencia, la BD depende tanto del escape ruminal (ER) como de la digestibilidad intestinal, y los errores en cualquiera de estos componentes afectan directamente las estimaciones del aporte de aminoácidos metabolizables (mAA).

Räisänen et al. (2020) evaluaron la BD de múltiples productos RPAA utilizando un método basado en el escape ruminal (in situ) combinado con la excreción fecal de aminoácidos no digeridos. La biodisponibilidad se calculó como el producto del ER y la digestibilidad postruminal. El estudio demostró una variabilidad sustancial entre productos, con valores de BD que oscilaron entre aproximadamente el 58 y el 76% para His, el 10 y el 67% para Lys y el 49 y el 92% para Met. Este amplio rango pone de manifiesto la fuerte influencia de la tecnología de protección y de las características del producto tanto sobre la estabilidad ruminal como de la liberación intestinal. Es importante destacar que, aunque los productos están diseñados para aportar los mismos aminoácidos digestibles, su contribución efectiva puede diferir considerablemente. Las diferencias en BD se deben principalmente a variaciones en el ER y en la digestibilidad intestinal, ambos influenciados por factores como el material de recubrimiento (p. ej., lipídico frente a polimérico), el tamaño de partícula y las propiedades fisicoquímicas del producto. Además, la BD basada en datos del fabricante difirió notablemente de la BD determinada experimentalmente para algunos RPAA, mientras que, para otros, fue similar.

Un estudio posterior de Räisänen et al. (2025) comparó directamente varias metodologías in vivo para estimar la BD, incluyendo enfoques basados en plasma [área bajo la curva (**AUC**) y respuesta a dosis plasmática (**PDR**)] y el método de aminoácidos libres fecales (**FFAA**). Las estimaciones de BD variaron considerablemente entre los métodos. El método AUC proporcionó valores relativos de BD más bajos (p. ej., ~45% para His, ~72% para Lys y 43 a 61% para Met), mientras que el método FFAA generó estimaciones más elevadas (p. ej., ~87% para His, ~75% para Lys y 67 a 91% para Met). A pesar de estas diferencias de magnitud, ambos métodos clasificaron los productos de forma similar, lo que indica que las comparaciones relativas entre productos son consistentes, aunque los valores absolutos difieran. El método PDR mostró una alta sensibilidad a las condiciones experimentales y produjo estimaciones poco realistas en ese estudio, lo que subraya la importancia de un control metodológico riguroso en enfoques basados en plasma.

Estos estudios demuestran que las estimaciones de la BD dependen del método empleado. Los métodos basados en plasma (p. ej., AUC, PDR) cuantifican la aparición de aminoácidos en circulación y, por tanto, proporcionan estimaciones relativas de biodisponibilidad, influenciadas por la cinética de absorción, la frecuencia de muestreo y la utilización metabólica de los aminoácidos. Por el contrario, los métodos basados en heces integran tanto el escape ruminal como la digestión intestinal, proporcionando estimaciones más próximas al aporte real de aminoácidos digestibles. No obstante, cada método presenta limitaciones. Los métodos plasmáticos pueden infraestimar la BD debido al metabolismo esplácnico de los aminoácidos absorbidos, mientras que los métodos fecales dependen de una estimación precisa del escape ruminal y de la recuperación completa de los aminoácidos no digeridos en las heces. Además, las diferencias en el diseño experimental (p. ej., estrategia de dosificación, frecuencia de alimentación) pueden influir significativamente en los resultados, especialmente en las técnicas basadas en plasma.

Desde un punto de vista práctico, la variabilidad en la BD entre productos y metodologías tiene implicaciones importantes para la formulación de dietas. El uso de valores de BD inexactos o no estandarizados puede conducir a una sobre- o infraestimación del aporte de mAA, generando respuestas productivas inconsistentes y una menor eficiencia de utilización del nitrógeno. Asimismo, estos datos refuerzan la idea de que los productos RPAA no pueden considerarse nutricionalmente equivalentes, incluso cuando están formulados para aportar el mismo aminoácido. En conjunto, la evidencia actual respalda la necesidad de estandarizar las metodologías in vivo y de mejorar la caracterización de los productos RPAA en condiciones prácticas de alimentación. Hasta que dicha estandarización se alcance,

se recomienda precaución al aplicar valores de BD entre estudios o al basarse exclusivamente en las especificaciones de los fabricantes.

CONCLUSIONES

Las estrategias nutricionales basadas en el N pueden tener un impacto significativo en la mejora de la eficiencia de utilización del nitrógeno (EUN), la reducción de la excreción urinaria de N y la mitigación de las emisiones ambientales de N en sistemas de producción lechera. No obstante, estas estrategias deben aplicarse con cautela, ya que un aporte inadecuado de N disponible en el rumen y de aminoácidos esenciales puede comprometer la fermentación ruminal y la síntesis de proteína microbiana (SPM), la ingesta de materia seca (IMS), la digestibilidad de la fibra y el rendimiento productivo global. Los modelos de nutrición proteica parecen no predecir con precisión las respuestas productivas a dietas bajas en proteína que suministran niveles de proteína metabolizable y de aminoácidos por debajo de los requerimientos actuales, por lo que futuras investigaciones deberían abordar estas limitaciones. El potencial de mejora de los sistemas de evaluación proteica es limitado hasta que se desarrollen métodos más precisos para determinar la degradabilidad ruminal de la proteína y la digestibilidad intestinal de la proteína no degradada en rumen (RUP). La nutrición basada en aminoácidos constituye un elemento central de las estrategias modernas de alimentación proteica en vacas lecheras en lactación. Entre los aminoácidos individuales, la Met, la Lys y la His desempeñan con frecuencia un papel limitante clave en la producción lechera, si bien sus respuestas dependen en gran medida de la composición de la dieta, el estadio de lactación, el suministro energético y la partición de nutrientes a nivel del organismo. La evidencia indica que el equilibrio de los aminoácidos limitantes en la dieta puede mejorar el rendimiento de proteína láctea y la EUN, al tiempo que reduce la dependencia de dietas con alto contenido en PB. Sin embargo, la aplicación práctica de estrategias de alimentación basadas en AA sigue limitada por la incertidumbre en la predicción del aporte de AA, especialmente en lo relativo a la degradabilidad ruminal de la proteína, la síntesis de proteína microbiana y los flujos individuales de aminoácidos hacia el intestino delgado. El desarrollo futuro dependerá de una mejor caracterización de la composición de AA en la dieta, de una predicción más precisa del aporte postruminal de aminoácidos de origen microbiano y alimentario, y del desarrollo de marcos nutricionales que integren de forma más eficaz la nutrición de aminoácidos con el metabolismo energético y el estado fisiológico del animal.

BIBLIOGRAFÍA

Agle, M., A. N. Hristov, S. Zaman, C. Schneider, P. Ndegwa, and V. K. Vaddella. 2010. The effects of ruminally degraded protein on rumen fermentation and ammonia losses from manure in dairy cows. J. Dairy Sci. 93 :1625–1637. https://doi:10.3168/jds.2009-2579

Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83:1598–1624.

Arshad, U., F. Penãgaricano, and H. White. 2024. Effects of feeding rumen-protected lysine during the postpartum period on performance and amino acid profile in dairy cows: A meta-analysis. J.of Dairy Sci. 107:4537–4557. https://doi.org/10.3168/jds.2023-24131

Arshad, U., M. G. Zenobi, C. R. Staples, and J. E. P. Santos. 2020. Meta-analysis of the effects of supplemental rumen-protected choline during the transition period on performance and health of parous dairy cows. J. Dairy Sci. 103:282–300. https://doi.org/10.3168/jds.2019-16842

Barros, T., M. A. Quaassdorff, M. A. Aguerre, J. J. Olmos Colmenero, S. J. Bertics, and M. A. Wattiaux. 2017. Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization. J. Dairy Sci. 100:5434–5448. https://doi.org/10.3168/jds.2016 -11917

Batistel, F., J. M. Arroyo, C. I. M. Garces, E. Trevisi, C. Parys, M. A. Ballou, F. C. Cardoso, and J. J. Loor. 2017. Ethyl-cellulose rumen-protected methionine alleviates inflammation and oxidative stress and improves neutrophil function during the periparturient period and early lactation in Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 101(1):480-490. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13185

Bell, A. W., W. S. Burhans, and T. R. Overton. 2000. Protein nutrition in late pregnancy, maternal protein reserves and lactation performance in dairy cows. Proceedings of the Nutrition Society. 59:119–126. https://doi.org/10.1017/s0029665100000148

Bougouin, A., A. N. Hristov, M.J. Aguerre, S. Ahvenjärvi, C. Arndt, A. Bannink, A.R. Bayat, C. Benchaar, T. Boland, W.E. Brown, L. A. Crompton, F. Dehareng, J. Dijkstra, I. Dufrasne, M. Eugene, E. Froidmont, S. van Gastelen, P. Garnsworthy, A. Halmemies-Beauchet-Filleau, S. Herremans, P. Huhtanen, M. Johansen, M. Kreuzer, B. Kuhla, F. Lessire, P. Lund, E.M.K. Minnee, C. Munoz, M. Niu, P. Noziere, D. Pacheco, E. Prestløkken, C. K. Reynolds, A. Sagaye, A. Schwarm, K. J. Shingfield, J.W. Spek, M. Terranova, A. Vanhatalo, M. Wattiaux, M.R. Weisbjerg, D. R. Yáñez-Ruiz, Z. Yu, and E. Kebreab. 2022. Prediction of nitrogen excretion from data on dairy cows fed a wide range of diets compiled in an intercontinental database: A meta-analysis. J. Dairy Sci. 105:7462-7481. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20885

Burciaga-Robles, L. O. 2009. Effects of bovine respiratory disease on immune response, animal performance, nitrogen balance, and blood and nutrient flux across the portal drained viscera in beef steers. PhD Diss. Department of Animal Sciences, Oklahoma State University, Stillwater.

Cyriac, J., A. G. Rius, M. L. McGilliard, R. E. Pearson, B. J. Bequette, and M. D. Hanigan. 2008. Lactation performance of mid-lactation dairy cows fed ruminally degradable protein at concentrations lower than National Research Council recommendations. J. Dairy Sci. 91:4704–4713. https://doi:10.3168/jds.2008-1112

Flachowsky, G., U. Meyer, and K-H. Südekum. 2017. Land Use for Edible Protein of Animal Origin—A Review. Animals 25. https://doi:10.3390/ani7030025

Giallongo, F., A. N. Hristov, J. Oh, T. Frederick, H. Weeks, J. Werner, H. Lapierre, R. A. Patton, A. Gehman, and C. Parys. 2015. Effects of slow-release urea and rumen-protected methionine and histidine on performance of dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet. J. Dairy Sci. 98:3292–3308.

Giallongo, F., M. Harper, J. Oh, J. Lopes, H. Lapierre, R. A. Patton, I. Shinzato, C. Parys, and A. N. Hristov. 2016. Effects of rumen-protected methionine, lysine and histidine on lactation performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 99:4437-4452.

Giallongo, F., M. T. Harper, J. Oh, C. Parys, I. Shinzato, and A. N. Hristov. 2017. Effects of a histidine-deficient diet on lactational performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 100:2784–2800.

Hanno, S. L., T. M. Casey, H. R. Oliveira, and J. P. Boerman. 2025. Assessment of skeletal muscle dynamics and milk production across a 300-day lactation in multiparous dairy cattle. J. Dairy Sci. 108:1092–1102. https://doi.org/10.3168/jds.2024-25197

Harper, M. T., J. Oh, A. Melgar, K. Nedelkov, S. Räisänen, X. Chen, C. M. M. R. Martins, M. Young, T. L. Ott, D. M. Kniffen, R. A. Fabin, and A. N. Hristov. 2019. Production effects of feeding extruded soybean meal to early-lactation dairy cows. J. Dairy Sci. 102:8999-9016. https://doi:10.3168/jds.2019-16551

Higgs, R. J., L. E. Chase, D. A. Ross, and M. E. Van Amburgh. 2015. Updating the Cornell Net Carbohydrate and Protein System feed library and analyzing model sensitivity to feed inputs. J. Dairy Sci. 98:6340–6360. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9379

Hristov, A. N. E. Kebreab, M. Niu, J. Oh, A. Bannink, A. R. Bayat, T. M. Boland, A. F. Brito, D. P. Casper, L. A. Crompton, J. Dijkstra, M. Eugène, P. C. Garnsworthy, N. Haque, A. L. F. Hellwing, P. Huhtanen, M. Kreuzer, B. Kuhla, P. Lund, J. Madsen, C. Martin, P. J. Moate, S. Muetzel, C. Muñoz, N. Peiren, J. M. Powell, C. K. Reynolds, A. Schwarm, K. J. Shingfield, T. M. Storlien, M. R. Weisbjerg, D. R. Yáñez-Ruiz, and Z. Yu. 2018a. Symposium review: Uncertainties in enteric methane inventories, measurement techniques, and prediction models. J. Dairy Sci. 101:6655–6674; https://doi.org/10.3168/jds.2017-13536

Hristov, A. N., M. Hanigan, A. Cole, R. Todd, T. A. McAllister, P. M. Ndegwa, and A. Rotz. 2011. Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots: A review. Can. J. Anim. Sci. 91:1-35.

Hristov, A. N., M. Harper, J. Oh, F. Giallongo, J. C. Lopes, G. Cudoc, J. Clay, R. Ward, and L. E. Chase. 2018b. Short communication: Variability in milk urea nitrogen and dairy total mixed ration composition in the northeastern United States. J. Dairy Sci. 101:1579–1584. https://doi.org/10.3168/jds.2017-12925

Hristov, A. N., P. Huhtanen, G. van Duinkerken, and D. Pacheco. 2026. Invited review: Perspectives on nitrogen in dairy cattle nutrition. J. Dairy Sci. 109:2074–2107. https://doi.org/10.3168/jds.2025-27276

Hristov, A. N., W. Hazen, and J. W. Ellsworth. 2006. Nitrogen, phosphorus, and potassium balance and potentials for reducing phosphorus imports in Idaho dairy farms. J. Dairy Sci. 89:3702-3712.

Hristov, A. N., W. J. Price, and B. Shafii. 2004. A meta-analysis examining the relationship among dietary factors, dry matter intake, and milk yield and milk protein yield in dairy cows. J. Dairy Sci. 87:2184-2196. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.657936

Huhtanen, P., and A. N. Hristov. 2009. A meta-analysis of the effects of protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. J. Dairy Sci. 92:3222–3232.

Huhtanen, P., E. H. Gabezas-Garcia, S. J. Krizsan, and K. J. Shingfield. 2015. Evaluation of between-animal variation in milk urea and rumen ammonia nitrogen concentrations and the association with nitrogen utilization, urinary nitrogen excretion, and diet digestibility in lactating cows. J. Dairy Sci. 98:3182–3196.

Huo W, Lin Y, Wang C and Deng H. 2025. Methionine and its derivatives in dairy cow nutrition: implications for intestinal barrier function, periparturient performance, and metabolic health. Front. Vet. Sci. 12:1664853. https://doi:10.3389/fvets.2025.1664853

Kebreab, E., J. France, J. A. N. Mills, R. Allison, and J. Dijkstra. 2002. A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of impact of N excretion on the environment. J. Anim. Sci. 80:248-259.

Kim, C.-H., J. J. Choung, and D. G. Chamberlain. 1999. Determination of the first limiting amino acid for milk production in dairy cows consuming a diet of grass silage and a cereal-based supplement containing feather meal. Journal of the Science of Food and Agriculture. 79:1703–1708. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199909)79:12%3C1703::AID-JSFA424%3E3.0.CO;2-5

Larsen, M., H. Lapierre, and N. B. Kristensen. 2014. Abomasal protein infusion in postpartum transition dairy cows: Effect on performance and mammary metabolism. J. Dairy Sci. 97:5608–5622. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7247

Lavery, A., A. Craig, A. W. Gordon, A. White, N. Barkley, and C. P. Ferris. 2025. Reducing dietary crude protein levels while meeting metabolizable protein requirements: Performance of dairy cows over a full lactation period. J. Dairy Sci. 108:1451–1473. https://doi.org/10.3168/jds.2024-25405

Lee, C., A. N. Hristov, K. S. Heyler, T. W. Cassidy, H. Lapierre, G. A. Varga, and C. Parys. 2012a. Effects of metabolizable protein supply and amino acids supplementation on nitrogen utilization, production and ammonia emissions from manure in dairy cows. J. Dairy Sci. 95:5253–5268.

Lee, C., A. N. Hristov, K. S. Hyler, T. W. Cassidy, M. Long, B. A. Corl, and S. K. R. Karnati. 2011a. Effects of dietary protein concentration and coconut oil supplementation on nitrogen utilization and production in dairy cows. J. Dairy Sci. 94:5544–5557. https://doi:10.3168/jds.2010-3889

Lee, C., A. N. Hristov, T. Cassidy, and K. Heyler. 2011b. Nitrogen isotope fractionation and origin of ammonia nitrogen volatilized from cattle manure in simulated storage. Atmosphere 2:256-270; https://doi:10.3390/atmos2030256

Lee, C., A. N. Hristov, T. W. Cassidy, K. S. Heyler, H. Lapierre, G. A. Varga, M. J. de Veth, R. A. Patton, and C. Parys. 2012b. Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed metabolizable protein-deficient diet. J. Dairy Sci. 95:6042–6056. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5581

Li, X., Z. Lv, X. Wang, M. He, D. Bu, and L. Xu. 2026. An updated hierarchical 3-level meta-analysis of the effects of supplemental lysine on lactational performance in dairy cows and the associated influencing factors. J. Dairy Sci. TBC. https://doi.org/10.3168/jds.2025-27464

Lobos, N.E., M.A. Wattiaux, and G.A. Broderick. 2021. Effect of rumen-protected lysine supplementation of diets based on corn protein fed to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 104:6620–6632. https://doi.org/10.3168/jds.2020-19835

Loor, J.J., V. Lopreiato, V. Palombo, and M. D'Andrea. 2023. Physiological impact of amino acids during heat stress in ruminants. Animal Frontiers, 13:69–80. https://doi.org/10.1093/af/vfad052

Martineau, R., D. R. Ouellet, D. Pellerin, P. A. LaPierre, M. E. Van Amburgh, G. E. Lobley, and H. Lapierre. 2025. Net portal appearance used to assess feed evaluation system predictions of the digestive flow and gut metabolism of essential amino acids in dairy cows: A meta-analysis. J. Dairy Sci. 108:4906–4933. Doi: 10.3168/jds.2024-25987.

Martins, L. F., C. V. Almeida, Y. Kim, R. A. Patton, and A. N. Hristov. 2025. Evaluation of ruminal outflow of protein and nitrogen fractions, and total and individual essential amino acids predictions by nutritional models in dairy cattle. J. Dairy Sci. 108:10900–10920. https://doi.org/10.3168/jds.2025-26375

Martins, L. F., Wasson, D. E., and Hristov, A. N. 2022. Feeding dairy cows for improved metabolism and health. Animal Frontiers. 12:29–36. https://doi.org/10.1093/af/vfac059

Melgar, A., M. T. Harper, J. Oh, F. Giallongo, M. E. Young, T. L. Ott, S. Duval, and A. N. Hristov. 2020. Effects of 3-nitrooxypropanol on rumen fermentation, lactational performance, and the resumption of ovarian cyclicity in dairy cows. J. Dairy Sci. 103:410–432. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17085

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ed. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/25806

NRC (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Oh. J., M. T. Harper, A. Melgar, S. Räisänen, X. Chen, K. Nedelkov, M. Fetter, T. Ott, E. H. Wall, and A. N. Hristov. 2021. Dietary supplementation with rumen-protected capsicum during the transition period improves metabolic status of dairy cows. J. Dairy Sci. 104:11609-11620. https://doi.org/10.3168/jds.2020-19892

Ørskov, E. R., G. W. Reid, and C. A. G. Tait. 1987. Effect of fish meal on the mobilization of body energy in dairy cows. Animal Production 45:345–348. https://doi.org/10.1017/S000335610000283X

Powell, J. M., and C. A. Rotz. 2015. Measures of nitrogen use efficiency and nitrogen loss from dairy production sys-

tems. J. Environ. Qual. 44:336–344. doi:10.2134/jeq2014.07.0299

Prestegaard-Wilson, J. M., V. L. Daley, T. A. Drape, and M. D. Hanigan. 2021. A survey of United States dairy cattle nutritionists' practices and perceptions of reducing crude protein in lactating dairy cow diets. Appl. Anim. Sci. 37:697–709. https://doi.org/10.15232/aas.2021-02179

Räisänen, S. E., C. M. M. R. Martins, K. Nedelkov, J. Oh, M. T. Harper, A. Melgar, X. Chen, C. Parys, R. A. Patton, M. Miura, A. N. Hristov. 2020. Bioavailability of rumen-protected methionine, lysine and histidine assessed by fecal amino acid excretion. Anim. Feed Sci. Technol. 268:114595. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114595

Räisänen, S. E., D. E. Wasson, S. F. Cueva, T. Silvestre, and A. N. Hristov. 2025. Bioavailability of rumen-protected histidine, lysine, and methionine assessed using different in vivo methods. J. Dairy Sci. 108:538–552. https://doi.org/10.3168/jds.2024-25437

Räisänen, S. E., H. Lapierre, W. Price, and A. N. Hristov. 2023. Lactational performance effects of supplemental histidine in dairy cows: A meta-analysis. J. Dairy Sci. 106:6216-6231. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22966

Reynal, S. M., and G. A. Broderick. 2005. Effect of dietary level of rumen-degraded protein on production and nitrogen metabolism in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 88:4045–4064.

Richards, A. T., L. F. Martins, and A. N. Hristov. 2024. Comparative analysis of NRC (2001) and NASEM (2021) models for predicting feed intake, milk production, and enteric methane emission in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 107 (Suppl. 1):382.

Schwab, C. G., and G. A. Broderick. 2017. A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. J. Dairy Sci. 100:10094–10112. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320

Seleem, M. S., Z. H. Wu, C. Q. Xing, Y. Zhang, M. D. Hanigan, and D. P. Bu. 2024. Effects of rumen-encapsulated methionine and lysine supplementation and low dietary protein on nitrogen efficiency and lactation performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 107:2087–2098. https://doi.org/10.3168/jds.2023-23404

Van Amburgh, M. E., E. A. Collao-Saenz, R. J. Higgs, D. A. Ross, E. B. Recktenwald, E. Raffrenato, L. E. Chase, T. R. Overton, J. K. Mills, and A. Foskolos. 2015. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. J. Dairy Sci. 98:6361–6380. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9378

Vanhatalo, A., P. Huhtanen, V. Toivonen, and T. Varvikko. 1999. Response of dairy cows fed grass silage diets to abomasal infusions of histidine alone or in combinations with methionine and lysine. J. Dairy Sci. 82:2674–2685. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75524-4

Wang, X., J. Wang, P. Li, H. Sun, X. Li, H. Zhan, M. He, S. Zhang, D. Bu, and L. Xu. 2025. An updated meta-analysis of influences of animal, dietary, and operational factors on the effects of supplemental methionine on lactational performances in dairy cows. J. Dairy Sci. 108:7091–7108. https://doi.org/10.3168/jds.2024-25995

Weiss, W. P. 2024. Perspective and Commentary: Use of soy-based feedstuffs in low-alfalfa, high–corn silage diets for dairy cows. Applied Animal Science 40:478–486. https://doi.org/10.15232/aas.2024-02563

Weston, A. H., I. A. M. A. Teixeira, P. S. Yoder, T. Pilonero, and M. D. Hanigan. 2024 Valine and nonessential amino acids affect bidirectional transport rates of leucine and isoleucine in bovine mammary epithelial cells. J. Dairy Sci. 107:2026–2046. https://doi.org/10.3168/jds.2023-23447

Wilkinson, J.M., 2011. Re-defining efficiency of feed use by livestock. Animal, Volume 5, Issue 7, 1014-1022. https://doi.org/10.1017/S175173111100005X

Xu, L., M. He, J. Wang, P. Li, Y. Wang, X. Wang, and D. Bu. 2026. A hierarchical 3-level meta-analysis of the effects of supplemental histidine on lactational performance in dairy cows and the associated influencing factors. J. Dairy Sci. 109:265–278. https://doi.org/10.3168/jds.2025-26799

Zanton, G. I. 2016. Analysis of production responses to changing crude protein levels in lactating dairy cow diets when evaluated in continuous or change-over experimental designs. J. Dairy Sci. 99:4398–4410. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10438

Zanton, G. I., and M. Z. Toledo. 2024. Systematic review and meta-analysis of dairy cow responses to rumen-protected methionine supplementation before and after calving. J. Dairy Sci. 5:293–298. https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0512

Zanton, G. I., G. R. Bowman, M. Vázquez-Añon, and L. M. Rode. 2014. Meta-analysis of lactation performance in dairy cows receiving supplemental dietary methionine sources or postruminal infusion of methionine. J. Dairy Sci. 97:7085–7101. https://doi.org/10.3168/jds.2014-8220

MODULACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DEL ENSILADO PARA MINIMIZAR PÉRDIDAS Y LA PRESENCIA DE MICROORGANISMOS INDESEABLES

Dr. Luiz F. Ferraretto

Departamento de Ciencias Animales y Lácteas, Universidad de Wisconsin-Madison, Madison, WI.

El ensilado constituye un ingrediente fundamental en la alimentación de bovinos de carne y de bovinos lecheros en numerosas regiones del mundo. Aunque el ensilado es un método bien establecido para la conservación de forrajes, los productores se enfrentan a una amplia variedad de desafíos a la hora de producir, cosechar y almacenarlos en condiciones óptimas. Dichos desafíos dificultan una fermentación adecuada del ensilado, incrementan las pérdidas de materia seca (MS) y favorecen la contaminación del ensilado con micotoxinas, reduciendo, además, el valor nutritivo de los forrajes ensilados. Las pérdidas de MS y de nutrientes se producen durante las fases de producción, fermentación y suministro del ensilado. Aunque algunas pérdidas son inevitables, una gestión deficiente puede incrementar las pérdidas de MS hasta un 60 %, lo que finalmente puede traducirse en una menor eficiencia alimentaria, ya que cada unidad porcentual de MS perdida representa una unidad porcentual de alimento que no puede transformarse en productos de origen animal. Se estima que la pérdida de MS durante la producción y conservación de forrajes supone costes superiores a mil millones de dólares a nivel mundial. Incluso en ensilados correctamente gestionados, las levaduras y los mohos que sobreviven a la fermentación anaerobia pueden proliferar rápidamente tras la apertura del silo, lo que reduce la estabilidad aeróbica. Además, el recuento de mohos en el ensilado se correlaciona positivamente con las pérdidas de MS.

Cuando el silo alcanza un estado de anaerobiosis, los microorganismos facultativos y estrictamente anaerobios proliferan y fermentan el sustrato disponible, especialmente los azúcares solubles. En condiciones ideales, las bacterias ácido-lácticas fermentan estos azúcares, produciendo ácido láctico y ácido acético, lo que provoca una disminución del pH y permite alcanzar una fase estable de fermentación del ensilado. Sin embargo, en condiciones menos favorables (por ejemplo, la presencia de oxígeno, forrajes con elevada capacidad tampón o escasa disponibilidad de sustratos fermentables para las bacterias), otros microorganismos indeseables, como los clostridios, las enterobacterias y las levaduras, pueden proliferar durante la fase inicial de fermentación del ensilado, lo que incrementa las pérdidas. En estas circunstancias, puede ser beneficioso para los ganaderos el uso de inoculantes bacterianos homofermentativos, que contienen bacterias (por ejemplo, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus casei*, *Enterococcus faecium* y especies de *Pediococcus*) que producen casi exclusivamente ácido láctico y han demostrado mejorar la recuperación de MS y reducir eficazmente el pH del ensilado, al tiempo que promueven una rápida acidificación que contribuye a reducir la fermentación clostridial. La fermentación clostridial se asocia con una reducción del consumo de alimento y con problemas sanitarios en los rumiantes. Un posible inconveniente de este tipo de inoculantes es la disminución de la estabilidad aeróbica.

La evaluación de los cambios que se producen tras la exposición al oxígeno durante el suministro del ensilado resulta igualmente crucial para la preservación de los nutrientes y la higiene del ensilado. Incluso en ensilados correctamente gestionados, las levaduras y los mohos que sobreviven a la fermentación anaerobia pueden proliferar rápidamente tras la apertura del silo. Además del efecto directo derivado de la pérdida de la MS y de los nutrientes, el ensilado deteriorado o los microorganismos responsables de su deterioro pueden tener otros efectos negativos sobre los rumiantes, como la disminución de la palatabilidad, la reducción del rendimiento productivo o las alteraciones del estado sanitario. Algunos de estos efectos están relacionados con la proliferación en el ensilado de microorganismos potencialmente patógenos u otros microorganismos indeseables, incluida la producción de micotoxinas. Los inoculantes bacterianos heterofermentativos, que contienen bacterias (por ejemplo, *Lentilactobacillus buchneri*) capaces de producir tanto ácido láctico como ácido acético, constituyen una herramienta eficaz para reducir las poblaciones de levaduras y mohos y mejorar la estabilidad aeróbica del ensilado.

Palabras clave: ensilado, inoculantes bacterianos, estabilidad aeróbica.

OPTIMIZACIÓN DEL PAPEL DEL ALMIDÓN COMO FUENTE DE ENERGÍA EN VACAS LECHERAS

Dr. Luiz F. Ferraretto

Departamento de Ciencias Animales y Lácteas, Universidad de Wisconsin-Madison, Madison, WI.

El almidón es el principal carbohidrato de almacenamiento de los cereales y constituye un factor muy importante en la formulación de dietas, así como un tema de debate entre los nutricionistas especializados en productos lácteos. Esto se debe principalmente a la rápida tasa de degradación ruminal y, en consecuencia, a la alta disponibilidad de precursores energéticos como la glucosa. El almidón puede fermentarse rápidamente por los microorganismos del rumen y convertirse en ácidos grasos volátiles, con predominio del propionato. El propionato se absorbe en el torrente sanguíneo, se transporta al hígado y se utiliza como precursor para la síntesis de la glucosa. Si no se digiere en el rumen, el almidón llega al intestino delgado, donde la mayor parte se convierte directamente en glucosa por la acción de la amilasa pancreática. Por lo tanto, a pesar de que las vacas lecheras no tienen necesidades de almidón establecidas, la suplementación con almidón afecta directamente al aporte de glucosa y, en consecuencia, al rendimiento lácteo de las vacas lecheras.

Las respuestas de las vacas a la concentración de almidón en la dieta varían a lo largo de las distintas fases de la lactación. En general, los resultados de los estudios que evalúan los efectos de la concentración y la digestibilidad del almidón en la dieta durante el inicio de la lactancia son inconsistentes. Una diferencia inferior al 10 % en la concentración de almidón entre la dieta de las vacas en el periodo de preparto cercano (close-up) y la de las vacas recién paridas puede considerarse un buen punto de partida. No obstante, cuando se suministran fuentes de almidón altamente fermentables, como el maíz de alta humedad, a vacas recién paridas, este enfoque puede resultar insuficiente. En estos casos, se recomienda formular raciones con una baja concentración de almidón en la dieta (21–22 % de la MS). Además, para los nutricionistas que opten por formular dietas con mayor concentración de almidón, se sugiere aplicar un incremento progresivo (“step-up”) para minimizar la incidencia de acidosis ruminal subaguda. La concentración y la digestibilidad del almidón en la dieta influyen positivamente en la producción de leche y de sus componentes en vacas en pico y a mitad de lactación. No obstante, es importante señalar que una concentración excesiva de almidón en la dieta, así como una digestibilidad demasiado elevada, pueden reducir el contenido de grasa de la leche, disminuir el pH ruminal y afectar negativamente a la digestibilidad de la fibra. Por ello, se recomienda formular las raciones teniendo en cuenta un equilibrio adecuado entre la concentración de almidón en la dieta, la fibra físicamente efectiva (o una combinación adecuada de FDN procedente de forrajes y del tamaño de partícula) y la digestibilidad de las fuentes de almidón. Durante la fase final de la lactación, un aporte excesivo de almidón puede desplazar la partición energética hacia la ganancia de peso corporal, incrementando la acumulación de grasa corporal. Por lo tanto, puede resultar beneficioso recurrir a otras fuentes energéticas.

La digestibilidad del almidón varía según la materia prima, y un aumento de dicha digestibilidad puede traducirse en una mejor utilización de los nutrientes y una reducción de los costes de alimentación. Diversas estrategias pueden emplearse para aumentar la digestibilidad del almidón de ingredientes específicos. Una mejor comprensión de los factores que afectan a la disponibilidad y la digestión del almidón, en particular a nivel ruminal, puede permitir la formulación de raciones más eficientes y económicamente competitivas. Sin embargo, para comprender y mejorar la digestión del almidón en vacas lecheras, los especialistas en nutrición deben conocer determinados aspectos relacionados con las propiedades físicas y químicas del grano de maíz. Existen varios factores que pueden alterar la digestibilidad del almidón del maíz, entre ellos el tamaño medio de partícula, la vitreosidad del endospermo, la humedad en el momento de la cosecha y la duración del proceso de ensilado. Dado que la digestibilidad total del almidón en el tracto digestivo puede variar (entre 70 y 100 % del almidón ingerido), se recomienda realizar evaluaciones en la propia explotación, como la determinación de almidón fecal y el seguimiento de la digestibilidad de los ingredientes utilizados en la ración.

Aunque en algunas zonas la reducción del contenido de almidón en la dieta puede disminuir el coste por unidad de MS, se recomienda evaluar el margen económico respecto al coste de la alimentación (income over feed cost). La evaluación, en la explotación, de la digestibilidad del almidón de la dieta y de los alimentos ricos en almidón constituye una herramienta práctica para optimizar su utilización.

Palabras clave: almidón, digestibilidad, rendimiento en lactación.

DIAGNÓSTICO DE LA MASTITIS AMBIENTAL Y SU RELACIÓN CON EL MATERIAL DE CAMA: EVALUACIÓN, MUESTREO Y SOLUCIONES

Dra. Zyncke Lipkens

Especialista en ordeño y salud de la ubre

Estudios recientes confirman que la mastitis sigue siendo una de las enfermedades de mayor importancia económica en la producción lechera, causando pérdidas sustanciales en las explotaciones europeas debido a la reducción de la producción de leche, la leche descartada, los costes de tratamiento y el sacrificio de animales. Aunque se han logrado avances significativos en el control de patógenos contagiosos mediante la mejora de la higiene en el ordeño y la gestión, la mastitis causada por patógenos ambientales continúa representando un desafío importante en los rebaños lecheros modernos.

En Flandes (Bélgica), el análisis por PCR de 835 muestras de leche de tanque de explotaciones comerciales en 2025 (kit PathoProof® Complete 16; Milk Control Center Flanders, Lier) reveló una alta prevalencia de patógenos ambientales, siendo *Streptococcus uberis* (72%), *Streptococcus dysgalactiae* (62%) y *Enterococcus* spp. (60%) los más frecuentemente detectados. A nivel de vaca, el cultivo bacteriológico convencional de muestras de leche por cuartos procedentes de casos clínicos de mastitis identificó como patógenos predominantes a *Escherichia coli* (19,8%), a estafilococos no *aureus* (18,8%) y a *Streptococcus uberis* (16,5%). Estos resultados demuestran que los patógenos ambientales no solo están ampliamente presentes a nivel de rebaño, sino que también se sitúan de forma consistente entre los principales agentes causantes de la mastitis clínica, lo que subraya la importancia de dirigir las medidas de control hacia estas bacterias.

El control eficaz de la mastitis ambiental requiere una evaluación integral del entorno de la vaca, incluyendo la limpieza del animal, la técnica de ordeño y la gestión del material de cama. El uso de sistemas de evaluación (scoring) objetivos proporciona un método consistente y repetible para evaluar los principales factores de riesgo, además de facilitar una comunicación estructurada y constructiva entre asesores y ganaderos.

Para la evaluación de la higiene, existen varios sistemas de puntuación validados, incluidos los desarrollados por el National Mastitis Council. En contraste, la evaluación cuantitativa del material de cama sigue siendo más compleja. Para apoyar intervenciones específicas, desarrollamos en el año 2024 una prueba de cribado bacteriológico que incorpora valores umbral para distintos tipos de cama (serrín, paja, arena y sólidos reciclados de estiércol) y para cuatro grupos bacterianos (coliformes, *Klebsiella* spp., estreptococos y organismos similares a estreptococos, y estafilococos). Estos valores umbral se establecieron a partir de una revisión de la literatura y actualmente se están evaluando y refinando.

Conclusión

Los patógenos ambientales siguen siendo un factor clave en la aparición de la mastitis en los rebaños lecheros modernos. Un enfoque estructurado que combine la evaluación de la higiene y el monitoreo bacteriológico del material de cama puede servir de apoyo a intervenciones dirigidas. El uso de herramientas prácticas, como la prueba de cribado desarrollada, puede mejorar la salud de la ubre y contribuir a una producción lechera más sostenible.

Bibliografía

- Ferraz et al. 2020: https://doi.org/10.3168/jds.2020-18318
- Hohmann et al., 2020: https://doi.org/10.3390/ani10091647
- Patel et al., 2019: https://doi.org/10.3168/jds.2019-16692
- Rowe et al., 2019: https://doi.org/10.3168/jds.2019-1707
- Stanek et al., 2024: https://doi.org/10.3390/agriculture14081292

LA MASTITIS AMBIENTAL EN LA PRÁCTICA: CASOS DE CAMPO Y DIAGNÓSTICO

Dr. Zyncke Lipkens

Especialista en ordeño y salud de la ubre

La mastitis ambiental es una enfermedad multifactorial en la que las condiciones de la explotación desempeñan un papel central. Esta presentación aplica los principios de diagnóstico a la práctica mediante casos reales, centrándose en la puntuación de la higiene y el análisis del material de cama como factores de riesgo clave y puntos de intervención.

La puntuación de la higiene es una herramienta práctica y objetiva para valorar la limpieza de las vacas e identificar factores de riesgo de la mastitis ambiental. La evaluación sistemática de la limpieza de la ubre, los flancos y los pezones proporciona información sobre la exposición bacteriana en el pezón y favorece una comunicación constructiva con los ganaderos. Incluso en rebaños bien gestionados, la puntuación de la higiene suele revelar una marcada variabilidad entre animales y pone de manifiesto oportunidades de mejora.

Además de la higiene de las vacas, la higiene durante el ordeño sigue siendo esencial para el control de la mastitis ambiental. Una preparación inadecuada de los pezones, una limpieza insuficiente del equipo de ordeño o rutinas de ordeño irregulares pueden aumentar la carga bacteriana en la piel de los pezones y facilitar la aparición de infecciones. Por ello, la evaluación de los procedimientos de ordeño debe incluirse siempre en un enfoque diagnóstico integral.

El valor del análisis de los materiales de lecho se demuestra mediante varios casos prácticos. Estos casos muestran cómo un muestreo dirigido, la correcta interpretación de los resultados bacteriológicos y su integración con las observaciones en la explotación permiten una identificación más precisa de las fuentes de infección.

Conclusión

El análisis bacteriológico del material de cama es una herramienta valiosa para identificar fuentes ambientales de mastitis y apoyar intervenciones específicas. Su interpretación debe integrarse con información a nivel de rebaño, incluidos los factores ambientales y de manejo. Se necesita más experimentación sobre el terreno para ajustar los valores umbral y optimizar su uso en la gestión rutinaria de los rebaños.

LA CARNE BOVINA TROPICAL: BASES GENÉTICAS, SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y LÍMITES ESTRUCTURALES DE CALIDAD EN EL CONTEXTO DE LOS MERCADOS INTERNACIONALES

Dra. María de la Salud Rubio Lozano

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México

1. Introducción

La producción de carne bovina en regiones tropicales representa hoy más de la mitad del total mundial. Países como Brasil, México y Australia desempeñan un papel central como proveedores actuales y futuros de proteína animal para un mundo en crecimiento. Sin embargo, a pesar de su importancia cuantitativa, la carne bovina tropical continúa siendo un concepto poco definido desde el punto de vista técnico y científico.

El debate internacional sobre la carne bovina tropical suele centrarse casi exclusivamente en el volumen de producción y en el bajo coste, dejando en segundo plano los factores biológicos y productivos que condicionan la calidad de la carne. Esta visión parcial ha contribuido a generar la percepción de que la carne tropical puede competir directamente con la carne producida en regiones templadas, especialmente en mercados exigentes como el europeo.

El objetivo de este trabajo es analizar en profundidad qué se entiende por carne bovina tropical, cómo se produce, cuáles son sus bases genéticas y productivas, y por qué existen limitaciones estructurales de calidad que la diferencian claramente de la carne producida en sistemas templados dominados por Bos taurus.

2. Calidad de la carne y factores que la modifican

La calidad de la carne puede definirse como la capacidad de un producto para satisfacer las expectativas del consumidor (ISO, 9000). En el caso de la carne bovina, estas expectativas se centran principalmente en la calidad sensorial, que incluye color, suavidad (terneza), aroma, sabor y jugosidad. Numerosos estudios han demostrado que el consumidor europeo, y particularmente el español, penaliza de forma significativa la carne dura, oscura o con variabilidad excesiva entre piezas (Verbeke et al., 2010; Font-i-Furnols & Guerrero, 2014). A diferencia de muchos mercados tropicales, donde la carne suele destinarse a cocciones prolongadas, el consumidor español demanda cortes aptos para preparaciones rápidas, lo que exige altos niveles de terneza intrínseca.

Estos atributos sensoriales no dependen de un único factor, sino de un complejo entramado de variables relacionadas con la genética del animal, el sexo, la edad a la matanza, la alimentación y el manejo previo y posterior a la faena en el matadero. Desde esta perspectiva, la calidad de la carne no puede evaluarse de manera aislada del sistema productivo que la genera.

La base genética constituye uno de los mas importantes pilares, una clave estructural importante en la calidad de la carne. Numerosos estudios confirman que la carne de *Bos indicus* es, en promedio, menos tierna que la de *Bos taurus*, incluso tras procesos de maduración (Whipple et al., 1990; Shackelford et al., 1994).

Otros pilares fundamentales que influyen en la calidad del producto final son el sexo, la edad y el alimento y la duración de la etapa de engorde final del animal. El sexo del animal influye de manera significativa tanto en la producción como en la calidad de la carne. Las hembras y los machos jóvenes castrados (novillos) tienden a producir carne más suave y con mayor contenido de grasa intramuscular en comparación con machos enteros (toretes), llevando a los primeros a tener mejoras significativas en la calidad de su carne. En la mayoría de los sistemas tropicales, es común la matanza de machos sin castrar y hembras viejas (reproductoras), lo cual tiene implicaciones negativas sobre la calidad sensorial, particularmente en términos de suavidad.

En cuestión de la alimentación, hay grandes diferencias entre animales producidos en pastoreo extensivo y aquellos terminados en corrales de engorda. En los sistemas de pastoreo los animales suelen ir al matadero a mayor edad con lo que se aumenta la concentración de mioglobina, oscureciendo el color de la carne (Renerre, 1990; Lanari et al., 2002), y la grasa presenta una coloración amarilla debido al alto contenido de carotenos (con un periodo en alimentación con grano de mas de 45 días la grasa se torna color crema, Forrest, 1981); además de que la suavidad de la carne disminuye por el aumento en la insolubilidad del colágeno. Todo esto aunque no afecta el valor nutricional sí condiciona la aceptación comercial en muchos mercados.

Otros factores como el uso de promotores de crecimiento (como el zilpaterol que afecta endureciendo la carne y el cual es muy usado en México, Nicaragua y Brasil), la maduración de la carne (efecto positivo en calidad y poco usada en sistemas tropicales), el tipo y temperatura de cocinado y otros muchos, influyen tambien en la calidad final del producto.

3. Carne Tropical

Las regiones tropicales se extienden entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (±23,5°), abarcan aproximadamente el 36 % de la superficie terrestre e incluyen más de 130 países. En ellas vive alrededor del 43 % de la población mundial, mayoritariamente en países en vías de desarrollo (ONU, 2020). Desde el punto de vista climático, estas regiones se caracterizan por: temperaturas medias elevadas durante todo el año, alta humedad relativa en muchas zonas, estacionalidad marcada de las lluvias y estrés térmico crónico para el ganado. Estas condiciones han determinado tanto el tipo de ganado utilizado como los sistemas de producción predominantes.

Uno de los principales factores que diferencia la carne tropical de la carne europea es la base genética del ganado. En las regiones tropicales, la producción se sustenta mayoritariamente en razas *Bos indicus*, que representan alrededor del 80 % de la base genética de los paises. Razas como Nellore, Guzerat, Gyr e Indubrasil presentan claras ventajas adaptativas, pero también limitaciones estructurales de calidad. Aunque estas razas están extraordinariamente adaptadas a condiciones ambientales adversas, presentan desventajas claras en términos de calidad como el menor marmoleo, mayor contenido de colágeno termoestable y menor terneza, incluso tras procesos de maduración.

Por otro lado, la producción bovina europea se basa mayoritariamente en razas *Bos taurus*, en España en particular en razas tanto autóctonas (Avileña-Negra Ibérica, Retinta, Rubia Gallega, Morucha) como especializadas en carne (Charolais, Limousin, Angus), así como en cruzamientos industriales bien definidos. Estas razas se caracterizan por madurez sexual más temprana, mayor capacidad de deposición de grasa intramuscular, mejor conformación de la canal y mayor suavidad de la carne.

Para mejorar la calidad de la carne, los sistemas tropicales han incorporado cruzamientos con razas *Bos taurus* (Angus, Hereford, Charolais, Limousin) y razas sintéticas como Brangus, Braford o Santa Gertrudis. Estos cruzamientos permiten mejorar la conformación de la canal, incrementar la suavidad y reducir la edad a la matanza. Sin embargo, existe un límite claro: a mayor proporción de Bos taurus, menor adaptabilidad al trópico, lo que impide una sustitución completa de la base genética cebú (Felicio et al., 2010).

En las regiones tropicales, la selección genética ha priorizado históricamente la adaptación al ambiente por encima de la calidad de la carne. Las presiones selectivas han favorecido animales capaces de resistir altas temperaturas, tolerar sequías y forrajes fibrosos, resistir parásitos y enfermedades endémicas y mantener la reproducción en condiciones adversas. Estas características definen a las razas *Bos indicus*, que constituyen la base genética de la producción bovina tropical.

Por otra parte, la producción bovina tropical se basa mayoritariamente en sistemas extensivos de pastoreo, con animales criados sobre grandes superficies y alimentados principalmente con pasturas naturales o introducidas de calidad nutricional limitada. Las características comunes de los sistemas extensivos incluyen baja carga animal, escasa suplementación energética y proteica, limitado control individual del animal y dependencia directa del clima. Aunque el uso de corrales de engorda ha aumentado en algunos países, especialmente en México, Nicaragua y Brasil, la mayoría de los animales pasan la mayor parte de su vida en pastoreo y son faenados a edades más avanzadas que en sistemas templados. Esta mayor edad tiene consecuencias directas negativas sobre la calidad de la carne, especialmente en términos de color mas oscuro y menor suavidad, como ya se mencionó anteriormente. Animales mayores a 42 meses presentan graves problemas en la suavidad de su carne debido principalmente al aumento en el porcentaje de colágeno insoluble que van adquiriendo con la madurez. Además hay que señalar que se ha extendido desde hace décadas una práctica por toda Latinoamérica que es el uso de b-adrenergicos, como el zillpaterol, durante los últimos 30 días de la engorda, que de forma constante aumenta el rendimiento cárnico de los animales pero a su vez endurece aún mas la carne (Alvarado et al., 2021).

Por último, es importante mencionar que la inyección de cortes de carne con salmuera ha facilitado a la industria el ofrecimiento de carne suave al consumidor, aunque su regulación aún no es un hecho en muchos de los países que la practican.

4. Caso de estudio: Producción bovina en Brasil

Brasil es un gran exportador de carne a diversos paises del mundo. Su ganadería se basa fundamentalmente en un tripode que es el uso del Nellore, el Cerrado y el Pasto Africano. Nellore es una raza del tronco *Bos indicus* y en Brasil se usa un 80%, entero o en cruzas; aunque también se encuentra con frecuencia Guzeral y Gyr. El Cerrado es un suelo de media a baja fertilidad y el uso de Brachiaria spp como monocultivo es fundamental. Los cruzamientos se hacen con ganado especializado de carne como el Black Angus y Red Angus, Simmental, Charolais, Polled Hereford, Limousin y Braunvieh o razas sintéticas, como la Brangus, Braford, Canchin/Charbray y Santa Gertrudis también. Aunque los sistemas siguen evolucionando, y hoy en dia, el 25% del ganado en Brasil pasa por un periodo de engorda antes de ir al matadero. En general, las fortalezas de sistema brasileño es que tienen muy bajos costos de producción (es la mas baja del mundo), el sistema de producción brasileño es considerado “animales alimentados en pasto”, porque están muy poco tiempo en el corral de engorda (sorgo, maíz y ensilado). Sin embargo, sus debilidades es que su carne es

dura por procesar machos enteros Nellore o sus cruzas, aún tienen fiebre aftosa y los mataderos tienen posibilidad de mejora en cuestiones sanitarias.

5. Conclusiones

La carne bovina tropical es un producto nutricionalmente valioso y económicamente eficiente, resultado de sistemas adaptados a condiciones ambientales extremas. No obstante, presenta limitaciones estructurales de calidad, especialmente en términos de suavidad y homogeneidad, directamente ligadas a la genética *Bos indicus*, la edad a la matanza y los sistemas extensivos.

Desde el punto de vista del mercado español, la carne nacional presenta ventajas competitivas claras como el predominio de genética *Bos taurus*, el uso para matanza de animales jóvenes, sistemas de trazabilidad consolidados, homogeneidad de canales y adaptación a las preferencias del consumidor. Por el contrario, la carne tropical compite fundamentalmente en precio, pero presenta limitaciones estructurales para posicionarse en segmentos de calidad media y alta, que son precisamente los más relevantes en España.

La carne bovina tropical no debe entenderse como un sustituto directo de la carne española, sino como un producto diferente, orientado a mercados con expectativas distintas. Su fortaleza reside en el volumen y el bajo coste de producción, no en la calidad sensorial comparable a la carne europea. Para España, el verdadero riesgo no está en la competencia directa, sino en la desvalorización del concepto de calidad si no se comunica adecuadamente al consumidor el valor diferencial de la carne nacional.

Referencias bibliográficas

- Alvarado, P, et al. & Rubio (2020). Evaluación de dos fuentes suplementarias de clorhidrato de zilpaterol sobre la calidad de la carne y los rasgos de la canal de toros Bos indicus cruzados en los trópicos. *Rev Mex Cienc Pecu* 2021;12(1):256-272. FAO (2019). *Meat Market Review*.
- Ferraz, J. B. S., & Felício, P. E. (2010). Production systems—An example from Brazil. *Meat Science*, 84, 238–243.
- Forrest, J. C. (1981). Effects of grain feeding on fat color. *Journal of Animal Science*.
- Lanari, M. C., et al. (2002). Colour of beef from pasture and feedlot systems. *Meat Science*.
- Renerre, M. (1990). Factors involved in meat discoloration. *International Journal of Food Science & Technology*.
- Shackelford, S. D., et al. (1994). Tenderness classification of beef. *Journal of Animal Science*.
- Whipple, G., et al. (1990). Evaluation of Bos indicus influence on beef tenderness. *Journal of Animal Science*.
- Verbeke, W., et al. (2010). Consumer perception of meat quality. *Meat Science*.

CARNE CULTIVADA: MÁS DE DIEZ AÑOS DE AVANCES HACIA UNA ALIMENTACIÓN MÁS SOSTENIBLE

Dra. María Salud Rubio Lozano Profesora-Investigadora

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional Autónoma de México

I. Introducción

De acuerdo con la ONU, la población mundial actual es el triple de la que existía a mediados del siglo XX, y se espera que seamos casi 10 mil millones de habitantes para el año 2050. La industria de alimentos hasta ahora ha respondido a esta presión y ha logrado aumentar la producción de alimentos para satisfacer la demanda actual. Sin embargo, existen una serie de cuestionamientos a la producción de proteína animal relacionados con el impacto del consumo de productos de origen animal y la salud de las personas, el impacto de su producción en el ambiente, y el bienestar de los animales.

Según el informe de Eat-Lancet 2.0 menos del 1 % de la población mundial sigue actualmente la dieta Eat-Lancet recomendada. La dieta invita a comer 14 g de carne roja y 29 g de carne de ave al día, haciendo un total de 43 g y un aproximado de 300 g a la semana. Igualmente recomienda 1 huevo a la semana, casi 200 g de pescado a la semana y 1 vaso de leche al día.

Según los autores de la dieta Eat-Lancet 2.0, adoptar esta dieta podría prevenir unos 15 millones de muertes prematuras al año. Los cambios alimentarios propuestos podrían reducir las emisiones mundiales en un 60 % para 2050. De forma general, recomiendan reducir el consumo de carne roja y aumentar frutas, verduras, legumbres y cereales integrales. Una transición global hacia este modelo haría la alimentación más asequible y sostenible a largo plazo. En este contexto se ha impulsado la búsqueda de nuevas formas de producir alimentos, particularmente proteínas, que sean más sostenibles y eficientes que los sistemas tradicionales. En este contexto surge el concepto de proteínas alternativas, que engloba diversas tecnologías y fuentes destinadas a complementar —y no necesariamente sustituir— la producción cárnica convencional.

II. ¿Que son las proteínas alternativas

Según el Instituto de la Buena Comida (Good Food Institute, GFI) las proteínas alternativas como, carne elaborada a partir de plantas, cultivada a partir de células animales o producida mediante fermentación, están diseñadas para tener el mismo sabor (o mejor) que los productos animales convencionales, con un coste igual o inferior, con menos insumos (tierra y agua), y generando menos impactos ambientales negativos, como emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación y otros riesgos para la salud pública. Hoy en día, los consumidores tienen a su disposición numerosas opciones de origen vegetal y derivadas de la fermentación. Otros productos, como las carnes cultivadas, siguen estando principalmente en fase de desarrollo y se venden en lugares muy puntuales del planeta en cantidades ínfimas. En esta ponencia solo hablaremos del proceso de producción de la carne cultivada y los pronósticos de aceptación del consumidor y sus impactos en sostenibilidad.

III. Inversión internacional y actores clave

El desarrollo de proteínas alternativas ha sido impulsado por una inversión significativa a nivel global, proveniente tanto del sector privado como de organizaciones sin fines de lucro. Un ejemplo destacado es el GFI, una red internacional que trabaja para acelerar la innovación en proteínas alternativas de origen vegetal, celular y obtenidas mediante fermentación. Estas inversiones han permitido el avance tecnológico, la creación de empresas especializadas y la construcción de instalaciones piloto y comerciales.

En el ámbito de la carne cultivada, empresas como Upside Foods, Good Meat, Mosa Meat y Aleph Farms han liderado la investigación y el escalamiento de esta tecnología. Algunas de ellas ya cuentan con aprobaciones regulatorias en diversos países y han comenzado la comercialización limitada de sus productos, lo que marca un hito en la historia de la producción de alimentos. Ha habido un aumento sostenido en el interés por las proteínas alternativas entre 2004 y 2019, acompañado de una creciente inversión internacional y la conformación de un mercado emergente; sin embargo, a partir del 21 hay un claro declive en la inversión en estos proyectos y un retroceso en el interés de los consumidores. Muchas compañías han tenido que cerrar y en 2025 una de las líderes se declaró en bancarrota y concluyó operaciones, Believer meats.

IV. Historia de la carne cultivada

La historia de la carne cultivada se remonta a varias décadas atrás y ha experimentado avances significativos en los últimos años. Birkenhead (1930) y Winston Churchill (1931) visionaron una carne hecha en laboratorio; pero fue hasta la década de los 2000, que los científicos (especialistas en medicina regenerativa y tecnólogos de alimentos ho-

landeses) lograron cultivar pequeñas cantidades de tejido muscular bovino a partir de células satelitales de músculo. En 2013, la primera hamburguesa de carne cultivada fue presentada al público por el científico Mark Post, en Londres, en una demostración histórica. Durante esta década, los investigadores refinaron las técnicas para cultivar células musculares y grasas en entornos controlados (Post & Cor van der Weele, 2014; Ding et al., 2017). Se desarrollaron biorreactores y andamios celulares para proporcionar el soporte necesario para el crecimiento y la maduración de las células para la formación de un tejido similar a la carne (Martin et al., 2011).

A medida que la viabilidad de la carne cultivada se hizo más evidente, se produjo un aumento en la inversión en la investigación y el desarrollo de esta tecnología. Varias startups y compañías comenzaron a trabajar en la producción comercial de carne cultivada y/o en los insumos necesarios para su producción, atrayendo la atención de inversores y la industria alimentaria. En diciembre del 2020 la agencia regulatoria de alimentos de Singapur ofreció el primer permiso para vender carne cultivada de pollo a Good Meat. Casi simultáneamente, Future Meat Technologies en Israel comenzó a vender nuggets de pollo en un restaurante en enero de 2021.

En la actualidad, y según la investigación de IDTechExSe sobre Carne Cultivada 2023-2043, la industria de este producto sobrepasará los US$13 billones para el 2043. Desde el 2015 al 2022 se han invertido US$ 2.1 billones. Desde junio de este año, la FDA ha aprobado a dos compañías para que puedan vender carne cultivada en EEUU, Good Meat y Upside Foods, lo que quiere decir que ya se garantiza la inocuidad de los productos de carne cultivada.

V. ¿Cómo se produce la carne cultivada?

El proceso de fabricación comienza con la obtención de ciertos tipos de células del músculo de un animal vivo (normalmente mediante una biopsia pequeña y poco invasiva o bien de un animal recién muerto) que pueden dividirse muchas veces sin perder su identidad y luego transformarse en distintos tipos de células del tejido muscular. Hay dos tipos de células que se usan para iniciar la fabricación de carne cultivada, las células satélite musculares (responsables de la reparación del músculo) y las células madre mesenquimales (capaces de convertirse en músculo, grasa y tejido conectivo). Una vez aisladas, las células se proliferan y se almacenan en bancos celulares, lo cual es esencial porque garantiza la consistencia genética entre lotes de producción, permite conservar células de alta calidad a largo plazo y reduce la necesidad de repetir biopsias en animales.

El segundo paso importante en la fabricación es la proliferación de estas células, para lo cual se transfieren a biorreactores inspirados en la industria farmacéutica y biotecnológica que regulan con precisión la temperatura, el pH, la concentración de oxígeno, la disponibilidad de nutrientes y la eliminación de productos de desecho. En esta etapa, las células se cultivan a altas densidades y volúmenes, lo que permite obtener miles de millones de células a partir de una pequeña muestra inicial. Dependiendo del diseño del sistema, las células pueden crecer en suspensión (flotando en el medio) o adherirse a microportadores que son pequeñas partículas que les proporcionan superficie de anclaje. El objetivo principal aquí es la proliferación celular, no aún la formación de tejido. Las células crecen sumergidas en un medio de cultivo celular cuidadosamente formulado y oxigenado que incluye aminoácidos, necesarios para la síntesis de proteínas, glucosa, como principal fuente de energía, vitaminas, que funcionan como cofactores metabólicos y sales inorgánicas, que mantienen el equilibrio osmótico y eléctrica. Además, suele suplementarse con factores de crecimiento, que estimulan la división celular y proteínas y señales hormonales, que regulan la supervivencia y el metabolismo.

Una vez alcanzado el número deseado de células, llega el tercer paso que es el proceso que pasa de crecimiento a diferenciación, es decir, la transformación de células inmaduras en células (mioblastos) especializadas (miocitos). Esta transición se induce mediante cambios en la composición del medio, reduciendo señales de proliferación y añadiendo señales de maduración, con estímulos físicos y mecánicos, como tensión o rigidez, o bien con estructuras de soporte llamadas andamios (scaffolds**)**. Los andamios son estructuras tridimensionales, comestibles o biodegradables, que proporcionan forma y soporte, imitan la matriz extracelular natural y ayudan a que las células se alineen y maduren correctamente. Gracias a estas señales químicas y físicas, las células se diferencian en: fibras musculares esqueléticas, responsables de la textura y el contenido proteico, células adiposas (grasa), que aportan sabor, jugosidad y sensación en boca y células de tejido conectivo, que dan estructura y firmeza. La proporción y organización de estos tejidos determinan las características sensoriales del producto final. Durante esta maduración, las células comienzan a comportarse como tejido animal real, formando fibras, acumulando proteínas y almacenando lípidos. Cuando el tejido alcanza el grado deseado de desarrollo se recolecta el material del biorreactor, se elimina o integra el medio de cultivo y los restos del andamio y el tejido se procesa y da forma al producto final. Las etapas finales pueden incluir mezclar músculo y grasa en proporciones específicas, moldear hamburguesas, albóndigas u otros formatos y envasar bajo condiciones de seguridad alimentaria. Actualmente, la mayoría de los productos de carne cultivada se presentan como carne picada o procesada, ya que reproducir cortes enteros es técnicamente más complejo y aún sigue en desarrollo. Desde la descongelación inicial de las células hasta el producto final, el proceso suele durar entre dos y ocho semanas, dependiendo de factores como la especie animal, el tipo de célula utilizada, la complejidad del tejido y la escala de producción. Este tiempo es considerablemente menor que el de la ganadería tradicional, que puede requerir meses o años.

VI. Retos en la producción de Carne cultivada

La carne cultivada es quizá la tecnología más disruptiva dentro del ámbito de las proteínas alternativas. Entre los principales desafíos se encuentran la dificultad manifiesta del cultivo de células, el alto costo de los medios de cultivo, la inversión necesaria para construir instalaciones a gran escala, la complejidad de mantener entornos estériles y la necesidad de demostrar un impacto ambiental positivo mediante modelos confiables. A esto se suma la aceptación del consumidor y los marcos regulatorios, que avanzan de forma desigual entre países. No obstante, la aceptación general es moderadamente buena, especialmente cuando se enfatizan los beneficios ambientales y éticos.

En materia de inocuidad y regulación, el Codex Alimentarius, la Organización Mundial del Comercio y las autoridades regulatorias de la Unión Europea y Estados Unidos han compartido responsabilidad en la regulación de la carne cultivada, abarcando desde la recolección de células hasta el etiquetado y la comercialización. La evaluación de riesgos se centra en la comparación con la carne convencional para detectar posibles diferencias nutricionales o de inocuidad.

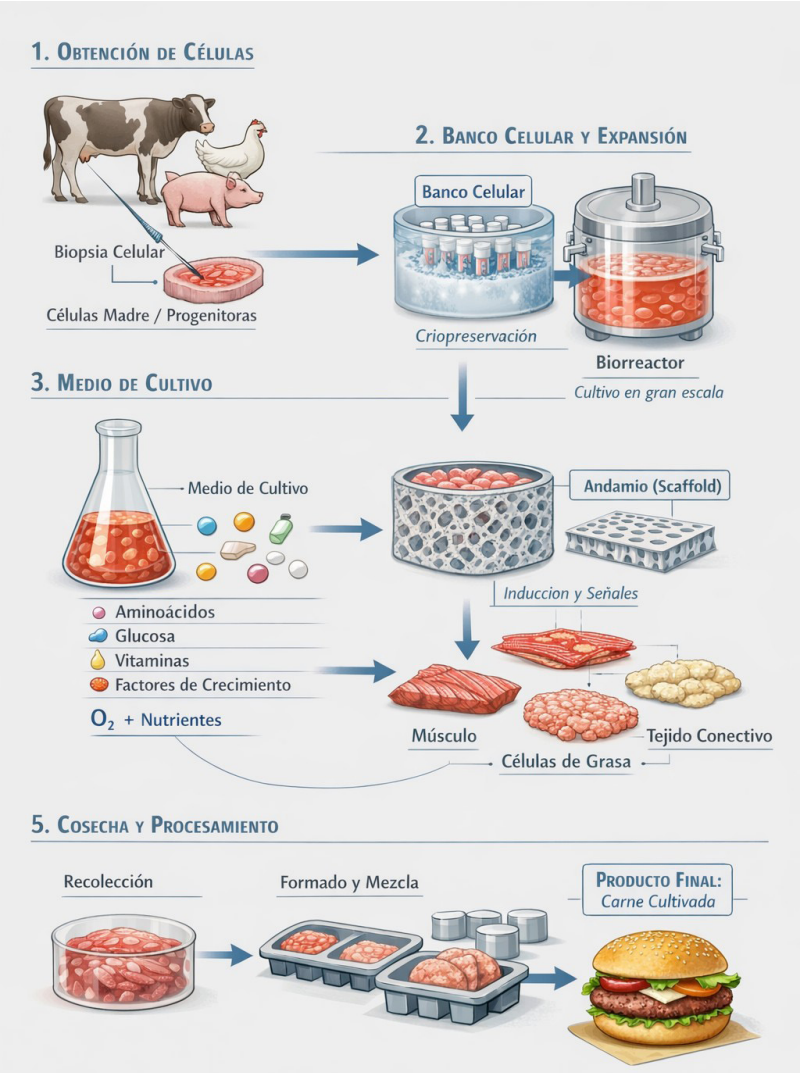
La aceptación del consumidor se identifica como un factor crítico. Los principales determinantes son el sabor, el precio y la percepción de salud, mientras que la resistencia suele estar asociada al desconocimiento, la percepción de artificialidad y factores culturales o religiosos. Encuestas por todo el mundo señalan entre un 10-30 % de consumidores que estarían dispuestos a probar la carne y/o consumirla de manera regular si el precio es comparable o mejor a la carne tradicional.

El mercado de las proteínas alternativas continúa creciendo, aunque de forma desigual según la tecnología. Las proteínas vegetales dominan actualmente el mercado, aunque están en plena recesión, mientras que la fermentación de precisión y la carne cultivada aún representan nichos pequeños, pero con alto potencial de crecimiento.

Conclusiones

La carne cultivada no busca desplazar por completo a la industria cárnica, sino diversificar el sistema alimentario y ofrecer opciones más sostenibles, éticas y adaptadas a las demandas del futuro que, en conjunto, pueden contribuir a mejorar la seguridad alimentaria global.

El reto principal radica en equilibrar innovación tecnológica, viabilidad económica, aceptación social y regulación adecuada. En este sentido, la industria cárnica tradicional y las nuevas tecnologías no deben entenderse como enemigas, sino como actores que pueden coexistir y evolucionar para responder a los desafíos del siglo XXI.



Bibliografía

1. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects 2022: Summary of Results.* Naciones Unidas; 2022.
2. Willett W, Rockström J, Loken B, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet.* 2019;393(10170):447–492.
3. EAT-Lancet Commission. *Healthy Diets From Sustainable Food Systems – Summary Report.* EAT; 2019.
4. Springmann M, Clark M, Mason-D'Croz D, et al. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature.* 2018;562:519–525.
5. Good Food Institute (GFI). *What Are Alternative Proteins?* Good Food Institute; 2022.
6. Good Food Institute. *State of the Industry Report: Cultivated Meat.* GFI; varios años (2019–2023).
7. Post MJ. Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Science.* 2012;92(3):297–301.
8. Post MJ, van der Weele C. Principles of tissue engineering for meat production. *Meat Science.* 2014;97(3):297–301.
9. Ding S, Schulze U, Glorius S, et al. Engineering animal tissue for meat production. *Trends in Biotechnology.* 2017;35(9):806–817.
10. Martin I, Wendt D, Heberer M. The role of bioreactors in tissue engineering. *Trends in Biotechnology.* 2004;22(2):80–86.
11. Churchill W. Fifty Years Hence. *Strand Magazine.* 1931.
12. Stephens N, Di Silvio L, Dunsford I, et al. Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges. *Trends in Food Science & Technology.* 2018;78:155–166.

13. Singapore Food Agency (SFA). Approval of cultured chicken meat for commercial sale. Gobierno de Singapur; 2020.

14. Future Meat Technologies. Company announcements and public communications on cultured meat commercialization. Israel; 2021.

15. IDTechEx. *Cultivated Meat 2023–2043: Technologies, Markets, Forecasts.* IDTechEx; 2023.

16. U.S. Food and Drug Administration (FDA). FDA clearance of cultivated meat products (Good Meat, Upside Foods). Estados Unidos; 2023.

17. Bhat ZF, Fayaz H. Prospectus of cultured meat—advancing meat alternatives.

1. Journal of Food Science and Technology. 2011;48(2):125–140.

18. Allan SJ, De Bank PA, Ellis MJ. Bioprocess design considerations for cultured meat production. *Frontiers in Sustainable Food Systems.* 2019;3:44.

19. Codex Alimentarius Commission. *Food Safety Considerations for Cell-Based Food Products.* FAO/WHO; 2023.

20. Verbeke W, Sans P, Van Loo EJ. Challenges and prospects for consumer acceptance of cultured meat. *Journal of Integrative Agriculture.* 2015;14(2):285–294.

21. Siegrist M, Sütterlin B, Hartmann C. Perceived naturalness and acceptance of cultured meat. *Appetite.* 2018;113:320–326.

22. OECD & FAO. *OECD-FAO Agricultural Outlook.* Secciones sobre proteínas alternativas; varios años.

SELECCIÓN Y DESARROLLO DE NOVILLAS DE REPOSICIÓN EN VACUNO DE CARNE: LECCIONES DEL PROGRAMA SHOW-ME-SELECT DE MISSOURI

J.M. Thomas

Division of Animal Sciences, University of Missouri, Columbia, MO 65211

RESUMEN

Los productores de vacuno de carne deben abordar el desarrollo de las novillas de reposición de manera planificada e intencional si se pretende mantener la productividad del rebaño y la viabilidad económica a largo plazo. El programa Missouri Show-Me-Select Replacement Heifer Program, establecido en 1997 como el primer programa educativo para el desarrollo de novillas en condiciones de explotación, constituye un modelo consolidado de gestión reproductiva basada en sistemas. Entre las prácticas de manejo promovidas en el marco del programa se incluyen la sincronización del estro, la inseminación artificial, la puntuación del tracto reproductor, la medición pélvica y el diagnóstico precoz de la gestación. Los datos procedentes de las explotaciones participantes demuestran que una gestión reproductiva intencional permite mejorar las tasas de concepción, concentrar el periodo de partos y acelerar el progreso genético. La estructura de certificación y comercialización del programa también ha creado una vía basada en incentivos para que los productores adopten estas prácticas a gran escala, con índices de adopción de tecnología que superan con creces los promedios del sector. Casi tres décadas de experiencia en programas sugieren que el éxito en el desarrollo de las novillas depende de una preparación adecuada previa a la cubrición, de una evaluación reproductiva objetiva previa a la cubrición y de estrategias de gestión que favorezcan un estado físico adecuado en el momento del parto. Igualmente relevante es el uso de registros que permitan a los productores relacionar el rendimiento reproductivo con la genética y los resultados económicos. En conjunto, estos enfoques conducen a resultados más predecibles en el desarrollo de novillas, a una mejora del rendimiento reproductivo y a incrementos sostenidos en la productividad del rebaño a largo plazo. En el contexto actual de la reconstrucción del sector de vacuno de carne, la gestión reproductiva intencional de las novillas de reposición constituye una herramienta clave para mejorar la eficiencia y la resiliencia de las explotaciones. Programas como Show-Me-Select evidencian cómo los sistemas de extensión agraria pueden trasladar los avances en investigación reproductiva a prácticas de manejo que son, al mismo tiempo, biológicamente sólidas y económicamente viables. Entre las oportunidades futuras se incluye la integración de datos genómicos y reproductivos en plataformas de selección y comercialización, con el fin de incrementar aún más el valor de las hembras de reposición.

INTRODUCCIÓN

Las novillas de reposición representan el futuro del rebaño, si bien los criterios de selección y los sistemas de desarrollo aplicados a estos animales varían considerablemente entre las distintas explotaciones de vacuno de carne. Las decisiones adoptadas durante la fase de recría de novillas influyen directamente en la eficiencia reproductiva, la longevidad y, en última instancia, en la productividad del rebaño a lo largo de los años. A pesar de su relevancia, la adopción de tecnologías reproductivas como la sincronización del estro y la inseminación artificial (IA) ha sido históricamente limitada en gran parte del sector comercial de la cría de vacas y terneros.

Desde un punto de vista biológico, el desarrollo con éxito de novillas requiere que las hembras alcancen la pubertad antes del inicio de la estación de cubrición, logren un peso vivo y una condición corporal adecuados, y presenten un desarrollo suficiente del tracto reproductor que permita una concepción y gestación satisfactorias. Cuando estos requisitos no se cumplen, aumenta la probabilidad de que las novillas conciban en fases tardías de la estación de cubrición o no conciban en absoluto, lo que se traduce en partos más tardíos y una menor productividad a lo largo de la vida del animal.

Los programas de extensión agraria llevan mucho tiempo contribuyendo a que los productores apliquen los resultados de la investigación sobre reproducción en sistemas de gestión prácticos. El programa Missouri Show-Me-Select Replacement Heifer Program es uno de los ejemplos más longevos de este tipo de iniciativas. Establecido en 1997, el programa fue diseñado con el objetivo de proporcionar a los productores un marco práctico para la implementación de estrategias de manejo reproductivo basadas en evidencia científica, al tiempo que se incrementa el valor de mercado de las hembras de reposición mediante un sistema estructurado de certificación y comercialización. A lo largo de casi tres décadas, el programa ha servido como plataforma para la aplicación de prácticas de manejo fundamentadas en la ciencia en explotaciones comerciales, al tiempo que ha generado conocimiento sobre los factores biológicos y de gestión que contribuyen al desarrollo exitoso de las novillas.

EL PROGRAMA SHOW-ME-SELECT DE NOVILLAS DE REPOSICIÓN

El Show-Me-Select Replacement Heifer Program fue desarrollado en colaboración con el servicio de extensión de la University of Missouri, veterinarios en ejercicio y productores de vacuno de carne. El programa fue diseñado para abordar una barrera común a la adopción de tecnología en el sector de vaca-cría: la ausencia de un sistema práctico que integre las prácticas de manejo reproductivo en la gestión diaria del rebaño.

Los productores que inscriben a sus novillas en el programa se comprometen a seguir una serie de prácticas de mane-

jo recomendadas relacionadas con el desarrollo de las novillas, la evaluación reproductiva, el manejo de la cubrición y el diagnóstico de gestación. Estas prácticas se aplican a lo largo de todo el periodo de desarrollo, comenzando con la selección de las novillas y continuando durante la cubrición y la confirmación de la gestación.

Una característica clave del programa es su sistema de certificación. Las novillas desarrolladas conforme a las directrices del programa son elegibles para su comercialización mediante subastas organizadas por Show-Me-Select. Esta certificación proporciona a los compradores una garantía en relación con el historial de manejo y el estado reproductivo de las novillas, al tiempo que ofrece a los vendedores un incentivo económico claro para seguir las prácticas de manejo recomendadas. Con el tiempo, el programa ha demostrado que, cuando se alinean las directrices de manejo, la participación de los veterinarios y los incentivos del mercado, la adopción de tecnologías reproductivas puede aumentar considerablemente en los sistemas comerciales de vaca-cría.

COMPONENTES CLAVE DEL DESARROLLO INTENCIONAL DE NOVILLAS

Hay varios aspectos de la gestión que se revelan sistemáticamente como fundamentales para el desarrollo satisfactorio de las novillas en el marco del programa Show-Me-Select.

Desarrollo previo a la cubrición

Un crecimiento y desarrollo adecuados antes de la cubrición siguen siendo la base del éxito de los programas de cría de novillas. Las novillas deben alcanzar un peso corporal y una madurez fisiológica suficientes para llegar a la pubertad antes del inicio de la temporada de cubrición. Cuando las novillas entran en la época de cubrición con un desarrollo insuficiente, la concepción suele producirse más tarde o no producirse, lo que da lugar a distribuciones de partos menos deseables.

Por este motivo, el programa hace hincapié en el manejo nutricional y en objetivos de crecimiento que permitan a las novillas alcanzar el peso y la condición corporal adecuados antes de la cubrición.

Evaluación reproductiva previa a la cubrición

La evaluación objetiva del desarrollo del aparato reproductor antes de la cubrición es otro componente central del programa. La puntuación del tracto reproductivo y las mediciones pélvicas proporcionan a los ganaderos información sobre la madurez fisiológica y la facilidad de parto potencial de cada novilla.

En particular, la puntuación del tracto reproductivo ofrece una indicación del estado puberal y ayuda a identificar las novillas con mayor probabilidad de concebir al inicio de la temporada de cubrición.

Sincronización del celo e inseminación artificial

La sincronización del celo y la inseminación artificial (IA) se utilizan ampliamente en el programa. Los protocolos de sincronización permiten a los ganaderos controlar el momento del celo y de la ovulación, lo que hace que la IA resulte más viable en sistemas de producción comerciales.

La inseminación artificial proporciona acceso a una genética superior y permite avanzar rápidamente en características como la facilidad de parto y la aptitud maternal. Además, los programas de sincronización contribuyen a concentrar las épocas de cubrición y de partos.

Diagnóstico precoz de gestación

El diagnóstico temprano de gestación permite a los ganaderos identificar las novillas vacías poco después de la temporada de cubrición y tomar decisiones de manejo oportunas. Esto mejora la eficiencia reproductiva global y permite dirigir los recursos hacia las hembras que contribuirán a la siguiente camada de terneros.

RESULTADOS E IMPACTO DEL PROGRAMA

Escala del programa e impacto económico

Desde su creación en 1997, el programa Show-Me-Select de novillas de reposición se ha convertido en uno de los mayores programas de desarrollo de novillas liderados por los servicios de Extensión en Estados Unidos. Durante los primeros 18 años, 822 explotaciones ganaderas inscribieron 122.970 novillas, con la participación de 243 veterinarios y especialistas de los servicios de Extensión en todo el estado de Missouri. Entre 1997 y 2015, el programa llevó a cabo 141 subastas autorizadas en las que se comercializaron más de 30.500 novillas gestantes, generando ingresos directos por ventas de cerca de 43 millones de dólares. Si se considera el efecto económico indirecto, el impacto acumulado del programa se ha estimado en más de 110 millones de dólares en el sector vacuno de carne de Missouri.

La demanda de novillas Show-Me-Select se extiende más allá de Missouri, con compradores de al menos 19 estados participando en las subastas organizadas por el programa. Los datos más recientes siguen mostrando una fuerte demanda de hembras de reposición certificadas. Por ejemplo, en la campaña de ventas de otoño de 2023 se comercializaron 928 novillas a través de seis subastas autorizadas, lo que generó aproximadamente 2,54 millones de dólares, con algunas subastas alcanzando medias superiores a 4.000 dólares por novilla gestante.

Adopción de tecnologías reproductivas

Uno de los resultados más evidentes del programa ha sido la amplia adopción de tecnologías reproductivas por parte de los ganaderos participantes. Dentro del programa, más del 90% de las novillas inscritas reciben uno o más

servicios de inseminación artificial (IA), un nivel de adopción muy superior a la media del sector a nivel nacional. De forma similar, más del 90% de las novillas son sometidas a diagnóstico de gestación mediante ecografía. El diagnóstico precoz de gestación permite evaluar rápidamente los resultados de la cubrición y tomar decisiones de manejo oportunas respecto a las novillas vacías. Estos niveles de implantación reflejan el impacto de los programas coordinados de Extensión y de la implicación veterinaria en la implementación de tecnologías reproductivas en sistemas comerciales de vaca-cría.

Datos de rendimiento reproductivo

Dado que muchas de las explotaciones participantes siguen protocolos de manejo similares, el programa también ha generado datos valiosos sobre el rendimiento reproductivo. El análisis de 8.308 novillas procedentes de aproximadamente 120 rebaños mostró una fuerte relación entre la puntuación del tracto reproductivo (RTS) y la tasa de gestación tras la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Las tasas de gestación obtenidas mediante IA fueron del 57%, 52%, 48%, 34% y 5% para puntuaciones RTS de 5, 4, 3, 2 y 1, respectivamente. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de la madurez fisiológica y respaldan el uso de la evaluación del tracto reproductivo como herramienta de manejo previa a la cubrición.

Generación de valor mediante genética y manejo

El componente de comercialización del programa también aporta incentivos económicos para la adopción de tecnologías reproductivas. Los datos históricos de ventas indican que las novillas gestantes de inseminación artificial se vendieron por aproximadamente 195 dólares más por cabeza que las novillas comparables cubiertas por monta natural. Además, se han observado primas adicionales en novillas de mayor mérito genético. Las novillas de categoría Tier-Two gestantes por IA alcanzaron un precio medio de 2.664 dólares por cabeza, lo que supone una prima de 422 dólares respecto a las novillas base del programa Show-Me-Select. Estas primas refuerzan el valor de combinar programas estructurados de recría con mejoras genéticas y un manejo reproductivo avanzado.

LECCIONES APRENDIDAS TRAS CASI TRES DÉCADAS DE IMPLEMENTACIÓN

A lo largo de casi treinta años de experiencia en el programa, han surgido varios aspectos clave de manera consistente. En primer lugar, un desarrollo adecuado previo a la cubrición sigue siendo el factor más determinante del éxito reproductivo. Tecnologías como la sincronización y la inteligencia artificial no pueden compensar que las novillas no hayan alcanzado el peso corporal adecuado ni la madurez fisiológica. En segundo lugar, la evaluación reproductiva objetiva aporta información clave para la toma de decisiones. Herramientas como la puntuación del tracto reproductivo y la medición pélvica ayudan a los ganaderos a identificar las novillas con mayor probabilidad de concebir precozmente y de parir sin dificultades. En tercer lugar, el manejo tras la cubrición es tan importante como el manejo previo. Mantener una condición corporal adecuada durante la gestación prepara a las novillas para el parto y mejora la probabilidad de que se vuelvan a cubrir en la siguiente campaña reproductiva. Por último, los registros son fundamentales. Relacionar los resultados reproductivos con la información genética y económica permite a los productores ajustar y mejorar sus estrategias de selección y recría a lo largo del tiempo.

PERSPECTIVAS FUTURAS Y CONCLUSIONES

A medida que continúan avanzando las herramientas de evaluación genética y gestión de datos, surgen nuevas oportunidades para reforzar programas como Show-Me-Select. La incorporación de información genómica en la selección de novillas podría permitir a los ganaderos identificar animales con superior mérito maternal desde edades tempranas. Del mismo modo, una mejor integración de los registros reproductivos, los datos productivos y las plataformas de comercialización podría aumentar la transparencia y elevar aún más el valor de las novillas de reposición certificadas.

El desarrollo planificado de novillas de reposición sigue siendo una de las decisiones de manejo más importantes en los sistemas de producción de vaca-cría. El programa Show-Me-Select de Missouri demuestra cómo los programas de Extensión pueden integrar con éxito la investigación, la experiencia veterinaria y la participación de los ganaderos para mejorar el manejo reproductivo en explotaciones comerciales. Al combinar protocolos de manejo basados en la ciencia con sistemas de certificación e incentivos de mercado, el programa ha favorecido una amplia adopción de tecnologías reproductivas, al tiempo que ha incrementado el valor y la previsibilidad de las hembras de reposición. En un contexto de reconstrucción del censo ganadero en Estados Unidos, los programas estructurados de recría de novillas seguirán desempeñando un papel clave en la mejora de la productividad y la sostenibilidad a largo plazo de las explotaciones.

NUEVOS ENFOQUES PARA LA GESTIÓN DEL PASTOREO

Javier Álvarez Rodríguez

Área de Producción Animal, Escuela Politécnica Superior de Huesca, Universidad de Zaragoza-Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2), Ctra de Cuarte S/N, 22071 Huesca (España), javier.alvarezr@unizar.es

Resumen

Los sistemas ganaderos basados en pastoreo afrontan un escenario de creciente complejidad derivado de la variabilidad climática, la presión económica orientada a reducir insumos externos y la necesidad de mejorar la sostenibilidad ambiental. Este trabajo revisa los principales condicionantes biofísicos del pastoreo, los recursos forrajeros disponibles y los sistemas de manejo, incorporando un análisis del papel emergente de la integración de imágenes satelitales, sensores de actividad animal y nuevas infraestructuras como el vallado virtual derivan en implicaciones directas para la ordenación territorial y la toma de decisiones tanto a escala de explotación como de paisaje. Estas herramientas permiten estimar la oferta real, detectar áreas infrautilizadas y ajustar dinámicamente la carga ganadera. Los casos prácticos muestran cómo la combinación entre medición objetiva de la oferta, el análisis de la estacionalidad y las tecnologías de apoyo suponen un marco integrado para avanzar hacia sistemas pastorales más eficientes, resilientes y basados en datos.

1. Introducción

La ganadería extensiva constituye un componente esencial de los sistemas agroecológicos ibéricos. Su importancia trasciende la producción de alimentos, ya que contribuye al mantenimiento de paisajes culturales, la conservación de la biodiversidad y la reducción del riesgo de incendios mediante el control de la biomasa. Sin embargo, los modelos tradicionales de manejo del pasto se ven tensionados por la creciente variabilidad climática, la necesidad de reducir la dependencia de insumos externos y las nuevas normativas ambientales, como el ecorégimen de pastoreo extensivo recogido en el Real Decreto 1048/2022.

A ello se suma la escasez de mano de obra y la disponibilidad de herramientas digitales que permiten monitorizar el pasto y el comportamiento animal con una precisión inédita. En paralelo, tendencias globales como el descenso del censo de ganado extensivo (Anadón y Sala, 2026) añaden incertidumbre sobre el futuro de estos sistemas. En este contexto, la gestión del pastoreo requiere una transición desde enfoques basados en la experiencia hacia sistemas apoyados en datos, modelos de crecimiento del pasto y tecnologías de precisión. Este artículo presenta un marco técnico integrado que combina fundamentos ecológicos, caracterización de recursos forrajeros, diseño de sistemas de pastoreo e innovaciones tecnológicas aplicadas al manejo.

2. Condicionantes biofísicos del pastoreo

2.1. Clima y disponibilidad hídrica

El clima es el principal determinante de la productividad de los pastos. La precipitación anual y su distribución estacional condicionan la cantidad de biomasa, la duración del periodo de crecimiento y la capacidad de rebrote. Los mapas de precipitación de AEMET (2025) muestran una clara diferenciación entre zonas atlánticas húmedas, mediterráneas subhúmedas y mediterráneas secas, cada una con productividades muy distintas.

En las zonas mediterráneas secas, la limitación hídrica es tan marcada que la carga ganadera sostenible depende de la capacidad de almacenar forrajes o acceder a superficies comunales de mayor altitud. Por este motivo, incluso con especies adaptadas y fertilización adecuada, las cargas ganaderas no suelen superar valores muy bajos sin suplementación. La estacionalidad del crecimiento obliga a planificar estrategias de reserva y a diversificar los recursos forrajeros.

2.2. Suelo, fertilidad y composición botánica

El suelo regula la disponibilidad de nutrientes, la retención de agua y la aptitud de las especies forrajeras. El pH condiciona la presencia de gramíneas o leguminosas y determina la respuesta a la fertilización. Estudios recientes en los Pirineos muestran que el pH explica buena parte de la proporción de gramíneas, leguminosas y otras familias en el pasto (Rodríguez et al., 2023).

La textura y la materia orgánica influyen en la capacidad de retención hídrica y en la resiliencia del sistema. En prados de montaña, los valores elevados de materia orgánica favorecen la estabilidad del sistema, mientras que en zonas intensivas su reducción limita la capacidad productiva.

2.3. Radiación y fisiología fotosintética

Las especies C3 dominan en climas templados y ofrecen alta calidad nutritiva, aunque son sensibles al estrés térmico. Las especies C4 presentan mayor eficiencia fotosintética y mejor tolerancia a altas temperaturas, lo que las convierte en un recurso estratégico para mantener la oferta de pasto durante el verano.

En España, el número de meses de aprovechamiento real del pasto oscila entre 4 y 10 meses al año, dependiendo del clima y la altitud. En zonas atlánticas húmedas el pastoreo puede mantenerse durante 8–10 meses, mientras que en áreas mediterráneas secas se reduce a 4–5 meses, con una fuerte dependencia de la suplementación estival. En los sistemas de montaña, el aprovechamiento de los puertos estivales se concentra en 3–4 meses, complementándose con prados de valle en primavera y otoño.

2.4. Composición botánica y funcionalidad ecológica

La composición del pasto influye en la calidad nutritiva, la tasa de rebrote y la biodiversidad. Las leguminosas aportan proteína y fijan nitrógeno, pero son más sensibles al pastoreo intenso. Estudios recientes confirman esta mayor sensibilidad y destacan la necesidad de manejar alturas residuales más elevadas y tiempos de descanso adecuados (Rodríguez et al., 2023).

3. Recursos forrajeros en la Península Ibérica

3.1. Pastizales naturales

Los pastizales constituyen la base del pastoreo extensivo. Su productividad es muy variable y depende de la estacionalidad climática. La elevada variabilidad interanual obliga a dimensionar la carga ganadera con márgenes amplios y a disponer de superficies complementarias como montes comunales o rastrojeras.

3.2. Praderas sembradas

Las praderas sembradas ofrecen mayor estabilidad y calidad, especialmente en zonas húmedas o con riego. Gramíneas como el raigrás inglés (*Lolium perenne*), el raigrás italiano (*Lolium multiflorum*) y festuca (*Festuca arundinacea*), junto con leguminosas como la alfalfa (*Medicago sativa*) o el trébol blanco (*Trifolium repens*), permiten obtener producciones elevadas, aunque requieren un manejo cuidadoso del pastoreo para mantener la persistencia de las leguminosas. Las leguminosas mejoran la calidad proteica del pasto y reducen la necesidad de fertilización mineral nitrogenada.

3.3. Cultivos herbáceos anuales para pastoreo

Los cultivos herbáceos anuales, como centeno, triticale o mezclas vezaavena, aportan flexibilidad y permiten cubrir déficits estacionales. La fijación de nitrógeno en estas mezclas puede alcanzar valores significativos, especialmente en regadío (Anglade et al., 2015). Manuales técnicos como el de CICYTEX (2019) ofrecen pautas específicas para su manejo en dehesas.

Las gramíneas C4 como teff (*Eragrostis tef*), sorgo (*Sorghum bicolor*), pasto del Sudán (*Sorghum × drummondii*) y mijo perla (*Pennisetum glaucum*) permiten mantener la oferta de pasto durante el verano, cuando las C3 entran en parada vegetativa. Su eficiencia hídrica las convierte en un recurso clave en zonas mediterráneas.

4. Sistemas de pastoreo y eficiencia productiva

4.1. Pastoreo continuo

El pastoreo continuo se caracteriza por su simplicidad, pero genera heterogeneidad extrema en el uso del pasto, reduce la capacidad de rebrote y disminuye la calidad nutritiva.

4.2. Pastoreo rotacional

El pastoreo rotacional mejora la distribución del uso del pasto, la calidad nutritiva y la persistencia de las leguminosas. La entrada recomendada se sitúa en torno a 10–12 cm y la salida en 4–6 cm, siguiendo criterios ampliamente validados (Menegazzi et al., 2021; Doyle et al., 2023).

4.3. Pastoreo en celdas

El pastoreo en celdas representa la forma más intensiva y controlada del pastoreo rotacional. Estudios comparativos muestran que puede duplicar la producción anual de pasto respecto al pastoreo continuo, siempre que exista capacidad de rebrote suficiente (Fajardo et al., 2025).

4. Innovaciones tecnológicas aplicadas al pastoreo

4.1. Agrivoltaica

La integración de paneles fotovoltaicos en áreas de pastoreo aporta sombra, mejora el bienestar animal y puede aumentar la persistencia del pasto en zonas secas. Existen diversos estudios que demuestran reducciones claras en el estrés térmico y mejoras en el comportamiento animal (Sharpe et al., 2021; Faria et al., 2023).

4.2. Vallado virtual

El vallado virtual permite gestionar el espacio sin cercas físicas mediante collares con GPS y señales acústicas. Diversos estudios a demuestran una rápida adaptación de los bovinos y una calidad del pasto comparable a la obtenida con cercas físicas (Ouzman et al., 2026).

4.3. Sensores de actividad y GPS

Los sensores permiten monitorizar el comportamiento animal en tiempo real, detectar problemas sanitarios y optimizar el diseño de parcelas para el pastoreo. La literatura técnica (BeefResearch.ca, 2020; NDSU Extension, 2020) destaca su utilidad para ajustar cargas instantáneas y mejorar la eficiencia del pastoreo.

5. Teledetección satelital

La teledetección satelital se ha convertido en una herramienta estratégica para monitorizar el vigor vegetal, estimar biomasa y anticipar déficits forrajeros. Los índices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) y el EVI (Enhan-

ced Vegetation Index) permiten identificar picos de crecimiento, estrés hídrico y zonas infrautilizadas. Herramientas como At-farm (Yara, 2023) facilitan la interpretación de índices de clorofila y la planificación de fertilización.

Modelos basados en aprendizaje automático, como los desarrollados por Jarne et al. (2025), permiten predecir la productividad y calidad de praderas de montaña con alta precisión, abriendo la puerta a sistemas de manejo del territorio basados en datos.

6. Casos prácticos aplicados a la realidad española

Los sistemas de pastoreo de vacuno en España presentan una gran diversidad en cuanto a superficie disponible, productividad del territorio, acceso a montes comunales y estacionalidad del crecimiento del pasto. Esta variabilidad obliga a los ganaderos a integrar información sobre oferta forrajera, cargas ganaderas, cálculo de raciones, autonomía alimentaria y estudios económicos para tomar decisiones fundamentadas. A continuación, se presentan varios casos prácticos basados en situaciones reales de explotaciones españolas.

6.1. Cálculo de carga ganadera global

La carga ganadera global se calcula en función del número de días de ocupación y del tamaño del rebaño. En un sistema con 75 vacas, cuatro días de ocupación anual equivalen a 300 raciones, lo que supone una carga de 0,8 UGM por hectárea y año. Si la ocupación aumenta a cinco días, la carga asciende a 1,0 UGM/ha·año, y con seis días alcanza 1,2 UGM/ha·año.

Aunque la carga ganadera global aumenta con el número de días de ocupación, la productividad del pasto no crece indefinidamente. Como señalan Jarne et al. (2025), existe un umbral a partir del cual el incremento de la carga no se traduce en un aumento proporcional de la producción, sino en una mayor dependencia de insumos externos. En la práctica, esta dependencia se vuelve estructural a partir de 0,5 vacas por hectárea en sistemas de pasto mediterráneo.

6.2. Explotación media con acceso a puerto de montaña

En muchas zonas de montaña, las explotaciones de vacuno de carne disponen de una superficie propia limitada, pero cuentan con acceso a grandes extensiones comunales de pasto en los puertos estivales.

Las productividades medias de los distintos tipos de superficie reflejan la fuerte heterogeneidad del territorio y condicionan de manera decisiva la capacidad de carga de las explotaciones. En las zonas de valle, los prados bien manejados alcanzan rendimientos elevados, situándose en torno a las 6 toneladas de Materia Seca (MS) por hectárea y año, lo que los convierte en la base forrajera más estable y nutritiva del sistema. En contraste, las superficies forestales, aunque extensas y valiosas como recurso complementario, presentan una productividad mucho más modesta, cercana a las 2 toneladas de MS por hectárea. Finalmente, los puertos de montaña, a pesar de su gran extensión y de su papel estratégico durante el verano, ofrecen rendimientos aún más reducidos, alrededor de 1,2 toneladas de MS por hectárea, debido a las limitaciones climáticas, la altitud y la corta duración del periodo vegetativo. Esta combinación de superficies obliga a diseñar estrategias de manejo que aprovechen los picos de crecimiento primaveral y distribuyan la carga ganadera de forma equilibrada a lo largo del año.

Un ejemplo típico es el de una explotación con 5 hectáreas de prado de alta productividad, 10 hectáreas de superficie forestal con producción moderada y 135 hectáreas de puerto comunal. La combinación de estos recursos genera una oferta total anual cercana a las 212 toneladas de MS, lo que permitiría sostener teóricamente unas 106 unidades de ganado mayor (UGM). Sin embargo, al considerar la estacionalidad del crecimiento y la variabilidad climática, la capacidad sostenible se sitúa entre 70 y 80 vacas.

En este tipo de explotaciones, el puerto aporta la mayor parte de la superficie disponible, pero su productividad es limitada y muy dependiente de las precipitaciones primaverales. La clave del manejo consiste en aumentar la carga ganadera instantánea durante la primavera, cuando el pasto de valle alcanza su máximo vigor, y desplazar el rebaño hacia el puerto en verano, cuando las praderas de fondo de valle entran en parada vegetativa. La viabilidad del sistema depende de una gestión cuidadosa de la estacionalidad y de la capacidad de aprovechar los picos de crecimiento sin comprometer la recuperación del pasto.

6.3. Cálculo de raciones y tiempos de reposo en pastoreo rotacional

El dimensionamiento de las raciones y la planificación de los tiempos de reposo son elementos clave en sistemas de pastoreo rotacional. Basándose en la “regla verde” descrita por Jaurena et al. (2018), se estima que cada centímetro de altura del pasto equivale aproximadamente a 275 kg de MS por hectárea. La altura de entrada recomendada se sitúa entre 10 y 12 cm, mientras que la salida debe mantenerse entre 4 y 6 cm para garantizar la persistencia del pasto.

En un ejemplo práctico, una parcela con una oferta inicial de 1.300 kg de MS por hectárea, equivalente a unos 8 cm de altura, puede sostener un grupo de vacas gestantes con un consumo de 10,8 kg de MS por día, o vacas lactantes con un consumo de 13,2 kg. Considerando un rechazo del 30 %, la oferta necesaria por vaca asciende a 17,2 kg diarios. En estas condiciones, un lote de 75 vacas consumiría la oferta de una hectárea en un solo día.

Los tiempos de reposo dependen de la tasa de rebrote. Con un crecimiento de 40 kg de MS por hectárea y día, el reposo necesario sería de 33 días, mientras que con una tasa de rebrote de 70 kg de MS al día bastarían 19 días. En primavera húmeda, los intervalos entre pastoreos suelen situarse entre 21 y 28 días, mientras que en verano seco pueden alargarse hasta 60 días. En cualquier caso, no es posible aumentar la carga ganadera global más allá de 1

UGM por hectárea al año cuando la productividad es inferior a 6 toneladas de MS por hectárea. En este contexto, el aumento de 0,1 a 0,5 vacas/ha y año multiplica por cuatro los costes de alimentación, mientras que superar 1 vaca/ha y año solo es viable en sistemas intensivos con fertilización del pasto y suplementación de dieta continuas.

7. Conclusiones

La gestión moderna del pastoreo en la Península Ibérica requiere integrar conocimiento ecológico, herramientas cuantitativas y tecnologías de precisión para afrontar un escenario marcado por la variabilidad climática, la presión económica y las exigencias ambientales.

La teledetección satelital, combinada con sensores de actividad, collares GPS y vallado virtual, permite monitorizar el crecimiento del pasto, identificar áreas subutilizadas o degradadas y diseñar sistemas rotacionales basados en datos reales.

Los casos prácticos analizados muestran que la capacidad de carga no depende solo de las hectáreas disponibles, sino de la productividad real del territorio, su estacionalidad, la composición botánica, la capacidad de rebrote y la eficiencia del manejo. En zonas húmedas, el reto es gestionar el exceso de crecimiento que da lugar a pérdida de calidad; en zonas mediterráneas secas, el desafío es asegurar la disponibilidad de pasto durante los meses de verano y otoño.

La carga ganadera global es un indicador clave para la sostenibilidad económica y ambiental. Aumentarla por encima de la capacidad productiva del territorio conduce a una dependencia estructural de insumos externos, incrementando los costes de alimentación y reduciendo la rentabilidad.

Los sistemas de pastoreo rotacional intensivo, especialmente, el pastoreo en celdas, permiten aumentar la producción anual de MS, mejorar la calidad del forraje y favorecer la biodiversidad, siempre que se permita una capacidad de rebrote suficiente antes del retorno de los animales para un nuevo aprovechamiento.

8. Referencias bibliográficas

AEMET. (2025). *Atlas Nacional de España: Mapas de precipitación*.

BeefResearch.ca (2020). *Grazing Management Guide*.

Álvarez-Rodríguez, J. et al. (2006). Growth curve of Pyrenean meadows and comparison of different stocking rates in spring. British Grassland Society, 8th Research Conference.

Anadón, J. D., & Sala, O. E. (2026). *Global destocking of extensive livestock: An overlooked trend with Earth system consequences*. Proceedings of the National Academy of Sciences. 123 (3) e2509097122

Anglade, J., et al. (2015). Relationships for estimating N2 fixation in legumes: incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe. Ecosphere 6(3):37.

Doyle, C. J., et al. (2023). Effects of pre and postgrazing sward height on pasture utilization and nutritive value. *The Journal of Agricultural Science, 161*, 297–312.

Fajardo, M., et al. (2025). Animal and pasture responses in contrasting temperate pasturebased cattle management systems: Setstocking versus cell grazing. *Animal, 19*(10), 101635.

Faria, W., et al. (2023). Agrivoltaics and cattle behavior under shade structures. *Animals, 13*, 329.

Jarne, A., et al. (2025). Datadriven management of mountain meadows in Central Spanish Pyrenees: Enhancing productivity and quality via Random Forests models. *Agriculture, 15*, 2440.

Jaurena, M., et al. (2018). LA REGLA VERDE: Una herramienta para el manejo del campo natural. Septiembre 2018 - Revista INIA Nº 54, 24-27.

Menegazzi, P., et al. (2021). Impact of postgrazing residual height on milk production and pasture dynamics. *Frontiers in Animal Science, 2*, 742685.

NDSU Extension. (2020). *Forage Nutrition for Ruminants*.

Ouzman, J., et al. (2026). Applying virtual fencing technology for grazing and crop management: Three case studies with cattle in southern Australian mixed farming systems. *Animal Production Science, 66*, AN25351.

Real Decreto 1048/2022*, de 27 de diciembre, sobre la aplicación, a partir de 2023, de las intervenciones en forma de pagos directos y el establecimiento de requisitos comunes en el marco del Plan Estratégico de la Política Agrícola Común, y la regulación de la solicitud única del sistema integrado de gestión y control.*

Rodríguez, A. et al. (2023) Livestock species rather than grazing intensity shape plant guild proportions in interaction with multiple environmental drivers in grassland from the Pyrenees. *Applied Vegetation Science*, 26, e12724.

Sharpe, K., et al. (2021). Effects of shade and heat stress on dairy cattle behavior. *Journal of Dairy Science, 104*, 2794–2806.

Yara. (2023). *Atfarm: Manual del índice NSensor*.

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

- Conocer las características microbiológicas del agua exigidas por la administración.
- Saber interpretar un análisis microbiológico de agua.
- Diferenciar la calidad microbiológica de agua en función de su uso en vacas de leche.
- 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, sino que es una inversión en la producción animal, la salud de los terneros y en la sanidad alimentaria de la leche y subproductos lácteos. 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, los objetivos son evitar la eutrofización (N, P) y 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, bacterias cianofíceas 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, y diseñar depósitos, sub depósitos de fácil evacuación y limpieza.

Bebederos

Nos encontramos muchas veces con abrevaderos sucios, sin un programa de limpieza, mal diseñados para su limpie-

za. 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, considerando el sistema clásico, más barato y estadístico de "Número Más Probable" (NMP) como método alternativo en los casos de Coliformes, E. coli; Enterococos. 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. La administración no ha tenido en cuenta que los animales no viven la misma edad que el ser humano.

- **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. Pueden 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, Campylobacter, Cryptosporididium*** y otros 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 estadísticamente 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 sulfito-reductores*** (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 bacterias del hierro y por ende, 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 sus 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. Siempre es de transmisión por nebulización de agua, nunca por ingestión. 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 biofilm del sistema de tuberías de agua. 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 óptimas 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 España en quesos.

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 da más patógenicidad 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, analizar "****Cryptosporidium****" u otros microorganismos o parásitos. En USA, La EPA (Environmental Protection Agency) dice lo mismo.*

Parásitos

Aunque no es la vía epidemiológica más frecuente, sí que en alguna ocasión puede intervenir en el ciclo epidemiológico. Helmintos, nemátodos, estrongiloidosis, cestodos, cisticercos, hidatidosis; platelmintos, trematódos, 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, reducir la cantidad de N y P en el agua.

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"*
2. *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".*

EL CONTROL OFICIAL DEL BOTIQUÍN VETERINARIO

Mª del Mar Bravo Rodríguez

Veterinaria Oficial del Servicio de Sanidad Animal de la Junta de Extremadura

1. Legislación aplicable y Programa Nacional de Control Oficial de la distribución, prescripción y dispensación de los medicamentos veterinarios
2. Caso práctico: inspección de un botiquín veterinario
3. Puntos críticos en el control del botiquín

En la legislación nacional actual, principalmente el Real Decreto 666/2023, de 18 de julio y sus posteriores modificaciones, se esboza el concepto de botiquín veterinario, pudiendo definirse como el conjunto de medicamentos, incluidos gases medicinales, adquiridos por profesionales veterinarios en farmacias o establecimientos autorizados, destinados exclusivamente al desarrollo de su ejercicio profesional sobre animales bajo su cuidado directo y custodia, cumpliendo con los requisitos de conservación y comunicación a la autoridad competente.

En esta presentación abordaremos, en primer lugar, qué requisitos sobre la gestión del botiquín veterinario se controlan durante las inspecciones oficiales que se llevan a cabo en la Comunidad Autónoma de Extremadura a los veterinarios prescriptores en el marco del *Programa Nacional de Control Oficial de la distribución, prescripción y dispensación de los medicamentos veterinarios*, que anualmente se aprueba entre el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y los autoridades competentes de las Comunidades Autónomas.

El mencionado programa nacional establece dos objetivos operativos, el segundo de ellos indica: "*Mejora del proceso de prescripción veterinaria y del cumplimiento de los requisitos de la tenencia de medicamentos por parte de los profesionales veterinarios*"; con el fin de conseguir este objetivo, el Servicio de Sanidad Animal de la Junta de Extremadura organiza y ejecuta los controles oficiales sobre veterinarios/as de la práctica privada siguiendo las directrices establecidas en el propio programa nacional y que serán analizadas durante la ponencia:

- Control sobre, como mínimo, un 5% anual de los veterinarios que han comunicado prescripciones sobre animales de producción al sistema web autonómico RECEVEX: Para elegir esta muestra de profesionales existe una baremación con determinados criterios de riesgo.
- Control administrativo y documental, control visual *in situ*, levantamiento de acta y seguimiento posterior en el caso de incumplimientos.
- Requisitos mínimos a controlar durante el control oficial:

1. Prescripción de recetas en los casos que sea necesario: Comprobación de las copias de las recetas y su correcta cumplimentación, cumplimiento de lo dispuesto en la ficha técnica, excepto en las de prescripción excepcional por vacío terapéutico, y la utilización de los medicamentos según los términos de autorización de comercialización.
2. Prescripción excepcional por vacío terapéutico y tiempos de espera: Control documental por muestreo del cumplimiento de los requisitos para la prescripción excepcional
3. Tratamientos profilácticos y metafilácticos de antimicrobianos: justificación del uso y comprobación de documentación adicional a la receta sobre el diagnóstico realizado.
4. Adicionalmente a los requisitos anteriores, en el control oficial del botiquín veterinario se comprueba: la comunicación a la autoridad competente de la existencia y lugar donde se encuentran los medicamentos veterinarios, su custodia y conservación, los registros y la documentación que justifique la trazabilidad de los medicamentos:

- Justificación documental de las entradas (albaranes u hojas de pedido, documentación de transporte) y salidas (recetas).
- Control por muestreo y comprobación in situ, a través de un muestreo aleatorio o dirigido, que el stock físico del botiquín se adecua a la documentación de entrada y salida.

En segundo lugar, desarrollaremos un simulacro de inspección de botiquín mediante un caso práctico de donde se extraerán los principales incumplimientos que se detectan en este tipo de controles: Desde la comunicación a la autoridad competente, información de recetas, información de la hoja de pedido, registros de la entrada y salida de medicamentos, medicamentos que pueden formar parte del botiquín y las condiciones de custodia y conservación de los mismos.

Por último, se expondrán algunos de los puntos críticos detectados en la gestión y el control de los botiquines veterinarios como la trazabilidad total, la justificación documental, la cesión, medicamentos que pueden incluirse y otras cuestiones que pueden plantear dudas y necesidad de interpretación para el veterinario prescriptor en su ejercicio profesional diario.

NECROPSIA: EXAMEN POST MORTEM QUE SE REALIZA EN UN CADÁVER CON EL OBJETIVO DE OBTENER INFORMACIÓN SOBRE LAS CAUSAS Y CIRCUNSTANCIAS DEL FALLECIMIENTO

Javier Camba

En el trabajo de campo en multitud de ocasiones a todos nos surgen dudas de cual o cuales son los procesos que están actuando sobre un animal que nosotros estamos tratando. Normalmente estos procesos suceden en un contexto concreto de la vida productiva del animal y nosotros tendemos a asociarlos a ese proceso. Por ejemplo, cuando un animal tras un parto presenta un deterioro de su salud, lógicamente tendemos a relacionar la patología en curso con ese proceso concreto que el animal acaba de atravesar, ya sea un parto, un pico de producción, un proceso postquirúrgico o cualquier otro. Es verdad que en multitud de ocasiones es así, pero no siempre. Gracias al conocimiento y el esfuerzo del veterinario, normalmente estas situaciones se resuelven favorablemente y suponemos que hemos atinado en nuestro diagnóstico o como mínimo al menos hemos salvado al animal y la vida continúa. Desgraciadamente en otras ocasiones el resultado no es el esperado y siempre nos queda la duda de si hemos acertado en nuestro diagnóstico o no. Seguramente en la mayoría de las ocasiones hemos tratado con acierto y el animal no ha sido capaz de remontar ese proceso patológico y en otras simplemente hemos errado, por falta de recursos diagnósticos la mayoría de las veces.

En estos casos sería muy conveniente utilizar el último recurso, **la necropsia.** ¿Cuál es la finalidad de la necropsia?

- Confirmar un diagnóstico presuntivo.
- Descartar otras causas que pudieran ser concomitantes o principales si hemos errado en el diagnóstico.

En definitiva: Saber cuál o cuáles son las causas y circunstancias que llevaron a ese animal al final de su vida.

Realizaremos un procedimiento competo y revisaremos una serie de casos de procesos musculoesqueléticos y por cavidades desde clostridiosis a hígados grasos pasando por la “típica vaca clavada”, endocarditis etc.

La necropsia

El método aquí presentado posiblemente no es el más académico, pero hemos de tener en cuenta que lo podremos realizar solos, sin ayuda y en un tiempo razonable, por lo que en mi experiencia es el método más aplicable a la vida de campo real. Únicamente necesitaremos que se nos deposite el animal en una posición determinada y a partir de ahí podremos trabajar sin ayuda.

Material necesario:

- EPIS: Botas de goma, calzas, bata desechable, mascarilla, gafas, guantes de látex, guantes anticorte, guantes de exploración y guantes de nitrilo.
- Cizalla.
- Cuchillo.
- Piedra o chaira.
- Bisturí de acero con el mango taladrado.
- Cámara de fotos.
- Cordón para coser.

Procedimiento previo:

- **Anamnesis**: Tiempo de duración del proceso; signos y síntomas asociados; tratamientos aplicados y la respuesta a estos; evolución; desenlace. ¿La anamnesis es fiable o puede estar falseada?
- **Posicionamiento de la res**: En general es posible que nos encontremos en animal en cualquier posición y en cualquier lugar y este será el único momento en el que precisaremos ayuda. *El posicionamiento ideal es en decúbito lateral izquierdo, en una superficie uniforme, plana y si puede ser* (condicionado por el rigor mortis) *proyectando las extremidades anteriores hacia craneal y las posteriores hacia caudal,* lo cual despejará enormemente el abordaje de las cavidades. Evidentemente en la mayoría de las ocasiones deberemos conformarnos con un decúbito lateral izquierdo y a partir de ahí, trabajar. Para cuestiones más concretas decúbito supino y en algunas ocasiones si no hay posibilidad de colocarla…como se pueda. La superficie menos inclinada posible para facilitar el trabajo en la fase de cerrado, y si plana no es posible entonces con el dorso hacia la pendiente para evitar la eventración de las vísceras.
- **Examen externo**: Debemos hacernos una idea del tiempo de duración del proceso por el estado de carnes, de si la muerte ha sido repentina o no en función de la timpanización…En general examinaremos: Estado de carnes,

pelaje, estado de hidratación, presencia de lesiones por decúbito prolongado, timpanización o enfisema (y si es timpanización donde está ese gas, en rumen o en intestino), Estado de conservación de los restos, examen de conjuntivas, mucosas, ubre…

ABORDAJE DE CAVIDADES:

En busca de procesos digestivos, renales, traumáticos, respiratorios, cardíacos, renales, clostridiosis…

Abriremos conjuntamente la cavidad torácica y la abdominal con una única ventana y esta nos permitirá también examinar la cavidad pelviana sin necesidad de un abordaje específico.

Tomaremos unas referencias anatómicas muy simples:

1. Ala del ilion.
2. Pliegue de la babilla.
3. Borde posterior del codo.
4. Filo posterior del cartílago escapular.

Haremos tres cortes que unan los puntos anteriores en ese orden: 1→2→3→4. Debemos realizar los cortes, especialmente en el tramo abdominal, con la precaución de no perforar las cavidades. Cortaremos sólo la dermis. Ahora desollaremos esa ventana de piel y levantaremos un pliegue que deje a la vista la musculatura abdominal y torácica.

Ahora toca cortar los músculos abdominales y torácicos y dejar a la vista las cavidades:

- Con cuchillo: musculatura transversa abdominal, musculatura abdominal del tronco y músculos intercostales. Siempre manteniendo cuidado de no perforar ni cortar estructuras internas.
- Con cizalla: uniones costo condrales, arco costal y esternón.
- A mano: Traccionar de las costillas, previamente cortadas, hacia dorsal dejando al descubierto el hígado y la cavidad torácica.

Ya tenemos a la vista todas las estructuras y órganos abdominales y torácicos, podremos evaluar su posición anatómica, coloración, volumen y cualquier alteración como depósitos de fibrina, salida de contenido digestivo, recciones anómalas... Nos encontraremos el paquete intestinal envuelto por los omentos. De haberlo hecho por el lado izquierdo, en abdomen únicamente veríamos el rumen, de esta manera vemos todos los órganos con la excepción del bazo, pero que es muy accesible por este lado de la cúpula diafragmática.

En caso de que la posición de las extremidades no sea la más adecuada (especialmente las delanteras) levantaremos la escápula cortando todo el cinturón escapular y proyectaremos la extremidad anterior por encima de la espalda, tras esto eliminaremos el resto de las costillas siguiendo el procedimiento inicial. Podremos hacer lo propio con la extremidad posterior, pero será extremadamente excepcional esta necesidad. También realizaremos este proceso con la extremidad anterior en los casos en que necesitemos explorar el tramo cervicotorácico del esófago, timo y entrada de la tráquea.

ABORDAJE DE CUELLO Y CAVIDAD ORAL

En busca de atragantamientos, ahorcamientos, heridas en cavidad oral, alguna clostridiosis, procesos yatrogénicos…

Será necesario levantar la extremidad anterior cortando el cinturón escapular para dejar visibles todas las costillas y retirarlas del mismo modo que las anteriores. Realizar un corte latero ventral por las tablas del cuello desde el tórax hasta la sínfisis mandibular, teniendo precaución de no cortar ningún vaso importante que ensuciaría mucho el campo de trabajo.

Tras esto, podremos extraer el esófago entero desde la entrada del rumen hasta la faringe, en busca de obstrucción esofágica o heridas producidas por sondajes.

Extraeremos la lengua entera entre los cuerpos mandibulares e iremos cortando descendentemente de modo que podremos extraer esófago, laringe, tráquea, árbol bronquial y ambos pulmones, en busca de atragantamientos en faringe y otras lesiones. Para la extracción de la lengua necesitaremos cortar el hioides con la cizalla, es bastante más duro de lo que podríamos imaginar.

En casos de ahorcamiento buscaremos edema hemorrágico en las yugulares y en enganchones en los hierros del cubículo veremos lesiones en el ángulo mandibular y maseteros.

EXTREMIDADES.

En busca de traumatismos, procesos infecciosos, desgarros musculares, lesiones ligamentosas, examen del contenido de las articulaciones…

- **Anterior:** Realizaremos un corte de la piel desde el borde superior de la escápula hasta el rodete coronario y procederemos a un desollado cuidadoso. Podremos observar la presencia de procesos traumáticos o incluso roturas ligamentosas. Cortaremos las cápsulas articulares para la evaluación de su contenido valorando procesos artríticos de origen infeccioso o bien traumático, así como desgastes anormales y presencia de fracturas

astillamientos etc.

- **Posterior:** Cara lateral: Cortes desde ala del íleon hasta trocánter mayor del fémur y desde éste hasta el isquion. Desde el trocánter mayor del fémur hasta el metatarso por lateral y desollar la extremidad. Por esta cara veremos: Examen de semitendinoso, semimembranoso, gastrocnemio (pata de conejo), vasto, tensor de la fascia lata y femorales por cara lateral. Articulaciones: Cadera, rodilla y tarso crural. También por la cara lateral evaluaremos el daño que ocasiona el uso de la pinza de la cadera.

Cara medial: Otro corte por la línea inguinal levantando la extremidad que podremos apoyar sobre el hombro. Por cara medial veremos: Examen del ligamento de la cabeza del fémur, examen de gracilis y aductor. Al igual que en la extremidad anterior evaluar el estado de las articulaciones y sus contenidos (almibarado, turbio, hemorrágico…).

Si no hay hematoma, no hay golpe (¿síndrome compartimental, miositis necrosante?).

CERRAR:

Hemos finalizado nuestra necropsia y llega el momento de cerrar el cadáver. Debemos dejar el cadáver de forma que no se escapen órganos ni restos al exterior de modo que incluso cuando levanten el animal para cargarlo en el camión de retirada de cadáveres libere la menor cantidad de fluidos posible. Para ello utilizaremos un bisturí al que previamente hemos taladrado el mango con un orificio que nos permita pasar un cordón de resistencia suficiente para aguantar esa costura. Yo utilizo por sistema los cordones de los rulos de hierba, también pueden utilizarse los cordones de las pacas de paja si bien estos son algo más incomodos porque su grosor dificulta la costura. En cualquier caso, será válido cualquier cordón con la resistencia suficiente. Procederemos a enhebrar el cordón en el mango del bisturí y coseremos con sutura continua desde el ala del ilion toda la "U" que hemos cortado en la res con puntos juntos y bien apretados para evitar fugas. Si ha quedado bien cosido el cadáver puede ser arrastrado a posteriori y cargado sin miedo a que rompa. Es importante que dejemos todo limpio y en buen estado para que no se nos pongan problemas a la hora de realizar otra necropsia.

FINALIZACIÓN Y CONCLUSIONES.

DIFERENTES HALLAZGOS, CAUSAS Y LESIONES:

He seleccionado una serie de 33 diagnósticos ordenados topográficamente, visualizaremos las lesiones propias de diversos acontecimientos o patologías, por ejemplo, las lesiones propias de un ahorcamiento o el cada vez más frecuente "síndrome de la vena cava caudal", veremos procesos tumorales, poco frecuentes en líneas generales por que habitualmente tratamos con animales jóvenes en relación a la expectativa vital de un bovino. Veremos lesiones de origen infeccioso, traumático y degenerativo; procesos digestivos, respiratorios, cardíacos…Citaremos diagnósticos emitidos en determinados casos en los que se revelaron erróneos y eran prácticamente indiagnosticables.

En definitiva, haremos un breve repaso de la multitud de causas que pueden afectar a los bovinos de producción para tomar conciencia de que no sólo las patologías vinculadas a la producción son las que afecta a estas reses; Esto debería hacernos reflexionar acerca de que hemos de abrir nuestro listado de diagnósticos diferenciales a todas las causas que afectan a cualquier mamífero y que bien de forma concomitante o bien de forma única, principal y específica está afectando al animal que nos ocupa en cada ocasión.

Cabeza y cuello:

- Edema subcutáneo maligno (diagnosticado como traumatismo)
- Atragantamiento
- Lesión por sondaje
- Proceso tumoral (diagnosticado como traumatismo)
- Traumatismo cervical
- Ahorcamiento

Tórax:

- Neumonías
- Retículo pericarditis traumática
- Forman interventricular persistente (diagnosticado como neumonía)
- Endocarditis
- Línea de isquemia esofágica (timpanismo)
- SVC (síndrome de la vena cava caudal)
- Tumor de timo (diagnosticado como retículo pericarditis)

Abdomen:

- Edema maligno

- Procesos tumorales
- Glomerulonefritis
- Invaginación y torsión intestinal
- Úlceras de cuajar
- Peritonitis
- Retículo peritonitis por cuerpo extraño
- Entero toxemia
- Yeyunitis hemorrágica
- Dislocación de cuajar
- Fasciola
- Esteatosis hepática
- Hemorragia abdominal aguda

Pelvis:

- Proceso tumoral
- Piómetra
- Desgarro de matriz
- Peritonitis postquirúrgica
- Torsión de matriz

Extremidades:

- Roturas musculares
- Roturas tendinosas
- Daños yatrogénicos

Conclusiones y finalización:

- Tener toda la información antes de empezar a sacar conclusiones
- Nada por sí sólo es nada, el conjunto de la información es lo que da la conclusión.
- No extrapolar la información de unos animales para otros, (todos se mueren igual, tumbados, enfermos…) sabemos de qué se ha muerto el que hemos abierto, el resto…
- Prudencia con las afirmaciones, no echemos (aunque sea de forma involuntaria e inconsciente) responsabilidades a otros, buscamos causas, no responsables.
- Planteamos una hipótesis basada en algo, no es una aseveración incuestionable debido a la información de la que disponemos (limitada y escasa por los medios que manejamos)
- Pero es una hipótesis probable, lo demás son puras especulaciones. (llevaría un golpe, la montaron, le dio un ataque…) Si lo nuestro no es más que una hipótesis, ¿estas afirmaciones que son?
- Es posible que no sepamos de que se ha muerto, pero podremos descartar numerosas causas y esto ya no es poca cosa

Un par de consejos para finalizar:

- Abrid animales, cuantos más animales, mejor
- Abre incluso animales que sepas de que se han muerto para ver tejidos sanos y tejidos afectados por una patología conocida
- Sólo se aprende haciéndolo
- Compara tejidos sanos con enfermos
- Comparte información, fotos, especula, compara…
- Contrasta esa información obtenida con bibliografía para apuntalar ese diagnóstico presuntivo.

JOBSYNCH: SINCRONIZACIÓN DE TAREAS EN GRANJAS LECHERAS

José M. Vidal

(INATEGA)

1. Introducción: una crisis silenciosa en el sector lácteo

El sector del vacuno lechero europeo atraviesa una crisis que va más allá de los márgenes económicos. La edad avanzada de los ganaderos, la escasez de relevo generacional, las dificultades para retener mano de obra cualificada y el deterioro de la salud mental en el sector configuran un escenario de alta presión que compromete la sostenibilidad de muchas explotaciones.

2. ¿Qué es JOBSYNCH? El principio de la sincronización

Ante esta realidad, Inatega ha desarrollado JOBSYNCH: un sistema de gestión basado en la sincronización de tareas cuyo objetivo es hacer más sostenibles las explotaciones desde el punto de vista humano y animal.

JOBSYNCH es un conjunto de algoritmos de gestión diseñados para concentrar las tareas reproductivas y productivas de la granja lechera en ventanas de tiempo predecibles. El mecanismo central consiste en la sincronización de las inseminaciones artificiales, replicando el manejo por lotes (todo dentro / todo fuera). Al agrupar las inseminaciones en días concretos y espaciados, toda la cadena de eventos reproductivos —sincronizaciones, inseminaciones, diagnósticos de gestación, secados y partos— queda también sincronizada y predecible.

3. Validación en granjas:Ejemplo Os Chans 3/2019

JOBSYNCH no es una solución única: el intervalo entre lotes se adapta a cada explotación según su tamaño, instalaciones y objetivos del ganadero JOBSYNCH empezó su proceso de validación con el protocolo de lotes de 35 días, Empezamos en Os Chans (Coruña) en marzo de2019, el año se organizó en 10 ciclos de 35 dias, y la validación continuo en dos granjas más con protocolos de 21 y 63 días.

El impacto más inmediato fue la drástica reducción de los días del año en que se realizan inseminaciones. Antes de JOBSYNCH, la granja inseminaba el 48% de los días del año. Tras la implementación, este porcentaje se redujo al 3% de los dias en 2021 con un número medio de 45 inseminaciones por día para un total 180 partos).

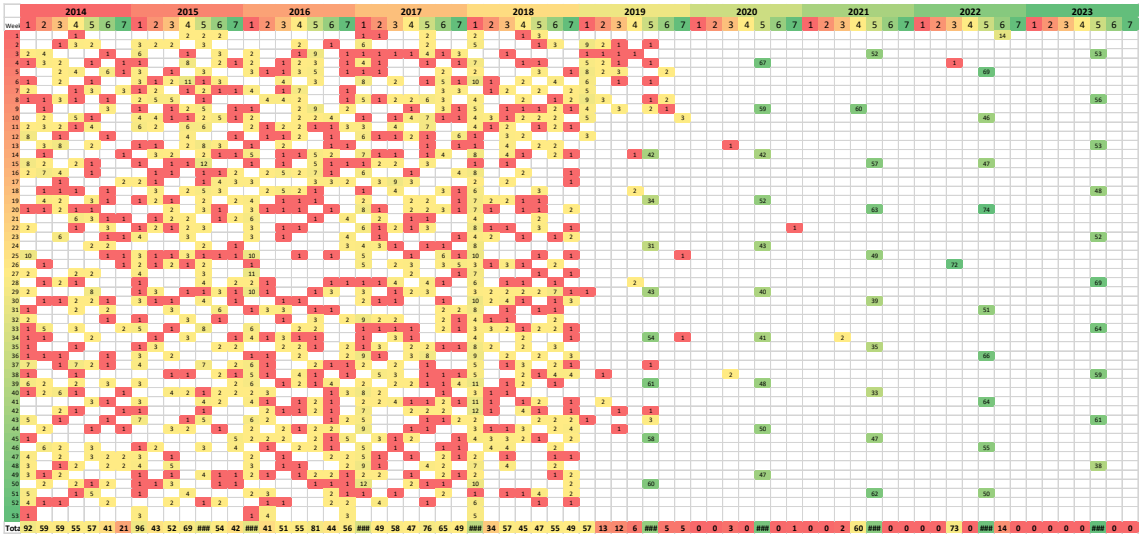


Fig 1.- Distribución de las inseminaciones en Os Chans (2014-2023). Los años estan repartidos por semanas y las semanas por día de la semana, cada día que se insemino aparece con color y el color varia de rojo a verde al aumentar el nº de inseminaciones/día.

La sincronización también reorganizó el calendario de partos. Con el mismo número de partos anual los días con parto se redujeron de 138 a 101 y concentrados en 10 períodos. Esto facilita enormemente la atención del ganadero y del veterinario durante las épocas de mayor actividad.

La sincronización no sólo no comprometió la fertilidad de la granja, sino que la mejoró. A lo largo del periodo evaluado, la tasa de concepción tanto en vacas como en novillas subió en el entorno del 10%, con datos estables y mejoras para todos los tipos de semen empleados (convencional, sexado y carne):

Tasa de Concepción	2017	2018	2019	2020	2021
Vacas	33.2	37.1	38.6	44.3	48.4
Novillas	48.6	49.2	52.6	61.6	62.8

Tabla 1.- Evolución de la tasa de concepción en Vacas y novillas (antes y después de la implementación del Jobsynch (datos de Gando)

El 81% de las gestaciones se concentró en un rango de 9 días consecutivos (días 272 a 280), lo que confirma la alta predictibilidad del sistema. El intervalo entre partos promedio fue de 406 días en 2021, con el 75% de las vacas pariendo con un intervalo entre partos inferior a 14 meses.

4. Beneficios

El impacto sobre la carga de trabajo es inmediato y cuantificable:

- Las inseminaciones se concentran en 1–2 días clave por ciclo.
- Se estima un ahorro de hasta un 25% anual en horas de mano de obra.
- Es posible planificar vacaciones, fines de semana y eventos familiares con anticipación, simplemente evitando inseminar en los lotes previos a esas fechas. Es más fácil planificar y organizar las tareas con veterinarios, empresas de servicios, recogida de terneros, gestión de papeles etc.

El sector veterinario se enfrenta a su propia crisis de mano de obra. JOBSYNCH ofrece una respuesta estructural:

- Un profesional puede concentrar en una sola visita planificada el trabajo que antes requería múltiples desplazamientos semanales.
- Los horarios de visita son predecibles; se eliminan las urgencias reproductivas en fines de semana y festivos.
- La concentración de tareas permite ampliar de un modo eficiente y rentable el nº de servicios del veterinario como inseminación, tratamientos de secado, descornado, etc.
- Al igual que ocurrió en su día con el ovino y el porcino, la gestión por lotes permite interrumpir los ciclos de las principales enfermedades infecciosas -coccidios, coronavirus, criptosporidiosis, rotavirus entre otras – al suprimir la transmisión horizontal continua entes animales de diferentes edades. Además, optimiza los protocolos vacunales, reduciendo el uso de antimicrobianos
- Desde el punto de vista nutricional los lotes homogéneos permiten aplicar dietas de precisión (DCAD, control de ingesta) y optimizar sus costes.

5. Conclusiones

En conjunto, los datos de Os Chans demuestran que JOBSYNCH permite reducir el volumen de trabajo reproductivo concentrándolo en muy pocos días al año, disminuyendo la carga laboral mejorando la fertilidad y la salud de los animales en un entorno más predecible. Lejos de comprometer la producción, la sincronización mejora los indicadores técnicos. Los datos de la explotación piloto muestran una mejora en la eficiencia sostenida en el tiempo. En el resto de las explotaciones los resultados han sido comparables, y el conjunto de las experiencias nos han permitido afinar y mejorar en su desarrollo.

JOBSYNCH representa un cambio de paradigma en la gestión de la granja lechera: no es una mejora técnica puntual, sino una reorganización sistémica que pone a todos los actores del sistema productivo —vacas, ganaderos, empleados y veterinarios— en condiciones más sostenibles.

“Pasamos de un sistema reactivo, donde esperamos a que las cosas sucedan, a un sistema proactivo, donde planificamos cuándo y cómo suceden.”

PROLONGACIÓN DE LA DURACIÓN DE LA LACTANCIA

ÁNGEL AVILA

AVILAVET

Tradicionalmente, se aconseja a los ganaderos un intervalo entre partos de 1 año desde un punto de vista económico, para lograr un pico anual de producción de leche.

Sin embargo, un intervalo entre partos de 1 año implica un evento anual de secado, parto e inicio de la lactancia, que se asocian con un mayor riesgo de enfermedades y trastornos. Extender deliberadamente la duración de la lactancia mediante la extensión del período de espera voluntaria (PEV) para la primera inseminación reduce la frecuencia de estos eventos desafiantes. Esta reducción en la frecuencia de partos puede ser beneficiosa para la salud y la fertilidad de las vacas, pero también puede ser de interés para reducir el número de terneros excedentes y la mano de obra asociada con el secado, el parto y los tratamientos de enfermedades.

Una estrategia personalizada, basada en las características individuales de las vacas, puede ser un enfoque futuro para seleccionar vacas de alta producción con curvas de lactancia persistentes para una lactancia prolongada, con el fin de limitar el riesgo de engorde y la reducción de la producción de leche al final de la lactancia, al tiempo que se beneficie de una reducción de los eventos desafiantes alrededor del parto. Una consecuencia de un intervalo entre partos de 1 año es que las vacas se someten a un período de transición una vez al año.

El período de transición se caracteriza por grandes cambios en la fisiología de las vacas, incluyendo el secado, el parto y el inicio de la lactancia, así como cambios en la ración y el manejo. Especialmente el inicio de la lactancia, cuando la vaca se está recuperando del parto y, al mismo tiempo, en un estado de balance energético negativo, se asocia con un mayor riesgo de trastornos y enfermedades metabólicas

(Friggens et al., 2004; Koeck et al., 2012).

La prolongación de las lactancias de las vacas lecheras aumentaría los intervalos entre partos y, por lo tanto, reduciría la frecuencia de los períodos de transición de las vacas lecheras (Bertilsson et al., 1997; Caballero, 2005; Sehested et al., 2019).

Además, la prolongación deliberada de la lactancia, mediante la ampliación del período de espera voluntaria (PEV), puede ser una estrategia para posponer la inseminación artificial (IA) de las vacas con fertilidad comprometida al principio de la lactancia, para evitar problemas de alta producción de leche en el momento del secado y para reducir el excedente de terneros en el sector lácteo.

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DEL VACUNO DE CARNE EN GALICIA (2024): ESTRUCTURA DE COSTES, RESULTADOS Y PALANCAS TÉCNICO-PRODUCTIVAS PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD

Dr. José Manuel Andrade Calvo

Director de la Fundación Juana de Vega y Profesor del departamento de Empresa de la Universidad de A Coruña

Introducción

El vacuno de carne en Galicia se sostiene sobre un modelo mayoritariamente extensivo o semi-extensivo, con un fuerte componente de trabajo familiar, una base territorial significativa y una orientación clara hacia la venta de terneros cebados bajo figuras de calidad. Sin embargo, el contexto de costes crecientes, la volatilidad de mercado y la presión sobre la renta agraria hacen que la pregunta central ya no sea si el sistema "funciona" en términos productivos, sino en qué condiciones es económicamente viable y qué factores técnicos determinan la rentabilidad real de las explotaciones.

Este texto presenta y comenta los resultados de un estudio técnico-económico correspondiente al año 2024, basado en una muestra de 17 explotaciones gallegas integradas en la Red Gallega de Granjas Modelo, impulsada y coordinada por la Fundación Juana de Vega. Se trata de granjas consideradas representativas del modelo predominante en Galicia, sistemas de vacas nodrizas orientados a la cría y al cebo de los terneros en la propia explotación, cuya producción se comercializa bajo el sello de la IXP Ternera Gallega Suprema, con los requisitos productivos y comerciales que ello implica. Aunque el estudio se refiere específicamente a Galicia, las características estructurales y de manejo descritas son comparables a las de numerosas explotaciones de la Cornisa Cantábrica, especialmente en comunidades como Asturias, Cantabria o el País Vasco, donde predominan modelos productivos similares en dimensión, base territorial y organización del trabajo. Por ello, muchas de las conclusiones técnico-económicas pueden considerarse extrapolables a estos contextos.

El informe original tiene un carácter descriptivo y su finalidad es aportar datos contrastados que ayuden a los productores a mejorar su eficiencia y, con ello, su rentabilidad. En el contexto de un congreso de medicina bovina, el valor añadido consiste en interpretar esos resultados desde una perspectiva aplicada, vinculándolos a decisiones de manejo y de sanidad que inciden directamente en la cuenta de resultados, para identificar dónde se concentran las pérdidas "invisibles", qué indicadores conviene monitorizar de forma sistemática y qué líneas de actuación tienen mayor capacidad de mejorar el desempeño económico de la explotación.

En las páginas siguientes se describen la estructura del sistema (censo, superficie, mano de obra), la producción, la cuenta de resultados (ingresos y costes), el margen económico, la renta disponible y el precio de equilibrio. Finalmente, se incorporan datos del anexo de cebaderos para contrastar un modelo más intensivo, menos dependiente de ayudas y altamente condicionado por la alimentación y la compra de terneros.

1) Muestra analizada y distribución territorial

La muestra está compuesta por 17 explotaciones distribuidas por comarcas con presencia relevante de vacuno de carne, cuya distribución geográfica es la que figura en la Figura 1.

La distribución territorial sugiere sistemas adaptados a condiciones agroclimáticas diversas, incluyendo zonas de montaña donde la base forrajera y la disponibilidad de cultivos (por ejemplo, maíz forrajero) se ven condicionadas por altitud, pendiente y clima. Este matiz, aparentemente "agrario", tiene lectura veterinaria: en ambientes más limitantes, la nutrición invernal, la condición corporal y el estrés ambiental pueden afectar tanto a la fertilidad como a la morbilidad de terneros, y por tanto al número final de animales vendidos y al coste por kg producido.



Figura 1. Localización de las Granjas Modelo de Vacuno de Carne de Galicia (2024).

El informe también se señala que en la Red se incluyen tres cebaderos que no encajan en el modelo típico, por lo que se presentan en anexo de forma separada. Esa separación es metodológicamente importante, ya que mezclar nodrizas con cebaderos distorsionaría la lectura económica, porque la estructura de costes, el peso de la compra de animales y la dependencia de superficie son completamente diferentes.

2) Estructura del rebaño: tamaño, UGM y valor del inventario

Las 17 explotaciones analizadas corresponden al modelo de vacas nodrizas, es decir, sistemas en los que las vacas crían los terneros y estos se ceban posteriormente en la propia explotación antes de su comercialización. La Tabla 2 recoge el censo medio de animales y su equivalencia en Unidades de Ganado Mayor (UGM), lo que permite dimensionar de forma homogénea la estructura productiva del conjunto analizado.

Tabla 2. Cabaña ganadera media (2024)

Cabaña ganadera	Nº de cabezas	UGM	% (cabezas/total)
Vacas nodrizas	56	45	56%
Novillas (recría)	6	4	6%
Toros	1	1	1%
Terneros carniceros	37	30	37%
TOTAL	**100**	**80**	**100%**

Este perfil se corresponde con un tamaño pequeño-mediano en términos de número de animales, pero el informe pone el foco en un aspecto clave que con frecuencia se infravalora, el valor económico del inventario ganadero. La Tabla 3 cuantifica este capital utilizando valores unitarios de referencia acordados por los socios de la Red de Granjas, definidos a partir de su experiencia técnica y de las condiciones reales de mercado en 2024.

Tabla 3. Valor estimado medio de la cabaña ganadera (2024)

Tipo de animales	Nº de cabezas (media)	Valor unitario estimado	Valor estimado
Vacas nodrizas	56	2.000 €	112.000 €
Novillas	6	1.800 €	10.800 €
Toros	1	2.500 €	2.500 €
Terneros carniceros	37	1.200 €	44.400 €
TOTAL	**100**		**169.700 €**

Desde una perspectiva económica, este inventario constituye el principal capital biológico de la explotación. Cada problema sanitario o reproductivo no solo afecta a los ingresos futuros, sino que compromete un activo valorado en casi 170.000 € de media por granja. Cuando se aborda la prevención, la bioseguridad o la mejora de la eficiencia reproductiva, el análisis no debe centrarse únicamente en el gasto sanitario directo, sino en la protección y valorización del capital invertido en animales y en la reducción del riesgo económico asociado a su pérdida o menor rendimiento.

3) Base territorial y carga ganadera

La base territorial media empleada para sostener el rebaño es de 61 hectáreas, con predominio de propiedad y arrendamiento, y un pequeño porcentaje de cesiones de uso sin coste.

Tabla 4. Superficie agraria útil media (SAU) (2024)

SAU	Hectáreas	%
Propiedad	33	54%
Alquilada	26	43%
Cedida sin coste	2	3%
TOTAL	**61**	**100%**

Con esta superficie y el censo indicado, la carga ganadera media es de 1,28 UGM/ha. Esta carga relativamente baja es coherente con un modelo basado en pastoreo, en el que la eficiencia económica depende de (i) la capacidad de aprovechar pasto de forma estable, (ii) la gestión de reservas (silo de hierba, forraje seco), y (iii) la duración y coste del periodo de cebo.

El impacto sanitario puede parecer indirecto, pero es económicamente muy relevante, ya que la calidad del pasto, la disponibilidad en periodos críticos y el manejo del forraje influyen en la condición corporal de las vacas, en su capacidad reproductiva y en la supervivencia y crecimiento de los terneros. En sistemas extensivos, muchas pérdidas económicas no se deben a grandes episodios sanitarios visibles, sino a pequeñas ineficiencias acumuladas, como retrasos en la concepción, menor ritmo de crecimiento o problemas respiratorios en la fase de cebo, que reducen progresivamente la productividad por vaca y por hectárea.

4) Mano de obra: el gran coste oculto

El informe señala que las explotaciones dependen casi exclusivamente del trabajo familiar, con una media de 1,26 UTAs por granja, cifra considerada elevada en relación con el número de animales debido a la presencia de explotaciones pequeñas; para la estimación se aplica el criterio de 1 UTA por cada 50 vacas nodrizas, resultando 1,12 UTAs para 56 vacas.

Esta decisión metodológica es central para comprender el coste real de producción. En vacuno de carne, especialmente en explotaciones familiares, la mano de obra propia suele quedar "fuera" de los cálculos, lo que crea una ilusión de rentabilidad. El estudio evita esa trampa imputando un salario de referencia al titular (más adelante cuantificado como 1,5 SMI[2]).

Desde una perspectiva económica, este punto resulta especialmente relevante. Cuando el productor afirma que "la sanidad le cuesta mucho", conviene contextualizar esa percepción recordando que el principal coste fijo es el trabajo y su adecuada retribución, mientras que la sanidad, aun siendo imprescindible, representa un porcentaje relativamente reducido del coste total, como refleja la cuenta de resultados. En este marco, el valor del veterinario no se mide tanto por el coste directo de sus actuaciones como por su capacidad para contribuir a transformar estructura y trabajo en kilos efectivamente comercializables.

5) Producción: terneros, desvieje y ventas para vida

La producción media anual se recoge en la Tabla 5.

El sistema se centra en la venta de terneros cebados hasta alrededor de 10 meses.

Tabla 5. Producción media (2024)

Indicador	Valor medio
Nº terneros de cebo enviados a matadero	34
Peso canal terneros (kg)	8.364,86
Peso medio canal terneros (kg)	246,03
Nº vacas nodrizas enviadas a matadero (desvieje)	7
Peso canal desvieje (kg)	1.937,07
Peso medio canal desvieje (kg)	276,72
Nº ventas para vida	1
Peso canal estimado (kg)	158,24
Peso medio estimado (kg)	158,24
Nº medio vacas nodrizas durante el año	56
Nº medio recría durante el año	6
Nº medio terneros cebo durante el año	37
Nº medio toros durante el año	1
Terneros enviados matadero/vacas nodrizas (%)	60,71%
Kg totales carne vendida (estimación del texto)	**10.460,16**

2 Salario equivalente a 1,5 veces el Salario Mínimo Interprofesional.

El indicador "terneros enviados a matadero/vacas nodrizas" (60,71%) resume de forma clara el rendimiento reproductivo y la capacidad del sistema para transformar vacas presentes en terneros efectivamente vendidos. Traducido a lenguaje de gestión, por cada 10 vacas se comercializan algo más de 6 terneros. En un contexto en el que el margen por kilogramo es muy reducido (en torno a 0,25 €/kg incluyendo la retribución del titular), mejorar este ratio tiene un efecto multiplicador, ya que incrementa los ingresos sin aumentar de forma proporcional los costes fijos. En este ámbito, el asesoramiento veterinario resulta determinante, especialmente en todo lo relacionado con el control reproductivo, la reducción de pérdidas alrededor del parto y en las primeras fases de vida del ternero, así como en la aplicación de medidas básicas de prevención sanitaria que influyen directamente en el número final de animales vendidos.

6) Cuenta de resultados: ingresos

La Tabla 6 desglosa los ingresos medios de 2024.

Tabla 6. Ingresos medios (2024)

Concepto	€ totales	€/kg	% total
Ventas	**59.716,79**	**5,71**	**67,39%**
– Venta terneros cebo	49.955,98	4,78	56,37%
– Venta vacas desvieje	8.268,86	0,79	9,33%
– Ventas para vida	1.491,94	0,14	1,68%
Subvenciones	**30.313,36**	**2,90**	**34,21%**
– PAC recurrente	29.024,73	2,77	32,75%
– Devolución combustible	109,87	0,01	0,12%
– Otras subvenciones explotación	1.002,75	0,10	1,13%
– Subvenciones capital imputadas	176,00	0,02	0,20%
Otros ingresos	**1.741,55**	**0,17**	**1,97%**
– Venta forrajes	470,59	0,04	0,53%
– Ingresos varios	1.270,97	0,12	1,43%
Variación neta inventario	**-3.157,12**	**-0,30**	**-3,56%**
– Variación bruta inventario	3.178,18	0,30	3,59%
– Compras animales	-6.335,29	-0,61	-7,15%
INGRESOS TOTALES	**88.614,58**	**8,47**	**100%**

El primer elemento que destaca es el peso de las ventas de carne (67%), con predominio claro del ternero cebado. El segundo, igualmente relevante, es que las subvenciones representan aproximadamente un 34% de los ingresos totales. Aunque la suma de ambos porcentajes supera el 100%, ello se debe a que la cuenta de resultados incorpora ajustes por variación de inventario, que tienen signo negativo y corrigen el total final. En cualquier caso, el dato esencial es que una parte muy significativa de la renta procede de ayudas públicas, lo que pone de manifiesto la vulnerabilidad estructural de las explotaciones al depender en gran medida de ingresos externos al mercado.

Desde una perspectiva técnico-económica, la estructura de ingresos sugiere dos grandes vías de mejora. La primera consiste en aumentar los kilogramos vendidos, ya sea incrementando el número de terneros comercializados, mejorando el ritmo de crecimiento o reduciendo pérdidas durante el proceso productivo. La segunda pasa por mejorar el valor obtenido por animal, mediante una mayor adecuación a las exigencias de calidad, mayor homogeneidad en los lotes y menor incidencia de penalizaciones o decomisos en matadero. Aunque a menudo estas cuestiones se perciben como estrictamente comerciales, muchas de ellas están directamente relacionadas con el manejo y la situación sanitaria de los animales.

7) Gastos variables: el peso de la alimentación y la sanidad

Los gastos variables se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7. Gastos variables medios (2024)

Concepto	€ totales	€/kg	% sobre coste total
Alimentación	**33.192,86**	**3,17**	**38,62%**
– Concentrado	17.022,96	1,63	19,81%
– Forrajes comprados	426,45	0,04	0,50%
– Cultivos/forrajes propios	8.262,91	0,79	9,61%

– Combustible/maquinaria propia	7.480,54	0,72	8,70%
Sanidad, reproducción e higiene	**2.518,27**	**0,24**	**2,93%**
Mantenimiento instalaciones	526,44	0,05	0,61%
Material de cama	287,53	0,03	0,33%
Suministros (luz/agua/etc.)	445,96	0,04	0,52%
Seguros del ganado	1.278,07	0,12	1,49%
Otros gastos variables	1.742,04	0,17	2,03%
TOTAL GASTOS VARIABLES	**39.991,17**	**3,82**	**46,53%**

La alimentación explica por sí sola casi el 39% del coste total. En este tipo de granjas, el concentrado se limita en general a la fase de cebo del ternero, mientras que la alimentación de las nodrizas se sostiene principalmente en pasto, complementado con silo de hierba en periodos de menor disponibilidad, frecuentemente conservado en rotopacas plastificadas elaboradas por la propia explotación. Por ello, el bajo peso de compra de forrajes encaja con esa lógica.

Desde una perspectiva económica, el gasto sanitario (2,93% del coste total) puede parecer una partida menor y, precisamente por eso es fácil que se infravalore. Sin embargo, su impacto potencial sobre el resultado es significativo, ya que una mejor gestión sanitaria no solo reduce el gasto directo, sino que incrementa los kilos finalmente vendidos al disminuir pérdidas, mejorar el crecimiento y acortar periodos improductivos, además de favorecer una utilización más eficiente de la alimentación en la fase de cebo. En un sistema donde el margen final es muy reducido, la cuestión no es "gastar menos en sanidad", sino invertir con mayor criterio, centrando los esfuerzos en aquellos procesos y momentos del ciclo productivo que más influyen en el número y el peso de los animales comercializados.

8) Gastos fijos: retribución del trabajo y amortizaciones

La Tabla 8 presenta los gastos fijos.

Tabla 8. Gastos fijos medios (2024)

Concepto	€ totales	€/kg	% sobre coste total
Arrendamientos	**5.150,94**	**0,49**	**5,99%**
– Tierra	3.646,82	0,35	4,24%
– Edificaciones/instalaciones	1.504,12	0,14	1,75%
– Maquinaria	0,00	0,00	0,00%
Amortizaciones	**7.181,81**	**0,69**	**8,36%**
– Edificaciones (30 años)	1.247,85	0,12	1,45%
– Instalaciones (10 años)	1.715,23	0,16	2,00%
– Maquinaria (10 años)	4.218,73	0,40	4,91%
Mano de obra	**31.999,35**	**3,06**	**37,23%**
– Mano de obra propia (1,5 SMI × UTAs)	26.727,71	2,56	31,10%
– Seguridad Social titular	4.117,93	0,39	4,79%
– Mano de obra asalariada	886,41	0,08	1,03%
– Seguridad Social asalariados	267,30	0,03	0,31%
Seguros (edif./inst./maq.)	897,42	0,09	1,04%
Gastos financieros	460,92	0,04	0,54%
Tributos	256,30	0,02	0,30%
Otros gastos fijos	11,76	0,00	0,01%
TOTAL GASTOS FIJOS	**45.958,49**	**4,39**	**53,47%**

La mano de obra (propia y asalariada, incluyendo cotizaciones) es la partida dominante, ya que supera el 37% del coste total. Dentro de ella, el salario imputado a la persona propietaria representa por sí solo el 31,10% del coste total. Este dato constituye un mensaje esencial para cualquier planteamiento de asesoramiento técnico, porque si el sistema aspira a ser viable debe poder retribuir adecuadamente el trabajo. En consecuencia, la discusión sobre rentabilidad debe centrarse en cómo aumentar la producción útil —kilogramos vendidos— y mejorar la eficiencia —kilogramos por vaca y por UTA—, y no únicamente en recortar partidas de menor relevancia.

Las amortizaciones también son significativas (8,36%), especialmente las ligadas a maquinaria. Esto sugiere que parte de la competitividad depende de decisiones de inversión y de uso eficiente de maquinaria y equipos. En muchos casos, la organización del trabajo, la mecanización y el manejo de forrajes están estrechamente relacionados con el bienestar animal (calidad de cama, ventilación, manejo de cuadras, calidad de agua), y por tanto con la incidencia de procesos que afectan a crecimiento y rendimiento canal.

9) Coste total: cuánto cuesta realmente producir un kg

La Tabla 9 resume los costes totales incluyendo salario del titular.

Tabla 9. Costes totales medios (2024) incluyendo salario del titular

Concepto	€ totales	€/kg	% total
Gastos variables	39.991,17	3,82	46,53%
Gastos fijos (incluye retribución titular)	45.958,49	4,39	53,47%
TOTAL	**85.949,67**	**8,22**	**100%**

El coste de producción medio se sitúa en 8,22 €/kg canal cuando se incluye una retribución para la persona propietaria equivalente a 1,5 veces el SMI. Este punto es clave: el precio medio de venta de la carne total vendida es 5,71 €/kg (Tabla 11 y texto del informe), por lo que el sistema, sin ayudas, no resulta económicamente viable bajo el criterio de retribución del trabajo. Si se elimina el salario imputado, el coste aparente baja (se verá en la renta disponible), pero en ese caso no se está midiendo el coste real.

Este enfoque resulta especialmente útil para orientar el análisis con el ganadero, ya que en lugar de centrarse únicamente en "lo que cuesta" un tratamiento o un plan sanitario, permite cuantificar cuánto supone no obtener un ternero adicional, mantener una vaca improductiva o afrontar problemas sanitarios en la fase de cebo en un sistema donde los costes fijos tienen un peso tan elevado.

10) Margen económico y renta disponible: el corazón del informe

La Tabla 10 sintetiza ingresos, gasto total y los dos indicadores que más interesan a la rentabilidad: margen económico y renta disponible.

Tabla 10. Margen económico y renta disponible (2024)

Concepto	€ totales	€/kg
Ingresos totales	88.614,58	8,47
Gasto total (con salario titular)	85.949,67	8,22
Margen económico	**2.664,92**	**0,25**
Gastos totales sin salario titular	59.221,95	5,66
Renta disponible (Ingresos – gastos sin salario titular)	**29.392,63**	**2,81**

El margen económico, tras retribuir el trabajo del titular (según la imputación definida), es de 2.664,92 € por explotación, apenas 0,25 €/kg. En otras palabras, el sistema "vive" con márgenes extremadamente estrechos cuando se contabiliza el trabajo de forma realista.

La renta disponible, definida como lo que queda para la persona propietaria cuando se comparan ingresos con costes sin imputar su salario, asciende a 29.392,63 € (2,81 €/kg), lo que por 1,12 UTA equivale a unos 26.243 € anuales por UTA. Este valor cubre el salario de referencia y explica que, aunque el margen económico sea pequeño, la explotación puede sostener un ingreso familiar. Sin embargo, el propio informe subraya un hecho crucial: la renta disponible casi coincide con la PAC recurrente media (29.024,73 €). Esto significa que, sin esas ayudas, la renta disponible caería a niveles prácticamente nulos, y no permitiría retribuir el trabajo del titular.

Este diagnóstico tiene una consecuencia práctica clara, ya que, si el precio no aumenta de forma estructural, la vía de mejora más realista pasa por reforzar la eficiencia productiva de las explotaciones. En este marco, el asesoramiento veterinario desempeña un papel relevante al contribuir a incrementar el porcentaje de terneros vendidos por vaca, reducir pérdidas sanitarias, acortar periodos improductivos, mejorar el ritmo de crecimiento y la homogeneidad de los animales, y disminuir penalizaciones en matadero asociadas a lesiones o incidencias en bienestar.

11) Precio de equilibrio: cuánto debería pagar el mercado sin ayudas

El informe calcula el precio medio mínimo (precio de equilibrio) necesario para retribuir la mano de obra propia a 1,5 SMI por UTA, sin computar subvenciones como ingreso, con el objetivo de evaluar la suficiencia del mercado por sí solo. El resultado central es contundente: el precio mínimo medio para toda la carne vendida debería situarse alrededor de 8,35 €/kg, muy por encima del precio efectivamente recibido (5,71 €/kg).

La Tabla 11 presenta el precio real y el precio de equilibrio por tipología.

Tabla 11. Precios de equilibrio por tipología (€/kg canal; 2024)

Tipología	Precio real	Equilibrio sin subvenciones	Dif. (€/kg)	Equilibrio manteniendo margen	Dif. (€/kg)
Terneros	5,97	8,74	2,77	9,01	3,03
Desvieje	4,27	6,25	1,98	6,44	2,17

Vida	9,43	13,79	4,37	14,22	4,79
Media ponderada (toda la carne)	**5,71**	**8,35**	**2,64**	**8,61**	**2,90**

Más allá del impacto comunicativo de estos valores, hay una lectura técnica, y es que, en ausencia de ayudas, no es razonable esperar que el precio cubra por sí solo toda la estructura de costes de las explotaciones. Por tanto, el margen se juega en el interior de la granja. En la práctica, acercarse a la viabilidad "sin ayudas" requiere una combinación de mayor productividad (más kg vendidos), mejor eficiencia alimentaria (menor coste por kg), mejor salud y bienestar (menos pérdidas), y decisiones de manejo que reduzcan costes estructurales por unidad producida.

De nuevo, el asesoramiento veterinario adquiere un carácter estratégico. La mejora del rendimiento reproductivo y la reducción de problemas sanitarios que limitan el crecimiento o la eficiencia en el uso de la alimentación permiten incrementar los kilos comercializables por vaca y por unidad de trabajo. De este modo, la misma estructura de costes fijos se reparte entre un mayor volumen de producción, lo que contribuye a elevar la renta neta sin necesidad de aumentar el tamaño de la explotación.

12) Evolución 2022–2024: mejora de precios, pero márgenes frágiles

El informe compara la evolución entre 2022 y 2024, advirtiendo que las muestras no son idénticas, pero que la tipología productiva y la metodología son similares, por lo que la comparación sirve para observar tendencias. La Tabla 12 resume precio recibido, coste de producción, margen y renta disponible por kg de carne total vendida.

Tabla 12. Evolución (€/kg canal, carne total vendida)

Indicador	2022	2023	2024
Precio recibido	5,10	5,61	5,71
Coste producción (incluye retribución titular)	7,66	7,63	8,22
Margen económico	0,25	1,07	0,25
Renta disponible	2,79	3,35	2,81

Entre 2022 y 2024 se observa un aumento del precio recibido (+12%), acompañado de un incremento del coste de producción (+7,3%). En 2023 aparece un pico de margen (1,07 €/kg), pero en 2024 vuelve a situarse en 0,25 €/kg. Esta evolución pone de manifiesto la fragilidad del equilibrio, ya que pequeñas variaciones en los costes —especialmente alimentación y retribución del trabajo— o en la producción total vendida pueden llevar de nuevo el sistema a márgenes mínimos.

El informe también aporta la evolución del precio del ternero por kg canal (Tabla 13), indicando que pasó de 5,15 €/kg en 2022 a 5,97 €/kg en 2024 (+15,92%).

Tabla 13. Evolución del precio (€/kg canal ternero)

Año	2022	2023	2024
Precio €/kg canal ternero	5,15	5,74	5,97

Aunque el precio del ternero mejora, no es suficiente para compensar plenamente el aumento de costes y sostener márgenes elevados. Esta situación refuerza la necesidad de actuar sobre los factores internos de la explotación, ya que en un escenario de precio "razonable" pero insuficiente, la diferencia entre obtener beneficio o no depende de la eficiencia reproductiva, el ritmo de crecimiento, la gestión sanitaria y la eficiencia del cebo.

13) Interpretación económica de los resultados: dónde se genera (o se pierde) rentabilidad

A partir de la estructura de la cuenta de resultados pueden extraerse varias conclusiones prácticas con implicaciones directas para la gestión técnico-productiva de la explotación.

En primer lugar, el sistema depende de que cada vaca presente en la granja se traduzca en el mayor número posible de terneros efectivamente vendidos y con un peso adecuado. El ratio medio de terneros enviados a matadero por vaca (60,71%) indica que existe margen de mejora. Incrementarlo, incluso de forma moderada, tiene un impacto significativo, ya que permite repartir los costes fijos —mano de obra, amortizaciones y arrendamientos— entre un mayor volumen de producción. Desde esta perspectiva, el control reproductivo y la reducción de pérdidas en las fases iniciales del ciclo productivo se convierten en variables económicas clave.

En segundo lugar, el peso de la alimentación (38,62% del coste total) pone de manifiesto que cualquier incidencia que reduzca el crecimiento o prolongue el periodo de cebo tiene una traducción directa en el coste por kilogramo producido. El concentrado, que representa casi el 20% del coste total, se concentra principalmente en la fase de cebo del ternero. Por ello, una gestión sanitaria y de manejo adecuada durante esta etapa resulta determinante para evitar pérdidas de eficiencia y desviaciones en el coste final por animal.

En tercer lugar, aunque la partida de sanidad represente únicamente el 2,93% del coste total, su efecto indirecto sobre la producción es considerable. El enfoque no debería centrarse en reducir este gasto, sino en maximizar su retorno. Una mejor prevención y una actuación temprana ante problemas sanitarios pueden traducirse en menos bajas,

mejor crecimiento y mayor peso final, lo que tiene un efecto económico superior al ahorro puntual en tratamientos.

Finalmente, el hecho de que el coste real de producción, incluyendo la retribución del titular, supere el precio medio de venta obliga a replantear la sostenibilidad del modelo en términos de eficiencia global. No se trata de aplicar pequeños ajustes aislados, sino de avanzar hacia una mejora integral del sistema que permita aumentar terneros vendidos por vaca, reducir pérdidas productivas, incrementar kilos por vaca y por UTA y optimizar la eficiencia del cebo.

14) Anexo comparativo: cebaderos 2024 (tres centros)

El informe que sirve de base para elaborar este documento incluye un anexo con datos de tres cebaderos integrados en la red, indicando que no son estadísticamente representativos y que presentan sistemas heterogéneos, pero comparten la dependencia de concentrado debido a su base territorial limitada. Aunque no sean extrapolables como "media sectorial", su utilidad reside en comparar distintas lógicas económicas, donde el peso de la compra de terneros y del concentrado es dominante y la dependencia de subvenciones resulta muy reducida.

A continuación, se reproducen las tablas del anexo.

Anexo – Tabla 1. Datos técnicos medios de los cebaderos (2024)

Indicador	Valor
Nº UTAs totales	3,17
Nº UTAs propietarios	1,17
Nº UTAs empleados	2,00
Nº terneros enviados a matadero	522
Peso canal (kg)	123.797,83
Peso medio canal ternero (kg)	237,16
Nº medio terneros durante el año	494
Terneros comprados	600
Importe terneros comprados	213.888,33
Importe medio/ternero comprado	356,48

Anexo – Tabla 2. Superficie media (SAU) de los cebaderos (2024)

SAU	Hectáreas	%
Propiedad	20	49%
Alquilada	10	25%
Cedida sin coste	10	26%
TOTAL	**40**	**100%**

Anexo – Tabla 3. Ingresos medios de los cebaderos (2024)

Concepto	€ totales	€/kg	% total
Venta terneros cebo	683.615,20	5,52	112,72%
Subvenciones	26.516,29	0,21	4,37%
Otros ingresos	5.753,31	0,05	0,95%
Variación neta inventario	-109.421,67	-0,88	-18,04%
INGRESOS TOTALES	**606.463,13**	**4,90**	**100%**

(En esta tabla se observa que, por la lógica contable del anexo, ciertos porcentajes superan 100% debido al ajuste por variación de inventario, lo cual es habitual en cuentas con compras y existencias significativas.)

Anexo – Tabla 4. Gastos variables medios de los cebaderos (2024)

Concepto	€ totales	€/kg	% sobre coste total
Alimentación	**365.287,79**	**2,95**	**66,41%**
– Concentrado	287.938,54	2,33	52,34%
– Forrajes comprados	1.072,07	0,01	0,19%
– Cultivos/forrajes propios	14.598,14	0,12	2,65%
– Leche en polvo	46.875,00	0,38	8,52%
– Combustible/maquinaria	14.804,04	0,12	2,69%
Sanidad, reproducción e higiene	**26.477,69**	**0,21**	**4,81%**

Otros gastos variables	19.787,71	0,16	3,60%
TOTAL GASTOS VARIABLES	**411.553,19**	**3,32**	**74,82%**

Anexo – Tabla 5. Gastos fijos medios de los cebaderos (2024)

Concepto	**€ totales**	**€/kg**	**% sobre coste total**
Arrendamientos	2.296,67	0,02	0,42%
Amortizaciones	3.293,44	0,03	0,60%
Mano de obra	**118.997,55**	**0,96**	**21,63%**
– Mano de obra propia (1,5 SMI × UTAs)	27.783,00	0,22	5,05%
– SS propietarios	4.800,37	0,04	0,87%
– Mano de obra asalariada	43.740,00	0,35	7,95%
– SS asalariados	42.674,18	0,34	7,76%
Otros gastos fijos	13.947,65	0,11	2,54%
TOTAL GASTOS FIJOS	**138.535,32**	**1,12**	**25,18%**

Anexo – Tabla 6. Coste de producción medio de los cebaderos (2024)

Concepto	**€ totales**	**€/kg**	**% total**
Gastos variables	411.553,19	3,32	74,82%
Gastos fijos (incluye retribución propietarios)	138.535,32	1,12	25,18%
TOTAL	**550.088,51**	**4,44**	**100%**

Anexo – Tabla 7. Margen y renta disponible de los cebaderos (2024)

Concepto	**€ totales**	**€/kg**
Ingresos totales	606.463,13	4,90
Gasto total (con salario propietarios)	550.088,51	4,44
Margen económico	**56.374,62**	**0,46**
Gastos totales sin salario propietarios	522.305,51	4,22
Renta disponible	**84.157,62**	**0,68**

El anexo pone de manifiesto que, en los cebaderos, la estructura de costes está fuertemente concentrada en la alimentación (66,41% del coste total, de los cuales un 52,34% corresponde exclusivamente al concentrado), con un coste medio de producción de 4,44 €/kg y un precio medio recibido de 5,52 €/kg. Esta estructura permite la viabilidad del modelo incluso con un peso reducido de las subvenciones (4,37% de los ingresos), a diferencia de lo observado en las explotaciones de nodrizas.

Desde una perspectiva económica comparada, la diferencia entre ambos modelos es clara. En los cebaderos, pequeñas variaciones en el crecimiento, en la eficiencia alimentaria o en la incidencia de problemas sanitarios tienen un efecto inmediato sobre el coste por kilogramo y, por tanto, sobre el margen. En las explotaciones de nodrizas, en cambio, la variable decisiva es el número de terneros que finalmente llegan a venta por vaca presente, ya que es ahí donde se concentra el impacto sobre la dilución de los costes fijos.

Conclusiones

El análisis 2024 de 17 explotaciones de vacas nodrizas en Galicia describe un sistema de tamaño pequeño-mediano (56 vacas nodrizas), base territorial amplia (61 ha) y alta dependencia del trabajo familiar. La producción media (34 terneros cebados y 10.460 kg de carne/año) permite sostener ingresos medios de 88.615 €, pero con un reparto donde las subvenciones representan el 34% del total y la PAC recurrente, por sí sola, casi iguala la renta disponible.

La estructura de costes muestra un equilibrio entre variables (46,5%) y fijos (53,5%), con alimentación como primera partida (38,6%) y mano de obra (incluida retribución del titular) como gran componente fijo (37,2%). Cuando se contabiliza el trabajo propio, el coste de producción alcanza 8,22 €/kg y el margen económico queda reducido a 0,25 €/kg. El precio de equilibrio sin ayudas (8,35 €/kg) se sitúa muy por encima del precio medio recibido (5,71 €/kg), confirmando la dificultad de sostener el modelo exclusivamente con mercado.

En este contexto, el margen de mejora más realista se encuentra en las palancas internas del propio sistema, como incrementar el número de terneros vendidos por vaca, reducir pérdidas productivas, optimizar la fase de cebo y mejorar la gestión alimentaria para sostener el crecimiento y el rendimiento de los animales. Aunque la sanidad representa menos del 3% del coste total, su impacto indirecto sobre los kilos finalmente comercializados y sobre la eficiencia en el uso de la alimentación puede resultar decisivo. Por ello, el veterinario asesor de explotaciones de bovino puede desempeñar un papel que va más allá de la atención sanitaria puntual, configurándose como un agente

clave para transformar estructura y trabajo familiar en producción efectiva y contribuir a estabilizar los resultados en un entorno de márgenes reducidos.

Referencias bibliográficas

Sánchez Antelo, A., Andrade Calvo, J. M., & Ribas Álvarez, A. (2024). *Estudo de custos. Vacún de carne. Ano 2024* (Informe Sectorial 10). Fundación Juana de Vega.

VIERNES

TRATAMIENTO LAPAROSCÓPICO DEL DESPLAZAMIENTO DE ABOMASO EN VACAS LECHERAS

Dr. Juergen Rehage

Clínica de Bovinos, Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover (Stiftung); Hannover, Alemania

El desplazamiento de abomaso (DA), con una incidencia durante la lactación de aproximadamente un 3–5% en vacas lecheras Holstein-Friesian de alta producción, se encuentra entre las patologías más frecuentes que requieren intervención quirúrgica. El abomaso puede desplazarse hacia la izquierda (LDA), en cuyo caso rota aproximadamente 180° alrededor de su eje longitudinal y pasa de una posición ventral a situarse entre la pared abdominal izquierda y el rumen. En el LDA, el paso de la ingesta a través del abomaso está solo parcialmente comprometido; en consecuencia, el órgano suele estar más lleno de gas que de contenido abomasal.

Con menor frecuencia, el abomaso se desplaza hacia la derecha (RDA; relación izquierda:derecha aproximadamente 1:5–7). En el RDA, además de la torsión longitudinal, se producen rotaciones adicionales alrededor de otros ejes, dando lugar a un vólvulo. Esto provoca una rápida interrupción del paso aboral de la ingesta y limita o impide el reflujo del contenido abomasal hacia el rumen (reflujo abomasal). El contenido del abomaso queda secuestrado y el órgano se distiende notablemente con líquido además de gas.

Mientras que el LDA aparece predominantemente en las primeras tres a cuatro semanas posparto y solo raramente en fases más avanzadas de la lactación o durante el periodo seco, el RDA se distribuye de forma más uniforme a lo largo de la lactación, con una ligera predominancia en el inicio de la misma. Las enfermedades concomitantes típicas en el inicio de la lactación incluyen metritis, retención de placenta, hipercetonemia, hígado graso y patologías podales. La abomasitis hemorrágica se presenta casi invariablemente en el RDA y con frecuencia también en el LDA. Las úlceras abomasales, generalmente de tipo 1, son menos comunes, mientras que las de tipo 2 o 3 son raras.

El reflujo abomasal asociado a alcalosis metabólica, hipocloremia, hipopotasemia y deshidratación es, por lo general, mucho menos pronunciado en el LDA que en el RDA. Las enfermedades concomitantes deben tenerse en cuenta en el plan terapéutico de las vacas con DA. En el RDA, el reflujo abomasal puede volverse rápidamente potencialmente mortal. Además, las alteraciones circulatorias asociadas al vólvulo provocan rápidamente daños graves en la pared del abomaso; por lo tanto, es necesaria una intervención inmediata tras el diagnóstico de RDA. La presencia o sospecha de vólvulo en un RDA requiere una laparotomía por el flanco derecho para su corrección, ya que actualmente las técnicas laparoscópicas mínimamente invasivas no se consideran fiables para resolver esta condición.

Para el LDA, la laparotomía sigue siendo el estándar de referencia en términos de tasas de éxito quirúrgico. Se recomienda un abordaje por el flanco derecho en el animal en estación, ya que permite una exploración completa de la cavidad abdominal y la identificación de otras alteraciones patológicas que puedan influir en el pronóstico. La reposición y fijación del abomaso suelen ser consistentemente exitosas, salvo en los casos en los que adherencias inflamatorias impidan estos procedimientos. Sin embargo, la técnica requiere más tiempo, condiciones estrictas de asepsia y un manejo adecuado del dolor perioperatorio. Para el animal, la laparotomía implica una recuperación de varios días y un esfuerzo físico considerable tras la cirugía abdominal. No obstante, debido a tasas de éxito superiores al 90%, la laparotomía se recomienda frente a las técnicas mínimamente invasivas, especialmente en animales de alto valor genético. Las pérdidas intraoperatorias son muy raras, y las pérdidas postoperatorias se deben casi siempre a complicaciones derivadas de enfermedades concomitantes (por ejemplo, aproximadamente un 5% por fallo hepático).

Todos los instrumentos necesarios para la abomasopexia laparoscópica están disponibles comercialmente. La abomasopexia laparoscópica en dos tiempos fue descrita por primera vez por Heinz Janowitz en 1998. Todos los procedimientos sobre la pared abdominal se realizan bajo condiciones asépticas y con anestesia por infiltración. Una sedación leve reduce el estrés del animal.

Paso 1: En el animal en estación, tras la insuflación de la cavidad abdominal con aire filtrado hasta alcanzar el equilibrio con la presión ambiente mediante una aguja de Verres, se establece el acceso para el laparoscopio de forma dorsal en el flanco izquierdo a través de un puerto con válvula magnética. Se coloca un segundo puerto en el espacio intercostal 11 aproximadamente 10 cm por debajo de las apófisis transversas. A través de este puerto, se introduce un trocar en la curvatura mayor del abomaso desplazado bajo control visual, y se coloca un sistema de fijación tipo *toggle* modificado. Posteriormente, el abomaso se descomprime en la medida de lo posible. Se retiran todos los instrumentos y se marca la vena mamaria derecha con colorante para facilitar la orientación durante la posterior

colocación en decúbito dorsal.

Paso 2: La vaca se coloca en decúbito dorsal, ya sea manualmente con ayuda o utilizando una mesa quirúrgica basculante. Se establecen dos nuevos puntos de acceso a la cavidad abdominal aproximadamente 10 cm craneales al ombligo. Se coloca un puerto laparoscópico aproximadamente 5 cm a la izquierda de la línea media y otro aproximadamente 5 cm a la derecha. Bajo control visual, las suturas del *toggle* se sujetan con pinzas y se exteriorizan a través del puerto derecho hacia el puerto medio. Tras retirar todos los instrumentos y evacuar el aire insuflado, las suturas del *toggle* se fijan a la piel mediante una pinza sin dañarlas. A continuación, el animal se inclina hacia decúbito lateral derecho y el abomaso se aproxima a la pared abdominal mediante las suturas del *toggle* hasta el punto previamente marcado. Dado que es esperable la aparición de hinchazón (edema) en el punto de inserción, ambas suturas se pasan a través de una gasa y se anudan, dejando un espacio de aproximadamente 5 cm entre el *toggle* y la gasa.

Después de tres a cuatro semanas, pero no antes, la fijación puede retirarse. Este periodo permite que la inflamación local asegure de forma permanente el abomaso al peritoneo en su posición correcta, evitando recidivas. Los puntos de entrada de los puertos se cubren con spray de aluminio. En general, no es necesaria una terapia antibiótica sistémica postoperatoria rutinaria.

Para evitar colocar a la vaca en decúbito dorsal, Christiansen (2004) desarrolló una abomasopexia laparoscópica en un solo tiempo, realizada íntegramente en el animal en estación. Inicialmente, el procedimiento corresponde al Paso 1 del método de Janowitz. En lugar del Paso 2, se introduce un estilete largo y curvado a través del puerto situado en el espacio intercostal 11, avanzándolo a lo largo de la pared abdominal hasta un punto aproximadamente 10 cm craneal al ombligo y 5 cm a la derecha de la línea media. A continuación, una aguja tipo *Spieker* contenida en el estilete se avanza a través de este y se hace atravesar la pared abdominal. Estas maniobras no pueden realizarse bajo control visual directo; la correcta posición se evalúa mediante palpación a través de la pared abdominal en la medida de lo posible. Una sutura larga de supramid se fija a la aguja *Spieker* y se recupera a través del trocar. Las suturas del *toggle* se atan a la sutura de supramid y se traccionan a través de la cavidad abdominal desde ventral hasta que la marca negra de las suturas del *toggle* se hace visible. La fijación se realiza en el animal en estación utilizando una gasa, tal como se ha descrito anteriormente.

Aunque se han descrito tasas de éxito quirúrgico similares para la abomasopexia laparoscópica y la laparotomía con omentopexia, la experiencia clínica indica que casi todas las complicaciones remitidas desde campo a la clínica ocurrieron tras la técnica en un solo tiempo. En vacas Holstein-Friesian de gran tamaño, con un rumen bien lleno y estratificado, la correcta colocación del estilete parece ser difícil, lo que puede conducir, por ejemplo, a una fijación a la izquierda de la línea media y, por tanto, a una posición incorrecta del abomaso. Por ello, en todas las técnicas mínimamente invasivas, es recomendable interrumpir el procedimiento si no es posible realizarlo correctamente y proceder inmediatamente a una laparotomía con omentopexia.

No se recomienda voltear a las vacas en gestación avanzada debido al riesgo de torsión uterina. Aunque se han descrito procedimientos exitosos en gestación avanzada utilizando la técnica en un solo tiempo en el animal en estación, en estos casos, en nuestra clínica se prefiere la laparotomía con omentopexia.

Entre los ganaderos, la abomasopexia laparoscópica para el LDA es ampliamente aceptada como un abordaje mínimamente invasivo, ya que es más rápida, requiere menos mano de obra y exige un manejo postoperatorio menos intensivo en comparación con la laparotomía. Las tasas de éxito quirúrgico, de aproximadamente el 90%, son comparables a las de la laparotomía con omentopexia. Una ventaja clave de la laparoscopia frente a otras técnicas mínimamente invasivas transcutáneas es que, al menos en el abordaje en dos tiempos, todas las manipulaciones intraabdominales se realizan bajo control visual. También es posible una inspección limitada de la cavidad abdominal, lo que permite una evaluación pronóstica individualizada.

Estudios y observaciones de campo indican además una recuperación más rápida tras la corrección mínimamente invasiva, reflejada en una mejora más temprana del consumo de alimento y un aumento ligeramente más rápido de la producción de leche. La vida productiva de las vacas tratadas con éxito mediante técnicas mínimamente invasivas no difiere significativamente de la de aquellas tratadas mediante omentopexia. En comparación con animales del mismo rebaño, la longevidad se reduce solo ligeramente, principalmente debido a una tasa de eliminación algo mayor durante la lactación afectada. En lactaciones posteriores, las causas de eliminación no difieren significativamente de las del resto del rebaño.

En resumen, la abomasopexia laparoscópica puede considerarse un procedimiento quirúrgico seguro para la corrección del desplazamiento de abomaso izquierdo. En comparación con la laparotomía y la omentopexia, es menos invasiva y permite una recuperación más rápida. No obstante, el dominio de la laparotomía y la omentopexia sigue siendo esencial para manejar las complicaciones que puedan surgir durante los abordajes mínimamente invasivos. En nuestra clínica, se prefiere la técnica en dos tiempos según Janowitz realizada en una mesa quirúrgica basculante frente a la técnica en un solo tiempo en el animal en estación según Christiansen, ya que todos los pasos quirúrgicos pueden realizarse bajo control visual directo.

Janowitz, H. (1998). “[Laparoscopic reposition and fixation of the left displaced abomasum in cattle].” (en alemán); Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere 26(6): 308–313.

Christiansen, K. (2004). “[Laparoscopically controlled surgery of left displaced abomasum (Janowitz operation) in cows in the standing position].” (en alemán); Tierarztl Prax Ausg G Großtiere 2: 118–121.

HIPERCETONEMIA EN VACAS LECHERAS – ¿TRASTORNO O ADAPTACIÓN?

Dr. Juergen Rehage

Clínica de Bovinos, Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover (Stiftung); Hannover, Alemania

La hipercetonemia (HK), caracterizada por concentraciones elevadas de cuerpos cetónicos en sangre—principalmente β-hidroxibutirato (BHB)—ha sido tradicionalmente reconocida como un trastorno metabólico de las vacas lecheras en el inicio de la lactación. Refleja la dificultad del animal para satisfacer las demandas energéticas de la producción de leche en una situación de balance energético negativo. Sin embargo, evidencias recientes sugieren que esta condición no siempre representa una patología, sino que podría reflejar en parte una estrategia metabólica adaptativa que facilita la transición fisiológica hacia la lactación.

Revisiones recientes sobre la biología de los cuerpos cetónicos destacan un cambio de paradigma: aunque la cetosis severa o persistente puede asociarse con un deterioro de la salud, una disminución de la fertilidad y un aumento del riesgo de eliminación, incrementos moderados de BHB pueden ser compatibles con una regulación metabólica normal o incluso mejorada. Los estudios indican que el BHB presenta funciones pleiotrópicas que van más allá del metabolismo energético, incluyendo la modulación del estrés oxidativo, la inflamación y las vías de señalización celular, lo que podría favorecer la resiliencia metabólica.

Según la perspectiva tradicional de enfermedad, la cetosis clínica (BHB en sangre ≥3,0 mmol/L) se presenta con disminución del apetito, descenso de la producción lechera y rápida pérdida de peso. La cetosis subclínica (BHB ≥1,2 mmol/L) se produce sin signos clínicos evidentes, pero afecta al 40–80% de las vacas durante la primera semana posparto. La cetosis se considera un factor de riesgo importante para el desarrollo de otras enfermedades clínicas graves, como el hígado graso, el desplazamiento de abomaso, la metritis, la mastitis y la hipocalcemia. Estas condiciones comprometen de forma conjunta el apetito, el rendimiento productivo y la eficiencia reproductiva. Así pues un reto importante es que la cetosis ocurre simultáneamente con otros cambios metabólicos, como el aumento de los ácidos grasos no esterificados (NEFA), la inflamación y el estrés oxidativo. Esto dificulta, a partir de datos epidemiológicos y observacionales, determinar los efectos específicos de los cuerpos cetónicos frente a estos factores concomitantes y discernir qué es causa y qué es consecuencia. En contraste, estudios controlados muestran que vacas con cetosis pueden presentar una producción lechera normal o incluso superior y un buen estado de salud, lo que cuestiona el paradigma clásico de enfermedad. Además, evidencias procedentes de otras especies sugieren que los cuerpos cetónicos pueden tener efectos antiinflamatorios, neuroprotectores y sensibilizadores a la insulina. Por lo tanto, si se considera la hipercetonemia exclusivamente como una condición patológica, podrían pasarse por alto los posibles efectos positivos de los cuerpos cetónicos, así como las causas subyacentes predominantes del desarrollo de enfermedades durante el periodo de transición en vacas lecheras.

En conjunto, la hipercetonemia parece representar un continuo entre metabolismo adaptativo y posible enfermedad metabólica. Elevaciones moderadas de cuerpos cetónicos podrían desempeñar un papel fisiológico en el soporte de los ajustes energéticos y regulatorios del inicio de la lactación, mientras que una hipercetonemia sostenida o excesiva puede volverse desadaptativa, afectando negativamente a la función inmunitaria, la productividad y la eficiencia reproductiva. Aunque pueda parecer una cuestión académica, desde un punto de vista causal, hipercetonemia y cetosis no son términos equivalentes, siendo preferible el uso del término hipercetonemia. Abordar la HK desde una doble perspectiva, adaptativa y patológica, resulta clave para desarrollar estrategias de prevención, tratamiento y manejo que equilibren la eficiencia metabólica con la salud y el bienestar animal.

NUEVAS ESTRATEGIAS PARA LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO PREVIA A LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO O LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

Dr. J.M. Thomas

Division of Animal Sciences, University of Missouri, Columbia, MO, USA

RESUMEN

El control del ciclo estral en bovinos constituye un requisito fundamental para la aplicación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) o de transferencia de embriones. Asimismo, independientemente de los objetivos genéticos que motiven la adopción de tecnologías reproductivas, la implementación de protocolos de sincronización suele conllevar efectos beneficiosos en el rendimiento reproductivo global y en la productividad comercial de las explotaciones de ganado vacuno de carne. En las últimas dos décadas, los protocolos para el control del ciclo estral en bovinos han experimentado una rápida evolución, de modo que los resultados de la gestación alcanzables actualmente mediante la inseminación artificial a tiempo fijo superan ampliamente las expectativas previamente establecidas sobre lo que era posible en el pasado. De igual forma, la transferencia de embriones a tiempo fijo se perfila cada vez más como una alternativa viable, en función de los objetivos y de las limitaciones específicas de cada explotación. Esta ponencia ofrece una revisión de los trabajos desarrollados en nuestro laboratorio orientados al diseño de nuevas estrategias de sincronización del estro previas a la IATF o a la transferencia embrionaria, con especial énfasis en el desarrollo del protocolo 7 & 7 Synch, que ha alcanzado una amplia implantación en los Estados Unidos.

INTRODUCCIÓN

En las dos últimas décadas, los protocolos para el control del ciclo estral en bovinos han experimentado una rápida evolución, de modo que los resultados de la gestación alcanzables actualmente mediante la inseminación artificial a tiempo fijo (IA) superan ampliamente las expectativas previamente establecidas sobre lo que era posible en el pasado. El progreso científico en este ámbito ha derivado, en gran medida, de los esfuerzos de investigación orientados a comprender el patrón ondulatorio del desarrollo folicular ovárico en bovinos. Este avance ha sido posible principalmente gracias a la utilización de la ecografía como herramienta de visualización no letal y mínimamente invasiva de los ovarios a lo largo del ciclo estral. Ahora comprendemos mejor la variabilidad biológica dentro de un grupo de hembras antes de los tratamientos de sincronización. Como consecuencia de ello, la investigación traslacional ha permitido el desarrollo de sistemas de sincronización que controlan la fase del ciclo estral con mayor eficacia que en etapas anteriores.

Los protocolos que facilitan la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se han convertido, en esencia, en una práctica habitual en las explotaciones de ganado vacuno de carne que utilizan la IA; aunque, para ser justos, hay que decir que el uso de la IA en general sigue siendo poco común. De igual forma, la transferencia de embriones a tiempo fijo (TETF) se perfila cada vez más como una alternativa viable, en función de los objetivos y de las limitaciones específicas de cada explotación. Este avance resulta especialmente significativo si se considera que hace apenas unas décadas estos planteamientos tenían un carácter meramente hipotético.

OPORTUNIDADES ACTUALES PARA EL CONTROL DEL CICLO ESTRAL

Cada año, el Beef Reproduction Task Force (Grupo de Trabajo sobre Reproducción Bovina) revisa y actualiza una publicación que describe los protocolos recomendados para el control del ciclo estral de vacas y novillas de carne. Además, el Beef Reproduction Task Force ofrece orientación sobre los protocolos a tener en cuenta al utilizar semen sexado o al sincronizar el celo antes de la cubrición natural. El sector ganadero comercial está en deuda con el Task Force y sus fundadores por su labor y contribución al fomento del uso de las tecnologías reproductivas. En lugar de ofrecer aquí un análisis exhaustivo de los protocolos actualmente disponibles y recomendados para su uso con ganado vacuno de carne, el autor remite a los lectores a los materiales del Beef Reproduction Task Force, disponibles en https://beefrepro.org.

NUEVAS OPORTUNIDADES PARA EL CONTROL DEL CICLO ESTRAL

Esta sección del presente documento tiene por finalidad contextualizar los trabajos de investigación abordados por el autor en su presentación. Las investigaciones relativas al protocolo 7 & 7 Synch han sido descritas con mayor detalle en otras publicaciones (Bonacker et al., 2020a; Bonacker et al., 2020b; Andersen et al., 2021), y los fundamentos también se han analizado en otros documentos publicados anteriormente por nuestro laboratorio. Las iniciativas del programa de investigación y extensión del autor en la Universidad de Misuri se basan en la teoría de sistemas. En términos generales, este enfoque aborda la gestión reproductiva como un proceso orientado a la mejora continua de la calidad del sistema productivo. La gestión basada en la calidad del sistema se contrapone a prácticas habituales del sector, como la denominada “gestión por indicadores”, en la que se monitorizan parámetros clave (por ejemplo, la tasa de gestación) con el fin de evaluar la productividad. Un análisis detallado de las diferencias entre la gestión integral del sistema y la gestión centrada en indicadores excede el alcance del presente documento. Sin embargo, el autor sostiene que la gestión centrada en indicadores ha dañado a las explotaciones de vacuno de carne, y también a la agricultura, la industria, la educación y la ciencia en su conjunto. Resulta necesaria la adopción de modelos de

gestión más holísticos e integradores para hacer frente a los desafíos actuales del sector agrario (Liu et al., 2015).

Desde la perspectiva de la gestión de sistemas, se reconoce que los distintos componentes del sistema son complejos y, con frecuencia, no se comprenden por completo. Puede resultar útil representar visualmente el sistema y las relaciones entre sus componentes mediante un diagrama. Las interacciones complejas deben considerarse en relación con el objetivo global del sistema. Una característica clave de la gestión de sistemas es el esfuerzo por mejorar continuamente la calidad del sistema, en lugar de limitarse a monitorizar los resultados globales del mismo (Deming, 1982; Senge, 1993). Con frecuencia, la mejora de la calidad del sistema no se logra incrementando el valor medio de los resultados, sino reduciendo su variabilidad o varianza (Shewhart, 1931; Shewhart, 1939). La variabilidad derivada de un componente y la de otro tienden a acumularse, lo que da lugar a una variabilidad aún mayor en el resultado global. Por lo tanto, la reducción de la variabilidad dentro del sistema es una prioridad.

VARIABILIDAD EN LA RESPUESTA DE LAS VACAS A LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO

Al abordar el control del ciclo estral como sistema, el enfoque deja de centrarse en la monitorización de los resultados mediante indicadores como la tasa de gestación y pasa a orientarse hacia la evaluación de la variabilidad derivada de los distintos componentes individuales del sistema. Al adoptar un enfoque de gestión de la calidad del sistema aplicado a la sincronización del estro, la gestión se centra en minimizar la variabilidad en la respuesta de las vacas a los tratamientos clave incluidos en un protocolo de sincronización. El diseño de sistemas de sincronización que minimicen de forma eficaz, económica y eficiente la variabilidad en la fase del ciclo estral entre un grupo amplio y heterogéneo de hembras no es una tarea trivial, especialmente si se tiene en cuenta que, en condiciones habituales de producción, algunas hembras no presentan ciclos estrales normales antes de la aplicación del protocolo debido a diversos factores de manejo y/o ambientales.

Los protocolos que se utilizan habitualmente para la sincronización del celo provocan una respuesta mucho menos uniforme de lo que suelen pensar los usuarios finales de dichos protocolos. Por ejemplo, puede considerarse el protocolo CO-Synch + CIDR de 7 días, ampliamente utilizado en el sector. Aunque este protocolo ha facilitado una mayor adopción de tecnologías reproductivas en América del Norte, los resultados de gestación obtenidos resultan, en ocasiones, incluso sorprendentes si se tiene en cuenta la variabilidad existente entre las hembras sometidas al mismo. Para un análisis detallado de la variabilidad en la respuesta a este protocolo, se remite al lector a la discusión presentada por Bonacker et al., 2020a.

CAUSAS ESPECIALES FRENTE A CAUSAS COMUNES DE VARIABILIDAD

Una queja habitual entre los usuarios de protocolos de sincronización del estro es la variabilidad en los resultados obtenidos con la IATF o la transferencia de embriones (TE) de un año a otro. En los sistemas comerciales de producción agrícola, la liquidez (flujo de caja) es, con frecuencia, tan importante como la rentabilidad. Por ello, la variabilidad interanual de los resultados puede resultar económicamente muy perjudicial para los productores, incluso cuando el rendimiento medio sea aceptable y rentable a largo plazo. Los científicos y los profesionales deben tener esto en cuenta y esforzarse por mejorar continuamente la calidad del sistema, no solo para mejorar el resultado medio, sino también para reducir la variabilidad de los resultados.

Desde un enfoque de gestión de sistemas, la variabilidad en los resultados puede conceptualizarse como derivada de dos grandes categorías: la variabilidad por causas especiales y la variabilidad por causas comunes (Shewhart, 1931; Shewhart, 1939; Deming, 1993). Cuando las tasas de gestación son inferiores a la media, los productores tienden a buscar una causa específica de la variabilidad, es decir, un problema concreto o un conjunto de problemas fuera del control del gestor que explique los malos resultados. Sin embargo, desde la perspectiva de sistemas, es mucho más probable que dichos resultados desfavorables se deban a una o varias causas comunes de variabilidad: factores inherentes al propio sistema que constituyen fuentes estructurales de variación y que, en última instancia, están (o podrían estar) relacionados con la gestión. El reconocimiento de que los malos resultados se deben principalmente a causas comunes, es decir, a aspectos que la gestión puede controlar, debe interpretarse como un elemento de empoderamiento y no como un factor desalentador. La identificación de las causas subyacentes de la variabilidad permite convertir estos componentes del sistema en puntos de intervención estratégica para mejorar la calidad global del sistema y, en consecuencia, los resultados productivos obtenidos.

PRESINCRONIZACIÓN

Una prioridad principal de nuestro programa de investigación es mejorar la calidad de los sistemas de control del ciclo estral utilizados en vacas de carne en posparto, bajo la premisa de que ello constituye, a su vez, una oportunidad para mejorar la calidad global del sistema de gestión reproductiva. Un principio fundamental de nuestro programa es que los resultados obtenidos con los protocolos estándar actualmente utilizados en el sector, si bien son claramente aceptables, no se aproximan de manera consistente al máximo biológico posible, debido principalmente a la variabilidad que dichos protocolos toleran en relación con la respuesta de los animales . Los trabajos realizados por otros grupos de investigación, así como por nuestro propio programa, han puesto de manifiesto la existencia de oportunidades para reducir la variabilidad en la respuesta de las hembras a los tratamientos de sincronización mediante estrategias orientadas a controlar la fase del ciclo estral previa al inicio del protocolo. Este tipo de tratamientos se conoce habitualmente como presincronización. Los tratamientos de presincronización se han convertido en un componente importante de los protocolos aplicados en vacas lecheras en lactación (Bello et al., 2006; Navanukraw et al., 2004; Souza et al., 2008; Wiltbank and Pursley, 2014) y las investigaciones desarrolladas por nuestro equipo en la University of Missouri no constituyen, en modo alguno, los primeros intentos de aplicar estos tratamientos en vacas

de carne. De hecho, el enfoque adoptado en el protocolo 7 & 7 Synch se basa en gran medida en estudios previos realizados por otros grupos de investigación, en los que se empleó prostaglandina (PG) antes de la administración de GnRH (Perry et al., 2012) o, de forma aún más similar, PG seguida de un tratamiento CIDR antes de la administración de GnRH. (Small et al., 2009; French et al., 2013).

RESULTADOS CON EL PROTOCOLO 7 & 7 SYNCH

Antes de realizar ensayos de campo a gran escala, se investigó el efecto de distintos tratamientos aplicados previamente a la administración de GnRH al inicio de la sincronización del estro (Bonacker et al., 2020a). Se planteó la hipótesis de que la administración de prostaglandina (PG), seguida del tratamiento con un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR), daría lugar a un aumento del tamaño folicular en el momento de la administración de GnRH, mejorando así la respuesta a la GnRH y la respuesta global a la sincronización del estro. Tomando como referencia el protocolo CO-Synch + CIDR de 7 días, se evaluaron cuatro tratamientos adicionales para analizar el efecto de la inserción de un CIDR siete días antes de la GnRH, con o sin administración de PG al inicio del tratamiento con CIDR, así como el efecto de mantener el CIDR tras la administración de la GnRH. Se recogieron muestras de sangre para el análisis de concentraciones hormonales, se realizaron ecografías ováricas para evaluar el tamaño de los folículos y la presencia de cuerpos lúteos (CL), y se monitorizó el inicio del estro mediante dispositivos transmisores. En comparación con el protocolo estándar de 7 días CO-Synch + CIDR, la administración de PG y la inserción de un CIDR durante una semana previa a la GnRH mejoraron significativamente los factores asociados con la madurez folicular y la probabilidad de respuesta a la GnRH, como el tamaño folicular (13,4 ± 0,8 frente a 8,3 ± 0,7 mm; $P < 0,05$) y las concentraciones séricas de estradiol determinadas mediante radioinmunoanálisis (4,7 ± 0,4 frente a 2,7 ± 0,2 pg/ml; $P < 0,05$). Sobre la base de observaciones adicionales del estado del CL en el momento de la retirada del CIDR y la administración de PG, el tratamiento de presincronización también tendió a reducir la variabilidad en el estado luteal entre las vacas en el momento de la PG, con una mayor proporción de animales que presentaban un único CL (75% [15/20] frente a 45% [9/20]; $P = 0,08$), en lugar de ausencia de CL o presencia de múltiples CL. Asimismo, este enfoque tendió a incrementar la proporción de vacas que manifestaron estro antes de la IATF en este estudio piloto (82% [31/38] frente a 68% [25/37]; $P = 0,08$).

Se diseñó y llevó a cabo un ensayo de campo a gran escala, en colaboración con Cross Country Genetics (Westmoreland, KS), con el fin de evaluar la eficacia del protocolo 7 & 7 Synch en condiciones de explotación (Bonacker et al., 2020b). El protocolo 7 & 7 Synch se comparó con el protocolo CO-Synch + CIDR de 7 días para la sincronización del estro y la ovulación en receptoras previamente a la transferencia de embriones (TE). El ensayo se realizó en trece explotaciones en Missouri y Kansas e incluyó más de 1.300 vacas de carne en posparto, de distintas edades, intervalos posparto y puntuaciones de condición corporal. La proporción de vacas que expresaron estro y presentaban un CL palpable en el momento de la TE fue significativamente mayor ($P < 0,001$) en las vacas tratadas con el protocolo 7 & 7 Synch (Tabla 1).

Se llevó a cabo un segundo ensayo de campo a gran escala para comparar los protocolos 7 & 7 Synch y CO-Synch + CIDR de 7 días para la sincronización del estro en vacas de carne en posparto, antes de la IATF. Con el fin de evaluar la fertilidad en campo tanto de semen sexado como de semen convencional, la mitad de las vacas asignadas a cada protocolo recibió semen sexado (SexedULTRA 4M®) y la otra mitad semen convencional. El ensayo se desarrolló en once explotaciones de Missouri y Dakota del Sur e incluyó más de 1.500 vacas de carne en posparto, de distintas edades, intervalos posparto y puntuaciones de condición corporal. El protocolo 7 & 7 Synch incrementó ($P = 0,01$) la proporción de vacas que expresaron estro antes de la inseminación artificial a tiempo fijo (Tabla 2). Además, el protocolo 7 & 7 Synch dio lugar a un aumento ($P = 0,001$) en las tasas de gestación tras la IATF, tanto con semen convencional como con semen sexado (Tabla 3).

Como recurso para productores y profesionales, se ha elaborado la publicación G2023 de la University of Missouri Extension, titulada: "7 & 7 Synch: An Estrus Synchronization Protocol for Postpartum Beef Cows". Protocolos de tratamiento similares han sido evaluados en novillas y vacas por otros grupos de investigación en distintos puntos del país, y el protocolo 7 & 7 Synch se encuentra actualmente incluido en la lista de protocolos recomendados anualmente por el Beef Reproduction Task Force.

NO ES UNA SOLUCIÓN UNIVERSAL: PERSPECTIVA PLURIANUAL DE LA SINCRONIZACIÓN

Evidentemente, no todos los grupos de vacas alcanzarán de forma sistemática tasas de gestación superiores al 70% tras la IATF utilizando el protocolo 7 & 7 Synch u otros protocolos disponibles, ni los resultados de transferencia y gestación tras la TE serán siempre excepcionales en todos los casos. Los resultados variarán entre explotaciones en función de distintas causas de variabilidad, ya sean especiales o comunes. En términos generales, los productores y profesionales deben centrar su atención en las causas comunes de la variabilidad dentro del sistema global: edad de las vacas, condición corporal, intervalo posparto, plano nutricional, entre otros factores. Algunos productos utilizados en los protocolos de sincronización (por ejemplo, el CIDR) pueden mitigar parcialmente el efecto de estos factores; no obstante, debe subrayarse que la sincronización constituye únicamente un componente del sistema global de gestión reproductiva.

El protocolo de sincronización empleado es un componente importante del sistema, y además uno de los pocos elementos sobre los cuales el veterinario puede ejercer un alto grado de control. Por ello, la variabilidad derivada del propio protocolo debe considerarse un aspecto clave. Los resultados de nuestro programa de investigación demuestran que el enfoque de presincronización utilizado en el protocolo 7 & 7 Synch reduce la variabilidad entre vacas en

el estado luteal y aumenta la madurez folicular antes de la primera administración de GnRH, lo que a su vez reduce la variabilidad en la presentación ovárica al final del protocolo. Esto se traduce en una menor variabilidad del estado estral posterior, ya que una mayor proporción de vacas expresa estro dentro de un intervalo temporal más estrecho. Como consecuencia, los ensayos extensivos en condiciones de campo realizados en explotaciones han mostrado tasas de gestación elevadas cuando este sistema de sincronización se emplea en programas de TE o de IATF, tanto con semen convencional como sexado.

La gestión reproductiva del ganado vacuno de carne se analiza con demasiada frecuencia desde una perspectiva anual. Sin embargo, un solo año constituye un periodo demasiado limitado dentro del ciclo global de producción, dado que muchas de las causas comunes de variabilidad en la tasa de gestación son efectos acumulados de la gestión en años anteriores. Por ello, es necesario adoptar una perspectiva plurianual para comprender y abordar las causas de un rendimiento reproductivo subóptimo. Del mismo modo, esta perspectiva multianual es esencial para comprender y aprovechar plenamente el valor de los protocolos de sincronización del estro. Los resultados de nuestro programa de investigación con el protocolo 7 & 7 Synch demuestran claramente su eficacia cuando se aplica a nivel de rebaño. No obstante, los resultados se optimizan en vacas con mayor probabilidad de estar en ciclo al inicio del protocolo de sincronización. En última instancia, desde una perspectiva plurianual, la proporción de vacas cíclicas previas al tratamiento depende en gran medida de la gestión. Mediante un compromiso multianual orientado a la mejora continua de la calidad del sistema global, que incluye no solo el protocolo de sincronización, sino también múltiples factores relacionados con el manejo, los resultados reproductivos mejorarán progresivamente hasta aproximarse al máximo biológico de la población de vacas.

BIBLIOGRAFÍA

Andersen, C.M., Bonacker, R.C., Smith, E.G., Spinka, C.M., Poock, S.E., Thomas, J.M. Evaluation of the 7 & 7 Synch and 7-day CO-Synch + CIDR treatment regimens for control of the estrous cycle among beef cows prior to fixed-time artificial insemination with conventional or sex-sorted semen. Animal Reproduction Science 2021;235:106892. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106892

Bello, N.M., Steibel, J.P., and 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. 89:3413-3424. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72378-5

Bonacker, R.C., Stoecklein, K.S., Locke, J.W.C., Ketchum, J.N., Knickmeyer, E.R., Spinka, C.M., Poock, S.E., Thomas, J.M., 2020a. Treatment with prostaglandin F2α and an intravaginal progesterone insert promotes follicular maturity in advance of gonadotropin-releasing hormone among postpartum beef cows. Theriogenology 157:350-359. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.08.018

Bonacker, R.C., Gray, K.R., Breiner, C.A., Anderson, J.M., Patterson, D.J., Spinka, C.M., Thomas, J.M., 2020b. Comparison of the 7 & 7 Synch protocol and the 7-day CO-Synch + CIDR protocol among recipient beef cows in an embryo transfer program. Theriogenology 158:490–496. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.09.033

Deming, W.E. 1982. Out of the Crisis. The MIT Press.

Deming, W.E. 1993. The New Economics for Industry, Government, and Education. The MIT Press.

French, J.T., Ahola, J.K., Whittier, J.C., Giles, R.L., Repenning, P.E., Seidel, G.E., and Peel, R.K. 2013. Ovarian response and pregnancy rates to timed artificial insemination in beef heifers after synchronization of follicular waves and ovulation via a 14-day controlled internal drug-release insert estrus synchronization protocol. The Professional Animal Scientist. 29:64-74. https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30197-2

Liu, J., H. Mooney, V. Hull, S. J. Davis, J. Gaskell, T. Hertel, J. Lubchenco, K. C. Seto, P. Gleick, C. Kremen, and S. Li. 2015. Systems integration for global sustainability. Science. 347:1258832. doi:10.1126/science.1258832.

Navanukraw, C., Redmer, D.A., Reynolds, L.P., Kirsch, J.D., Grazul-Bilska, A.T., Fricke, P.M., 2004. A Modified Presynchronization Protocol Improves Fertility to Timed Artificial Insemination in Lactating Dairy Cows. Journal of Dairy Science 87:1551-1557. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73307-X

Perry, G.A., Perry, B.L., Krantz, J.H., Rodgers, J., 2012. Influence of inducing luteal regression before a modified fixed-time artificial insemination protocol in postpartum beef cows on pregnancy success. Journal of Animal Science. 90:489–494. https://doi.org/10.2527/jas.2011-4319

Senge, P. 1993. The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization. Currency.

Shewhart, W.A. 1931. Economic Control of Quality of Manufactured Product. D. Van Nostrand Company.

Shewhart, W.A. 1939. Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control. U.S. Department of Agriculture.

Small JA, Colazo MG, Kastelic JP, and Mapletoft RJ. 2009. Effects of progesterone presynchronization and eCG on pregnancy rates to GnRH-based, timed-AI in beef cattle. Theriogenology. 71:698-706. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.09.045

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. 70:208-215. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.03.014

Thomas, J.M., Bonacker, R.C., and Andersen, C.M. 2020. 7 & 7 Synch: An Estrus Synchronization Protocol for Postpartum Beef Cows. University of Missouri Extension. Available at: https://extension.missouri.edu/g2023/

Wiltbank, M.C., Pursley, J.R., 2014. The cow as an induced ovulator: Timed AI after synchronization of ovulation. Theriogenology 81, 170–185. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.017

INVERSIÓN EN MANEJO REPRODUCTIVO Y EL IMPACTO ECONÓMICO DE LA CONCEPCIÓN TEMPRANA

Dr. J.M. Thomas

Division of Animal Sciences, University of Missouri, Columbia, MO 65211

RESUMEN

La gestión de la reproducción es un componente crítico para la sostenibilidad de los sistemas de producción de vacuno de carne y la viabilidad económica de las explotaciones de vaca-cría. Las tecnologías reproductivas no solo constituyen una herramienta de manejo de gran impacto para mejorar el rendimiento reproductivo, sino también un mecanismo clave para facilitar el progreso genético mediante el apareamiento planificado de animales de alto valor. Los protocolos utilizados para inducir y sincronizar el celo fértil emplean, de forma estratégica, progestágenos, la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y prostaglandina $F_2\alpha$, todos ellos productos autorizados para este uso. Estos protocolos aportan múltiples beneficios adicionales en sistemas comerciales de vaca-cría. Los procedimientos destinados a controlar los ciclos estrales en animales cíclicos también pueden inducir la actividad ovárica en una proporción elevada de novillas prepúberes y de vacas en posparto que aún no han reanudado ciclos estrales normales. Como consecuencia, estos animales pueden quedar gestantes antes de lo que ocurriría en condiciones naturales. Las tecnologías que incrementan la proporción de vacas que conciben al inicio de la temporada de cubrición desplazan la distribución de partos hacia el inicio de la campaña de partos, lo que se traduce en lotes de terneros más uniformes y con mayor peso al destete. La mejora del rendimiento reproductivo también favorece una mayor longevidad productiva de las vacas y reduce los costes anuales asociados a la recría de hembras de reposición. En conjunto, estas tecnologías reproductivas y sistemas de manejo actúan de forma sinérgica para mejorar la eficiencia biológica y económica de los sistemas de producción de vacuno de carne en pastoreo y en sistemas extensivos.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva es uno de los principales factores determinantes de la rentabilidad en los sistemas de producción de vaca-cría. Dado que la mayoría de los costes asociados al mantenimiento del rebaño de vacas son relativamente fijos, el número y el valor de los terneros destetados cada año determinan en gran medida el resultado económico de la explotación. Por ello, incluso mejoras moderadas en la tasa de gestación, en la distribución de partos o en los pesos al destete pueden tener importantes repercusiones económicas.

En los sistemas comerciales de vaca-cría, las decisiones relativas a la gestión reproductiva influyen no solo en que las vacas queden preñadas, sino también en el momento en que conciben durante la temporada de cubrición. El momento de la concepción determina, en última instancia, cuándo nacen los terneros, lo que tiene efectos en cascada en el crecimiento, la uniformidad del lote de terneros y la productividad global del rebaño.

A pesar de la importancia de la eficiencia reproductiva, muchas operaciones vaca-cría siguen basándose principalmente en la cubrición por monta natural, sin aplicar estrategias adicionales de manejo reproductivo. Los avances en la sincronización del celo y la inseminación artificial han generado oportunidades para mejorar tanto el rendimiento reproductivo como la mejora genética; sin embargo, la adopción de estas tecnologías sigue siendo limitada en gran parte del sector.

Cada vez son más los estudios y la experiencia de campo que demuestran que las inversiones en la gestión reproductiva pueden modificar sustancialmente la distribución temporal de las concepciones de las vacas a lo largo de una temporada de cría. Desplazar una mayor proporción de gestaciones al inicio de la campaña reproductiva permite mejorar el rendimiento de los terneros, aumentar la productividad del rebaño y reforzar la sostenibilidad a largo plazo de las explotaciones de vaca-cría.

TECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS COMO HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

Los sistemas modernos de sincronización del celo permiten a los ganaderos controlar el momento del estro y de la ovulación de manera predecible. Estos protocolos suelen emplear combinaciones de progestágenos, la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y la prostaglandina $F_2\alpha$, todos ellos productos autorizados para el manejo reproductivo en bovino. Cuando se aplican correctamente, estos protocolos sincronizan el desarrollo folicular y la ovulación, lo que permite que grandes grupos de hembras manifiesten celo en un intervalo de tiempo relativamente corto. Esto mejora la viabilidad de la inseminación artificial en sistemas de producción comerciales y proporciona acceso a una genética superior mediante apareamientos planificados.

El valor de estas tecnologías va más allá de facilitar el uso de la IA. Al manipular los ciclos estrales, los protocolos de sincronización también permiten abordar limitaciones biológicas comunes en los rebaños comerciales. Los procedimientos utilizados para controlar los ciclos estrales en animales cíclicos pueden inducir la actividad ovárica en muchas hembras que, de otro modo, permanecerían en anestro. Esto resulta especialmente relevante en dos situaciones habituales en los sistemas vaca-cría: las novillas de reposición prepúberes y las vacas en posparto que aún no han reiniciado sus ciclos estrales tras el parto. La inducción de la ciclicidad en estos animales permite que queden gestantes al inicio de la temporada de cubrición, antes de lo que sería posible en condiciones naturales.

CONSECUENCIAS BIOLÓGICAS DE LA CONCEPCIÓN TEMPRANA

Cuando el manejo reproductivo incrementa la proporción de hembras que conciben al inicio de la temporada de cubrición, la distribución de los partos se desplaza hacia el inicio de la época de partos. Este cambio tiene varias consecuencias biológicas y de manejo relevantes: en primer lugar, los terneros nacidos más temprano disponen de más tiempo para crecer antes del destete, por lo que suelen presentar mayores pesos al destete que los nacidos más tarde. Incluso pequeñas diferencias en la edad al destete pueden traducirse en diferencias significativas en el peso de venta. Además, una mayor concentración de partos da lugar a lotes de terneros más uniformes. Los grupos más homogéneos suelen ser más fáciles de comercializar y pueden alcanzar un mayor valor en función de la estrategia de venta. Del mismo modo, las vacas que conciben al inicio de la temporada tienen más tiempo para recuperarse antes de la siguiente campaña de cubrición. Esto aumenta la probabilidad de que vuelvan a quedar gestantes en campañas posteriores. A largo plazo, esto contribuye a una mayor longevidad reproductiva y a una mayor productividad a lo largo de la vida útil del animal.

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS DE LA CONCEPCIÓN TEMPRANA

El impacto económico de un mejor manejo reproductivo se produce a través de varios mecanismos relacionados: los mayores pesos al destete incrementan directamente los ingresos por vaca expuesta. Los lotes de terneros más uniformes pueden mejorar las oportunidades de comercialización y facilitar la toma de decisiones en aspectos como los programas sanitarios, la alimentación y la venta. Asimismo, una mejora del rendimiento reproductivo reduce el número de vacas que deben ser eliminadas (desechadas) por fallos reproductivos. Dado que la recría de novillas de reposición representa uno de los mayores costes anuales de capital en sistemas de vaca-cría, alargar la vida productiva de las vacas permite reducir significativamente dichos costes. Por tanto, adelantar las concepciones al inicio de la temporada de cubrición tiene un impacto simultáneo en varios componentes de la rentabilidad de la explotación. El aumento de los pesos al destete, la mejora de las tasas de gestación y una mayor longevidad reproductiva contribuyen conjuntamente a mejorar la eficiencia económica del rebaño.

IMPLICACIONES A NIVEL DE SISTEMA Y SOSTENIBILIDAD

Las estrategias de manejo reproductivo que incrementan la proporción de vacas que conciben al inicio de la temporada también mejoran la eficiencia global de los sistemas de producción de vacuno de carne. Cuando se producen más terneros por unidad de tierra, de trabajo y de recursos alimenticios, aumenta la eficiencia biológica del sistema. Estas mejoras se traducen en un uso más eficiente de los recursos naturales en sistemas de producción basados en pastos y extensivo. Una mayor eficiencia reproductiva permite que un mismo rebaño produzca más kilos totales de ternero sin incrementar significativamente los insumos. De este modo, las estrategias que mejoran el momento de la concepción y la distribución de partos no solo contribuyen a mejorar los resultados económicos de los productores, sino también a la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de producción de carne de vacuno.

CONCLUSIONES

La inversión en el manejo reproductivo puede generar beneficios biológicos y económicos significativos en los sistemas comerciales de vaca-cría. La sincronización del celo y otras tecnologías reproductivas proporcionan herramientas que permiten a los ganaderos influir en el momento de la concepción durante la temporada de cubrición. Cuando un mayor número de hembras concibe al inicio de la campaña, los partos se adelantan, los terneros son mayores y más pesados al destete, y las vacas tienen mayores probabilidades de mantener su rendimiento reproductivo anual. Estos cambios mejoran la productividad y la eficiencia económica de las explotaciones de vaca-cría. A medida que el sector ganadero vacuno sigue centrándose en mejorar la eficiencia y la sostenibilidad, las estrategias de manejo reproductivo que incrementan las tasas de concepción temprana representan una oportunidad clave de mejora para los productores.

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EXPLOTACIONES LECHERAS MEDIANTE LA ALIMENTACIÓN

Dr. Alexander N. Hristov

Department of Animal Science The Pennsylvania State University

RESUMEN El metano, tanto de origen entérico como procedente de la gestión de estiércoles, constituye el gas de efecto invernadero más relevante en la explotación de rumiantes, y su mitigación puede conllevar reducciones sustanciales en la huella de carbono de los productos de origen animal. Aunque las opciones pueden ser limitadas, existen prácticas relacionadas con la alimentación que pueden disminuir significativamente las emisiones de metano entérico del ganado. Estas prácticas pueden clasificarse, de manera general, en dos categorías: la manipulación de la dieta y el uso de aditivos alimentarios. Dentro de la primera categoría, la selección de forrajes y el incremento de su digestibilidad probablemente contribuyan a reducir las emisiones de metano entérico; no obstante, la magnitud del efecto, en comparación con las prácticas actuales de forraje en la industria lechera de los Estados Unidos, probablemente sea de moderada a limitada. Asimismo, parece haber potencial para reducir las emisiones de metano entérico mediante el aumento de la concentración de almidón en la dieta; sin embargo, estas intervenciones deben evaluarse cuidadosamente en relación con posibles efectos adversos sobre el contenido graso de la leche y la rentabilidad de la explotación. Se puede llegar a una conclusión similar para los lípidos dietéticos y las semillas oleaginosas, que han demostrado reducir las emisiones de metano, pero que también pueden afectar negativamente a la fermentación ruminal, la ingesta de alimento y la producción y composición de la leche. Existe evidencia científica suficiente y robusta que indica que determinados aditivos alimentarios, en particular el inhibidor de metano 3-nitrooxipropanol, pueden reducir sustancialmente las emisiones de metano en ganado bovino de leche y de carne. No obstante, los efectos a largo plazo y los factores externos que pueden influir en la eficacia de este inhibidor requieren una mayor investigación. La aplicabilidad práctica a gran escala de otras estrategias de mitigación con eficacia demostrada a corto plazo (por ejemplo, las macroalgas) es incierta en la actualidad. Un ámbito que requiere mayor investigación es la interacción entre las prácticas de mitigación nutricional (tanto la manipulación de la dieta como los aditivos alimentarios) y la posible existencia de efectos sinérgicos entre aditivos con distintos mecanismos de acción. Además, los efectos de la dieta sobre la composición del estiércol y las emisiones de gases de efecto invernadero durante su almacenamiento (por ejemplo, compensaciones en las emisiones) no han sido suficientemente estudiados. En conjunto, si las prácticas de mitigación actualmente disponibles demuestran ofrecer resultados consistentes y se desarrollan estrategias novedosas, eficaces, seguras y aplicables, la nutrición por sí sola podría permitir reducciones de hasta el 60% en las emisiones de metano entérico en explotaciones lecheras de los Estados Unidos.

INTRODUCCIÓN

El metano, como gas de efecto invernadero (**GEI**) de vida corta, ocupa una posición singular en los esfuerzos globales orientados a mitigar el cambio climático. Un análisis exhaustivo sugirió que existen estrategias capaces de reducir las emisiones globales de metano derivadas de actividades humanas en un 50% durante la próxima década (Ocko et al., 2021), estimando además que la implementación inmediata de las medidas de mitigación actualmente disponibles podría ralentizar el calentamiento global en aproximadamente un 30% en ese mismo periodo. De acuerdo con el inventario de GEI de la United States Environmental Protection Agency (2022), el metano (procedente de la fermentación entérica y de la gestión de estiércoles) representó el 40% de todas las emisiones de GEI del sector agrario en 2020 (expresadas en equivalentes de CO_2), lo que lo convierte en el segundo GEI agrícola más relevante en los Estados Unidos, tras el óxido nitroso. No obstante, en el contexto de las emisiones de GEI asociadas a la producción ganadera, la relevancia del metano supera ampliamente la del óxido nitroso. En 2020, por ejemplo, las emisiones de metano procedentes del ganado bovino (carne y leche) representaron el 67% (50% bovino de carne y 17% bovino lechero) del total de emisiones de metano del sector agrario, mientras que las emisiones de óxido nitroso derivadas de la gestión de estiércoles bovinos supusieron únicamente el 4,6% del total de emisiones agrícolas de este gas en los Estados Unidos (USEPA, 2022). Por consiguiente, la investigación en ciencia animal se orienta de forma justificada hacia la mitigación de las emisiones de metano del ganado, en lugar de las del óxido nitroso. No obstante, surge una cuestión clave: ¿qué impacto pueden tener las prácticas de mitigación sobre las emisiones de GEI del ganado y sobre la huella de carbono de los productos de origen animal? Recientemente, hemos abordado esta cuestión en el contexto de las intervenciones nutricionales, específicamente en el sector lechero (Hristov, 2023). En dicho análisis, se concluyó que el impacto de la nutrición dependerá del sistema de producción (es decir, intensivo frente a extensivo, y, en consecuencia, de una contribución menor o mayor del metano entérico a la huella de carbono de la leche, **HCL**) y del grado de eficacia de las prácticas de mitigación implementadas. Asimismo, nos planteamos que la manipulación de los ingredientes del pienso y de la dieta, por sí sola, difícilmente permitirá alcanzar reducciones sustanciales en

las emisiones de metano entérico, lo que sitúa a los aditivos alimentarios como los candidatos más probables para lograr una reducción significativa de la HCL. Por tanto, resulta necesario contar con una revisión actualizada sobre la viabilidad práctica y el potencial real de las estrategias nutricionales y de los aditivos alimentarios orientados a la reducción del metano entérico, lo cual constituye el objetivo del presente trabajo.

ESTRATEGIAS RELACIONADAS CON LA ALIMENTACIÓN Y ADITIVOS PARA LA MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE METANO ENTÉRICO

Inclusión de concentrados / concentración de almidón en la dieta. Es un hecho bien establecido que el metano entérico se genera como resultado de la fermentación de los sustratos en el rumen; es decir, cuanto mayor sea la cantidad de nutrientes del alimento, especialmente carbohidratos, fermentados por la microbiota ruminal, mayor será la producción de metano, debido al incremento de la necesidad de eliminar equivalentes reductores. En este sentido, la ingesta de materia seca (**IMS**) ha sido consistentemente identificada, tanto en sistemas de producción intensivos como extensivos, como el principal factor determinante de la producción de metano entérico (Hristov et al., 2013; Niu et al., 2018; Congio et al., 2022; Tee et al., 2022); no obstante, el tipo de nutrientes fermentados también desempeña un papel relevante en la metanogénesis ruminal. El análisis de un conjunto de datos procedente de 337 estudios con cámaras de respiración realizados con distintas categorías de bovinos en el Oskar Kellner Institute (Dummerstorf, Alemania) demostró que las fracciones de carbohidratos digestibles de la dieta [almidón, azúcares, residuos libres de nitrógeno (**RLN** = materia orgánica – proteína bruta (**PB**) – extracto etéreo – almidón – azúcares), esencialmente las fracciones fibrosas] permiten predecir con precisión la producción de metano (Jentsch et al., 2007). Asimismo, estos autores estimaron que los RLN generan aproximadamente 1,8 y 2,1 veces más metano que el almidón y los azúcares, respectivamente, debido a un patrón de fermentación predominantemente acético frente a propiónico y butírico. Más allá del almidón, sin embargo, la estructura química de los polisacáridos de la dieta no parece ejercer un efecto significativo sobre la metanogénesis ruminal in vivo. Un metaanálisis reciente (Sun et al., 2022), que incluyó 48 tratamientos procedentes de 15 estudios, no identificó tendencias consistentes en cuanto al efecto de la estructura de los polisacáridos sobre las emisiones de metano. Las dietas analizadas presentaban, en promedio (expresado como % de materia seca, **MS**): 40,5 de fibra neutro detergente (**FND**), 22,9 de fibra ácido detergente (**FAD**), 31,6 de carbohidratos no fibrosos (**CNF**), 18,0 de carbohidratos solubles en agua (**CSA**), 18,6 de celulosa y 17,6 de hemicelulosa. A partir de los datos de la Tabla 1 de Sun et al. (2022), es posible calcular coeficientes de correlación de Pearson entre las distintas fracciones de carbohidratos y el rendimiento de metano. En general, las correlaciones de los CSA, la pectina y la relación CSA:FND con el rendimiento de metano fueron elevadas y negativas ($r = -0,53$; $-0,49$ y $-0,61$, respectivamente), mientras que las correlaciones con FND, FAD, celulosa y hemicelulosa fueron positivas pero relativamente bajas ($r < 0,16$).

Está ampliamente documentado que la fermentación del almidón produce más propionato en el rumen (que la fermentación de la fibra, por ejemplo), y que los bovinos alimentados con dietas ricas en grano presentan factores **Ym** (energía perdida como metano expresada como porcentaje de la energía bruta ingerida) considerablemente inferiores a los de vacas lecheras alimentadas con dietas típicas basadas en forraje:concentrado (Johnson y Johnson, 1995). Por tanto, resulta pertinente considerar el aumento de la proporción de concentrados o de la concentración de almidón en la dieta como una estrategia potencial para mitigar el metano (Hristov et al., 2013). Sauvant y Giger-Reverdin (2009) concluyeron que pueden esperarse reducciones significativas en las emisiones de metano cuando la inclusión de grano en la dieta supera el 35–40%. Sin embargo, variaciones pequeñas o moderadas en la proporción de concentrado en la dieta probablemente no tengan un efecto directo sobre las emisiones de metano. Además de los efectos directos sobre la mitigación del metano, los concentrados aportan una mayor densidad de nutrientes digestibles (por unidad de alimento) que los forrajes, lo que generalmente se traduce en un aumento de la productividad animal. Por ejemplo, en un estudio con vacas lecheras en lactación, un incremento del 30% en el contenido de almidón de la dieta llevó a un aumento de la producción de leche de aproximadamente 3 kg/día y, aunque se observó una disminución del contenido graso de la leche (del 10%), la producción de leche corregida por energía (**ECM**) fue un 6% superior en la dieta alta en almidón frente a la baja en almidón (Silvestre et al., 2022). En otro estudio del mismo grupo, se incluyó el ensilado de maíz tratado con amilasa al 40% (base MS) en la dieta de vacas Holstein en lactación (Cueva et al., 2021). El aumento de la concentración de almidón en dicho ensilado incrementó la ingestión de almidón, lo cual no fue suficiente para reducir directamente las emisiones de metano, pero sí incrementó la producción de leche y, en consecuencia, redujo la intensidad de emisión de metano en un 7% (sin efecto cuando se expresó en base a ECM, debido a una disminución numérica del contenido graso de la leche). Por tanto, además de su efecto directo sobre la producción de metano al promover una fermentación más propiónica y un entorno ruminal con menor disponibilidad de hidrógeno, el almidón dietético puede mejorar la producción animal y, en consecuencia, reducir la intensidad de las emisiones de metano entérico (expresada por kg de leche y, de forma más adecuada, por kg de ECM o leche corregida por grasa y proteína, **FPCM**), a pesar del riesgo de reducción del contenido graso de la leche.

En un experimento reciente con vacas lecheras en lactación realizado en la Pennsylvania State University (Cueva et al., 2024), observamos una respuesta considerablemente menor al almidón dietético: el rendimiento de metano

disminuyó linealmente (R^2 ajustado = 0,76; P < 0,001) en aproximadamente 0,08 g/kg IMS por cada incremento porcentual en el contenido de almidón de la dieta, en el rango de 10,9 a 38,5%. En dicho estudio, el aumento del almidón dietético redujo linealmente el contenido graso de la leche en un 16%, pero incrementó la producción de leche en aproximadamente 4 kg/día y la ECM en 1,3 kg/día (entre la dieta con menor y mayor contenido de almidón). Estos cambios dieron lugar a una reducción lineal de la intensidad de emisión de metano por kg de ECM de 0,073 g/kg por cada incremento porcentual de almidón dietético. Estas respuestas ponen de manifiesto la complejidad de los efectos del almidón dietético sobre la fermentación ruminal, las emisiones de metano entérico y la producción animal. Cabe destacar, asimismo, que en el estudio de Cueva et al. (2024) se observó una elevada variabilidad entre los animales en la respuesta al almidón dietético, aspecto que no se aborda en detalle aquí, pero que claramente requiere más investigación.

Aunque las respuestas no son uniformes, parece existir la posibilidad de reducir la producción y la intensidad del metano entérico aumentando la proporción de concentrados o la concentración de almidón en las raciones de las vacas lecheras en lactación, tanto dentro como por encima del contenido típico de almidón de entre el 20 % y el 27-30 % que presentan la mayoría de las raciones lecheras en Estados Unidos. Sin embargo, estas medidas deben aplicarse con cautela, ya que la rentabilidad de las explotaciones, que depende del precio de la leche (en concreto, de la grasa láctea), podría disminuir, a pesar del probable aumento de la producción de leche.

Ensilado de maíz frente a ensilados de leguminosas y gramíneas. La mayoría de los estudios publicados han comparado el efecto mitigador del metano del ensilado de maíz frente al ensilado de alfalfa, de los cuales se presentan a continuación varios ejemplos representativos. En un experimento con diseño cruzado, Hassanat et al. (2013) observaron un incremento en la ingesta de materia seca (IMS) y en la producción de leche cuando el ensilado de maíz (33% de almidón) sustituyó el 50% y el 100% del ensilado de alfalfa en la dieta. El rendimiento de metano no se vio afectado por una sustitución del 50%, pero disminuyó un 13% con una sustitución del 100%, observándose un efecto similar en la intensidad del metano. Sin embargo, la intensidad de metano expresada en base a leche corregida por energía (ECM) no se vio afectada por una disminución lineal del porcentaje de grasa láctea asociada al ensilado de maíz. En un estudio de Benchaar et al. (2015), el ensilado de maíz (29% de almidón), incluido en un 57% de la materia seca de la dieta en sustitución de trébol rojo, dio lugar a una ligera disminución (≈2%) de la emisión diaria de metano y de su rendimiento. En otro estudio del mismo grupo, el ensilado de maíz tipo Brown MidRib (**BMR**) redujo el rendimiento y la intensidad de metano en comparación con el ensilado de maíz convencional (Hassanat et al., 2017). En dicho trabajo, el ensilado BMR presentaba menor contenido de lignina (−22%) y mayor concentración de almidón (+5%), mayor degradabilidad ruminal de la fibra detergente neutra (FND; +31%) y un incremento de la IMS (+1,6 kg/día) respecto al ensilado convencional, lo que se tradujo en un aumento de la producción de leche y una disminución de la producción y de la intensidad de metano con la dieta basada en el ensilado mencionado. Gislon et al. (2020) compararon dietas que contenían ensilado de maíz (49% de la MS) con dietas basadas en ensilado de alfalfa (27%), ensilado de trigo (20%) o una dieta tradicional para la producción de queso Parmigiano Reggiano basada en heno, incluyendo todas ellas entre el 17% y el 25% de heno o de ensilado de raigrás. El ensilado de maíz tenía un 44 % de carbohidratos no fibrosos (no se especificó la concentración de almidón, pero probablemente rondaba el 30 %), y el contenido de carbohidratos no fibrosos de las raciones oscilaba entre el 38,5 % (ración de Parmigiano Reggiano) y el 44,3 % (ración de ensilado de alfalfa). La ingesta de materia seca, la producción de ECM y las emisiones de metano no se vieron afectadas por la dieta, salvo que las emisiones diarias de metano se redujeron en un 8 % con la dieta a base de ensilado de maíz en comparación con la dieta a base de Parmigiano Reggiano.

Diversos estudios también han indicado una reducción de las emisiones de metano entérico al comparar el ensilado de maíz con el de gramíneas. Un informe del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Reino Unido (DEFRA, 2010) señaló una reducción del 13% y del 6% en el rendimiento y la intensidad de metano, respectivamente, al suministrar dietas con proporciones de 25:75 frente a 75:25 de ensilado de gramíneas/ensilado de maíz. Asimismo, la excreción urinaria de nitrógeno tendió a reducirse con la dieta con mayor proporción de ensilado de maíz. La dieta rica en ensilado de maíz mostró una tendencia a incrementar la producción de leche (aprox. 4%, asociada a un mayor consumo), aunque sin diferencias estadísticamente significativas. Resultados similares fueron reportados por Doreau et al. (2012) en otra comparación entre el ensilado de maíz y el de gramíneas. Hart et al. (2015) sustituyeron el ensilado de gramíneas por ensilado de maíz (22% de almidón; inclusión del 30 o 70% de la dieta) y observaron una reducción del 9% en el rendimiento de metano, sin efecto sobre la intensidad de emisión; las vacas alimentadas con un 70% de ensilado de maíz presentaron mayor IMS y producción de leche. En otro estudio realizado en el Reino Unido en el que se compararon ensilados de maíz y gramíneas (formando un 12,5 o 37,5% de la MS de la dieta), Hammond et al. (2016) observaron un aumento de la IMS y de la producción de leche, junto con una reducción del rendimiento (−8%) y de la intensidad de metano con las dietas basadas en ensilado de maíz (sin especificación detallada de las características del ensilado). En un estudio más reciente, van Gastelen et al. (2022)

observaron incrementos en la IMS y en la producción de ECM cuando el ensilado de maíz (36,8% de almidón) sustituyó al ensilado de gramíneas hasta en un 57% de la MS. Esto resultó en una reducción del 15–16% en el rendimiento y en la intensidad de metano (expresados en base a ECM).

El uso de ensilados de leguminosas puede reducir las emisiones de metano en comparación con los ensilados de gramíneas debido a su menor contenido de fibra y a su distinta composición de fibra. Sin embargo, el efecto mitigador de las leguminosas (frente a las gramíneas) es menos consistente que el del ensilado de maíz y, en algunas especies, en particular el trébol rojo, se han descrito ligeros incrementos en el rendimiento de metano (p. ej., Gidlund et al., 2017). Una revisión previa de Dewhurst (2012) indicó que, debido a su menor contenido de fibra y a su mayor tasa de paso, los ensilados de leguminosas tienden a reducir las emisiones de metano en comparación con los de gramíneas, además de incrementar la IMS y la producción de leche. Asimismo, Dewhurst (2012) subrayó la necesidad de ampliar la investigación para esclarecer el efecto de los distintos tipos de ensilado sobre la producción de metano, especialmente en el caso de las leguminosas, que además presentan la ventaja de reducir la huella de carbono del sistema productivo al sustituir los fertilizantes nitrogenados inorgánicos. Más recientemente, un estudio amplio evaluó el efecto de 14 ensilados diferentes de gramíneas o trébol sobre las emisiones de metano entérico en novillas lecheras alimentadas con dietas exclusivamente forrajeras (Parnian-Khajehdizaj et al., 2023). Los autores concluyeron que, cuando se expresaba en función de la IMS o por ingesta de materia orgánica digestible, el rendimiento de metano era aproximadamente un 13% y un 6% menor, respectivamente, en ensilados de leguminosas que en gramíneas. Sin embargo, se observó el efecto contrario cuando las emisiones se expresaron en base a la FND digestible, reflejando una mayor concentración de lignina y menor digestibilidad de la FND en leguminosas frente a gramíneas.

En conjunto, la evidencia disponible respalda que el ensilado de maíz puede reducir de forma moderada el rendimiento y la intensidad del metano entérico cuando sustituye al ensilado de alfalfa en dietas de vacas lecheras (con una posible ventaja adicional del ensilado BMR frente al convencional). Del mismo modo, es probable que el ensilado de maíz reduzca la producción y la intensidad de metano cuando sustituye al ensilado de gramíneas. La investigación sobre otros tipos de forrajes es limitada y los resultados, en comparación con el ensilado de maíz, varían y, en general, resultan poco concluyentes. En términos generales, los datos respaldan el concepto de que el aumento de la digestibilidad del forraje puede contribuir a reducir el rendimiento de metano y, potencialmente, la intensidad de emisión.

Aditivos alimentarios

En esta sección se abordan aquellos aditivos que han demostrado un efecto consistente y significativo en la mitigación del metano entérico en estudios in vivo publicados en revistas científicas con revisión por pares. Para una revisión más detallada del tema, se remite al lector a trabajos recientes (Arndt et al., 2022; Martins et al., 2023; Hegarty et al., 2021; Firkins y Mitchell, 2023).

3-nitrooxipropanol (3-NOP). Recientemente hemos sintetizado los resultados de estudios con 3-NOP en vacas lecheras en lactación realizados en la Universidad Estatal de Pensilvania (The Pennsylvania State University) (Hristov et al., 2022). A partir de este análisis se establecieron las siguientes conclusiones: (1) El 3-NOP produjo una reducción consistente del 28 al 32% en las emisiones diarias de metano, así como en su rendimiento e intensidad. (2) El inhibidor no tuvo efectos sobre la IMS, la producción de leche ni el peso vivo (**PV**) o su variación, aunque incrementó ligeramente la concentración y el rendimiento de grasa en la leche (0,19% y 90 g/día, respectivamente), así como la concentración de nitrógeno ureico en leche (**MUN**). (3) El efecto mitigador del 3-NOP aumentó de forma exponencial con el incremento de la dosis de inclusión (de 40 a 200 mg/kg de MS del alimento, lo que corresponde a una ingesta de 1 a 4,8 g/vaca/día). (4) En algunos estudios se observó una disminución del efecto mitigador del 3-NOP a lo largo del tiempo, fenómeno que requiere ser investigado mediante ensayos a largo plazo que abarquen una lactación completa o múltiples lactaciones.

Un metaanálisis de 14 experimentos con 3-NOP en ganado lechero tenía como objetivo determinar el efecto de la composición nutricional de la dieta sobre la eficacia de la inhibición del metano (Kebreab et al., 2022). El análisis identificó la fibra dietética (NDF) y la grasa como variables importantes que influyen en el efecto del 3-NOP sobre las emisiones de metano en las vacas lecheras, ya que ambos nutrientes reducen la eficacia del inhibidor. Tendencias similares para la FND fueron descritas por Hristov et al. (2022) y en un metaanálisis previo (Dijkstra et al., 2018). En el conjunto de datos de Kebreab et al. (2022), el contenido de NDF de la dieta redujo la eficacia del 3-NOP en un 0,63 % (producción diaria de metano) y en un 0,65 % (rendimiento de metano) por cada aumento de 10 g/kg de materia seca en la concentración de NDF por encima de la media del 32,9 %. De forma análoga, la grasa dietética tuvo un efecto negativo en la eficacia del inhibidor (una disminución del 1% en su concentración aumentó la eficacia del 3-NOP en un 3,08% (para una dosis y nivel de FND determinados)). Un ejemplo representativo de las interacciones potenciales entre el 3-NOP y la dieta basal es el estudio de van Gastelen et al. (2022), incluido en el metaanálisis de Kebreab el al. (2022). En ese estudio, los autores administraron tres niveles de 3-NOP (0, 60 y 80 mg/kg de materia seca del pienso) en varias dietas compuestas por un 70 % (base de MS de la dieta) de ensilado de gramíneas (9,8 % de almidón), un 43

% de ensilado de gramíneas/27 % de ensilado de maíz (15,4 % de almidón) y un 15 % de ensilado de gramíneas/55 % de ensilado de maíz (21,3 % de almidón). Se observó una interacción clara entre el 3-NOP y la composición forrajera de la dieta basal, siendo el efecto mitigador del inhibidor más acusado en dietas basadas en ensilado de maíz que en aquellas basadas en ensilado de gramíneas. No obstante, la dosis de 80 mg/kg MS redujo la IMS y la producción de leche. El metaanálisis de Kebreab et al. (2022) reportó que la emisión diaria de metano disminuye un 2,82% adicional por cada incremento de 10 mg/kg MS en la dosis de 3-NOP por encima de su valor medio. En un estudio sobre la relación dosis-respuesta realizado por Melgar et al. (2020), se determinó que el efecto mitigador del 3-NOP sobre la producción de metano se relaciona de forma exponencial con la dosis, con una disminución aproximada del 10 % con una ingesta de 3-NOP de 1 y 2 g/vaca/día, reduciéndose a una disminución de entre el 3 % y el 5 % con dosis de 2 a 4 g/día, y que prácticamente no produce ninguna disminución adicional en la producción de metano a dosis superiores a 4 g/día (Hristov et al., 2022). Este análisis indica claramente que no existe beneficio en incrementar la dosis de 3-NOP por encima de 2–3 g/vaca/día, lo que, para una IMS típica de 26 kg/día en la explotación de la Pennsylvania State University, equivale aproximadamente a 77–115 mg/kg MS.

Aparte del metaanálisis mencionado anteriormente, son escasos los estudios recientemente publicados sobre el 3-NOP. En varios resúmenes recientes se ha estudiado el 3-NOP, ya sea por sí solo o en combinación con otros posibles mitigadores del metano. Ma et al. (2023a), por ejemplo, utilizaron 3-NOP en combinación con diversos compuestos de origen vegetal (taninos, aceites esenciales) en un estudio con vacas Holstein y Brown Swiss en lactación, y no observaron que la adición de los aditivos de origen vegetal potenciara el efecto de reducción de metano del inhibidor. En otro estudio del mismo grupo (Ma et al., 2023b), tampoco se detectó un efecto aditivo al combinar 3-NOP con lípidos (en forma de semilla de algodón entera). En este último trabajo, además, se observó un efecto mitigador del 3-NOP considerablemente inferior (12–15%, según el indicador) al descrito habitualmente en experimentos con vacas lecheras en lactación (25–30%; Hristov et al., 2022; Kebreab et al., 2022).

Un estudio reciente de van Gastelen et al. (2024) abordó la escasez de ensayos a largo plazo con 3-NOP. El experimento fue realizado con vacas Holstein Friesian durante un año completo, e incluyó un periodo seco. Los autores indicaron una reducción media del rendimiento de metano (g/kg IMS) del 16, 20, 16 y 26 % con la suplementación con 3-NOP en las raciones durante el período seco y en las fases inicial, media y final de la lactancia, respectivamente (con una reducción media del 20 %). El aditivo también tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento productivo, incrementando la producción de ECM en un 6,5% respecto al control. No obstante, el potencial de mitigación del 3-NOP mostró una tendencia a disminuir con el tiempo, aunque "no de forma continua", según los autores. Esta reducción fue particularmente evidente durante el periodo más prolongado del estudio (lactación temprana; 19 semanas), donde la disminución del rendimiento de metano pasó de aproximadamente un 30% (semana experimental 23) a menos del 10% (semanas 40–43; datos extraídos visualmente de la fig. 2 de van Gastelen et al., 2024), aumentando posteriormente hasta alrededor del 13% al final del periodo. De forma interesante, no se observó correlación entre la reducción del metano y las concentraciones de FND/FAD o de almidón de la dieta durante ese periodo, aunque sí se detectó una correlación positiva significativa con la energía bruta de la dieta. Esta ausencia de relación contrasta con los resultados de los metaanálisis previos (Dijkstra et al., 2018; Kebreab et al., 2022), que identificaban la FND como un factor clave asociado negativamente con la eficacia del 3-NOP. En general, el estudio de van Gastelen et al. (2024) sugiere claramente que es necesario seguir investigando para determinar la persistencia de la eficacia del 3-NOP a lo largo de la lactancia (y en lactancias múltiples), así como en diferentes condiciones alimentarias y de manejo.

Macroalgas El interés en las algas marinas como agentes mitigadores del metano entérico se inició con los trabajos de Kinley et al. (2016), quienes demostraron un efecto mitigador significativo de la macroalga roja *Asparagopsis taxiformis* en condiciones in vitro. Estos resultados fueron posteriormente confirmados en ganado ovino (Li et al., 2018). Investigaciones posteriores en condiciones in vivo han mostrado resultados positivos, alcanzando una mitigación de hasta el 98% en algunos casos (Kinley et al., 2020). Un metaanálisis realizado por Lean et al. (2021) concluyó que la *Asparagopsis* spp. reduce el rendimiento de metano en 5,3 g/kg de IMS, aunque con una elevada heterogeneidad (I^2 = 84%). Una discusión más detallada sobre este tema fue presentada en una revisión previa (Hristov et al., 2022) y no se repetirá aquí. No obstante, investigaciones recientes en nuestro laboratorio sugieren que el efecto mitigador de *A. taxiformis* podría ser transitorio (Wasson et al., 2023a). En un estudio de diseño continuo de 13 semanas, los autores observaron una reducción media del 32% en la emisión de metano (g/día) con *A. taxiformis*; sin embargo, este efecto disminuyó con el tiempo: 49% en las semanas 1–5, 14% en las semanas 7–9 y 33% en las semanas 11–13, tras duplicar la tasa de inclusión de *A. taxiformis* en la semana 10. La conclusión del estudio fue que el efecto mitigador sobre el metano entérico de *A. taxiformis* puede ser transitorio, posiblemente debido a la adaptación del ecosistema ruminal, dado que la concentración de bromoformo en los lotes de alga utilizados fue relativamente constante (5,0 ± 0,15 mg/g MS). De manera similar a estudios previos en nuestro laboratorio (Stefenoni et al., 2021), *A. taxiformis* redujo la IMS de las vacas de 28,0 a 23,8 kg/día y, en consecuencia, la producción de leche disminuyó de 42,1 a 37,7 kg/día (Wasson et al., 2023a).

Se sabe que el compuesto activo de *A. taxiformis* es el bromoformo. En los estudios realizados en la Universidad Es-

tatal de Pensilvania, se logró, en general, una reducción del 50 % o superior en la producción de metano entérico en vacas lecheras con una ingesta de bromoformo de aproximadamente 400 mg/día o más (lo que equivale a unos 0,6 mg/kg de peso corporal para una vaca Holstein típica). Sin embargo, en un experimento de diseño cruzado con vacas en lactación, la administración de bromoformo puro a 542 mg/vaca/día (o el 0,02% de la IMS) produjo únicamente una reducción del 30% en el rendimiento de metano (Stepanchenko et al., 2023). En este estudio, el bromoformo no afectó la IMS ni la producción de leche, pero redujo numéricamente el contenido graso de la leche, lo que se tradujo en una disminución significativa de la producción de ECM. Al parecer, el bromoformo se degrada rápidamente en el rumen, pero sus derivados (dibromometano y bromometano) siguen siendo compuestos antimetanogénicos activos (Romero et al., 2022). Se requieren estudios adicionales para determinar la persistencia del efecto mitigador del metano de *A. taxiformis*, así como el efecto antimetanogénico del bromoformo y sus derivados, y el destino de estos en el rumen.

Aparte de *Asparagopsis* spp., no se ha descrito que ninguna otra alga tenga un efecto tan significativo en la mitigación del metano entérico. Wasson et al. (2023b), por ejemplo, analizaron in vitro 67 especies de macroalgas y ninguna, salvo *A. taxiformis*, produjo una reducción significativa de las emisiones de metano. No obstante, este estudio identificó una especie no productora de bromoformo (denominada "Seaweed X") que logró una reducción consistente del 96 ± 0,18% en el rendimiento de metano a una tasa de inclusión del 2% (base MS) en un sistema in vitro. En comparación con el grupo de control, las proporciones molares de acetato y propionato disminuyeron y aumentaron en 8 % y 17 %, respectivamente (datos no publicados de Wasson et al., 2023b). Por consiguiente, se utilizó Seaweed X para llevar a cabo un experimento de diseño cruzado en el que participaron 20 vacas Holstein en fases de lactancia media a tardía (Wasson et al., 2024). Se mezcló Seaweed X con la ración total mezclada (TMR) que se suministraba a las vacas en una proporción del 1,5 % (sobre la base de materia seca). En comparación con el grupo de control, Seaweed X redujo (P = 0,02) el rendimiento de las emisiones de metano entérico en un 29 % y la intensidad de las emisiones de metano en un 32 %. Estos resultados son alentadores y actualmente se están realizando nuevos estudios sobre esta macroalga. Otros estudios también han reportado efectos positivos sobre el metano entérico con macroalgas distintas de *Asparagopsis* spp., aunque en condiciones in vitro (Guinguina et al., 2023). Sin embargo, como se ha señalado en otros estudios, aún quedan muchas incógnitas por resolver antes de que las algas puedan recomendarse con seguridad como aditivos eficaces y prácticos para la mitigación del metano entérico en las industrias ganaderas (Vijn et al., 2020; Hristov et al., 2022; Wasson et al., 2022). Tal como señalaron Vijn et al. (2020), es necesario realizar un análisis de ciclo de vida (**ACV**) para evaluar la huella de carbono asociada a los distintos aspectos del cultivo, la recolección, el secado, el procesamiento y la distribución de las algas marinas. El impacto climático de esta tecnología de mitigación variará considerablemente en función del lugar y la forma en que se produzca y utilice el material derivado de las algas marinas. Sin embargo, faltan estudios al respecto. Una excepción es la evaluación ambiental *cradle-to-gate* de un posible sistema de cultivo terrestre de *A. taxiformis* realizada por Nilsson y Martin (2022). En dicho análisis, en el que los autores asumieron el uso exclusivo de energía eólica renovable y no consideraron el transporte, las emisiones derivadas del cultivo de las algas marinas se estimaron en 9,2 kg CO_2-equivalente/kg de materia seca producida. A partir de este análisis de ciclo de vida (ACV), puede estimarse el balance de GEI asociado al uso de *A. taxiformis* en vacas lecheras. Asumiendo una reducción del 60% de metano entérico con una tasa de inclusión de A taxiformis del 0,5% (sobre la base de la materia seca del pienso), según Stefenoni et al., 2021, las EGI asociadas a la producción de esta alga marina representarían aproximadamente el 20% de la reducción de metano en una vaca con 25 kg/día de IMS y una emisión de 350 g/día de metano. Este análisis optimista presenta de forma positiva las perspectivas de las algas marinas como estrategia práctica para la mitigación de las emisiones de metano, pero también hace hincapié en la necesidad de seguir investigando en este campo en diferentes escenarios de cultivo y transporte. Además, es necesario abordar las preocupaciones sobre la calidad de la leche de vacas alimentadas con macroalgas. Por lo general, las macroalgas presentan altas concentraciones de yodo, arsénico y otros metales pesados o elementos tóxicos, lo que podría descartar su aprobación para la alimentación de vacas lecheras debido a problemas de toxicidad y calidad de la leche (Stefenoni et al., 2021; Thorsteinsson et al., 2023), aunque se están desarrollando tecnologías para reducir algunos de los elementos regulados, como el yodo (Krook et al., 2023).

Sinergias y posibles compensaciones (trade-offs) de las prácticas de mitigación

Una cuestión relevante, y relativamente menos estudiada, en la reducción de la huella de carbono de la leche (HCL) es si las prácticas relacionadas con la alimentación pueden generar efectos sinérgicos en la mitigación del metano entérico. En teoría, las prácticas con diferentes modos de acción (es decir, inhibidores que actúan sobre grupos específicos de arqueas o bacterias, o que bloquean determinadas vías metabólicas, sumideros de hidrógeno o reducen la disponibilidad de sustratos de fermentación) son las que tienen mayor probabilidad de producir el efecto sinérgico deseado en la mitigación del metano. Los candidatos más probables para las categorías mencionadas han sido, respectivamente, el 3-NOP, los nitratos y los lípidos. Sin embargo, la combinación de estas prácticas ha dado lugar a resultados inconsistentes en cuanto a las emisiones de metano. Guyader et al. (2015) combinaron aceite de linaza y nitrato y observaron un efecto casi cuantitativamente aditivo de ambas prácticas de mitigación en vacas Holstein no lactantes: una reducción del 17 % (aceite de linaza), del 22 % (nitrato) y del 32 % (combinación) en la producción de

metano. En un estudio a largo plazo (16 semanas), esta combinación redujo el rendimiento de metano en un 31%, sin diferencias aparentes entre las semanas 5 y 16; sin embargo, el tratamiento tendió a disminuir la IMS y redujo la producción de leche corregida por grasa y proteína (FPCM) (Guyader et al., 2016). En otro estudio con una combinación similar de nitrato y lípidos, se observó una reducción del 25% en el rendimiento de metano en novillos (Villar et al., 2020). De forma interesante, los tratamientos aplicados individualmente no tuvieron un efecto significativo (aunque se observaron reducciones numéricas del 6–8%). En un estudio con vacas lecheras en lactación, Williams et al. (2020) evaluaron los efectos individuales y combinados de aceite de semilla de algodón y un extracto tánico de *Acacia mearnsii*, observando reducciones del 14% y 11%, respectivamente, frente a un 20% con la combinación de ambos aditivos. No obstante, en este estudio se observó una inhibición de la fermentación ruminal y la depresión del contenido graso de la leche con el suplemento lipídico, mientras que la intensidad de metano (expresada en ECM) no se vio afectada por los tratamientos. Un estudio en novillas de carne reportó un efecto sinérgico entre el 3-NOP y la aceite de colza (Zhang et al., 2021), con una reducción combinada del 51% en el rendimiento de metano frente a reducciones del 32% y 27% con los tratamientos individuales. Más recientemente, Maigaard et al. (2023) llevaron a cabo un estudio con vacas Holstein danesas en lactación a las que se les administraron dos niveles de grasa (3,0 % y 6,3 % de grasa bruta, sobre la base de la MS del pienso), nitrato y 3-NOP. Los autores de ese estudio concluyeron que entre el 6 % y el 7 % de la reducción en la producción de metano podía atribuirse a la grasa (aunque no se observó ningún efecto estadístico de la grasa sobre la producción de metano, debido a la disminución de la IMS con ese tratamiento), entre el 12 % y el 13 % al nitrato, y entre el 18 % y el 23 % del efecto de mitigación podía atribuirse al 3-NOP. Sin embargo, la combinación de las tres estrategias no produjo una reducción adicional del metano respecto al aditivo más eficaz. El consumo de materia seca se redujo con el nitrato, con la combinación de este con grasa, y con el 3-NOP, así como con la combinación de este con grasa y nitrato. Por lo tanto, este último estudio pone en duda la idea de que las prácticas de reducción de metano y los aditivos alimentarios con diferentes mecanismos de acción puedan producir un efecto sinérgico sobre las emisiones de metano al combinarse. Del mismo modo, la combinación de compuestos de origen vegetal (taninos, aceites esenciales y semillas oleaginosas) con 3-NOP no logró potenciar el efecto mitigador de este último en experimentos con vacas lecheras en lactación (Ma et al., 2023a,b). Es evidente que este ámbito se beneficiará de nuevas investigaciones basadas en experimentos bien diseñados y a largo plazo con vacas lecheras de alto rendimiento alimentadas ad libitum. Una de las dificultades que plantean los experimentos destinados a estudiar los efectos sinérgicos de dos o más aditivos alimentarios es el número de tratamientos que deben analizarse (es decir, los aditivos alimentarios por separado y sus combinaciones), lo que, en la mayoría de los casos, limita el experimento a diseños cruzados e impide estudiar los efectos a largo plazo.

Es importante contar con una comprensión más profunda y cuantitativa de la aditividad de los suplementos y de las prácticas alimentarias antimetanogénicas en el esfuerzo por reducir el HCL. Aparte de las prácticas de gestión que pueden tener un gran impacto en la reducción de las emisiones de metano procedentes del almacenamiento de estiércol y en el impacto potencial, de bajo a moderado (en el mejor de los casos), de la selección genética y de las prácticas de gestión de los animales, las intervenciones nutricionales son el ámbito con mayor potencial para reducir las emisiones de GEI procedentes de los sistemas de rumiantes. Como se ha señalado anteriormente, según algunas estimaciones, la combinación de prácticas relacionadas con la alimentación podría dar lugar a mayores reducciones en las emisiones de metano entérico, mientras que otros estudios no han observado ningún efecto aditivo de dichas prácticas. En un artículo de opinión reciente, analizamos el potencial de la nutrición del ganado lechero para reducir el HCL (Hristov, 2023). En ese análisis, llegamos a la conclusión de que, en el escenario más «optimista» (sin adaptación de la microbiota ruminal; efectos aditivos entre prácticas de mitigación), se puede lograr una reducción de las emisiones de metano entérico procedentes de los sistemas de producción lechera intensiva de hasta un 60 % (incluida una reducción de entre el 20 % y el 30 % gracias a un aditivo alimentario, otro efecto aditivo de entre el 10 % y el 20 % derivado de un segundo aditivo alimentario, además de, quizás, otro 5-10 % gracias a mejoras en la calidad del forraje y la optimización de la dieta), lo que se corresponde con una reducción del 15-26 % en el HCL. Sin embargo, en el «peor de los escenarios» (adaptación de la microbiota ruminal; sin aditividad de las prácticas de mitigación), solo cabe esperar una reducción máxima de las emisiones de metano del 15 al 20 % (incluida una reducción del 10 al 15 % gracias a un aditivo alimentario, un efecto adicional del 5 % derivado de un segundo aditivo alimentario, sin efecto adicional derivado de mejoras en la calidad del forraje ni de la optimización de la dieta), y una reducción de tan solo entre el 7 y el 9 % en el HCL.

Otro ámbito que se ha estudiado relativamente menos es el efecto de la alimentación sobre las emisiones de metano y de GEI provenientes del estiércol. Es evidente que la alimentación proteica de las vacas puede influir en las emisiones de N procedentes del estiércol (Hristov et al., 2011, 2019), tal y como han demostrado diversos grupos de investigación, entre ellos los de la Universidad Estatal de Pensilvania (Lee et al., 2012, 2014); por lo tanto, este texto se centrará exclusivamente en las emisiones de metano. Las emisiones de metano procedentes del estiércol dependen de la concentración de materia orgánica degradable (es decir, su contenido de sólidos volátiles, **SV**) (USEPA, 2022). El metano procedente del estiércol se emite principalmente durante el almacenamiento (y, en particular, durante el almacenamiento prolongado), lo que crea el entorno anaeróbico necesario para el crecimiento de las arqueas

metanogénicas. En términos generales, los cambios en la alimentación que aumentan la concentración de materia orgánica degradable en el estiércol podrían incrementar las emisiones de metano durante su almacenamiento. Además, los sólidos del estiércol son la principal fuente de metano, y la forma en que se gestiona el estiércol de las explotaciones lecheras en las granjas puede tener un gran impacto en las emisiones de metano (Arndt et al., 2018). Los sólidos volátiles presentes en el estiércol líquido de vacuno suelen representar entre el 75 % y el 85 % del total de sólidos, y alrededor del 70 % de los SV corresponden a fracciones degradables (ácidos grasos volátiles, carbohidratos, proteínas y grasas) (Petersen, 2017). Por ejemplo, un estudio realizado por Hellwing et al. (2014) analizó tres raciones alimenticias: dos basadas en ensilado de maíz y la tercera, en ensilado de gramíneas (el estudio también incluía colza como suplemento en una de las raciones de ensilado de maíz, lo que duplicó con creces el contenido lipídico de dicha ración). Como era de esperar, las raciones de ensilado de maíz redujeron (en aproximadamente un 15 %) las emisiones de metano entérico, en comparación con la ración de ensilado de gramíneas, sin embargo, la ración de ensilado de maíz (sin colza) aumentó el contenido de fibra no digestible (FND) de las heces, lo que provocó un mayor nivel de emisiones de metano procedentes del almacenamiento del estiércol y, en consecuencia, un aumento del 9 % en las emisiones totales de metano (entérico y de estiércol), en comparación con la ración de ensilado de gramíneas. En otro estudio con vacas lecheras, realizado por Uddin et al. (2020), la concentración de FND fue la que más disminuyó (un 16 %) entre todos los nutrientes del estiércol almacenado durante 50 días. En ese estudio, una dieta basada en ensilado de maíz presentó una mayor concentración de NDF en el estiércol que una dieta basada en ensilado de alfalfa; sin embargo, esta diferencia no se tradujo en mayores emisiones totales de metano, tanto en almacenamiento como en el campo, provenientes del estiércol. El estudio con animales de ese proyecto reveló una reducción de aproximadamente un 8 % en la producción de metano entérico con el ensilado de maíz (Uddin et al., 2020). Cabe señalar, sin embargo, que el aumento de las emisiones de metano procedentes del estiércol, debido a modificaciones en la dieta de los animales, no tiene por qué ser necesariamente un resultado negativo si el estiércol se trata en un biodigestor y el metano generado se captura y se utiliza para la producción de energía (convirtiéndose, en última instancia, en CO_2). Además, el tipo de suelo puede influir en las emisiones totales de GEI procedentes del estiércol animal derivado de diferentes regímenes alimenticios, como muestra el estudio de Weber et al. (2022), que destaca la complejidad de predecir las emisiones de GEI de las explotaciones ganaderas y la necesidad de generar datos experimentales en lugar de basarse en modelos basados en datos poco fiables.

Conclusiones

La manipulación de la dieta, incluyendo el aumento de la proporción de concentrados y la mejora de la calidad y digestibilidad de los forrajes, constituye una estrategia viable para reducir el rendimiento y la intensidad de las emisiones de metano entérico. No obstante, el efecto mitigador de estas prácticas probablemente no supere el 10–15%. Es probable que las reducciones adicionales de las emisiones de metano mediante medidas nutricionales provengan de los aditivos para piensos. Sin embargo, la oferta de aditivos con eficacia probada es limitada. Las macroalgas basadas en bromoformo han demostrado ser eficaces en la reducción del metano, pero su aplicabilidad práctica y la consistencia de su efecto son cuestionables o requieren una mayor investigación. En este contexto, el inhibidor de metano 3-NOP se perfila actualmente como la única opción disponible capaz de lograr reducciones sustanciales de las emisiones de metano entérico en explotaciones lecheras. Su eficacia ha quedado demostrada en numerosos experimentos controlados e independientes, pero es necesario abordar cuestiones relacionadas con la consistencia del efecto, la posible adaptación del ecosistema ruminal y algunas preocupaciones recientes en materia de salud animal. Además, no está claro si la combinación de varias prácticas nutricionales destinadas a reducir el metano entérico puede generar efectos sinérgicos, por lo que es necesario seguir investigando en este ámbito. También es necesario seguir investigando para determinar los efectos de la alimentación de los animales sobre la composición del estiércol y los EGI derivados de su almacenamiento y su aplicación en los campos. En conjunto, si las prácticas de mitigación actualmente disponibles demuestran ofrecer resultados consistentes y se desarrollan estrategias novedosas, eficaces y seguras, la nutrición por sí sola podría permitir reducciones de hasta el 60% en las emisiones de metano entérico procedentes de sistemas de producción lechera intensiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Arndt, C., A. B. Leytem, D. Zavala-Araiza, A. N. Hristov, J.P. Cativiela, R. A. Alvarez, S. Conley, C. Daube, I. Faloona, and S. C. Herndon. 2018. Short-term methane emissions from 2 dairy farms in California estimated by different measurement techniques and US Environmental Protection Agency inventory methodology: A case study. J. Dairy Sci. 101:11461–11479. https://doi:10.3168/jds.2017-13881
- Arndt, C., A. N. Hristov, W. J. Price, S. C. McClelland, A. M. Pelaez, S. F. Cueva, J. Oh, A. Bannink, A. R. Bayat, L. A. Crompton, J. Dijkstra, M. A. Eugène, D. Enahoro, E. Kebreab, M. Kreuzer, M. McGee, C. Martin, C. J. Newbold, C. K. Reynolds, A. Schwarm, K. J. Shingfield, J. B. Veneman, D. R. Yáñez-Ruiz, and Z. Yu. 2022. Full Adoption of Strategies to Mitigate Enteric Methane Emissions by Ruminants and How They Can Help to Meet the 1.5°C Climate Target by 2030 but Not 2050. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. 119 (20) e2111294119; https://doi.org/10.1073/pnas.2111294119

- Benchaar, C., F. Hassanat, R. Martineau, and R. Gervais. 2015. Linseed oil supplementation to dairy cows fed diets based on red clover silage or corn silage: Effects on methane production, rumen fermentation, nutrient digestibility, N balance, and milk production. J. Dairy Sci. 98:7993–8008. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9398
- Congio, G. F. S., A. Bannink, O. L. Mayorga, J. P. P. Rodrigues, A. Bougouin, E. Kebreab, R. R. Silva, R. M. Maurício, S. C. da Silva, P. P. A. Oliveira, C. Muñoz, L. G. R. Pereira, C. Gómez, C. Ariza-Nieto, H. M. N. Ribeiro-Filho, O. A. Castelán-Ortega, J. R. Rosero-Noguera, M. Paz, P. H. M. Rodrigues, M. I. Marcondes, L. Astigarraga, S. Abarca, and A. N. Hristov. 2022. Prediction of enteric methane production and yield in dairy cattle using a Latin America and Caribbean database. Science of the Total Environment 825:153982. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153982
- Cueva, S. F., H. Stefenoni, A. Melgar, S. E. Räisänen, C. F. A. Lage, D. Wasson, M. E. Fetter, and A. N. Hristov. 2021. Lactational performance, rumen fermentation and enteric methane emission of dairy cows fed amylase-enabled corn silage. J. Dairy Sci. 104:9827-9841. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20251
- Cueva, S. F., L. F. Martins, C. V. Almeida, S. Issabekova, C. J. Eifert, D. E. Wasson, A. Richards, N. Stepanchenko, and A. N. Hristov. 2024. Effects of dietary starch content on methane production and lactational performance in dairy cows. J. Dairy Sci. 107 (Suppl. 1):147.
- DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). 2010. Ruminant nutrition regimes to reduce methane and nitrogen emissions. Project AC0209 Report. DEFRA, Procurements and Contracts Division (Science R&D Team). https://randd.defra.gov.uk/ProjectDetails?ProjectId=14952 (Accessed 14 November 2023).
- Dewhurst, R. J. 2012. Milk production from silage: comparison of grass, legume and maize silages and their mixtures. Pages 134-135 in Proc. of the XVI Int. Silage Conf. Hameenlinna, Finland. K. Kuoppala, M. Rinne, and A. Vanhatalo (eds.), MTT Agrifood Research Finland, University of Helsinki.
- Dijkstra, J., A. Bannink, J. France, E. Kebreab, and S. van Gastelen. 2018. Short communication: Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type. J. Dairy Sci. 101:9041–9047. https://doi.org/10.3168/jds.2018-14456
- Doreau, M., Y. Rochette, and C. Martin. 2012. Effect of type of forage (maize silage vs. grass silage) and protein source (soybean meal vs. dehydrated lucerne) in dairy cow diet on methane emission and on nitrogen losses. In: Proc. Symp. Emissions of Gas and Dust by Livestock, Saint-Malo, France. p. 4.
- Firkins, J. L., and K. E. Mitchell. 2023. Invited review: Rumen modifiers in today's dairy rations. J. Dairy Sci. 106:3053-3071. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22644
- Gidlund, H., M. Hetta, and P. Huhtanen. 2017. Milk production and methane emissions from dairy cows fed a low or high proportion of red clover silage and an incremental level of rapeseed expeller. Livest. Sci. 197:73–81.
- Gislon, G., S. Colombini, G. Borreani, G. M. Crovetto, A. Sandrucci, G. Galassi, E. Tabacco, and L. Rapetti. 2020. Milk production, methane emissions, nitrogen, and energy balance of cows fed diets based on different forage systems. J. Dairy Sci. 103:8048–8061. https://doi.org/10.3168/jds.2019-18134
- Guinguina, A., M. Hayes, F. Gröndahl, and S. J. Krizsan. 2023. Potential of the red macroalga Bonnemaisonia hamifera in reducing methane emissions from ruminants. Animals 13:2925. https://doi.org/10.3390/ani13182925
- Guyader, J., M. Doreau, D. P. Morgavi, C. Gerard, C. Loncke, and C. Martin. 2016. Long-term effect of linseed plus nitrate fed to dairy cows on enteric methane emission and nitrate and nitrite residuals in milk. Animal 10:1173–1181. https://doi:10.1017/S1751731115002852
- Guyader, J., M. Eugène, B. Meunier, M. Doreau, D. P. Morgavi, M. Silberberg, Y. Rochette, C. Gerard, C. Loncke, and C. Martin. 2015. Additive methane-mitigating effect between linseed oil and nitrate fed to cattle. J. Anim. Sci. 93:3564–3577. https://doi:10.2527/jas2014-8196
- Hammond, K. J., A. K. Jones, D. J. Humphries, L. A. Crompton, and C. K. Reynolds. 2016. Effects of diet forage source and neutral detergent fiber content on milk production of dairy cattle and methane emissions determined using GreenFeed and respiration chamber techniques. J. Dairy Sci. 99:7904–7917. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10759
- Hart, K. J., J. A. Huntington, R. G. Wilkinson, C. G. Bartram, and L. A. Sinclair. 2015. The influence of grass silage-to-maize silage ratio and concentrate composition on methane emissions, performance and milk composition of dairy cows. Animal 9:983–991 . https://doi:10.1017/S1751731115000208
- Hassanat, F., R. Gervais, C. Julien, D. I. Massé, A. Lettat, P. Y. Chouinard, H. V. Petit, and C. Benchaar. 2013. Replacing alfalfa silage with corn silage in dairy cow diets: Effects on enteric methane production, ruminal fer-

mentation, digestion, N balance, and milk production. J. Dairy Sci. 96 :4553–4567. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6480

- Hassanat, H., R Gervais, and C Benchaar. 2017. Methane production, ruminal fermentation characteristics, nutrient digestibility, nitrogen excretion, and milk production of dairy cows fed conventional or brown midrib corn silage. J. Dairy Sci. 100:2625-2636. https://doi:10.3168/jds.2016-11862
- Hegarty, R. S., R. A. Cortez Passetti, K. M. Dittmer, Y. Wang, S. Shelton, J. Emmet-Booth, E. Wollenberg, T. McAllister, S. Leahy, K. Beauchemin, and N. Gurwick. 2021. An evaluation of emerging feed additives to reduce methane emissions from livestock. Edition 1. A report coordinated by Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) and the New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC) initiative of the Global Research Alliance (GRA).
- Hellwing, A. L. F., M. R. Weisbjerg, and H. B. Møller. 2014. Enteric and manure-derived methane emissions and biogas yield of slurry from dairy cows fed grass silage or maize silage with and without supplementation of rapeseed. Livest. Sci. 165:189–199. http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.04.011
- Hristov, A. N. 2023. Perspective: Could dairy cow nutrition meaningfully reduce the carbon footprint of milk production? J. Dairy Sci. 106:7336–7340. https://doi.org/10.3168/jds.2023-23461
- Hristov, A. N., A. Bannink, L. A. Crompton, P. Huhtanen, M. Kreuzer, M. McGee, P. Nozière, C. K. Reynolds, A. R. Bayat, D. R. Yáñez-Ruiz, J. Dijkstra, E. Kebreab, A. Schwarm, K. J. Shingfield, and Z. Yu. 2019. Nitrogen in ruminant nutrition: a review of measurement techniques. J. Dairy Sci. 102:5811–5852. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15829
- Hristov, A. N., A. Melgar, D. Wasson, and C. Arndt. 2022. Symposium invited review: Effective nutritional strategies to mitigate enteric methane in dairy cattle. J. Dairy Sci. 105:8543–8557. https://doi.org/10.3168/jds.2021-21398
- Hristov, A. N., J. Oh, J. Firkins, J. Dijkstra, E. Kebreab, G. Waghorn, H. P. S. Makkar, A. T. Adesogan, W. Yang, C. Lee, P. J. Gerber, B. Henderson, and J. M. Tricarico. 2013. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. J. Anim. Sci. 91:5045–5069. https://doi.org/10.2527/jas.2013-6583
- Hristov, A. N., M. Hanigan, A. Cole, R. Todd, T. A. McAllister, P. M. Ndegwa, and A. Rotz. 2011. Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots: A review. Can. J. Anim. Sci. 91:1-35.
- Jentsch, W., M. Schweigel, F. Weissbach, H. Scholze, W. Pitroff, and M. Derno. 2007. Methane production in cattle calculated by the nutrient composition of the diet. Arch. Anim. Nutr. 61:10-19 https://doi.10.1080/17450390601106580
- Johnson, K. A., and D. E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. J. Anim. Sci. 73:2483–2492.
- Kebreab, E., A. Bannink, E. M. Pressman, N. Walker, A. Karagiannis, S. van Gastelen, and J. Dijkstra. 2022. A meta-analysis of effects of 3-nitrooxypropanol on methane production, yield, and intensity in dairy cattle. J. Dairy Sci. 106. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22211
- Kinley, R. D., G. Martinez-Fernandez, M. K. Matthews, R. de Nys, M. Magnusson, and N. W. Tomkins. 2020. Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. J. Cleaner Prod. 259:120836. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120836
- Kinley, R. D., R. de Nys, M. J. Vucko, L. Machado, and N. W. Tomkins. 2016. The red macroalgae Asparagopsis taxiformis is a potent natural antimethanogenic that reduces methane production during in vitro fermentation with rumen fluid. Anim. Prod. Sci. 56:282–289. http://dx.doi.org/10.1071/AN15576
- Krook, J. L., A. Duinker, W. E. Larssen, I. M. Birkeland, S. Skeie, S. J. Horn, and P. Stévant. 2023. Approaches for reducing the iodine content of the brown seaweed Saccharina latissimi - effects on sensory properties. J. Appl. Phycol. https://doi.org/10.1007/s10811-023-02974-5
- Lean, I. J., H. M. Golder, T. M. D. Grant, and P. J. Moate. 2021. A meta-analysis of effects of dietary seaweed on beef and dairy cattle performance and methane yield. PLoS ONE 16:e0249053. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249053
- Lee, C., A. N. Hristov, C. J. Dell, G. W. Feyereisen, J. Kaye, and D. Beegle. 2012. Effect of dietary protein concentration on ammonia and greenhouse gas emissions from dairy manure. J. Dairy Sci. 95:1930–1941.
- Lee, C., G. W. Feyereisen, A. N. Hristov, C. J. Dell, J. Kaye, and D. Beegle. 2014. Effects of dietary protein concentration on ammonia volatilization, nitrate leaching, and plant nitrogen uptake from dairy manure applied to

lysimeters. J. Environ. Qual. 43:398–408.

- Li, X., H. C. Norman, R. D. Kinley, M. Laurence, M. Wilmot, H. Bender, R. De Nys, and N. Tomkins. 2018. Asparagopsis taxiformis decreases enteric methane production from sheep. Anim. Prod. Sci. 58:681–688. https://doi.org/10.1071/AN15883
- Ma, X., S. E. Räisänen, K. Giller, M. Z. Islam, Y. Li, R. Peng, M. Reichenbach, X. Sun, I. Müller, and M. Niu. 2023a. Effects of combining plant-based compounds with 3-nitrooxypropanol (3-NOP, Bovaer 10) on methane emissions and lactational performance of dairy cows. J. Dairy Sci. Vol. 106:(Suppl. 1):355.
- Ma, X., S. E. Räisänen, T. He, M. Z. Islam, Y. Li, R. Peng, M. Reichenbach, X. Sun, K. Wang, S. Yang, Z. Zeng, I. Müller, and M. Niu. 2023b. Combined effects of 3-nitrooxypropanol (3-NOP, Bovaer 10) and whole cottonseed on production and enteric methane emissions of dairy cows. J. Dairy Sci. Vol. 106:(Suppl. 1):355.
- Maigaard, M., M. R. Weisbjerg, M. Johansen, N. Walker, C. Ohlsson, and P. Lund. 2023. Effects of dietary fat, nitrate, and 3-NOP and their combinations on methane emission, feed intake and milk production in dairy cows. J. Dairy Sci. (in press-uncorrected proof). https://doi.org/10.3168/jds.2023-23420
- Martins, L. F., S. F. Cueva, C. F. A. Lage, M. Ramin, T. Silvestre, J. Tricarico, and A. N. Hristov. 2023. A meta-analysis of enteric methane mitigation effect of strategies evaluated in vitro. J. Dairy Sci. 107. https://doi.org/10.3168/jds.2023-23419
- Melgar, A., K. C. Welter, K. Nedelkov, C. M. M. R. Martins, M. T. Harper, J. Oh, S. E. Räisänen, X. Chen, S. F. Cueva, S. Duval, and A. N. Hristov. 2020. Dose-response effect of 3-nitrooxypropanol on enteric methane emission in dairy cows. J. Dairy Sci. 103:6145–6156. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17840
- Nilsson, J., and M. Martin. 2022. Exploratory environmental assessment of large-scale cultivation of seaweed used to reduce enteric methane emissions. Sust. Prod. Cons. 30:413–423. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.006
- Niu, M., E. Kebreab, A. N. Hristov, J. Oh, C. Arndt, A. Bannink, A. R. Bayat, A. F. Brito, T. Boland, D. Casper, L. A. Crompton, J. Dijkstra, M. A. Eugène, P. C. Garnsworthy, M. N. Haque, A. L. F. Hellwing, P. Huhtanen, M. Kreuzer, B. Kuhla, P. Lund, J. Madsen, C. Martin, S. C. McClelland, M. McGee, P. J. Moate, S. Muetzel, C. Muñoz, P. O'Kiely, N. Peiren, C. K. Reynolds, A. Schwarm, K. J. Shingfield, T. M. Storlien, M. R. Weisbjerg, D. R. Yáñez-Ruiz, and Z. Yu. 2018. Prediction of enteric methane production, yield and intensity in dairy cattle using an intercontinental database. Global Change Biology 24:3368-3389. https://doi:10.1111/gcb.14094
- Ocko, I. B., T. Sun, D. Shindell, M. Oppenheimer, A. N. Hristov, S. W. Pacala, D. L. Mauzerall, Y. Xu, and S. P. Hamburg. 2021. Acting rapidly to deploy readily available methane mitigation measures by sector can immediately slow global warming. Environ. Res. Lett. 16:054042. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abf9c8
- Parnian-Khajehdizaj, F., S. J. Noel, M. Johansen, M. R. Weisbjerg, A. L. F. Hellwing, O. Højberg, M. B. Hall, and P. Lund. 2023. Methane emission, nutrient digestibility, and rumen microbiota in Holstein heifers fed 14 different grass or clover silages as the sole feed. J. Dairy Sci. 106: 4072-4091. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22638
- Petersen, S. O. 2017. Symposium review: Greenhouse gas emissions from liquid dairy manure: Prediction and mitigation. J. Dairy Sci. 101:6642–6654. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13301
- Romero, R., A. Belanche, R. Hueso, E. Ramos-Morales, J. K. Salwen, E. Kebreab, and D. R. Yañez-Ruiz. 2022. In Vitro rumen microbial degradation of bromoform and the impact on rumen fermentation. 8th International Greenhouse Gas and Animal Agriculture Conference, Orlando, FL, June 5-9, 2022.
- Sauvant, D., and S. Giger-Reverdin. 2009. Modélisation des interactions digestives et de la production de méthane chez les ruminants. (In French.) INRA Prod. Anim. 22:375–384.
- Silvestre, T., M. Fetter, S. E. Räisänen, C. F. A. Lage, H. Stefenoni, A. Melgar, S. F. Cueva, D. E. Wasson, L. F. Martins, T. P. Karnezos, and A. N. Hristov. 2022. Performance of dairy cows fed normal- or reduced-starch diet supplemented with an exogenous enzyme preparation. J. Dairy Sci. 105:2288–2300. https://doi.org/10.3168/jds.2021-21264
- Stefenoni, H. A., S. E. Räisänen, S. F. Welchez, D. E. Wasson, C. F. A. Lage, A. Melgar, M. E. Fetter, P. Smith, M. Hennessy, B. Vecchiarelli, J. Bender, D. Pitta, C. L. Cantrell, C. Yarish, and A. N. Hristov. 2021. Effects of the macroalga Asparagopsis taxiformis and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 104:4157-4173. https://doi.org/10.3168/jds.2020-19686
- Stepanchenko, N., D. E. Wasson, S. Welchez, L. F., Martins, D. W. Pitta, and A. N. Hristov. 2023. Lactational performance and enteric methane emissions of phenotypically high and low methane emitting dairy cows fed bromoform. J. Dairy Sci. 106 (Suppl. 1):176.

- Sun, X., L. Cheng, A. Jonker, S. Minidasa, and D. Pacheco. 2022. A Review: Plant carbohydrate types - The potential impact on ruminant methane emissions. Front. Vet. Sci. 9:880115. https://doi:10.3389/fvets.2022.880115
- Tee, T. P., Y. M. Goh, M. H. M. Zainudin, S. C. L. Candyrine, K. Sommart, K. Kongphitee, W. Sumamal, I. Phaowphaisal, R. Namsilee, W. Angthong, S. Sunato, O. Keaokliang, K. Maeda, N. V. Thu, T. T. Trung, N. T. K. Dong, A. Purnomoadi, M. Kurihara, A. Jayanegara, K. Higuchi, Y. Kobayashi, F. Ohtani, H. Abe, F. Terada, H. Kumagai, H. Matsuyama, I. Nonaka, N. Takusari, N. Shiba, K. Hosoda, T. Suzuki, Y. Kamiya, T. Nishida, K. Hayasaka, M. Shibata, M. Wang, Z. L. Tan, R. Wang, E. Kebreab, H. J. van Lingen, A. N. Hristov, and J. B. Liang. 2022. Enteric methane emission models for diverse beef cattle feeding systems in South-east Asia: A meta-analysis. Anim. Feed Sci. Technol. 294:115474. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115474
- Thorsteinsson, M., M. R. Weisbjerg, P. Lund, A. Bruhn, A. L. F. Hellwing, and M. O. Nielsen. 2023. Effects of dietary inclusion of 3 Nordic brown macroalgae on enteric methane emission and productivity of dairy cows. J. Dairy Sci. (in press-uncorrected proof). https://doi.org/10.3168/jds.2023-23437
- Uddin, M. E., R. A. Larson, and M. A. Wattiaux. 2020. Effects of dairy cow breed and dietary forage on greenhouse gas emissions from manure during storage and after field application. J. Clean. Prod. 270:122461. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122461
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2022. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990–2020. US EPA.
- van Gastelen, S., E. E. A. Burgers, J. Dijkstra, R. de Mol, W. Muizelaar, N. Walker, and A. Bannink. 2024. Long-term effects of 3-nitrooxypropanol on methane emission and milk production characteristics in Holstein Friesian dairy cows. J. Dairy Sci. (in press). https://doi.org/10.3168/jds.2023-24198
- van Gastelen, S., J. Dijkstra, J. M. L. Heck, M. Kindermann, A. Klop, R. de Mol, D. Rijnders, N. Walker, and A. Bannink. 2022. Methane mitigation potential of 3-nitrooxypropanol in lactating cows is influenced by basal diet composition. J. Dairy Sci. 105:4064-4082. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20782
- van Gastelen, S., J. Dijkstra, J. M. L. Heck, M. Kindermann, A. Klop, R. de Mol, D. Rijnders, N. Walker, and A. Bannink. 2022. Methane mitigation potential of 3-nitrooxypropanol in lactating cows is influenced by basal diet composition. J. Dairy Sci. 105:4064-4082. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20782
- Vijn, S., D. P. Compart, N. Dutta, A. Foukis, M. Hess, A. N. Hristov, K. Kalscheur, E. Kebreab, S. V. Nuzhdin, N. N. Price, Y. Sun, J. M. Tricarico, A. Turzillo, M. R. Weisbjerg, C. Yarish, and T. Kurt. 2020. Key considerations for the use of seaweed to reduce enteric methane emissions from cattle. Front. Vet. Sci. 7:597430. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.597430
- Villar, M. L., R. S. Hegarty, J. V. Nolan, I. R. Godwin, and M. McPhee. 2020. The effect of dietary nitrate and canola oil alone or in combination on fermentation, digesta kinetics and methane emissions from cattle. Anim. Feed Sci. Technol. 259:114294. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114294
- Wasson D. E., S. F. Cueva, L. F. Martins, N. Stepanchenko, K. Welter, and A. N. Hristov. 2023a. Effects of long-term supplementation with Asparagopsis taxiformis on enteric methane emission and lactational performance of dairy cattle. J. Dairy Sci. 106 (Suppl. 1):135.
- Wasson, D. E., C. V. Almeida, S. F. Cueva, L. F. Martins, A. Richards, N. Stepanchencko, and A. N. Hristov. 2024. Effects of a red macroalga supplementation on enteric methane emission and lactational performance of dairy cattle. J. Dairy Sci. 107 (Suppl. 1):83.
- Wasson, D., C. Yarish, and A. N. Hristov. 2022. Enteric methane mitigation through Asparagopsis taxiformis supplementation and potential algal alternatives. Front. Anim. Sci. 3:999338. http://doi:10.3389/fanim.2022.999338
- Weber, T. L., X. Hao, C. D. Gross, K. A. Beauchemin, and S. X. Chang. 2022. The effect of manure from cattle fed barley- vs. corn-based diets on greenhouse gas emissions depends on soil type. Soil Syst. 6:47. https://doi.org/10.3390/soilsystems6020047
- Williams, S. R. O., M. C. Hannah, R. J. Eckard, W. J. Wales, and P. J. Moate. 2020. Supplementing the diet of dairy cows with fat or tannin reduces methane yield, and additively when fed in combination. Animal 14(S3):s464-s472.
- Zhang, X. M., M. L. Smith, R. J. Gruninger, L. Kung Jr., D. Vyas, S. M. McGinn, M. Kindermann, M. Wang, Z. L. Tan, and K. A. Beauchemin. 2021. Combined effects of 3-nitrooxypropanol and canola oil supplementation on methane emissions, rumen fermentation and biohydrogenation, and total tract digestibility in beef cattle. J. Anim. Sci. 99:skab081. https://doi.org/10.1093/jas/skab081

STREPTOCOCCUS UBERIS COMO PATÓGENO DE LA MASTITIS: ¿AMBIENTAL O CONTAGIOSO, TRANSITORIO O PERSISTENTE?

Dra. Sofie Piepers

CEO MEX Team UGent

El *Streptococcus uberis* es uno de los patógenos causantes de mastitis más prevalentes a nivel mundial y sigue representando un importante desafío para las explotaciones lecheras. Tradicionalmente se ha clasificado como un patógeno ambiental con capacidad limitada para persistir en la glándula mamaria. Sin embargo, las observaciones de campo y los avances en la investigación molecular sugieren una situación más compleja. Esto plantea varias preguntas relevantes: ¿Es el *Strep. uberis* estrictamente un patógeno ambiental? ¿Dónde persiste? ¿Puede causar infecciones intramamarias persistentes? ¿Y puede comportarse realmente como un patógeno contagioso?

Desde el punto de vista clínico, el *Strep. uberis* es claramente un patógeno importante. Se aísla con frecuencia tanto en la mastitis clínica como en la subclínica y contribuye significativamente a los recuentos elevados de células somáticas. La respuesta inflamatoria suele caracterizarse por un inicio más lento que en el caso de algunos patógenos Gram negativos, seguido de un marcado incremento en el número de células somáticas. Aunque muchas de las infecciones se resuelven, una parte de los casos progresa hacia infecciones intramamarias crónicas o recurrentes.

Desde una perspectiva ecológica, los patógenos de la mastitis se clasifican en adaptados al hospedador o ambientales, según dónde persisten principalmente. Los patógenos adaptados al hospedador persisten principalmente en la ubre y las vacas infectadas actúan como el reservorio principal. Por el contrario, los patógenos ambientales persisten predominantemente fuera del animal, en materiales de cama, estiércol, pastos u otros nichos ambientales. Históricamente, el *Streptococcus uberis* se ha considerado un patógeno ambiental clásico, con el entorno como su principal reservorio.

Desde el punto de vista epidemiológico, sin embargo, los patógenos se describen como contagiosos u oportunistas, lo que se refiere a cómo se originan las nuevas infecciones. Los patógenos contagiosos se transmiten principalmente de vaca a vaca, generalmente durante el ordeño, mientras que los patógenos oportunistas infectan a las vacas a partir de fuentes ambientales. En el caso del *Strep. uberis*, la gran mayoría de los datos indican que las nuevas infecciones se producen por transmisión desde el medio ambiente a las vacas, lo que respalda su clasificación como predominantemente oportunista. Solo existe evidencia científica muy limitada que sugiere que determinadas cepas de *Strep. uberis* podrían, ocasionalmente, comportarse de forma contagiosa, con posible transmisión de vaca a vaca. No obstante, estas observaciones parecen poco frecuentes y no son suficientes para reclasificar a *Strep. uberis* como un patógeno verdaderamente contagioso. Por lo tanto, aunque en algunas explotaciones puedan observarse situaciones que sugieran transmisión durante el ordeño, la vía principal de infección sigue siendo ambiental.

El cambio más interesante en nuestra comprensión de este patógeno se refiere a su capacidad de persistencia en la glándula mamaria. Históricamente, las infecciones por *Strep. uberis* se consideraban principalmente transitorias, especialmente en comparación con patógenos clásicos adaptados al hospedador como *Staphylococcus aureus* o *Streptococcus agalactiae*. Sin embargo, la evidencia acumulada indica que algunas cepas de *Strep. uberis* poseen características de virulencia que aumentan su capacidad de supervivencia y persistencia intramamaria.

Entre estos mecanismos de virulencia se incluyen la formación de cápsulas, que reduce la fagocitosis, así como la capacidad de internalizarse en las células epiteliales mamarias, lo que podría proteger a las bacterias frente a las defensas inmunitarias y los tratamientos antimicrobianos. Estudios experimentales y moleculares también demuestran diferencias entre cepas en la activación de la respuesta inmunitaria del hospedador. Las cepas transitorias parecen inducir respuestas inmunitarias innatas tempranas más intensas, incluyendo una mayor señalización de receptores tipo Toll (TLR-1, TLR-2 y TLR-6), una mayor producción de factor de necrosis tumoral alfa (TNF-α) y la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS). Por el contrario, las cepas capaces de modular o evadir estas respuestas tienen una mayor probabilidad de establecer infecciones persistentes. Es importante señalar que la persistencia de la infección no implica necesariamente una transmisión contagiosa. La mayoría de las infecciones persistentes por *Strep. uberis* se originan a partir de la exposición ambiental, tras lo cual la cepa consigue establecer una supervivencia prolongada en la ubre. Así, desde el punto de vista ecológico (es decir, donde persiste el patógeno de forma general), el *Strep. uberis* sigue siendo predominantemente ambiental, mientras que su persistencia en vacas individuales refleja una virulencia específica de la cepa combinada con la inmunidad del hospedador y la presión de infección.

Los resultados del tratamiento también reflejan esta diversidad biológica. Las tasas de curación de la mastitis clínica se ven afectadas por factores como el número de lactación, el historial previo de recuentos de células somáticas y el protocolo terapéutico utilizado. Las vacas en primera y segunda lactación, así como aquellas sin antecedentes de recuentos elevados de células somáticas previos al episodio clínico, suelen tener mayores probabilidades de curación. Sin embargo, las tasas de curación de las infecciones subclínicas crónicas por *Strep. uberis* son moderadas, lo que subraya la importancia de la prevención y de la intervención temprana.

El *Streptococcus uberis* no está evolucionando hacia un patógeno contagioso clásico. Más bien, cada vez se reconoce

más que su capacidad para persistir en la glándula mamaria tras una transmisión predominantemente ambiental depende de la cepa. Por tanto, la evolución de la mastitis causada por *Strep. uberis* está determinada por la interacción dinámica entre la virulencia de la cepa, la competencia inmunitaria del hospedador y la presión de infección. El control eficaz sigue basándose en la higiene ambiental, en una gestión óptima del ordeño, en el diagnóstico precoz y en estrategias terapéuticas basadas en la evidencia científica.

Resumen breve: El Streptococcus uberis es una de las principales causas de mastitis a nivel mundial y continúa representando un desafío importante para las explotaciones lecheras. Tradicionalmente se ha clasificado como un patógeno ambiental oportunista, ya que la mayoría de las nuevas infecciones se originan por la transmisión desde el medio ambiente a la vaca. Sin embargo, investigaciones recientes han revelado una mayor complejidad en su comportamiento biológico. Aunque la evidencia de transmisión contagiosa real entre vacas sigue siendo muy limitada, algunas cepas muestran una mayor capacidad de persistencia en la glándula mamaria. Esta presentación revisa la ecología y la epidemiología del Strep. uberis, diferenciando claramente entre dónde persiste el patógeno (ambiental o adaptado al hospedador) y cómo se producen las nuevas infecciones (oportunistas o contagiosas). Se prestará especial atención a las características de la virulencia basadas en la cepa, a la interacción con la respuesta inmunitaria y a su impacto en la persistencia de la infección y en los resultados del tratamiento.

Comprender si las infecciones son transitorias o persistentes es esencial para diseñar estrategias de control eficaces. La sesión ofrecerá una perspectiva basada en la evidencia sobre la prevención, el diagnóstico y el tratamiento, destacando que el Strep. uberis sigue siendo predominantemente un patógeno ambiental, aunque cada vez se reconoce más su capacidad para causar infecciones intramamarias persistentes.

NO MEZCLAR PRODUCTOS QUÍMICOS EN UNA EXPLOTACIÓN LECHERA

Dra. Sofie Piepers

CEO MEX Team UGent

La integridad de la piel del pezón y del tejido del extremo del mismo constituye un componente crítico en la prevención de la mastitis. Una piel de pezón sana actúa de barrera física primaria frente a la invasión bacteriana. Cuando esta barrera se ve comprometida, ya sea por sequedad, lesiones, hiperqueratosis o irritación química, aumenta el riesgo de infección intramamaria. Las investigaciones han demostrado que las alteraciones en la integridad de la piel del pezón pueden favorecer la colonización por patógenos como *Staphylococcus aureus* y se asocian con un mayor riesgo de mastitis clínica.

El riesgo de sufrir mastitis clínica está influido por múltiples factores. Las vacas jóvenes suelen presentar menos casos de mastitis clínica, mientras que las vacas en inicio y a mitad de lactación presentan un mayor riesgo. La sequedad de la piel y la presencia visible de lesiones en los pezones se asocian de manera consistente con un incremento de la incidencia de la mastitis. En explotaciones correctamente gestionadas, menos del 10 % de las vacas deberían presentar puntuaciones severas en la evaluación del estado del extremo del pezón (puntuación de 3 o 4). Cuando se observan proporciones superiores, es necesario realizar una investigación más detallada de los factores de manejo.

El estado de la piel del pezón no depende únicamente del proceso de ordeño. La exposición ambiental, los materiales de cama, los desinfectantes y las interacciones químicas también influyen en la salud del pezón. La desinfección de los pezones tras el ordeño sigue siendo un pilar fundamental en el control de la mastitis. Para ello se utilizan diversas sustancias activas, cada una con propiedades químicas y niveles de pH específicos. Sin embargo, la propia piel del pezón también presenta un pH característico. La interacción entre el pH del desinfectante y la fisiología cutánea puede influir en la integridad de la piel, su hidratación y la colonización microbiana.

El material de cama añade complejidad a esta interacción. En las explotaciones lecheras se emplea una amplia variedad de materiales de cama, entre ellos arena, serrín, paja, estiércol seco y mezclas de paja con cal. Cada uno de estos materiales presenta diferencias en cuanto a la dinámica de humedad, la capacidad tampón y el pH. Asimismo, los aditivos para material de cama, como los polvos higienizantes, pueden ser ácidos o alcalinos. Es importante señalar que el pH indicado en la ficha de datos de seguridad de un producto no siempre refleja el pH efectivo cuando se utiliza en condiciones reales de explotación. Por ello, medir el pH directamente *in situ* es fundamental: “medir es conocer”.

Comprender los procesos de absorción y adsorción resulta esencial al evaluar los materiales de cama. La absorción se refiere a la incorporación de una sustancia en el interior de otro material, mientras que la adsorción describe la fijación de una sustancia en la superficie de un material. En los materiales de cama, la capacidad de adsorción puede influir en la interacción entre los desinfectantes, la humedad y los microorganismos en la interfaz entre el pezón y la cama. Estas propiedades físicas y químicas determinan si el material de cama estabiliza o altera las propiedades químicas de los desinfectantes para pezones.

Un aspecto crítico, y con frecuencia pasado por alto, es lo que ocurre cuando los desinfectantes aplicados a los pezones tras el ordeño entran en contacto con el material de cama. Los pezones tratados con desinfectante entran en contacto inmediatamente con la cama cuando las vacas se tumban. Si el material de cama contiene aditivos alcalinos, como la cal, o si el material orgánico reacciona con productos a base de yodo, pueden producirse reacciones químicas. Los casos prácticos muestran que mezclar yodo con sustancias ácidas o alcalinas, o con materiales orgánicos como el serrín, puede modificar visiblemente sus propiedades químicas.

Estas reacciones pueden alterar el pH y, potencialmente, afectar la eficacia del desinfectante, su compatibilidad con la piel y la integridad de los tejidos. Por ejemplo, los materiales de cama alcalinos pueden neutralizar los desinfectantes ácidos. Por el contrario, las condiciones ácidas pueden alterar la estabilidad del yodo. Asimismo, los materiales orgánicos pueden fijar o desactivar determinados compuestos activos. Estas interacciones pueden reducir la eficacia antimicrobiana o contribuir a la irritación y a la sequedad de la piel.

El consejo habitual de “no mezclar productos químicos” suele interpretarse como la necesidad de evitar mezclas directas en recipientes. Sin embargo, en las explotaciones lecheras los productos químicos se mezclan indirectamente todos los días mediante el contacto entre los desinfectantes para pezones, los materiales de cama, los polvos higienizantes, los residuos de estiércol y la humedad ambiental. Estas interacciones se producen precisamente en la superficie del pezón, donde la prevención de la mastitis resulta más relevante.

Por ello, la salud de la piel del pezón no depende únicamente de la elección del desinfectante o del material de cama por separado, sino de la combinación de ambos. El pH del material de cama, el pH y la formulación de los desinfectantes posordeño, la presencia de aditivos y la humedad ambiental interactúan entre sí. Combinaciones inadecuadas de productos pueden comprometer la salud de la piel del pezón y aumentar la susceptibilidad a infecciones.

El mensaje principal no es que los productos químicos nunca deban combinarse, sino que las interacciones químicas deben comprenderse adecuadamente. La recomendación de “no mezclar productos químicos” no es solo un eslogan de seguridad; refleja la necesidad de comprender cómo interactúan los productos en condiciones reales de explota-

ción. Estas interacciones pueden ocurrir con mayor frecuencia de lo que pensamos y sus efectos pueden ser sutiles, pero biológicamente relevantes.

Un enfoque basado en la evidencia requiere medir el pH, comprender la química de los productos, evaluar regularmente el estado de los pezones y analizar cómo se comporta el material de cama en combinación con los desinfectantes. No existe un producto universalmente superior. El éxito depende de seleccionar combinaciones compatibles entre sí y adaptadas a las condiciones específicas de cada explotación.

En conclusión, la integridad del pezón es fundamental para la resistencia a la mastitis. Las interacciones químicas entre los desinfectantes, los materiales de cama y los aditivos pueden influir tanto en la salud de la piel del pezón como en la eficacia antimicrobiana. Los profesionales del sector lácteo deben ir más allá de mitos o suposiciones y evaluar las condiciones reales de las explotaciones para centrarse en encontrar la combinación de productos más adecuada, en lugar de optimizar cada producto de forma aislada.

En una explotación lechera, los productos químicos siempre interactúan; la clave es asegurarse de que esas interacciones favorezcan y no comprometan la salud de la ubre.

Resumen breve: La integridad de la piel del pezón constituye la primera línea de defensa contra la mastitis. Cuando la superficie del pezón está seca, dañada o irritada químicamente, el riesgo de infección intramamaria aumenta significativamente. Aunque la desinfección de los pezones tras el ordeño y la gestión del material de cama son pilares fundamentales en la prevención de la mastitis, su interacción suele pasar desapercibida. En las explotaciones lecheras, los productos químicos rara vez se utilizan de forma aislada. Los desinfectantes para pezones entran en contacto directo con los materiales de cama, los polvos higienizantes, los residuos de estiércol y la humedad ambiental. Las diferencias en el pH, la capacidad tampón y las propiedades de absorción y adsorción pueden provocar interacciones químicas que alteren la eficacia de los desinfectantes y afecten al estado de la piel del pezón. Los aditivos de cama alcalinos o ácidos pueden neutralizar los compuestos activos, mientras que los materiales orgánicos pueden fijar o desactivar los desinfectantes. Esta presentación analiza la base científica de la condición de la piel del pezón, así como las interacciones de pH y la compatibilidad química entre los productos utilizados en explotaciones lecheras. A través de resultados de investigación y casos prácticos, se cuestiona la idea de que "no mezclar productos químicos" sea únicamente una norma de seguridad. Comprender las interacciones entre los productos resulta esencial para mantener la integridad del pezón y optimizar las estrategias de prevención de la mastitis.

LA IMPORTANCIA DE LA BIOSEGURIDAD EN EL CONTEXTO ACTUAL: OPORTUNIDADES DE MEJORA

Dr. Alberto Allepuz

Departamento de Sanidad y Anatomia Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona

Concepto y principios de bioseguridad en explotaciones ganaderas

La bioseguridad según la OMSA (Organización Mundial de Sanidad Animal) se define como la aplicación de medidas físicas y de manejo diseñadas para reducir el riesgo de introducción, establecimiento y propagación de agentes patógenos en una población animal (OMSA, 2026). Habitualmente se divide en dos componentes i) Bioseguridad externa: medidas dirigidas a evitar la introducción de patógenos desde el exterior al interior de la granja y ii) Bioseguridad interna: medidas dirigidas a evitar la diseminación de patógenos dentro de la granja.

La reducción del riesgo de transmisión de patógenos a través de la aplicación de medidas de bioseguridad se centra en dos principios básicos: la segregación y la reducción de la presión de infección. Con la segregación se pretende evitar el contacto directo o indirecto entre animales susceptibles y posibles fuentes de infección, por ejemplo, con la aplicación de cuarentenas en la compra de animales o bien disponer de botas propias de la granja para el veterinario que la visita. Mientras que la reducción de la presión de infección trata de reducir la probabilidad de que un contacto que tiene que ocurrir conduzca a la transmisión de un patógeno, por ejemplo, a través de la limpieza y desinfección del vehículo que transporta los animales antes de llevar un nuevo lote de animales.

Importancia de la bioseguridad en el contexto actual

La bioseguridad es una herramienta fundamental para luchar contra las enfermedades infecciosas. Los animales más sanos tendrán un mayor bienestar y productividad, requerirán de un menor uso de antibióticos y reducirán el riesgo de transmisión de enfermedades a las personas y a otras explotaciones. Todos estos aspectos son prioritarios para el futuro de los sistemas de producción animal, ya que son la base de su sostenibilidad, pero también son aspectos prioritarios para la sociedad, y por ello, la bioseguridad debe de integrarse como un componente más del plan sanitario de la explotación.

Pero además de ello, una mejora en los estándares de bioseguridad de las explotaciones tendrá también un impacto positivo en el estado sanitario de una región o de un país, lo que puede tener consecuencias para los movimientos de animales y el comercio. La falta de bioseguridad puede obstaculizar el éxito de los programas de erradicación de enfermedades obligatorios, como por ejemplo la tuberculosis. En España, algunos estudios han observado que cada año, entre el 45% y el 60% de los rebaños positivos a tuberculosis son nuevos positivos de ese año, asociándose muchos de estos casos con la interacción con animales silvestres, movimientos de animales o relaciones entre vecinos (Ciaravino et al., 2021). Una mejora en los estándares de prevención de las explotaciones podría reducir el número de nuevas infecciones y contribuir así a erradicar esta enfermedad (Pozo et al., 2024). Por otro lado, las enfermedades de categoría A según la Ley de Sanidad Animal, son enfermedades que no se dan habitualmente en la Unión Europea (UE) y que en caso de aparición se deben tomar medidas de erradicación inmediata. En nuestro país, recientemente hemos tenido la entrada de la Dermatosis Nodular Contagiosa que ha llevado al vaciado sanitario obligatorio de muchas explotaciones y a la restricción de movimientos. En el caso de estas enfermedades, es importante tener en cuenta que desde el momento en el que entra el patógeno a un territorio y hasta que se detecta y se establezcan las medidas asociadas a la contención del brote, los estándares de bioseguridad que tengan las explotaciones van a ser la única barrera que pueda limitar la dispersión del patógeno. Por ello, para poder contener el brote con el menor impacto socioeconómico posible, es importante que el número de granjas infectadas durante este periodo sea el menor posible. El periodo de tiempo entre la entrada de un nuevo patógeno a un territorio y su detección puede ser de varias semanas, y durante este periodo son muchas las oportunidades que tendrá el virus para dispersarse. Por ejemplo, en el brote de Dermatosis Nodular Contagiosa que se declaró en Catalunya la primera semana de octubre del 2025, las investigaciones epidemiológicas apuntan a que la entrada pudo ser al menos unas 7 semanas antes. Además de ello, no se debe olvidar que diferentes enfermedades de categoría A circulan en países cercanos a España, y el riesgo de entrada de alguna de ellas no es negligible. Por ejemplo, la Fiebre del Valle del Rift y la Fiebre Aftosa están presentes en el norte de África y en Turquía y en el 2025 hubo brotes de Fiebre Aftosa en Alemania, Eslovaquia y Hungría, que supusieron el sacrificio de todos los animales de varias explotaciones. Otras enfermedades, que no afectan al bovino, pero si a los pequeños rumiantes, como son la Viruela Ovina y Caprina (que ya afectó a España los años 2022 y 2023) o la Peste de los Pequeños Rumiantes o están también circulando en el norte de África y algunos países del Este de Europa en estos momentos.

La bioseguridad, por lo tanto, tiene un papel fundamental no sólo para mejorar el estado de salud, productividad y bienestar de los animales de las explotaciones, al reducir el riesgo frente a las enfermedades endémicas presentes en el territorio, sino también para contribuir a eliminar enfermedades de erradicación obligatoria y a reducir el número de granjas que puedan infectarse ante la entrada de una enfermedad exótica al país.

Oportunidades de mejora

Trabajos realizados en España han mostrado que la aplicación de medidas de bioseguridad en las granjas de bovino y en el transporte de animales es insuficiente (Villaamil et al., 2020; Duarte et al., 2024). La realización de análisis antes

de mover animales, cuarentenas al llegar a la granja o disponer de botas y ropa de la granja para las visitas más frecuentes que van a entrar en contacto con los animales, entre otras medidas, se aplican en muy pocas explotaciones de bovino. En el caso del transporte de animales, los vehículos no siempre se limpian y desinfectan entre viajes, los conductores entran con frecuencia en las granjas para la carga/descarga de animales con botas que han empleado antes en otra explotación o un mismo vehículo se puede emplear para transportar animales a matadero y después para transportar animales de recría, tras una limpieza-desinfección no siempre del todo efectiva. Como consecuencia de esta situación, la probabilidad de entrada de enfermedades a las explotaciones es elevada, haciendo que el sector sea muy vulnerable a la transmisión de patógenos.

El contexto sanitario actual y el nivel de bioseguridad en el sector bovino, requiere por lo tanto de reforzar y mejorar las medidas de prevención de las explotaciones ganaderas para reducir así la vulnerabilidad de éstas para la entrada de nuevos patógenos. La política sanitaria en la UE va en esta misma dirección y la bioseguridad ocupa un papel importante en La Ley de Sanidad Animal Europea. Uno de los aspectos incluidos es que todas las explotaciones deben de recibir una visita zoosanitaria en la que se valore la sanidad, el bienestar y la bioseguridad de las granjas mediante la realización de un plan sanitario integral. Este contexto legal, si bien puede suponer una carga burocrática y administrativa, debería de promover una reflexión en el sector hacia si brinda una oportunidad de ofrecer un servicio de asesoría de calidad, a través del cual se desarrollen y apliquen metodologías que permitan identificar cuáles son las áreas de mejora de cada explotación en cuanto a la prevención de enfermedades y evidenciar los beneficios de aplicar dichas medidas. De hecho, estudios realizados en España han evidenciado que los veterinarios son la fuente de información en la que los ganaderos depositan una mayor confianza (Moya et al., 2020) y por lo tanto son los que están mejor posicionados y tienen una mayor influencia para mejorar la bioseguridad de las explotaciones.

En definitiva, desde el sector veterinario deberíamos de valorar si este contexto ofrece una oportunidad para desarrollar y ofrecer un servicio que permita mejorar la bioseguridad de las explotaciones, reforzar la comunicación sobre aspectos sanitarios y promover un cambio hacia la prevención, aspectos todos ellos fundamentales para el éxito de los programas sanitarios (Ciaravino et al., 2023; Buchan et al., 2023). Dicho de otra manera, si se puede conseguir que un plan de bioseguridad sea una herramienta útil y no un papel más que se guarda en un cajón para no tener problemas con la administración.

Referencias

Buchan MS, Lhermie G, Mijar S, Pajor E, Orsel K. Individual drivers and barriers to adoption of disease control and welfare practices in dairy and beef cattle production: a scoping review. Front Vet Sci. 2023 Jul 6;10:1104754. doi: 10.3389/fvets.2023.1104754. PMID: 37483294; PMCID: PMC10357041.

Ciaravino G, Laranjo-González M, Casal J, Sáez-Llorente JL, Allepuz A. Most likely causes of infection and risk factors for tuberculosis in Spanish cattle herds. Vet Rec. 2021 Jul;189(2):e140. doi: 10.1002/vetr.140. Epub 2021 Feb 10. PMID: 34297366.

Ciaravino G, Espluga J, Moragas-Fernández C, Capdevila A, Freixa V, López I Gelats F, Vergne T, Allepuz A. Improving the communication between farmers and veterinarians to enhance the acceptability of bovine tuberculosis eradication programmes. Prev Vet Med. 2023 Nov;220:106046. doi: 10.1016/j.prevetmed.2023.106046. Epub 2023 Oct 12. PMID: 37857003.

Duarte F, Allepuz A, Casal J, Armengol R, Mateu E, Castellà J, Heras J, Ciaravino G. Characterization of biosecurity practices among cattle transport drivers in Spain. Prev Vet Med. 2024 Mar;224:106138. doi: 10.1016/j.prevetmed.2024.106138. Epub 2024 Feb 8. PMID: 38341944.

Moya S, Tirado F, Espluga J, Ciaravino G, Armengol R, Diéguez J, Yus E, Benavides B, Casal J, Allepuz A. Dairy farmers' decision-making to implement biosecurity measures: A study of psychosocial factors. Transbound Emerg Dis. 2020 Mar;67(2):698-710.

Pozo P, Isla J, Asiain A, Navarro D, Gortázar C. Contribution of herd management, biosecurity, and environmental factors to the risk of bovine tuberculosis in a historically low prevalence region. Animal. 2024 Mar;18(3):101105. doi: 10.1016/j.animal.2024.101105. Epub 2024 Feb 8. PMID: 38417216.

Organización Mundial de la Sanidad Animal: Código Sanitario para los Animales Terrestres. Disponible en: https://goo.su/z0apbu

Villaamil FJ, Arnaiz I, Allepuz A, Molins M, Lazaro M, Benavides B, Moya SJ, Fabrega JC, Yus E, Dieguez FJ. (2020). A survey of biosecurity measures and serological status for bovine viral diarrhoea virus and bovine herpesvirus 1 on dairy cattle farms in north-west and north-east Spain. Vet Rec Open. 16, e000399.

DISEÑO DE PLANES DE BIOSEGURIDAD EN GRANJA PARA REDUCIR EL RIESGO DE ENTRADA DE ENFERMEDADES

Dr. Alberto Allepuz.

Departamento de Sanidad y Anatomía Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona

Elementos para considerar antes de realizar un plan de bioseguridad

El asesoramiento personalizado se considera como un medio de comunicación muy eficaz para generar un cambio en la bioseguridad de la granja, ya que permite adaptar las recomendaciones a la situación particular de la misma. Pero, para realizar esta asesoría con calidad es necesario i) disponer del tiempo necesario; ii) tener unos conocimientos técnicos adecuados en materia de transmisión de enfermedades y medidas de bioseguridad y iii) disponer de unas habilidades comunicativas adecuadas.

Este último punto no es sencillo, y se cubre muy poco (o nada) en los estudios de veterinaria actuales. Estudios realizados en otros países han mostrado que la formación en técnicas de comunicación, como pueden ser las entrevistas motivacionales, mejora la calidad de la asesoría en temas sanitarios (Svensson et al., 2020). En nuestro país, esta es una asignatura pendiente. De hecho, trabajos realizados en España han mostrado que los veterinarios no siempre disponen de las competencias comunicativas adecuadas para conseguir acompañar al ganadero en el proceso de mejora de la bioseguridad de su explotación (Moya et al., 2021). Este no es un tema menor, ya que, la aplicación de medidas de bioseguridad requiere de la adopción de un conjunto de actitudes y comportamientos por parte de las personas que las tienen que aplicar (Dogusan et al., 2025). Si no se comprenden o no se siguen los protocolos de bioseguridad establecidos, por ejemplo, comprando animales de fuentes fiables, las medidas de bioseguridad no serán efectivas. Además de ello, la dificultad no está sólo en poner en marcha una serie de medidas sino en mantenerlas y mejorarlas a lo largo del tiempo y la sensación de inutilidad o cansancio en su aplicación pueden suponer un reto a la hora de aplicar medidas efectivas. Por todo ello, el factor humano y todos los factores psico-sociales relacionados con el comportamiento son un pilar fundamental para la correcta aplicación de las medidas de bioseguridad en explotaciones ganaderas.

Pasos para diseñar y aplicar un plan de bioseguridad

El diseño y la aplicación de un plan de bioseguridad se puede realizar en tres etapas:

1. Valorar la bioseguridad de la granja

En esta fase se debería de valorar la presencia de aquellas medidas de bioseguridad relacionadas con las diferentes posibles vías de entrada de enfermedades a la granja (ej., entrada de animales o visitas) así como aquellas medidas destinadas a prevenir la transmisión dentro de la granja. Para ello, es posible apoyarse en cuestionarios o guías ya desarrollados para valorar la bioseguridad de las explotaciones. Se use una herramienta u otra, es importante realizar esta evaluación de una manera estructurada y que incluya las diferentes vías de entrada y transmisión de patógenos. Un aspecto de vital importancia durante la evaluación de la bioseguridad de una explotación es que ésta no debería de realizarse como si fuera un “check list”. En caso de que para la evaluación de la bioseguridad se emplee un cuestionario para facilitar la toma de datos, éste no debería de completarse en la visita, es decir, la evaluación no debería de consistir en poner cruces en un papel sin prestar atención a la granja. Además, se ha de tener en cuenta que no siempre lo que se dice que se hace se hace y no siempre lo que se hace, se hace siempre. En consecuencia, la validez de las respuestas en este tipo de evaluaciones será un reto y es más probable conseguir unas respuestas válidas en una conversación donde la persona con la que estamos hablando se pueda expresar con sus propias palabras y matizar como aplica las medidas de bioseguridad en la granja. En este sentido, de nuevo la importancia de disponer de una formación adecuada en técnicas comunicativas.

Es también importante valorar la bioseguridad de la granja visitando las diferentes partes de esta ya que muchas medidas de bioseguridad se podrán observar durante la visita. Si bien la manera en la que cada persona evalúa la bioseguridad de la granja dependerá de muchos factores como son el nivel de confianza con el ganadero o el grado de conocimiento de la explotación, como recomendaciones generales se podrían establecer las siguientes:

- La evaluación no debe percibirse como un juicio o una auditoría, sino como un ejercicio de asesoramiento e identificación de áreas de mejora.
- Hacer preguntas indirectas y abiertas que el entrevistado pueda responder con sus propias palabras.
- Intentar pedir que os muestren las diferentes partes de la granja y hacer las preguntas mientras se camina y se visita la explotación
- Puede resultar útil preparar con antelación la “narrativa” a utilizar (pensar en ejemplos de preguntas abiertas).
- La entrevista no seguirá la estructura de la encuesta ni de la guía, pero eso no es relevante en la medida en que se recopilen todos los datos. Pero es importante tener en cuenta los diferentes aspectos para no olvidar nada (p. ej. movimientos de animales, visitas de personas, etc.)

2. Digerir los datos y convertirlos en una información de utilidad para el ganadero

Una vez visitada la explotación y valorado las medidas de bioseguridad que se aplican en la misma, es relevante tratar de "digerir" toda esta información y preparar una descripción de la granja que sea visual, sencilla y que sirva de base para debatir con el ganadero cuales son sus principales puntos fuertes, sus vulnerabilidades y que aspectos se podrían mejorar y por qué. Comenzar la descripción con una imagen aérea de la granja en la que se muestren dónde están los animales en las diferentes fases de producción, la localización de actividades específicas (partos, cirugías, necropsias y enfermería), lugares de acceso de vehículos y personas, puntos de recogida de la leche, cadáveres, almacenamiento estiércol y alimento y rutas que tienen que seguir los diferentes vehículos, puede ser una buena manera de tener una primera imagen de los riesgos a los que está expuesta la explotación y posibles áreas de mejora.

En la medida de lo posible, la inclusión en este primer informe de fotos y de una descripción de aspectos concretos relacionados con las diferentes vías de transmisión de patógenos puede ser útil para fomentar el diálogo y poner sobre la mesa los retos que tiene la granja para reforzar su bioseguridad. Por ejemplo, el lugar de carga y descarga de animales, el vehículo que se usa para el transporte de éstos, punto de recogida de animales muertos, vestuario o facilidades para la limpieza/desinfección de las botas de los visitantes, entre otros.

3. Establecer recomendaciones

Para identificar las áreas de mejorar, es relevante realizar un listado de aquellas enfermedades "no deseadas" ya que esto puede ayudar a valorar con más detalle aquellas medidas relevantes para esas enfermedades y reforzar el interés del ganadero por la mejora de la bioseguridad de su explotación. Por ejemplo, si la granja no desea tener una nueva entrada del virus de la Diarrea Vírica Bovina o de la Rinotraqueítis Infecciosa Bovina, conocer el estado sanitario de la granja de origen de los animales frente a estas patologías o realizar pruebas frente a ellas, serán aspectos para considerar si se van a comprar animales nuevos. En caso de que la granja esté situada en una zona donde hay un riesgo importante de transmisión de la tuberculosis a partir de la fauna silvestre, el modo y tipo de alimento que reciben los animales, así como el diseño de los bebedores, serán aspectos para mirar en detalle.

Por otro lado, a la hora de establecer recomendaciones, se debe tener en cuenta que el riesgo de transmisión de enfermedades depende del tipo de contacto epidemiológico, y un contacto directo con otros animales supone un mayor riesgo que un contacto indirecto con una superficie contaminada para la mayoría de las enfermedades. Sin embargo, también es importante considerar que un contacto de menor riesgo, si ocurre con una frecuencia muy elevada, puede también suponer un riesgo muy alto. Por lo tanto, para establecer puntos fuertes y débiles de la granja se deben de considerar i) las vías de transmisión de la enfermedad/es no deseadas y ii) el tipo y frecuencia de los diferentes contactos epidemiológicos.

Una vez identificados y discutidos los puntos fuertes y débiles de la granja se debería de establecer un diálogo sobre las posibles recomendaciones para la granja. En este sentido, es importante tener en cuenta que las recomendaciones deben de ser individualizadas para cada granja ya que cada una tendrá sus particularidades concretas. Las medidas a mejorar en la granja deberían de establecerse a través de un diálogo en el que el ganadero pudiera, a través de toda la información que ha recibido, valorar que medidas podría aplicar y cuales considera que son posibles y factibles en la realidad de su granja. Es decir, las recomendaciones deberían de ser acordadas y no impuestas, para asegurar así su aceptabilidad y maximizar las posibilidades de que se apliquen de manera efectiva. Es recomendable priorizar uno o dos cambios: mejor tratar de mejorar un aspecto y realizarlo antes de tratar de abarcar diferentes cambios y no poder realizarlos.

Herramientas en desarrollo de utilidad

En el contexto de diversos proyectos de investigación, desde nuestro grupo estamos desarrollando diferentes herramientas que pueden dar soporte al trabajo de aquellos profesionales que decidan ofrecer un servicio de asesoría en materia de bioseguridad. Por un lado, en el contexto de los proyectos europeos Biosecure (https://biosecure.eu/) e Innotub (https://innotub.eu/) hemos desarrollado una herramienta de análisis de riesgo que permite cuantificar cual es la probabilidad de entrada de diferentes patógenos a las granjas y cual es el impacto que la mejora o puesta en marcha de diferentes medidas pueda tener en reducir dicho impacto. Esta herramienta llamada FarmR!SK (Ciria et al., 2025), estará disponible en la web en breve y a disposición de aquellas personas interesadas en emplearla.

Además de ello, y teniendo en cuenta que la aplicación de bioseguridad depende en gran medida de lo que las personas que las tienen que aplicar creen y hacen, es decir, de su actitud y comportamiento y de que entre los diferentes factores que pueden influir en la actitud y el comportamiento, los costes asociados con las medidas de bioseguridad así como los beneficios esperados resultantes de aplicar dichas medidas, son unos de los elementos más importantes a la hora de decidir aplicar medidas de bioseguridad en explotaciones ganaderas; en nuestro grupo estamos desarrollando una calculadora de costes de bioseguridad. Dicha calculadora la hemos integrado con los modelos de análisis de riesgo y el impacto económico de la Diarrea Vírica Bovina (DVB) en explotaciones de bovino. A partir de este trabajo, hemos evidenciado que una pequeña inversión, como dar botas a los veterinarios que visitan las granjas, pueden ser inversiones muy rentables para prevenir el impacto económico que puede tener un brote de DVB en una granja. Estas herramientas pueden contribuir a comunicar los beneficios que una mejora en la bioseguridad de la explotación puede suponer para la granja. Finalmente, estamos desarrollando unas guías para apoyar la búsqueda de soluciones prácticas para solventar los retos más comunes en la aplicación de algunas medidas de bioseguridad.

Referencias

Ciria, N.; Ciaravino, G.; Allepuz, A. VetEpi-UAB/Farmrisk: BIOSECURE D3.1. Farm-Level Assessment. 2025, doi:10.5281/zenodo.17225950.

Dogusan MM, De Carvalho Ferreira HC, Moya Durán SJ, Moskalenko L, Brennan ML, De Meneghi D, Rodrigues Da Costa M, Ciaravino G, Gaspar R. Behavioural drivers of on-farm biosecurity implementation in livestock: A literature overview with insights for research. Prev Vet Med. 2026 Mar;248:106768. doi: 10.1016/j.prevetmed.2025.106768. Epub 2025 Dec 18. PMID: 41475024.

Moya S, Chan KWR, Hinchliffe S, Buller H, Espluga J, Benavides B, Diéguez FJ, Yus E, Ciaravino G, Casal J, Tirado F, Allepuz A. Influence on the implementation of biosecurity measures in dairy cattle farms: Communication between veterinarians and dairy farmers. Prev Vet Med. 2021 May;190:105329. doi: 10.1016/j.prevetmed.2021.105329. Epub 2021 Mar 18. PMID: 33756432.

Svensson C, Wickström H, Emanuelson U, Bard AM, Reyher KK, Forsberg L. Training in motivational interviewing improves cattle veterinarians' communication skills for herd health management. Vet Rec. 2020 Sep 5;187(5):191. doi: 10.1136/vr.105646. Epub 2020 Apr 17. PMID: 32303667; PMCID: PMC7509394.

PROTOCOLOS ANESTESIOCOS EN GANADO EXTENSIVO Y DE LIDIA. MEZCLAS ANESTÉSICAS

Vicente Peña

ALBEITAR Clínica móvil - Cádiz

RESUMEN

El manejo anestésico del GANADO DE CARNE Y toro de lidia constituye un reto debido a las particularidades etológicas y a las condiciones de manejo en campo. El protocolo clásico más extendido se basa en la combinación de **detomidina, ketamina, tiletamina y zolazepam (Zoletil®)**, que proporciona un equilibrio adecuado entre sedación, analgesia y relajación muscular. No obstante, su elevado coste, el empleo de cuatro principios activos y la dependencia del Zoletil® motivan la búsqueda de alternativas más económicas y prácticas.

En este trabajo se presenta una mezcla alternativa que sustituye zolazepam y tiletamina por **midazolam**, reduciendo el número de fármacos a tres (**detomidina + ketamina + midazolam**). Se describen las dosis, concentraciones, ventajas e inconvenientes observados en una serie preliminar de **cinco toros sometidos a cirugía general**, donde se registraron tiempos de inducción de aproximadamente 20 minutos y recuperaciones a estación de unos 30 minutos, con una relajación muscular superior al protocolo clásico.

Aunque el mayor volumen de administración constituye una limitación derivada de la baja concentración del midazolam humano (5 mg/ml), se plantea la posibilidad de desarrollar formulaciones veterinarias más concentradas que optimicen su aplicabilidad. Este protocolo alternativo representa una opción económica y eficaz que merece ser evaluada en estudios comparativos a gran escala.

Palabras clave: anestesia, toro de lidia, ketamina, detomidina, midazolam, zolazepam, tiletamina.

INTRODUCCIÓN

El manejo anestésico en bovinos de lidia constituye un reto debido a su temperamento, tamaño y las condiciones de manejo en campo, lo que exige protocolos que combinen seguridad, eficacia y facilidad de aplicación. En este contexto, el uso simultáneo de anestésicos disociativos, agonistas α-2 y benzodiacepinas ha demostrado ser la estrategia más adecuada para garantizar sedación profunda, analgesia y relajación muscular.

Los **anestésicos disociativos** como la **ketamina** y la **tiletamina** inducen catalepsia, analgesia y anestesia con conservación de reflejos, acompañadas de estimulación cardiovascular moderada. No obstante, su uso aislado puede ocasionar excitación y rigidez muscular, lo que hace recomendable su combinación con otros agentes. La **tiletamina**, de mayor potencia, se formula comercialmente junto a **zolazepam**, una benzodiacepina que aporta sedación, ansiolisis y relajación muscular, compensando los efectos excitatorios de los disociativos y mejorando la calidad de la inducción y la recuperación.

Asimismo, los **agonistas α-2** como la **detomidina** proporcionan sedación profunda y analgesia, con un importante efecto sinérgico al combinarse con disociativos y benzodiacepinas. De esta forma, el protocolo actualmente más extendido en bovinos de lidia está constituido por la combinación de **ketamina, detomidina, tiletamina y zolazepam**, que logra un equilibrio adecuado entre anestesia, sedación, analgesia y relajación muscular, siendo la referencia habitual en este campo.

No obstante, el uso de cuatro fármacos y, en particular, la dependencia de la asociación comercial **Zoletil® (tiletamina + zolazepam)**, eleva el coste y limita la flexibilidad en el diseño de protocolos. Con el fin de ofrecer una alternativa más económica y sencilla, en este trabajo se propone una nueva mezcla anestésica que reduce de cuatro a tres los fármacos empleados, sustituyendo el **zolazepam y la tiletamina por midazolam**.

OBJETIVO

El objetivo de esta comunicación es presentar esta nueva fórmula anestésica como alternativa al protocolo clásico, evaluando sus ventajas e inconvenientes en el toro de lidia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Protocolo clásico

- **Composición total (para ~900 kg):**
  - Detomidina: 40 mg
  - Ketamina: 500 mg
  - Zolazepam: 250 mg

- o Tiletamina: 250 mg
- o Volumen total: 9 ml → 1 ml/100 kg
- **Concentraciones (mg/ml):** detomidina 4,44; ketamina 55,56; zolazepam 27,78; tiletamina 27,78.
- **Dosis por kg (mg/kg):** detomidina 0,044; ketamina 0,556; zolazepam 0,278; tiletamina 0,278.

Protocolo alternativo

- **Composición total:**
- o Detomidina: 40 mg (4 ml)
- o Ketamina: 750 mg (7,5 ml)
- o Midazolam: 250 mg (50 ml; concentración humana 5 mg/ml)
- o Volumen total: 61,5 ml → 6,8 ml/100 kg
- **Concentraciones (mg/ml):** detomidina 0,65; ketamina 12,20; midazolam 4,07.
- **Dosis por kg (mg/kg):** detomidina 0,044; ketamina 0,83; midazolam 0,28.

Tabla de dosis comparativa

Fármaco	Protocolo clásico (mg/ml)	Dosis clásica (mg/kg)	Protocolo alternativo (mg/ml)	Dosis alternativa (mg/kg)
Detomidina	4,44	0,044	0,65	0,044
Ketamina	55,56	0,556	12,20	0,83
Zolazepam	27,78	0,278	—	—
Tiletamina	27,78	0,278	—	—
Midazolam	—	—	4,07	0,28

Experiencia preliminar con el nuevo protocolo

- Animales: 5 toros de lidia.
- Procedimientos: cirugías generales.
- Tiempo de inducción: ~20 minutos.
- Tiempo de recuperación a estación: ~30 minutos.
- Observación clínica: se registró una relajación muscular superior a la obtenida con el protocolo clásico.

El principal inconveniente práctico fue el mayor volumen de la mezcla, que requirió dos inyecciones y limitó la posibilidad de administración mediante dardos.

Resultados preliminares

El empleo del **protocolo alternativo (detomidina + ketamina + midazolam)** permitió completar las intervenciones de forma segura en los cinco toros tratados. Los tiempos de inducción y recuperación fueron aceptables para el manejo en campo y se observó un grado de relajación muscular superior respecto al obtenido habitualmente con el protocolo clásico.

DISCUSIÓN

El protocolo clásico en bovinos de lidia ha demostrado eficacia anestésica y constituye la referencia más extendida en la práctica clínica. No obstante, la dependencia del Zoletil® y el empleo de cuatro principios activos incrementan el coste y limitan su flexibilidad.

La alternativa propuesta ofrece ventajas notables: menor coste económico (midazolam más barato que zolazepam, sin Zoletil®), simplificación del número de fármacos (3 en lugar de 4) y mayor relajación muscular. Sin embargo, presenta limitaciones como el mayor volumen de administración y la necesidad de dos inyecciones, derivadas principalmente de la baja concentración de midazolam humano (5 mg/ml).

Una solución potencial sería el desarrollo de formulaciones veterinarias de midazolam más concentradas, lo que reduciría el volumen final de la mezcla y aumentaría su practicidad, permitiendo competir directamente con el protocolo clásico.

Aspecto	*Protocolo clásico (Ketamina + Detomidina + Tiletamina + Zolazepam)*	*Protocolo alternativo (Ketamina + Detomidina + Midazolam)*
Nº de fármacos	4	3

Coste económico	Elevado (uso de Zoletil®)	Menor (midazolam más barato y accesible)
Relajación muscular	Adecuada	Mayor
Sedación	Profunda	Profunda
Analgesia	Eficaz	Eficaz
Volumen de mezcla	Bajo (apto para dardos)	Alto (no apto para dardos)
Nº de inyecciones	Una	Dos
Recuperación	Buena	Adecuada (30 min a estación)

Finalmente, conviene señalar que, si bien esta propuesta muestra ventajas teóricas y clínicas preliminares, resulta imprescindible acumular más experiencias en campo y diseñar un estudio comparativo de mayor escala para validar su eficacia y seguridad. Asimismo, la colaboración con la industria farmacéutica podría facilitar el desarrollo de nuevas presentaciones veterinarias de midazolam, optimizando la viabilidad de esta alternativa.

CONCLUSIONES

El protocolo clásico de **ketamina, detomidina, tiletamina y zolazepam** sigue siendo la opción más extendida en el toro de lidia, pero la mezcla alternativa de **ketamina, detomidina y midazolam** se presenta como una opción más económica, sencilla y con mayor efecto relajante muscular.

Las experiencias preliminares en cinco toros muestran tiempos de inducción y recuperación adecuados, con buena calidad anestésica. La principal limitación es el volumen elevado derivado del uso de midazolam humano de baja concentración, lo que requiere dos inyecciones y descarta su aplicación en dardos.

La validación clínica en un mayor número de casos y el desarrollo de formulaciones veterinarias más concentradas de midazolam serán claves para consolidar esta propuesta como una alternativa competitiva al protocolo clásico.

RESUMEN 2000 CARACTERES

El manejo anestésico del toro de lidia constituye un reto por las particularidades etológicas y las condiciones de trabajo en campo, lo que exige protocolos seguros, eficaces y prácticos. El esquema más empleado actualmente combina **detomidina, ketamina, tiletamina y zolazepam (Zoletil®)**, logrando un adecuado equilibrio entre sedación, analgesia y relajación muscular. Sin embargo, su uso conlleva limitaciones importantes: dependencia de un fármaco comercial específico, empleo de cuatro principios activos y un coste económico elevado.

En este trabajo se propone una **alternativa** que sustituye zolazepam y tiletamina por **midazolam**, reduciendo el número de fármacos a tres (**detomidina + ketamina + midazolam**). La composición final empleada fue: detomidina 40 mg, ketamina 750 mg y midazolam 250 mg (presentación humana 5 mg/ml), con un volumen total de 61,5 ml, correspondiente a una dosificación de 6,8 ml/100 kg. En comparación, el protocolo clásico emplea detomidina 40 mg, ketamina 500 mg, zolazepam 250 mg y tiletamina 250 mg, en un volumen final de 9 ml (1 ml/100 kg).

La experiencia preliminar se llevó a cabo en **cinco toros de lidia sometidos a cirugías de carácter general**. El protocolo alternativo permitió completar las intervenciones con seguridad, mostrando **tiempos de inducción de aproximadamente 20 minutos y recuperaciones a estación de unos 30 minutos**. Un hallazgo destacado fue la **mayor relajación muscular** obtenida con el nuevo esquema respecto al protocolo clásico.

Entre las **ventajas** de la nueva propuesta destacan la reducción de costes, la simplificación a tres fármacos y la mejora en la relajación muscular. Como **inconvenientes**, se señala el mayor volumen de administración, que obliga a dos inyecciones y limita la posibilidad de uso mediante dardos, aspecto derivado de la baja concentración de las presentaciones humanas de midazolam (5 mg/ml).

En conclusión, la combinación de **detomidina, ketamina y midazolam** representa una alternativa prometedora al protocolo clásico en el toro de lidia. Se recomienda su implementación progresiva en la práctica clínica veterinaria para acumular experiencia y abrir camino a futuros estudios comparativos a gran escala. Asimismo, el desarrollo de formulaciones veterinarias más concentradas de midazolam podría optimizar la viabilidad y practicidad de esta mezcla.

MÁS ALLÁ DE UN ÚTERO Y DOS OVARIOS ECOGRAFÍA CLÍNICA DE LA VACA: METODO BOVATUS

Dr. Camilo Cabra García, MV, MSc

Universidad Nacional de Colombia

El uso de la ecografía en el diagnóstico reproductivo de la vaca se ha venido expandiendo durante los últimos 20 a 30 años debido a los beneficios que esta técnica diagnóstica objetiva ha demostrado y también a la aparición de los ecógrafos ultra-portátiles y de bajo costo, lo que ha facilitado llevarla a los lugares más remotos del campo.

La técnica ecográfica reproductiva de la vaca está suficientemente descrita, sus usos, limitantes y beneficios están bien determinados, pero, alguna vez usted ha escuchado que la sonda lineal trans-rectal, que es usada frecuentemente para el diagnóstico o visualización de los ovarios y el útero, sea utilizada en otro tipo de órganos?. Quizás a usted (al igual que a mi) también le dijeron que esta sonda solamente era útil para la observación del aparato reproductivo de la vaca.

A partir de este momento le voy a mostrar una metodología, que he venido desarrollando y "puliendo" durante los últimos 15 años de mi práctica profesional privada y que ha sido puesta en acción en casos del día a día de un veterinario de vacas, para que ustedes mismos la puedan utilizar y para que de ahora en adelante puedan mejorar los diagnósticos de los pacientes a los cuales ustedes se enfrentan a diario y que quizás le presenten un reto adicional para poder llegar a la patología final de la vaca.

Quizás usted también se ha tenido que enfrentar a diagnosticar animales vía electrónica, y con esto me refiero a que, debido a su ausencia, cuando la necesidad apremia, muchos diagnósticos terminan siendo hechos a través de un teléfono móvil y ahora, inclusive a través de videollamadas. Pero como es bien sabido, esta situación no es ideal y aunque en algunos momentos pueda llegar a ser útil la herramienta, también en otras ocasiones es imprescindible examinar la vaca personalmente.

Una vez usted llega a la ganadería (después de manejar por horas), se dispone a usar las metodologías clásicas para hacer diagnóstico clínico de la vaca, (estetoscopio, guantes de palpación, medidores de calcio iónico, de cuerpos cetónicos y un termómetro), al terminar, no encuentra la razón por la que la vaca esta "triste y no quiere comer" (razón por la cual usted fue consultado inicialmente), quizás llegue a pensar en usar "algo más" para descubrir el misterio. Es en ese preciso instante cuando usted debe recurrir a metodologías diagnósticas más avanzadas. Y recuerda que tiene en su "set de herramientas" una que solo usa para examinar un útero y un par de ovarios, y que tiene el desconocimiento de cómo poder utilizar en el diagnóstico de otro tipo de órganos y patologías para poderle ofrecer al cliente un diagnóstico mucho más certero, con un pronóstico mucho más realista.

Para contestar esta inquietud debemos responder 3 preguntas básicas: 1) Por qué hacer la ecografía clínica una vaca?, 2) Que se puede llegar a escanear? y 3) Cómo se hace?.

Para poder responder la primera pregunta:1) Por qué hacerlo?, es indudable que usted quiere encontrar: primero, la causa de la enfermedad y por supuesto, usted ya posee la máquina. Porque recuerde que al final del día, somos médicos, somo doctores, y usted le quiere ayudar al ganadero y obviamente al animal. En este punto quiero hacer hincapié en algo realmente importante e implícito dentro de la buiatría: ¡Usted debe entender el negocio! y comprende que "al final de cuentas" lo más importante es el pronóstico que se genera después del examen, porque usted quiere invertir el dinero necesario en una vaca que finalmente tiene posibilidades de "salvarse" y de pronto, tomar una decisión diferente y mucho más radical antes de comenzar a gastar los recursos. Y finalmente, por lo cual, yo he venido insistiendo durante muchos años: usted se quiere ganar la confianza de ese ganadero, generando un pronóstico mucho más certero.

Para responder la segunda pregunta: 2) Que se puede llegar a escanear? debemos saber que la sonda línea transrectal es la "única" que generalmente tenemos a mano (y digo generalmente porque ahora existen sondas convexas rectales), y que debido a la portabilidad de los equipos modernos y a su habilidad de resistir a los embates del ambiente donde trabajamos, no tiene sondas intercambiables. Entonces, ¿qué puedo escanear? los pulmones, el corazón, los pre-estómagos, el abomaso, el hígado, el riñón y el intestino y como lo dicen por allí: "ponga la sonda en todo lo que se mueva y lo que no".

3) Cómo se hace la técnica? Existen diferentes textos que ustedes pueden consultar hoy en día. Entre los más conocidos tenemos: Clínicas Veterinarias de Norte América del año 2009 y 2016 y Echographie des bovins (Dr. Sebastián Buckinzki). En cada una de estas publicaciones se explica claramente como se observan los órganos normales Vs. órganos patológicos. En estos libros se encuentra una sola limitante para un veterinario de campo: no se describe un protocolo (un paso a paso) de abordaje torácico y abdominal de una vaca adulta, lo que hace que cuando se esté en frente de un animal enfermo, "no se sepa por donde comenzar".

Desde hace más de 15 años he venido desarrollando esta técnica que he llamado el Método BovATUS (Bovine Abdominal and thoracic ultrasonography, (WBC 2024, Cancun, Mexico). En este caso hecha con una sonda lineal transrectal, que quizás usted pensaba que solamente era útil para la observación de un útero y un par de ovarios.

Primero que todo y antes de comenzar con esta técnica, debemos recordar que si nosotros ponemos la sonda lineal trans-rectal sobre la piel de la vaca, no vamos a observar completamente nada. ¿Por qué razón? Porque, aunque para que las ondas de ultrasonido emitan ecos y finalmente se forme una imagen, es indispensable que exista una diferencia de densidades entre tejidos (impedancia), pero, cuando esta es tan grande entre, como la encontrada entre el aire y la piel de la vaca, el ultrasonido se reflejará por completo impidiendo que las ondas pasen a lugares más profundos. Para solucionar esto se necesita de un medio o una sustancia que disminuya dicha gran diferencia. El medio más popular para "suavizar" esta gran diferencia es el gel de ultrasonido. Pero, me imagino que alguno de ustedes ha hecho el intento de aplicar gel y después poner la sonda para ver si observa algo: no se ve casi nada, porque hay aire entre el pelo de la vaca. Para resolver dicho problema, nosotros debemos saber que mediante el uso del alcohol isopropilico al 70% vamos a poder observar los tejidos que están debajo de la piel.

Con el Método BovATUS usted va a poder encontrar algunas enfermedades comunes y no usuales que generan dudas al momento del diagnóstico, produciendo una confusión al momento de la toma de la decisión. Patologías tales como: retículo peritonitis traumática, neumonía, enfermedad cardiaca congestiva derecha, desplazamientos de abomaso, accidentes del intestino delgado, abscesos hepáticos, entre muchas otras, serán vistas con claridad. Esta metodología esta desarrollada para su implementación sobre la vaca sin ningún tipo de sedación (a no ser que de una vaca muy nerviosas se trate), pero si con buena sujeción. También tienen que saber que es importante que la vaca esté en estación, porque si la vaca está en decúbito, va a tener problemas con la ubicación anatómica normal de los órganos en dicho animal, pudiendo llevar a un error diagnóstico.

La sonda lineal trans-rectal tiene pros y contras. Generalmente, estas trabajan en una frecuencia de 5-7.5 MHz. Esta frecuencia le dará a usted un nivel de detalle suficiente para diferenciar entre diferentes tejidos, pero no le dará una profundidad superior a los 12cm (variable entre maquias). Esta profundidad será suficiente para que detecte patologías que producen efusiones (torácica y abdominal) y aunque, en muchas de ellas no verá la causa primaria del problema, si verá las consecuencias de la misma y con entrenamiento lograra llegar a la causa del problema. Vale la pena recordar que, a pesar de tener una ventaja que antes no tenía (usted está viendo dentro del animal), debe reconocer las limitantes que tiene la técnica (solo podrá ver patologías que causen un daño macroscópico en los tejidos) y también debe saber que la técnica no es infalible y que en algunas ocasiones no logrará encontrar lo que busca.

El método BovATUS, tal y como su nombre lo indica, se conforma de un protocolo que usted "debe" seguir a "carta cabal" para poder diagnosticar una enfermedad desconocida en una vaca que no se lo esté manifestando con una sintomatología clásica. Con esto, lo que quiero decir es que, si usted aplica el método BovATUS de forma juiciosa y metodológica, tendrá una baja probabilidad de perder detalles, que sumados entre ellos, le llevarán a una conclusión valedera.

Método BovATUS:

Todo comienza por el lado izquierdo, ¡siempre!; y esto tiene una razón básica: hay menores órganos para escanear, por ende, una menor cantidad de patologías a encontrar y por último, una razón que solo entenderán los colegas que tienen mucho trabajo: ahorrar tiempo. ¿Por qué se inicia por el tórax? Porque definitivamente la neumonía es quizás una de las patologías más prevalentes y que en muchas ocasiones no presentan la sintomatología descrita por la literatura (tos, presencia de moco, etc.). Y yo le cuento que, una vez usted comience a hacer ecografía de tórax de la vaca o de la ternera, se va a dar cuenta que hay una gran cantidad de casos subclínicos que están ocultos debajo de esa ausencia de sintomatología clásica.

Usted debe escanear el tórax (como ya lo mencioné, primero el izquierdo) de caudal a craneal, terminando en el lóbulo craneal y poniendo mucha atención a las porciones ventrales y posteriormente seguir a la región retículo-rumen-abomaso. Se recomienda orientar la sonda con la punta hacia dorsal (en el tórax) y hacia craneal (en el abdomen), de esa forma siempre verá los órganos en la misma posición (ejemplo: para personas que tienen el indicador de orientación de imagen de la sonda hacia el lado izquierdo, el retículo siempre aparecerá en ese mismo lugar, izquierda.

A continuación, haré una breve descripción de la técnica y hallazgos fisiológicos.

1) Pulmón: Quizás la neumonía es la patología más investigada por fuera del sistema reproductivo de la vaca y que con la ecografía ha mostrado sus efectos benéficos en el diagnóstico temprano. Es obvio que su implicación es mucho más grande cuando el animal aún está en desarrollo, es decir, cuando es una ternera. La cantidad de animales subclínicos encontrados con neumonías de grado 2-3 e inclusive hasta 5 (según la clasificación de la U. de Wisconsin) es a veces hasta escandaloso, llegando a prevalencias de casi el 70%, casi todas ellas asintomáticas, generando un efecto "iceberg" en donde los casos clínicos son apenas la punta de lo que en realidad hay. Cuando escaneamos el tórax, generalmente lo que queremos ver es el borde pulmonar (pleura visceral). Los límites del pulmón son fácilmente distinguibles. Formando un triángulo desde la tuberosidad del codo, subiendo en diagonal hasta la apófisis transversa de la última vértebra torácica, yendo hacia craneal por toda la columna vertebral y una vez se está en la cruz se desciende de nuevo uniendo esta línea con el codo formándose un triángulo (ver imagen 1).

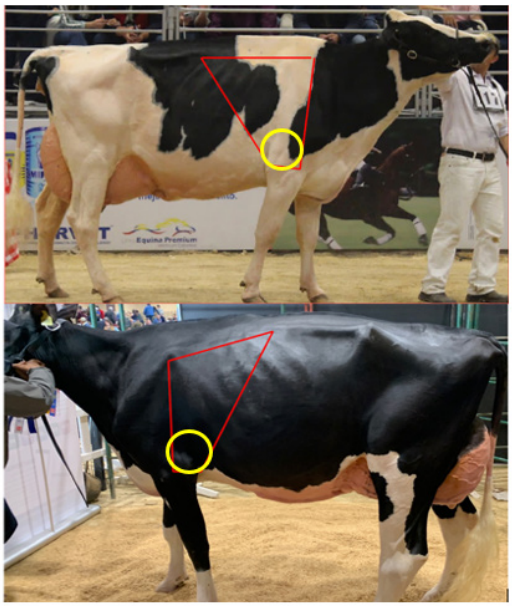


Imagen 1: Limites ecográficos del examen del tórax de una vaca adulta. Los círculos amarillos muestran los lugares de mayor importancia al momento del examen ecográfico del pulmón.

¿Es necesario escanear todo el tórax? Realmente no, los puntos más críticos para examinar son los puntos ventrales. En este lugar vamos a encontrar la gran mayoría de neumonías en un animal (ver imagen 1).

Entonces, ¿qué es normal? El pulmón está lleno de gas (aire) y debido a la presencia de este material, usted verá el artefacto de reververancia (repetición de líneas blancas paralelas entre sí). Verá claramente la pleura visceral deslizándose con suavidad a medida que la vaca respira, es decir, es usual oír que: "si usted no ve nada, es que todo está bien" (ver imagen 2). Esta última afirmación no es del todo cierta, porque usted si está viendo el aire, pero es la primera impresión que va a tener cuando vea una imagen del pulmón.

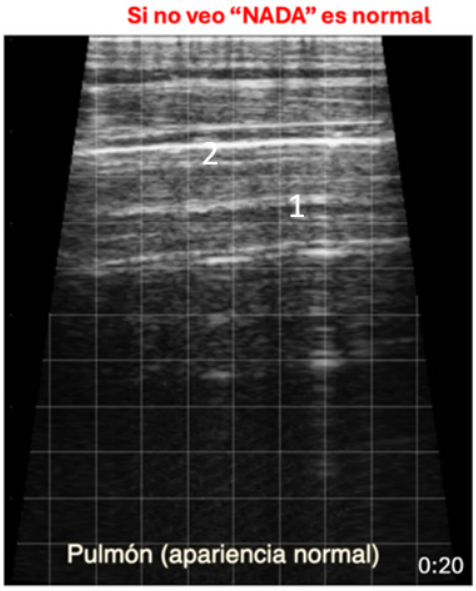


Imagen 2: apariencia ecográfica de un pulmón bovino normal1. Parénquima pulmonar, reververancia. 2. Pleura, línea ecogénica horizontal.

Es por esa razón que, al perder el pulmón la capacidad de airearse, en una neumonía, este espacio se llena de material inflamatorio y purulento y, por ende, usted dejará de ver las reververancia pasando a ver el parénquima pulmonar (alterado).

Generalmente, el pulmón derecho se va a ver más alterado que el izquierdo y los lóbulos cráneo-craneal y cráneo-caudal serán donde usted deberá poner más atención en un ternera y en una vaca adulta el lóbulo medio. Recuerde que entre más caudal encuentre la lesión, existe una posibilidad superior de cronicidad.

2) Región Retículo-Rumen-Abomaso: Está inmediatamente caudal (3-5 cm aproximadamente) al cartílago xifoides

(ver imagen 3).



Imagen 3: En el recuadro rojo encuentra la zona de escaneo de la región reticulo-rumen-abomaso

Se encuentra de medial hacia dorsal subiendo por el lado izquierdo del abdomen de la vaca. Recuerde siempre posicionar la punta de la sonda hacia craneal. Allí encontraremos la conjunción de estos 3 órganos. Es usual que se piense que cada vez que escanee esta región se verán la unión retículo-rumen. Esto no es así, porque 2/3 de las veces que posicionemos la sonda allí, veremos la conjunción retículo-abomaso o abomaso-rumen (ver imagen 4).

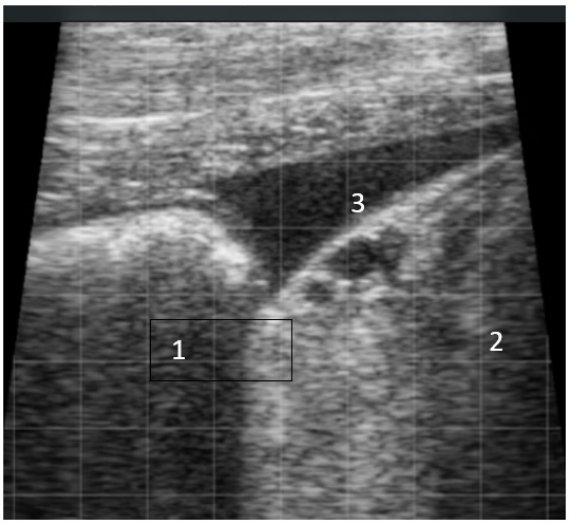


Imagen 4: Región retículo-rumen-abomaso. 1. Retículo, 2. Abomaso, 3. Liquido abdominal

Allí nosotros vamos también a poder diferenciar la presencia del omento mayor. Este órgano nos puede llegar a confundir con la presencia de fibrina, hay que ser precavidos.

El retículo y el rumen están llenos de gas mezclado con contenido digestivo y por esta razón lo único que usted va a observar es el borde (pared) de dichos órganos (ver imagen 5). El retículo (si usted orienta la sonda hacia craneal de la vaca) siempre va a aparecer al lado izquierdo de la imagen de una forma más o menos puntiaguda, mientras que el borde del rumen va a ser mucho más redondeado. El retículo tiene una contracción bifásica. En la primera van a tener una contracción incompleta y posteriormente van a tener una contracción completa en donde se va a desaparecer por completo este órgano de la visualización de la pantalla. El abomaso, por el contrario del retículo y el rumen, va a permitir la visualización de su contenido. Se verán los pliegues que generalmente son hipoecogénicos (ver imagen 6). Con contenido de ecogenicidad mixta y van a ver su contracción suave y constante.

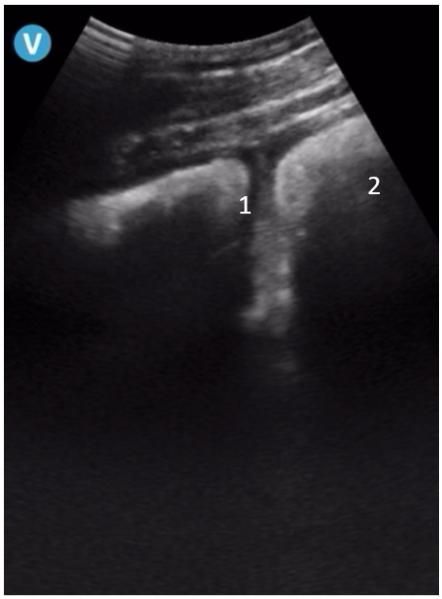


Imagen 5: 1. Retículo, 2. Rumen. Sonda convexa

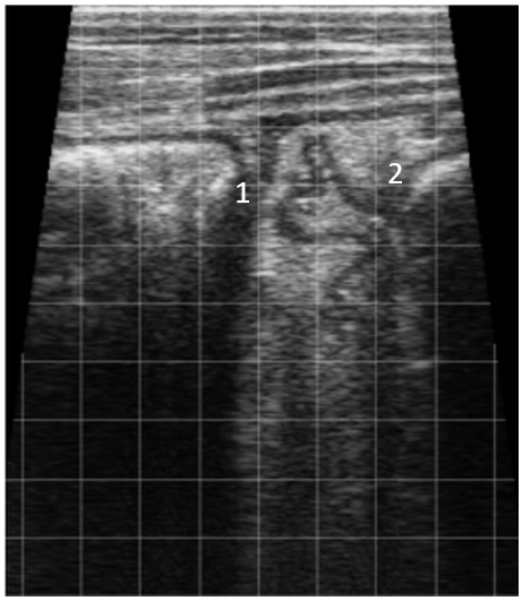


Imagen 6: 1. Retículo, 2. Abomaso.

Una vez terminado de escanear el lado izquierdo de la vaca, procedemos a examinar el tórax derecho de la misma forma como ya he explicado en el lado izquierdo, teniendo en cuenta que el pulmón derecho tiene un lóbulo adicional que también debe ser escaneado.

3) Omaso: Está ubicado entre el sexto y décimo primer espacio intercostal en la región ventral (ver imagen 7).



4)

Imagen 7: lugar de escaneo del omaso (círculo rojo)

Se encuentra en los límites entre el tórax y el abdomen. Este órgano está lleno de gas, por lo cual solamente vamos a observar su pared (ver imagen 8).

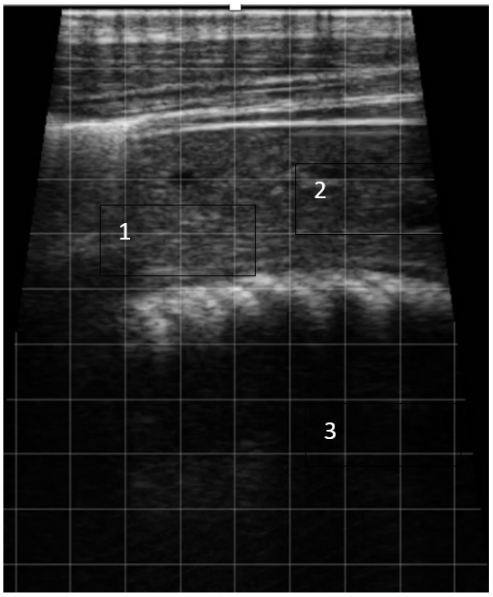


Imagen 8: 1. Pulmón, 2. Hígado, 3. Omaso

5) Píloro: El píloro es quizás uno de los órganos, de mayor reto para examinar y encontrar el abdomen de la vaca, sobre todo cuando uno es principiante. Su dificultad recae básicamente en su gran movilidad. Se encuentra en la región ventral media del abdomen derecho de la vaca (ver imagen 9).

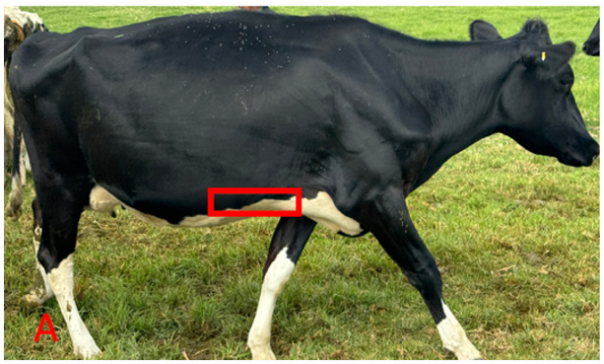


Imagen 9: Ubicación del lugar de escaneo del píloro

Su porción más distal está hecha de una gruesa capa muscular. Lo que va a encontrar es un cono de sombra bastante claro (ver imagen 10).

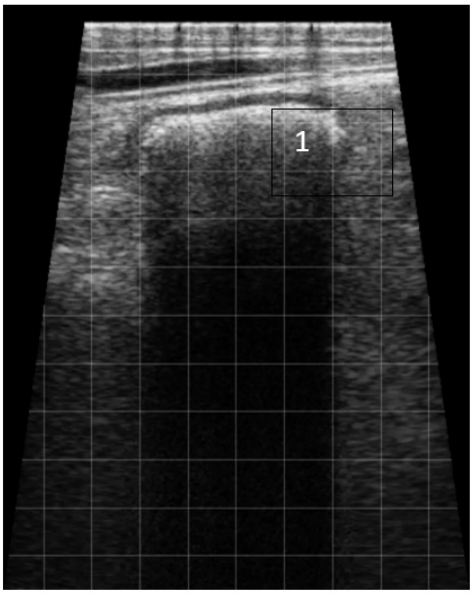


Imagen 10: 1. Píloro. Observe claramente su pared en forma de "media luna" formando un cono de sombra debido a la densidad de su pared muscular.

6) Abomaso: En la misma región (un poco hacia craneal y medial) en donde usted encuentra el píloro, ubicará el abomaso. Las paredes son bastante delgadas, (2-3mm) sus pliegues son hipoecogénicos y el contenido (ver imagen 6) es de ecogenicidad mixta. El movimiento y contractibilidad es suave y permanente.

7) Intestino delgado: Para evaluar el intestino delgado, hay que ubicar la sonda inmediatamente caudal y ventral al octavo espacio intercostal hasta la región cercana a la ubre, subiendo hasta el vértice inferior de la fosa paralumbar derecha y yendo hasta la línea alba (ver imagen 11).



Imagen 11: Los tres puntos clásicos para encontrar hallazgos anormales en el intestino delgado (círculos rojos). Las áreas azules muestran la región anatómica para escanear este órgano.

Se pueden reconocer las diferentes porciones del intestino (se requiere de entrenamiento para ello). El duodeno craneal, nace inmediatamente después del píloro. El duodeno descendente, está cerca al hígado y al colon y rodeado del omento. La gran porción de intestino que se observa se relaciona con el yeyuno e ileón (no se puede diferenciar el uno del otro). El intestino delgado tiene contractilidad constante y permanente. El contenido va de borde a borde y en su gran mayoría se ven cortes transversales, sin importar el momento en el que la vaca haya consumido alimento previo al examen. El grosor de la pared del intestino delgado es de 2-3 mm y el diámetro del asa, aunque puede llegar a ser variable, es de 2 -4 cm en un corte transversal. Algo importante, es que la unión entre asas, es generalmente angulosa (ver imagen 12). Es inusual ver cortes transversales redondeados en una vaca sana.

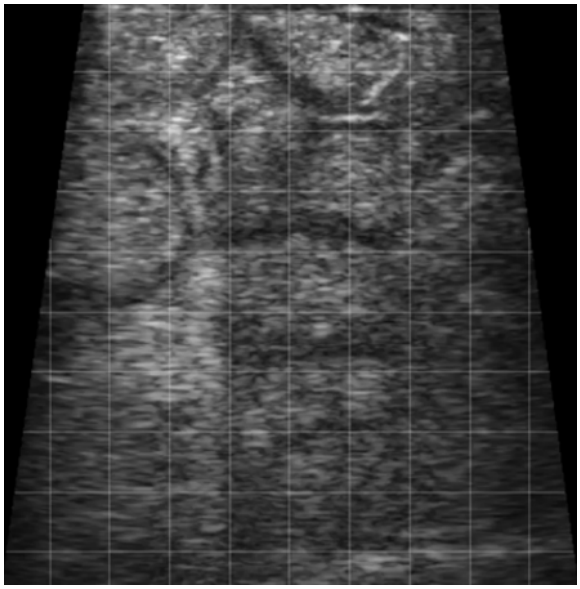


Imagen 12: Asas de intestino delgado en corte transversal. Observe detalladamente que las asas, al juntarse, las unas con las otras forman “ángulos”.

8) Hígado: Se encuentra entre los 3 últimos espacios intercostales del lado derecho en la región media-dorsal de la vaca (ver imagen 13).



Imagen 13: Localización de áreas a escanear para la evaluación del hígado (áreas rojas). 1. Vena porta, 2. Vesícula biliar, 3. Vena cava caudal (VCC)

En el último espacio intercostal, hacia dorsal, se encuentra la vena cava caudal. Este es un punto crítico del examen, porque acá encontramos una de las limitantes de la sonda lineal trans-rectal. Este vaso está muy profunda en el tejido, específicamente en vacas lecheras de tamaño grande (Holstein) y será imposible verla, pero en animales pequeños (Jersey) va a poderse visualizar con algo de esfuerzo. La vena cava caudal siempre se va a ver en un corte transversal de forma triangular. Un poco más hacia ventral y en ese mismo espacio intercostal, e inclusive en el penúltimo de ellos, se va a encontrar la vena porta. Esta tiene una ramificación doble o triple en la entrada del hígado, se verá redonda y transversal. El parénquima del hígado es de color gris homogéneo con múltiple presencia de vasos sanguíneos portales y hepáticos. Los vasos portales poseen una pared ecogénica mientras que los hepáticos no (ver imagen 14) la tienen.

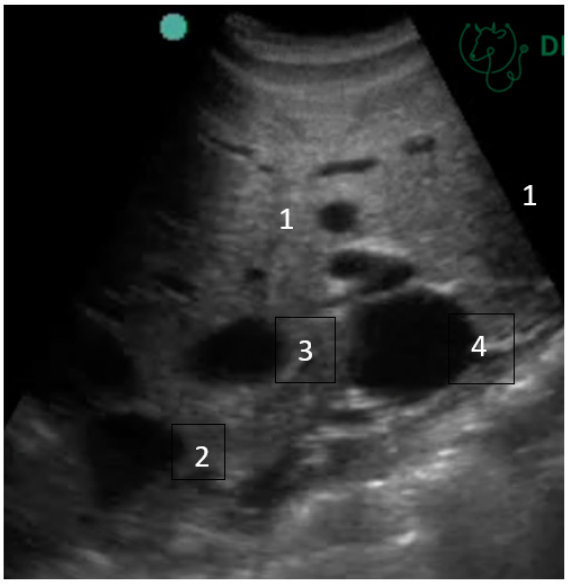


Imagen 14: 1. Parénquima hepático, 2. Vena cava caudal (VCC), 3. Vaso hepático, 4. Vena porta. Imagen tomada con sonda convexa a 25 cm de profundidad. Observe la ubicación en la imagen de la VCC.

La vesícula biliar se ubica entre el 9-11ro espacio intercostal. Tiene una forma de pera y el contenido es completamente anecogénico. Los conductos biliares no van a ser visibles, a no ser que de una obstrucción se trate.

9) Riñón derecho: Ubicado en el ángulo formado por la última costilla y la primera vértebra con su apófisis transversa lumbar. Lobulado en su exterior, posee las pirámides renales hipoecogénica en su interior. La corteza será de mayor ecogenicidad que la médula. Se ve claramente el hilo renal (lugar por donde entra la arteria y sale la vena renal junto con el uréter). El sino renal es un conducto que va a recolectar toda la orina, desde las pirámides renales hasta salir al uréter. (ver imagen 15). En las vacas no se habla de la presencia de una pelvis renal. El riñón izquierdo solamente se va a poder diagnosticar desde el punto de vista trans-rectal.

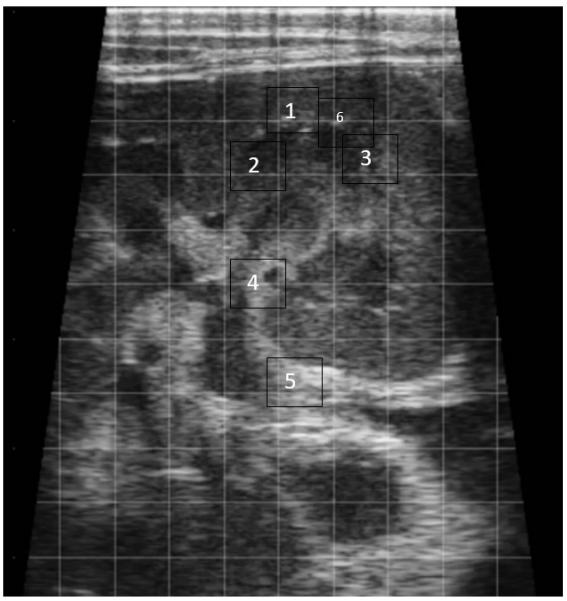


Imagen 15: Riñón derecho. 1. Corteza, 2. Medula, 3. Pirámide, 4. Sino renal, 5. Hilo renal, 6. Arterias arcuatas

Consideraciones finales:

Para finalizar este texto, quiero hacer las siguientes conclusiones: 1) Es importante que usted reconozca que la ecografía clínica de la vaca hecha con una sonda lineal de rectal es un método claro y que le va a ayudar a evidenciar y a tomar mejores decisiones basados en el pronóstico para ganar más confianza con el cliente. 2) El método BovATUS debe ser seguido a manera de protocolo. Evitar cualquier de los puntos de examen, es obviar quizás información importante para el diagnóstico clínico de una vaca. 3) La ecografía no es infalible, reconózcalo usted mismo y hágaselo saber al cliente. La ecografía no cura las vacas. 4) La práctica hace al maestro. Entre usted escanee más vacas y más

órganos normales, va a tener la certeza, que cuando observe alguna anormalidad en alguno de ellos lo va a notar de tal forma que no va a tener ninguna duda en gastar un poco más de tiempo en el examen de dicho órgano. 5) Con el método BovATUS usted va a poder (a medida que pase el tiempo y la experiencia), examinar una vaca desde el lado izquierdo hasta el lado derecho en máximo 7 minutos, lo cual le va a hacer ahorrar tiempo. 6) Existen patologías que no generan cambios ecográficos, para estas, deberá usar métodos diagnósticos complementarios y 7) las vacas con condición corporal elevada serán un reto diagnóstico, los órganos no se verán claramente.

Good scans!

PATOLOGÍAS ABDOMINALES Y TORÁCICAS MÁS COMUNES DIAGNOSTICADAS CON ECOGRAFÍA MÉTODO BOVATUS

Dr. Camilo Cabra Garcia , MV, MSc

Universidad Nacional de Colombia

Existen múltiples patologías que son posibles de diagnosticar con la sonda lineal trans-rectal. Usted debe recordar que estas patologías, obligatoriamente, deben causar algún tipo de alteración macroscópica en los órganos que afectan primariamente o algún tipo de afección secundaria (en otra región del cuerpo) que facilite el hallazgo y determinación de algún tipo de enfermedad.

A continuación, voy a exponer los hallazgos ecográficos más comunes de algunas de las patologías clásicas diagnosticadas con el método BovATUS:

Tórax:

1) *Pared:* Una de las lesiones más comunes de la pared del tórax son las fracturas de las costillas. Es común que se formen hematomas. Existe la posibilidad que bacterias ingresen dentro del lugar donde está la sangre acumulada, pudiéndose causar un absceso. Los hematomas muestran la acumulación de material anecogénico mezclado con bandas de fibrina (ver imagen 1). Por lo contrario, cuando usted está escaneando un absceso (aunque en algunas ocasiones se pueda confundir), generalmente la presencia del material purulento es homogéneo, de ecogenicidad mixta y con la presencia (en ocasiones, ausencia) de una capsula.

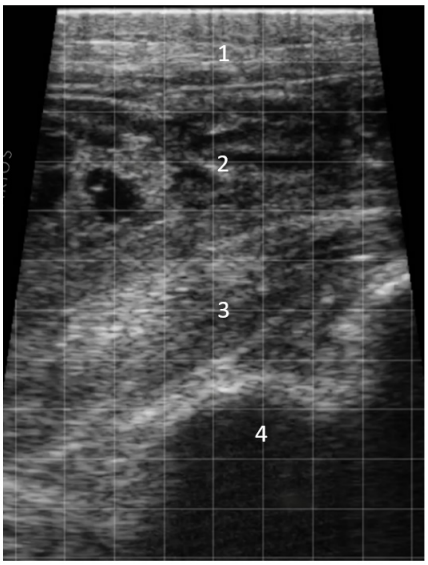


Imagen 1: Hematoma en pared costal de vaca adulta causado posterior a un trauma. 1. Pared costal, 2. Hematoma, 3. Músculos intercostales. 4. Costillas

2) *Cavidad torácica:* La acumulación de líquido entre las dos pleuras es conocida como efusión pleural. Se observa liquido anecogénico, con o sin fibrina (ver imagen 2). Se pueden ver algunos lóbulos pulmonares flotando e inclusive, debido a la presión que se genera sobre el parénquima pulmonar (causando atelectasia), puede llegarse a confundir, la apariencia del pulmón, con una consolidación pulmonar. Se generan diferentes tipos de diagnósticos diferenciales: a) enfermedad cardiaca congestiva derecha primaria o secundaria a una hipertensión pulmonar, b) neumonías crónicas, c) hipoproteinemia, d) otras.

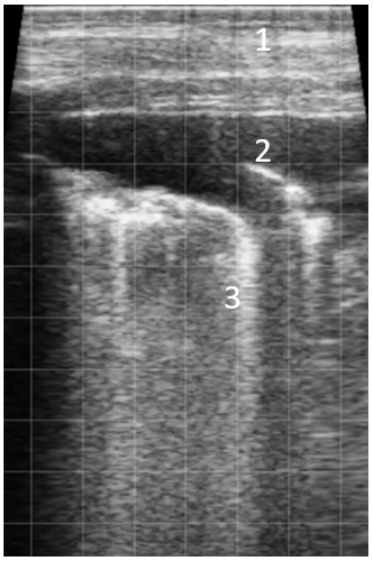


Imagen 2: Efusión pleural en vaca con insuficiencia cardiaca congestiva derecha. 1. Pared torácica, 2. Efusión pleural, 3. Pulmón. Nótese que la superficie pulmonar se ve con ecogenicidad aumentada, esto es debido a la atelectasia que causa el líquido sobre el pulmón.

Las irregularidades de la pleura deben ser analizadas con detenimiento porque fisiológicamente, desde el punto de vista ecográfico, la pleura es una línea continua, ecogénica, que se desliza suavemente junto con la frecuencia respiratoria, pero, en el lóbulo medio, existe un "descenso" ecográfico de la pleura, en este punto verá rugosidades de la pleura (ver imagen 3) de forma normal. Por lo contrario, si el hallazgo es patológico, generalmente genera colas de cometa (no siempre). Las lesiones de la pleura están relacionadas con infecciones del sistema respiratorio inferior.

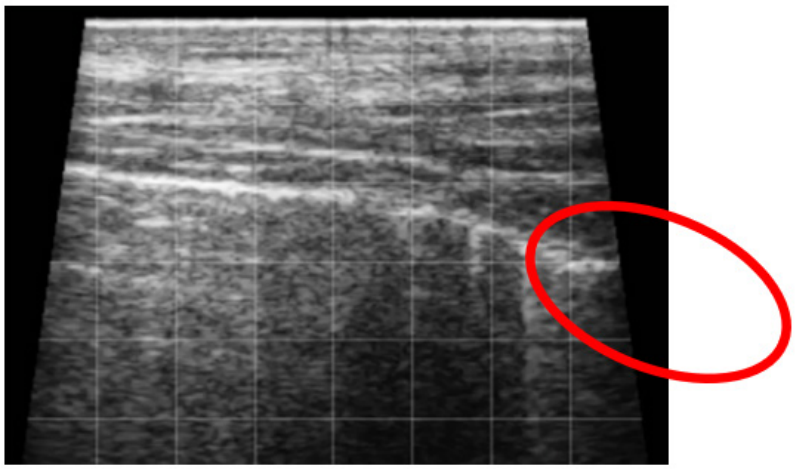


Imagen 3: Irregularidad fisiológica de la pleura en el lóbulo medio del pulmón derecho de una vaca adulta. Se observa la "pérdida de continuidad" (círculo rojo) de la misma, una vez comienza el "descenso". También se observan en esa misma zona 2 colas de cometa (líneas blancas que descienden desde la pleura).

La presentación de colas de cometa es un hallazgo que nos debe llamar la atención, pero también debo hacer en este punto hincapié, que, a diferencia de otras especies, las colas de cometa, a no ser que estén unidas las unas con las otras y en gran cantidad presentes (mayores a 5 en una zona y no mayor a 5cm de distancia entre ellas) durante el examen ecográfico, no serán nada de qué preocuparse. Con esto lo que quiero decir es que, si no hay sintomatología de una enfermedad pulmonar real y tengo el hallazgo de colas de cometa, simplemente debo dejar la anotación en la historia clínica del animal debido a que existen algunos reportes de la literatura que muestran que las colas de cometa pueden llegar a ser el inicio de una consolidación pulmonar. En mi experiencia, las colas de cometa, por si solas, raramente terminan en una consolidación pulmonar.

El hallazgo más común en las lesiones de pulmón es la consolidación pulmonar y como usted bien lo sabe, un pulmón sano siempre está aireado, es decir, que ecográficamente, presenta el artefacto reververancia (repetición de líneas horizontales). Si por alguna razón ese pulmón pierde la capacidad de llenado de aire, entonces, ese espacio ahora

será ocupado por material inflamatorio, purulento y/o moco, y esto, ecográficamente hará que el parénquima pulmonar sea visible (ver imagen 4).

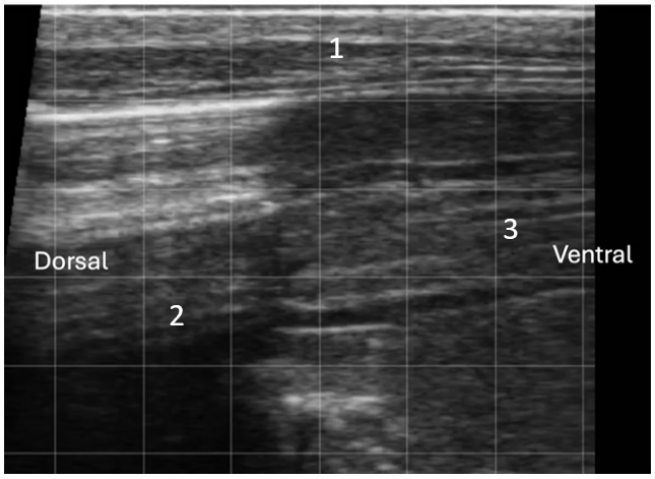


Imagen 4: Imagen de pulmón sano al lado izquierdo y consolidado al lado derecho. 1. Pared torácica, 2. Pulmón sano (reververancia), 3. Pulmón consolidado

Las consolidaciones pulmonares son generalmente causadas por una infección bacteriana. Si la lesión tiene una penetración de más de 5 cm desde la pleura visceral hacia el interior del pulmón y esto sumado a una clasificación superior a 3 (de acuerdo la clasificación de la Universidad de Wisconsin) el pronóstico del animal será de reservado a malo.

Cuando la patología es crónicas (no siempre) o cuando hay algún tipo de necrosis, pueden llegar a encontrarse lesiones nodulares (abscesos). Recuerde que, los abscesos "siempre" serán redondeados y la mayoría de veces rodeados de una capsula (ver imagen 5). Usualmente son múltiples, pero pueden llegar a verse solitarios.

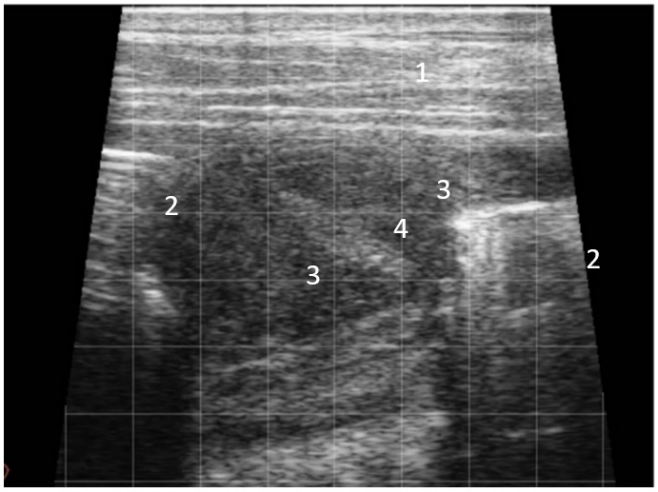


Imagen 5: Absceso pulmonar solitario. Se aprecia una capsula gruesa (2.5cm aprox.) con un centro ecogénico (pus posiblemente caseificado). 1. Pared torácica, 2. Pulmón sano, 3. Capsula del absceso, 4. Centro del absceso (pus)

En el tórax también encontramos el corazón. Con la sonda lineal rectal, la imagen y la visualización del corazón no es la deseada, debido a que es un órgano grande y que sobrepasa los límites de penetración de dicho transductor. Las sondas ideales para el examen del corazón son las convexas de baja frecuencia o las phased array. Es por esta razón que las patologías más comunes de encontrar son las endocarditis valvulares (aumento del grosor de las válvulas e irregularidades de su superficie) y la acumulación de líquido debajo del pericardio (efusión pericárdica o pericarditis infecciosa). La evaluación de la funcionalidad del corazón requiere de técnicas más avanzadas como el Color Doppler o el Doppler pulsado.

Retículo Rumen:

El retículo peritonitis es quizás la patología más común para poder encontrar en la región retículo-rumen-abomaso. Aquí es importante que recuerde que, la presencia del omento mayor no debe ser una causal de error diagnóstico, debido a que puede llegar a confundirse con presencia de fibrina y material inflamatorio (ver imagen 6).

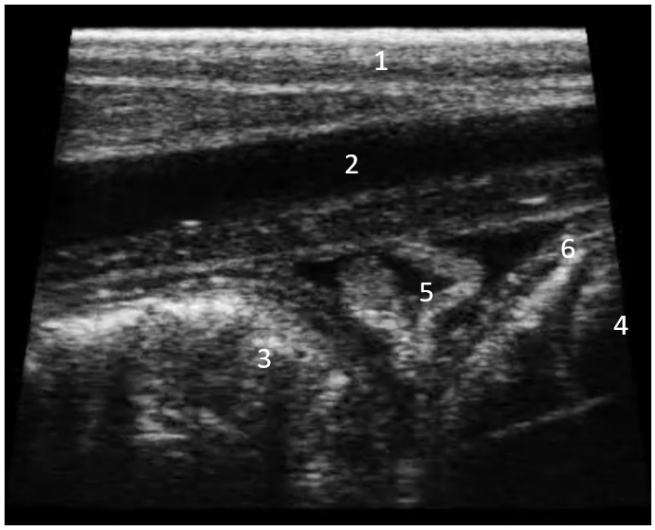


Imagen 6: Omento mayor. Esta es una la principal causa de confusión en un diagnóstico errado de retículo-peritonitis. Imagen tomada desde el lado izquierdo. 1. Pared abdominal, 2. Vena musculofrénica, 3. Retículo, 4. Abomaso, 5. Omento mayor, 6. Efusión abdominal

Cuando hay un retículo-peritonitis traumática o una retículo-pericarditis traumática, al presentarse salida de material digestivo (lleno de bacterias) para causar una peritonitis (que generalmente localizada), se produce liberación de líquido que es proveniente del proceso inflamatorio. Este líquido va a ser claramente visible en la ecografía con la sonda lineal rectal porque debido a la fuerza de la gravedad, la gran mayoría de este material va a caer a la región ventral del abdomen, lo cual va a facilitar la visualización de este hallazgo. Este líquido es rico en fibrina y células inflamatorias y se acumula entre las regiones: retículo-rumen, retículo-abomaso y rumen-abomaso y de acuerdo hacia donde haya sido la lesión traumática, se va a poder cambiar el pronóstico. Es decir, que, si la lesión como la gran mayoría de veces, sucede hacia caudal, es decir, entre el retículo y el rumen, el pronóstico va a ser "mejor" a que si la lesión es hacia craneal, entre el retículo y el corazón. Una de las consecuencias de la presencia del material infeccioso en esta región es la formación de abscesos y adherencias. Por esta razón se pueden generar problemas de movilidad y de contractibilidad del retículo, lo que posiblemente va a generar problemas futuros de digestión. La dimensión de la lesión va a ser difícil de examinar con la sonda lineal de rectal. Encontrar el cuerpo extraño también va a ser difícil (inclusive con sondas convexas) pero en este tipo de diagnóstico lo importante es observar el daño que se está causando y estar seguros de que el diagnóstico es el correcto mediante el hallazgo de estos materiales inflamatorios allí presentes. Cuando hay adherencias de estos órganos, se va a limitar la contractilidad del retículo y por ende no se observará la contracción completa de este órgano (ver imagen 7).

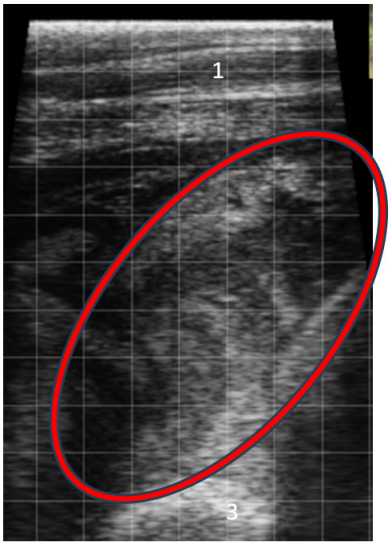


Imagen 7: Retículo-peritonitis traumática. Observe la gran cantidad de líquido mezclado con fibrina (inflamatorio)

acumulado en esta región (círculo rojo), desplazando hacia dorsal el rumen y el retículo de la vaca. 1. Pared torácica, 2. Acumulación de material inflamatorio dentro del abdomen, 3. Pared del retículo, 4. Pared del rumen

Si por alguna razón este material purulento no alcanza a salir libre al abdomen, puede llegar a acumularse en el omento, generando así una bursitis del omento. Allí va a encontrar una gran cantidad de acumulación de líquido de ecogenicidad mixta que puede llegar hasta el área dorsal e inclusive hasta el lado derecho del abdomen.

Omaso:

Las patologías primarias del omaso no son comunes. La impactación omasal es quizás la más popular de ellas (generalmente secundaria a una estenosis del sistema digestivo posterior). Las estenosis que causan impactación omasal, suelen producirse por la presencia de un cuerpo extraño (en el omaso o en otro órgano más hacia caudal), accidente intestinal o estenosis abomasal (leucosis, inflamación o cuerpo extraño) que impide el drenaje del alimento hacia caudal. Ante la presencia de una acumulación de líquido debido a una estenosis o a una obstrucción distal se observan claramente los pliegues internos de este órgano (ver imagen 8), lo que le sugerirá una búsqueda exhaustiva hacia caudal dónde debe de estar ubicado el problema.

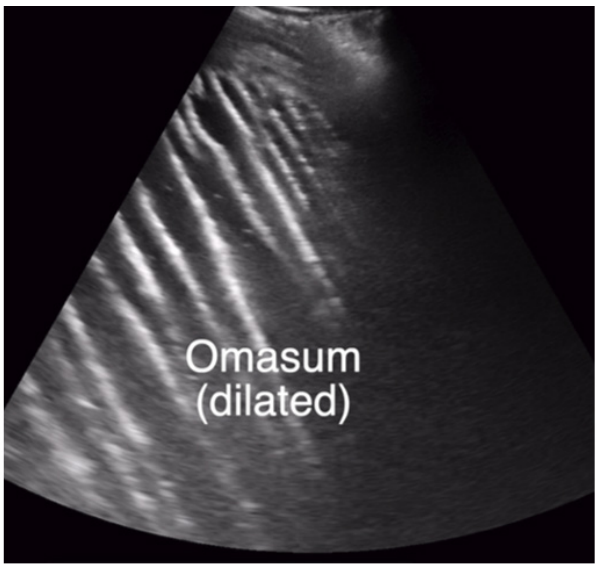


Imagen 8: Obstrucción del tránsito digestivo debido a un vólvulo abomasal. Se observa el omaso pletórico de material hipoecogénico. Se observan claramente los pliegues internos del órgano. Sonda convexa.

Píloro y abomaso:

Las lesiones de estos órganos pueden llegar a ser primarias y secundarias. Una de las patologías más comúnmente diagnosticadas por ecografía es la invasión de células afectadas por el virus de la leucosis bovina (linfoma de la pared del píloro o abomaso). Ecográficamente se encuentra la apariencia común de un linfoma clásico. Sus características son: aumento de grosor de las paredes (hasta 20 veces más de lo normal) y presencia de "líneas anecogénicas perpendiculares a la pared de 1-2mm de ancho" (vasos sanguíneos que irrigan el tejido afectado) entrelazadas con líneas ecogénicas en el mismo sentido (células de la pared) y por ende, debido al problema de tránsito alimenticio, acumulación de contenido de ecogenicidad mixta a hipoecogénico (ácido clorhídrico). Una biopsia eco guiada, será la metodología diagnostica ideal para conocer el origen exacto del problema (ver imagen 9).

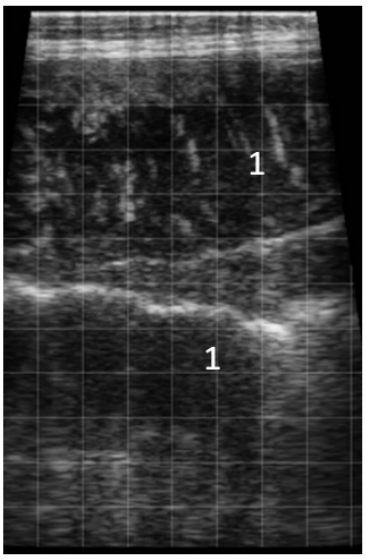
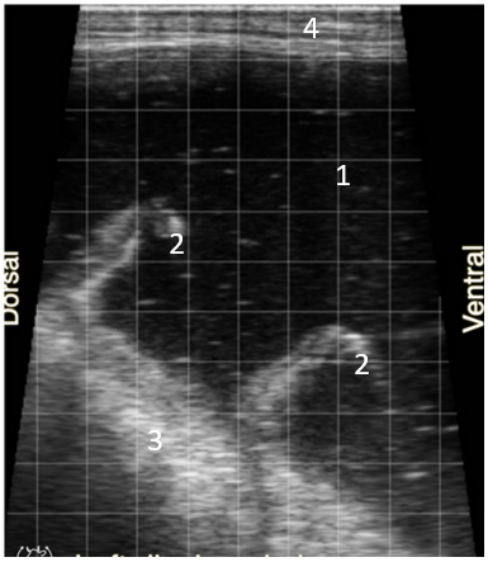


Imagen 9: Linfoma de la pared del abomaso. 1. Pared severamente engrosada (fíjese detalladamente en las características de la pared, hay presencia de líneas anecogénicas y ecogénicas entremezcladas y perpendiculares a la pared del abomaso, estas líneas son los vasos sanguíneos que irrigan el linfoma), 2. Contenido abomasal.

El desplazamiento de abomaso es una patología que se diagnostica mayoritariamente con la percusión y un estetoscopio. Existen algunas vacas que hacen que esta enfermedad no sea de fácil diagnóstico debido al grosor de la pared de su abdomen o a que no hay suficiente acumulación de gas en la víscera (fases tempranas). Este diagnóstico requiere de una víscera llena de gas (abomaso), técnica y habilidad. Si por alguna razón usted, después de hacer la percusión, tiene dudas en el diagnóstico final, puede usar el ecógrafo para identificar el órgano que le genera preocupación. En el desplazamiento a la izquierda, se observa el píloro en ese mismo lado (que jamás debería estar allí). Además, se ve el abomaso pletórico de líquido de ecogenicidad mixta (a mayor grado, mayor acumulación de líquido), debido a que no hay un correcto tránsito digestivo hacia caudal y se ve claramente los pliegues de este órgano flotando dentro de ese líquido (ver imagen 10). Generalmente ese líquido tiende a tener una gran cantidad de ácido clorhídrico, lo que le da la apariencia de ser hipoecogénico, con algún material de contenido alimenticio en su interior. Cuando el desplazamiento es al lado derecho y encontramos un ping en esta región, el desafío técnico es mayor, debido a que varios órganos pueden llegar a producir dicho sonido (ping) en esta parte del cuerpo (ciego, abomaso, útero, neumoperitoneo, entre otros). Es por esta razón que es indispensable que se determine cual es la víscera que está causando el problema, porque el procedimiento a seguir puede ser diferente. Se ubica la sonda en los últimos espacios intercostales derechos, justo donde escuche el ping y se desplaza hacia ventral. Si el problema es el abomaso, encontraran el mismo hallazgo que en el desplazamiento a la izquierda (abomaso lleno de líquido en la parte ventral, gas en la parte dorsal y los pliegues flotando).



Ver imagen 10: Desplazamiento de abomaso hacia la izquierda. 1. Contenido abomasal (hipoecogénico con puntos ecogénicos en su interior), 2. Pliegues del abomaso flotando, 3. Rumen, 4. Pared abdominal.

Las úlceras de abomaso requieren de un poco más de experiencia para su diagnóstico, debido a que, en grados leves

de afección, los cambios ecográficos son sutiles. Es indudable que, ante el hallazgo de un aumento de grosor de la pared, algún grado de inflamación estará presente. Las ulceras "in situ" serán casi imposibles de ver, pero los efectos que ellas causan, "delatarán" la enfermedad. Existen 4 grados de ulceración. En las ulceras grado 1-2 (grados leves), la aparición de colas de cometa en la pared y aumento de ecogenicidad de la mucosa estarán presentes (ver imagen 11). En el grado 3-4 (perforación hasta la capa muscular e inclusive hasta la serosa), es obvio que una afección mayor estará presente, relacionada con los hallazgos ya explicados (acumulación de líquido con material fibrinoso en el lugar de la lesión). A medida que va avanzando la patología, el pronóstico disminuye. Puede llegar a formarse uno o varios abscesos. La pérdida constante y permanente de sangre va a empeorar el pronóstico.

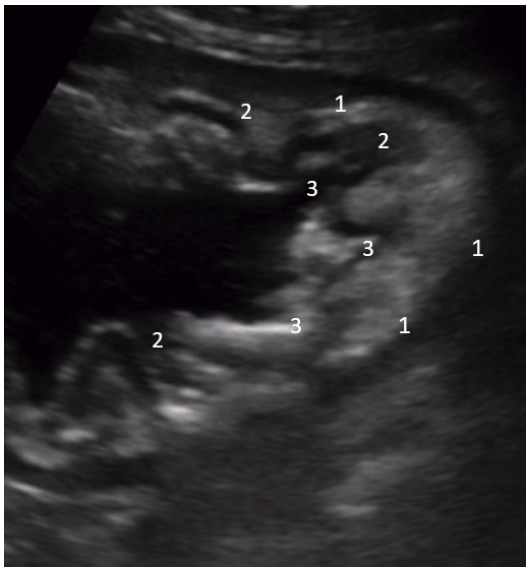


Imagen 11: Ulceras abomasales grado 2. 1. Pared abomasal engrosada. 2. Edema de la pared (línea anecogénica alrededor del borde interno (mucosa del abomaso), 3. Borde de la mucosa ecogénico.

Intestino delgado:

Existen diferentes tipos de patologías que se pueden diagnosticar con el ecógrafo en este órgano, las más comunes son los accidentes intestinales. Para generar un diagnóstico presuntivo de accidente intestinal se debe tener la suma de tres factores: síntomas clínicos, diámetro de las asas mayor a 3.5 cm en por lo menos 1 zona y motilidad reducida o ausente. No siempre que se encuentre un íleo se puede concluir que un accidente intestinal está presente. Una causa común de íleo puede llegar a ser la iatrogénica (xilazina).

Cuando de un accidente se trata, sí la zona afectada del intestino delgado es el duodeno, generalmente sólo una o pocas asas van a estar dilatadas hasta 7.7cm. Si es el yeyuno o el ileon, más de 5 asas van a estar dilatadas (>5.5cm), y si es del yeyuno proximal (aunque es raro) se verán de 1-2 asas dilatadas (ver imagen 12). Las asas dilatadas incrementan en número cuando el problema es aún más distal. Las asas perderán los ángulos (corte transversal) y pasarán a ser redondeadas. Si se sospecha de una intususcepción, encontrar el lugar de la lesión depende mucho del lugar en donde se encuentre ubicada en el intestino. Si el sitio afectado está muy profundo, al ser el abdomen de la vaca voluminoso y grande, usted dependerá básicamente de la "suerte" para encontrarlo. La lesión puede ser visualizada de dos formas: longitudinal (apariencia de "sándwich) y transversal ("ojo de buey"). Siempre se deben unir los hallazgos ecográficos con la clínica del animal. Los hallazgos incidentales en el intestino no son comunes.

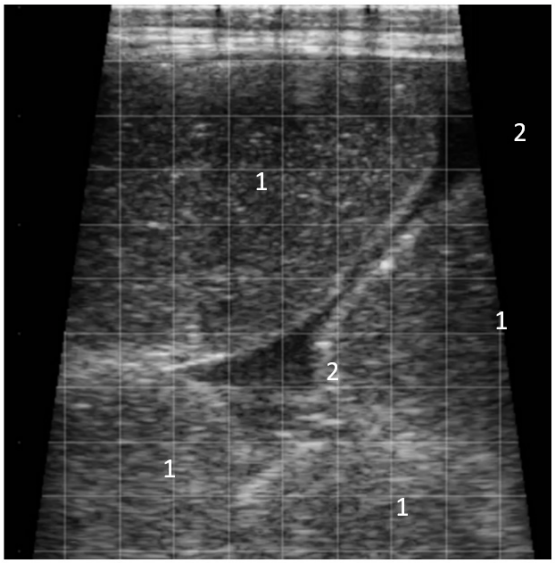


Imagen 12: Obstrucción intestinal por torsión del yeyuno. Se observa claramente la 1. dilatación de las asas (corte transversal), 2. liquido en medio de las asas y perdida de los ángulos del intestino (asas redondeadas).

Además de los accidentes, también, se pueden ver lesiones en la pared intestinal. La más común es la paratuberculosis. El hallazgo más común es el aumento de grosor de la pared (>5-7mm) en conjunto con sintomatología de la enfermedad.

Vesícula biliar:

Las patologías de la vesícula biliar están básicamente centradas en la apariencia del contenido que ellas tengan. La más usual es la apariencia de barro biliar, en donde el contenido va a pasar de ser anecogénico totalmente, a ser de ecogenicidad mixta, lo que genera una dificultad en el drenaje de bilis. En mi experiencia y basado en los cultivos microbiológicos y sumado a los síntomas de diarrea amarillenta y alta fiebre, la salmonelosis será el primer diagnóstico diferencial (imagen 13). El tamaño de la vesícula biliar varía de acuerdo al consumo de alimento, en animales con anorexia, se verán vesículas grandes.

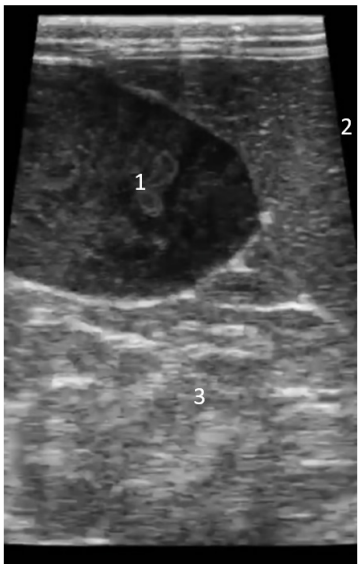


Imagen 13: Vesícula biliar “barrosa”. 1. Vesícula biliar (observe el contenido de ecogenicidad mixta), 2. Hígado, 3. Intestino delgado

Hígado:

El hígado es quizás uno de los órganos que más nos genera información directa e indirecta de otros órganos que pueden llegar a estar afectados. La presentación de un parénquima hipoecogénico con la presencia de un punteado múltiple ecogénico en toda la región examinada configura el diagnóstico de una enfermedad hepática difusa. Es importante mencionar que este tipo de hallazgo se puede presentar en diferentes tipos de patologías. Dentro de las cuales y sin duda alguna, la más común son las intoxicaciones de tipo alimentario (ver imagen 14).



Imagen 14: Enfermedad hepática difusa. Intoxicación alimentaria por nitritos y nitratos. Parénquima hepático hipoecogénico y presencia de puntos ecogénicos (blancos) en toda el área examinada. 1. Hígado, 2. Pared abdominal. 3. Vaso sanguíneo portal.

La presentación de abscesos hepáticos también es un hallazgo que en múltiples ocasiones puede llegar a ser incidental. Estos abscesos, de acuerdo con el momento en cuando son diagnosticados, pueden tener una apariencia totalmente diferente. Cuando los abscesos son maduros, generalmente son homogéneos, tienen cápsula y son de escogencia mixta (ver imagen 15). Mientras que cuando los abscesos son jóvenes, son de una apariencia heterogénea, pudiendo tener múltiples puntos ecogénicos sin evidencia de cápsula. Los abscesos pueden ser únicos o múltiples, pudiendo llegar a ser inclusive de 20-30 cm de diámetro. Los diagnósticos diferenciales para estos abscesos son las neoplasias y los quistes.

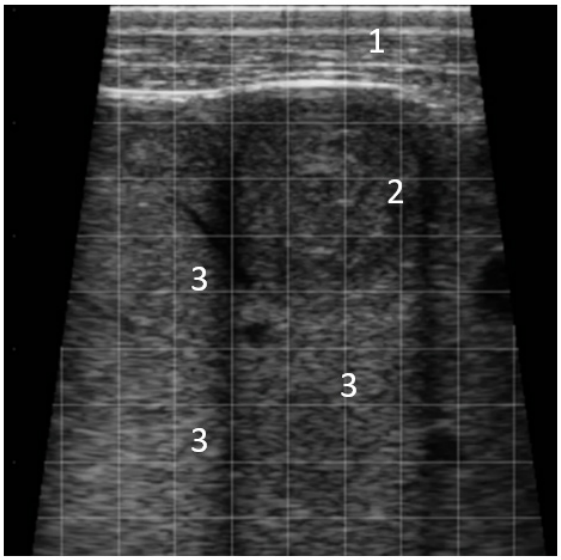


Imagen 15: Absceso hepáticos maduro. 1. Pared abdominal. 2. Absceso hepático. 3. Parénquima pulmonar

Los conductos biliares fisiológicamente no son observables, pero ante la presencia de una obstrucción o afección de estos conductos, se van a ver de tipo fibroso (ecogénico), como por ejemplo cuando hay una infestación de *Fasciola hepática*. Se puede llegar a generar sombra acústica y dichos conductos, en una vista transversal, van a tener la apariencia de un anillo o de tubo en una vista longitudinal (ver imagen 16). Si la lesión parasitaria ya está bien instaurada en el hígado de la vaca, se pueden observar los quistes con los parásitos flotando en su interior. Estos quistes generalmente son de tipo anecoico.

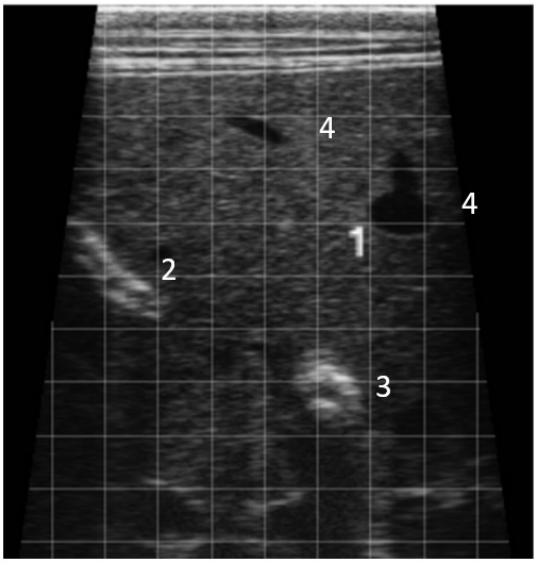


Imagen 16: Apariencia de los conductos biliares intrahepáticos en una vaca con infestación de *Fasciola hepatica* . 1. Parénquima hepático, 2. Conducto biliar fibroso, vista longitudinal, 3. Conducto biliar fibroso vista transversal, 4. vaso sanguíneo hepático (rama venosa hepática)

Como ya les había mencionado desde un principio, el hígado le puede dar a usted, información de posibles lesiones en otros órganos, como por ejemplo, cuando hay una enfermedad cardíaca congestiva derecha. Se observa el parénquima hepático heterogéneo, debido a la congestión hepática. Se observan pocos ecos del parénquima y va a dar la apariencia que hay "mucho más tejido conectivo" de lo que usualmente se observa. El hígado da la apariencia de estar "moteado". Se ven los bordes del hígado (generalmente son angulosos) de forma redondeada y se pueden encontrar edemas y acumulación de líquido alrededor de la vesícula biliar, mesenterio y omento mayor. Adicionalmente, al observar la vena hepática principal, esta tendrá un diámetro incrementado (>4 cm de diámetro, ver imagen 17). Si se usa una sonda convexa, van a poder examinar la vena cava caudal. Esto no es posible con la sonda trans-rectal, porque este vaso está muy profundo en el hígado. Pasará de tener forma triangular a redondeada (esto también se observa en la trombosis de la vena cava caudal). También se puede ver la presencia de trombos intrahepático dentro de las venas hepáticas. Hay que ser precavidos, porque los trombos pueden tener una ecogenicidad parecida al parénquima hepático, dificultando así su diagnóstico. La hepato-litiasis es otro hallazgo común. Se encuentra material hiperecogénico con la presentación de sombra acústica. El hígado graso es otra lesión que, aunque no es común (en mi casuística), se puede diagnosticar con facilidad. Al haber una "invasión de células grasas" en el parénquima, se perderá detalle del hígado, se verá más ecogénico y los vasos sanguíneos dentro de la zona afectada perderán claridad en su observación.

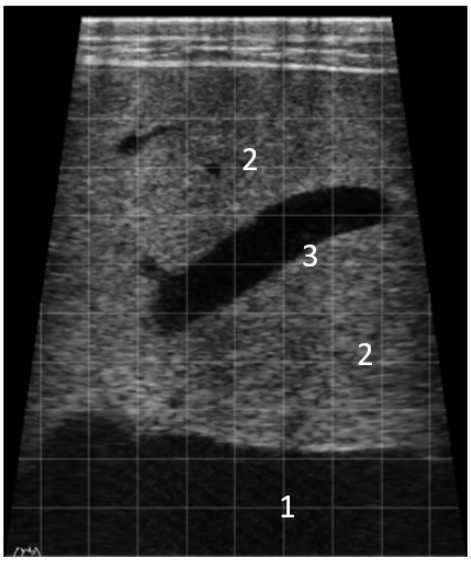


Imagen 17: Enfermedad cardiaca congestiva derecha. 1. Vena hepática principal dilatada (>4cm de diámetro), inclusive no se ve (debido a la profundidad que supera los 12cm del campo examinado) su pared inferior. 2. Parénquima hepático. 3. Vena hepática (rama secundaria)

Riñón derecho:

Dentro de las patologías que podemos encontrar en este órgano, encontramos: A) quistes renales (acumulaciones redondeadas de líquido anecogénico), que pueden estar en la corteza o médula y pueden llegar a ser únicos o múltiples. Generalmente son hallazgos incidentales y no es común que sean bilaterales. B) Pielonefritis (se observan las pirámides completamente dilatadas, riñón aumentado de tamaño y con la acumulación de material de ecogenicidad mixta en la mitad de dichas pirámides, ver imagen 18)

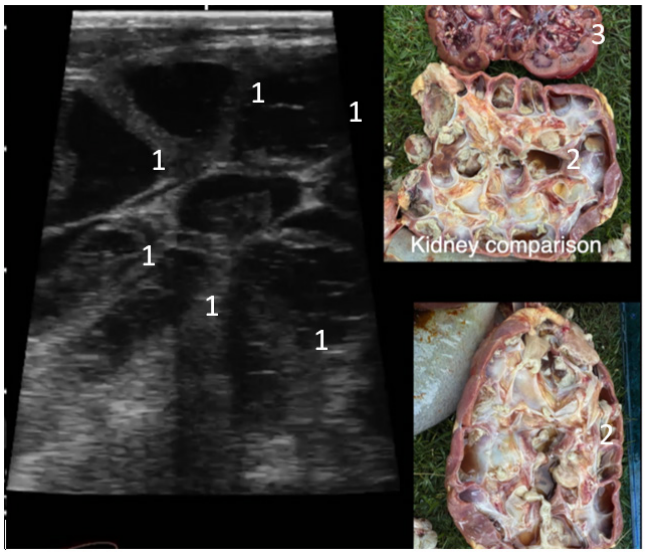


Imagen 18: Pielonefritis en una ternera de 4 meses de edad. En la ecografía se observa claramente las 1. pirámides dilatadas con material de ecogenicidad mixta en su interior compatible con pus mezclado con orina. En la imagen de la derecha se observa el 2. riñón afectado (30cm de longitud) y el 3. normal.

Vejiga urinaria:

Los tumores de la pared de la vejiga deben ser examinados y diagnosticados con detenimiento, porque en muchas ocasiones, su forma puede llegar a ser confundida con un placentoma de una preñez avanzada. También se pueden encontrar cálculos en la vejiga urinaria. Se verán del tipo “arenilla” o dependiendo del tamaño, se podrán ver redondeados o irregulares, flotando, hiperecogénicos, generando sombra acústica.

Consideración final:

La ecografía clínica de la vaca, realizada con una sonda lineal trans-rectal y siguiendo el protocolo BovATUS, es una metodología efectiva para el diagnóstico de patologías que generen un cambio macroscópico en el órgano afectado o en otro de forma secundaria. Este transductor tiene limitantes (profundidad), pero el entendimiento de la apariencia y posición ecográfica de los órganos normales y mediante la relación de la fisio-patología de la enfermedad junto con el hallazgo encontrado, los llevará a un diagnóstico (o varios de ellos) certero y acorde a la realidad, para generar un pronóstico realista. Nunca olvide que todo hallazgo ecográfico anormal debe ser revisado en varias vistas (longitudinal, transversal, oblicuo) y debe relacionarse con la clínica que el animal este mostrando al momento del examen.

ESTADO ACTUAL DE LAS TÉCNICAS DE MODIFICACIÓN GENÉTICA APLICADAS AL GANADO BOVINO

Irala C., Flores-Borobia I., Martínez de Los Reyes N., González-Brusi L., Galiano-Cogolludo B., Siegmund-Sabater A., Ramos-Ibeas P., Bermejo-Álvarez P.

Departamento de Reproducción Animal, INIA, CSIC, Madrid, España.

La selección genética ha sido la base de la domesticación de las especies de animales y plantas y, por tanto, de la aparición de la agricultura y la ganadería. En sus orígenes, esta selección se llevó a cabo de una forma intuitiva, seleccionando como reproductores a ejemplares que exhibían unas características de interés. Posteriormente, la selección genética se intensificó gracias a los avances en las técnicas de reproducción asistida y en la estimación del mérito genético. Las técnicas de reproducción asistida permiten aumentar el número de descendientes de los individuos de mayor mérito genético. Los avances en la estimación del mérito genético permiten conocer con mayor precisión la probabilidad de obtener una característica de interés en la descendencia, inicialmente mediante modelos matemáticos basados en datos del fenotipo de individuos emparentados y actualmente potenciado por técnicas genómicas. Gracias a esta intensificación de la selección genética actualmente disponemos de animales de granja con unas capacidades productivas excepcionales.

Pese al innegable éxito de la selección genética, la mejora genética mediante selección está limitada a los alelos ya existentes en una determinada población. Dicho de otro modo, la selección genética necesita que existan variantes genéticas que den lugar o influyan sobre el carácter de interés. En contraposición a esta limitación, las técnicas de modificación genética permiten crear variantes genéticas de interés no existentes en la especie o raza. Estas técnicas, desarrolladas en sus versiones iniciales hace más de 40 años, han experimentado grandes avances en la última década que han facilitado su aplicación a animales de granja [1].

Breve introducción a las técnicas de modificación genética en animales

Los primeras técnicas de modificación genética (también llamada mutagénesis) desarrolladas conseguían la integración aleatoria de secuencias de ADN en el genoma mediante diversas técnicas como la inyección pronuclear de construcciones de ADN [2], el empleo de retrovirus (denominada transducción) [3] o la introducción de construcciones de ADN mediada por la inyección intracitoplásmica de espermatozoides [4]. Esta integración aleatoria de secuencias de ADN (denominada mutagénesis no dirigida), permitía la expresión de genes exógenos (denominados transgenes) en una determinada especie, pero no la inserción o eliminación de secuencias en un lugar específico del genoma (denominada mutagénesis dirigida), no siendo posible la generación de variantes sobre genes de interés productivo.

Hasta la aparición de las endonucleasas específicas de secuencia, el único método disponible para realizar mutagénesis dirigida era una técnica extremadamente ineficiente: la reparación mediada por homología (RH). La baja eficiencia de esta técnica ($0{,}1\text{-}10^{-7}$ %) hacía que su aplicación directa a embriones fuera inviable, ya que sería necesario generar y genotipar al menos 1000 individuos para obtener uno con la modificación deseada. Para evitar el problema de la baja eficiencia, la RH se aplicaba a células troncales, introduciendo un cassette de selección en la construcción de ADN para seleccionar las escasas células troncales que contenían la mutación deseada [5]. Tras la selección, las células troncales modificadas genéticamente se utilizaban para generar animales quiméricos (formados parcialmente por células que contenían la mutación) que eran cruzados para obtener en dos generaciones animales homocigotos para la mutación deseada. Este proceso era aplicable a ratones e hizo que esta especie se convirtiera en el modelo de experimentación animal más utilizado. Desafortunadamente, el proceso descrito no era ni es aún aplicable a animales de granja debido a que, con la excepción reciente del conejo [6], no se conocen las condiciones para obtener células troncales totipotentes capaces de generar quimeras en ningún animal de granja.

El descubrimiento de la clonación reproductiva o transferencia nuclear de células somáticas [7] proporcionó la solución a la falta de células troncales en animales de granja. Como la clonación permite generar un animal genéticamente idéntico a una célula somática, el proceso de RH se puede realizar en células somáticas (generalmente fibroblastos, fáciles de cultivar y disponibles en cualquier especie de mamífero) en vez de en células troncales. Una vez introducida la mutación en células somáticas, su núcleo se puede emplear como donante para generar un animal que, obviamente, contendrá la mutación introducida en la célula somática. Esta aproximación consiguió la generación de los primeros animales de granja con una mutación dirigida [8], pero tenía como inconvenientes la baja eficiencia y la elevada laboriosidad y complejidad técnica del proceso de clonación. Estas dificultades y el elevado coste económico y temporal asociado, limitaban la aplicación la mutagénesis dirigida en animales de granja

El descubrimiento de las endonucleasas específicas de secuencia proporcionó una ruta alternativa para la mutagénesis dirigida en animales de granja, mucho más económica y eficiente que la combinación de RH y clonación. Las endonucleasas específicas de secuencia son complejos proteicos o ribonucleoproteicos diseñados para inducir cortes de ADN de doble cadena en secuencias específicas. Estos cortes de ADN pueden ser utilizados para introducir mutaciones aleatorias específicas de secuencia denominadas indels mediante el mecanismo de unión no homóloga de extremos, o mutaciones predecibles utilizando el mecanismo de RH, pero con una eficiencia mucho mayor a la obtenida con la técnica RH convencional. Las endonucleasas específicas de secuencia incluyen a las nucleasas de dedos de zinc (ZFN, por sus siglas en inglés *Zinc Finger Nucleases*) [9], al sistema TALEN (por sus siglas en inglés) [10] y

a CRISPR (por sus siglas en inglés *Clustered Regularly Intespaced Short Palindromic Repeats*) [11], siendo este último el más empleado por su facilidad para ser adaptado a una secuencia específica.

En el ganado bovino, la generación directa de embriones modificados mediante mutagénesis dirigida mediada por endonucleasas específicas de secuencia requirió de ciertas adaptaciones fundamentales para aumentar la eficiencia [12] y, gracias a ellas, actualmente el sistema CRISPR convencional permite eliminar genes con eficiencias cercanas al 40 % [13] o introducir modificaciones específicas pequeñas (ej. cambios de una base, SNP, por sus siglas en inglés *Single Nucleotide Polymorphism*) con eficiencias de heterocigosis cercanas al 50 % [14]. Recientemente, las evoluciones del sistema CRISPR convencional han mejorado la eficiencia de introducción de modificaciones predecibles. Por ejemplo, el sistema de editores de base de citosina (derivado del sistema CRISPR) [15] es capaz de eliminar genes con eficiencias que oscilan entre el 60 y el 100 % en embriones bovinos [16]. Estas eficiencias superan por varios órdenes de magnitud las obtenidas con la tecnología RH convencional, permitiendo la generación directa de embriones modificados genéticamente y evitando la necesidad de realizar clonación y del empleo de cassettes de selección, que dejaban mutaciones adicionales a la deseada en el animal generado.

Ejemplos de bovinos modificados genéticamente

La generación de animales de granja modificados genéticamente puede perseguir múltiples fines, que abarcan desde la experimentación en ciencia básica como modelo para entender la fisiología humana o la de la propia especie hasta aplicaciones ganaderas, pasando por aplicaciones biomédicas como la generación de fármacos de interés terapéutico o la generación de órganos para xenotransplantes (revisado en [17]). Entre los distintos animales de granja modificados genéticamente (revisado en [18]), en esta revisión nos centraremos en el ganado bovino modificado genéticamente con aplicaciones ganaderas, citando a las publicaciones pioneras en cada modificación (Tabla 1).

La primera modificación genética introducida con fines ganaderos en el ganado bovino tuvo como objetivo la producción de leche con una proteína de la leche humana (lactoferrina) ausente en la de vacas [19]. La modificación fue transmitida a la descendencia del toro portador, de nombre "Herman", pero la cantidad de lactoferrina en la leche de sus hijas fue demasiado baja como para despertar un interés comercial. En la misma línea de "humanización" de la leche de vaca, otro grupo generó una vaca, llamada "Rosie", cuya leche contenía otra proteína de la leche humana (lactoalbúmina alfa), esta vez en cantidades notables (2,4 g/l) [20]. Posteriormente, se consiguió reducir la expresión de lactoglobulina beta (responsable de la aparición de alergias a la leche de vaca) mediante la expresión de un ARN interferente [21]. En estos casos se emplearon técnicas de mutagénesis no dirigidas, consiguiendo limitar la expresión del transgén a la glándula mamaria mediante el uso de promotores específicos de dicho tejido.

Otras modificaciones genéticas en las que la expresión del transgén se limitó a la glándula mamaria persiguieron mejoras en la producción de queso y en la resistencia a la mastitis. Para mejorar la producción de queso, se generaron vacas portadoras de copias adicionales de los genes codificantes para las caseínas beta y kappa, debido a la correlación positiva entre la cantidad de estas proteínas y la capacidad de formación del cuajo y la estabilidad térmica. La leche de estas vacas contenía un 17-35 % más de la caseína total que la de las vacas no modificadas, aunque paradójicamente en algunos casos se observó una ligera disminución de la proteína total [22]. Para lograr resistencia a la mastitis bacteriana, se generaron vacas que producían lisostafina en glándula mamaria [23]. La lisostafina es una endopeptidasa de la bacteria *Staphylococcus simulans* que actúa sobre la pared celular de *Staphylococcus*, incluyendo a *S. aureus*. La incidencia de la aparición de infección tras exposición a *S. aureus,* se redujo de un 71 % en vacas no modificadas a un 14 % en las 3 vacas transgénicas estudiadas.

El desarrollo de las técnicas de mutagénesis dirigida permitió introducir las mutaciones predecibles necesarias para otras aplicaciones. Siguiendo con el ganado lechero, se han generado vacas cuya leche no contiene esta beta lactoglobulina ([24] y estudios posteriores) y una vaca que expresan la glicosidasa beta de la bacteria *Sulfolobus solfataricus* con el fin de generar leche sin lactosa, aunque la eficacia del transgén aún no ha sido demostrada [25]. Con aplicaciones cárnicas, se han generado animales que exhiben un mayor crecimiento muscular gracias a la eliminación del gen de la miostatina ([26] y estudios posteriores), un inhibidor del crecimiento muscular cuya función es bien conocida en el ganado bovino por la existencia de múltiples mutaciones espontáneas (alelos o haplotipos) que impiden la formación de la proteína y son las responsables del sobrecrecimiento muscular de algunas de las razas cárnicas actuales [27].

La edición génica también puede emplearse para obtener animales más manejables o resilientes. Para mejorar el manejo, se ha introducido el alelo "polled" -que confiere un fenotipo mocho- en líneas genéticas que desarrollan cuernos ([28] y estudios posteriores). Con el fin de mejorar la resistencia a estrés térmico, se han generado animales portadores de alelos "Slick" ([29] y estudios posteriores), que dan lugar a proteínas del receptor de la prolactina (PRLR) truncadas y acortan el pelo del animal. Otra mutación introducida para mejorar la resistencia al calor confiere una coloración más clara en el pelo de razas negras mediante la eliminación de la leucina 18 en el gen PMEL [30]. En una línea similar a las anteriores, también se ha usado la edición génica para corregir un alelo recesivo en el gen IARS, que causa debilidad neonatal en la raza negra japonesa, aunque las gestaciones no fueron llevadas a término [31].

Por último, también se han introducido mutaciones para evitar o generar cierta resistencia a enfermedades infecciosas. En esta línea se han generado vacas sin la proteína del prion (PrP) que no pueden padecer ni transmitir encefalopatías espongiformes ([32] y estudios posteriores). Para prevenir la transmisión de la tuberculosis, se han empleado dos vías. La primera ha consistido en la sobreexpresión de la proteína NRAMP1 mediante la adición de una copia extra, logrando una disminución de la proliferación de *Mycoplasma bovis* en los macrófagos de las vacas modificadas [33]. NRAMP1 es una proteína asociada a la resistencia innata a patógenos intracelulares [34] como *Brucella* [35],

Salmonella [36] o *Mycoplasma* [37]. La otra vía ha consistido en la expresión del gen *Sp110* de ratón, asociado con resistencia innata frente a la tuberculosis, que también logra una disminución en la multiplicación de *M. bovis* en los macrófagos transgénicos y una disminución de los signos clínicos post-infección [38]. Otro ejemplo de modificación para lograr resistencia a enfermedades, consistió en un cambio en un aminoácido de la proteína CD18 que logró inducir resistencia a la citólisis mediada por la leucotoxina de *Pasteurella haemolytica* en leucocitos procedentes de fetos que contenían la mutación [39]. Desafortunadamente, el estudio no generó animales viables en los que se pudiese probar la resistencia a la infección. Recientemente se han generado vacas editadas genéticamente que muestran menor susceptibilidad a la infección por el virus de la diarrea vírica bovina [40]. La edición ha consistido en una modificación en la secuencia de CD46, el principal receptor celular del virus.

Tabla 1. Ejemplos de animales modificados genéticamente con aplicaciones ganaderas en ganado bovino. La columna NGT indica el tipo de modificación según el acuerdo provisional de la UE. NGT-1 equivale a SDN1-2 y NGT-2 a SND-3 en el informe de la EFSA.

Gen	Objetivo	NGT	Referencia
Lactoferrina	Leche “humanizada”	2	[19]
Lactoalbúmina alfa	Leche “humanizada”	2	[20]
Lactoglobulina beta	Leche no alergénica, RNAi	2	[21]
Lactoglobulina beta	Leche no alergénica, KO	1	[24]
Caseínas beta y kappa	Mejora en producción de queso	2	[22]
Lisostafina	Prevención de mastitis bacteriana	2	[23]
Glicosidasa beta	Leche sin lactosa	2	[25]
Miostatina	Incremento de producción cárnica	1	[26]
POLLED	Eliminación de cuernos	1	[28]
PRLR (Slick)	Resistencia al calor	1	[29]
PMEL	Resistencia al calor	1	[30]
IARS	Corrección de síndrome genético	1	[31]
PrP	Resistencia a encefalopatías espongiformes	1	[32]
NRAMP1	Resistencia a tuberculosis	2	[33]
Sp110	Resistencia a tuberculosis	2	[38]
CD18	Resistencia a *P. haemolytica*	1	[39]
CD46	Resistencia a BVDV	1	[40]

Marco normativo internacional de la aprobación para el consumo de ganado bovino modificado genéticamente

Actualmente existe una gran disparidad de criterios, definiciones y autorizaciones entre las legislaciones que rigen el consumo de productos derivados de organismos modificados genéticamente (revisado por [41]). En la Unión Europea (UE), sigue vigente la directiva 2001/18/CE, que establecía que el uso de organismos modificados genéticamente (OMG) requerían de un procedimiento de autorización poco definido que garantizase que no existían efectos negativos sobre la salud humana o sobre el medio ambiente. Sorprendentemente, en su artículo 3 y anexo IB, dicha directiva considera exentos de dicho procedimiento de autorización a los organismos generados por técnicas de mutagénesis, dejando exento *de facto* a todos los animales modificados genéticamente, ya que todos ellos han sido generados mediante dichas técnicas. La situación se mantuvo en un limbo legal durante años, pero el crecimiento exponencial del número de organismos generados por mutagénesis potencialmente aplicables a la ganadería y agricultura llevó a una serie de asociaciones de agricultores a presentar una demanda frente al Tribunal de Justicia de la UE, que el 25 de julio de 2018 emitió una sentencia en la que indicaba que los organismos generados por mutagénesis se consideraban OMG y, por tanto, estaban sujetos a la obligación de autorización previa de la directiva.

Desde la sentencia del Tribunal de Justicia de la UE de 2018, la situación legal en la Unión Europea no ha experimentado cambios relevantes, pero la emisión de un informe de la agencia europea de seguridad alimentaria (EFSA) y un acuerdo del Parlamento Europeo anuncian futuros cambios en la normativa. El informe de la EFSA [42], emitido el 30 de junio de 2025, responde a una solicitud de la Comisión Europea para obtener una opinión científica sobre la aplicación de endonucleasas específicas de secuencia en animales destinados a consumo humano, animal u otros usos agrarios. Esta aplicación, denominada en el informe como nuevas técnicas genómicas (NGT, por sus siglas en inglés *Novel Genomic Techniques*) da lugar a modificaciones que el informe divide en tres niveles “SDN” (por sus siglas en inglés *Site Directed Nucleases*) siguiendo el criterio de una revisión previa [43] similar a la propuesta unos años antes por nuestro grupo [1]: SDN-1 cuando la mutación se genera mediante indels aleatorios, SDN-2 cuando se proporciona un molde de reparación generando alteraciones precisas y pequeñas o SDN-3 cuando se utiliza un molde de reparación que genera alteraciones de secuencia largas. En el caso de SDN-1 y SDN-2 el informe concluye que el riesgo para los humanos, animales o el ambiente es similar al de productos derivados de animales obtenidos por cría convencional, ya que son equivalentes a mutaciones que surgen de forma espontánea en la naturaleza. En el caso de

SDN-3, el informe concluye que el riesgo para el consumidor es similar al de productos derivados mediante técnicas de mutagénesis no dirigidas, denominadas por el informe como técnicas EGTs (por sus siglas en inglés *Established Genomic Techniques*).

Recientemente, el 3 de diciembre de 2025 [44], el Parlamento Europeo y la Presidencia y el Consejo de la EU han alcanzado un acuerdo provisional que divide a las plantas editadas en dos categorías: NGT-1 y NGT-2. La categoría NGT-1 se corresponde con las categorías SDN-1 y SDN-2 del informe de la EFSA y serán tratadas legalmente como plantas convencionales. NGT-2 corresponde a modificaciones más complejas (SDN-3), que estarán sometidas a un procedimiento de autorización con un análisis completo del riesgo y la obligatoriedad de etiquetado como OMG. Este acuerdo ha sido aprobado por mayoría (47:31) por el Comité del Parlamento Europeo para el medio ambiente, salud pública y seguridad alimentaria (ENVI) el 28 de enero de 2026, indicando que en las plantas NGT-1 deberá mantenerse la transparencia mediante registro público y los productos derivados no podrán ser comercializados como orgánicos [45]. Este acuerdo provisional deberá ser aprobado finalmente por el Parlamento Europeo y adoptado por la Comisión a lo largo de 2026 y se desconoce si se limitará a plantas -una decisión que no podría motivarse por razones de riesgo en base al informe de la EFSA- o alcanzará a los animales.

Fuera de la UE, varios países han aprobado distintos animales modificados genéticamente para el consumo humano, incluyendo tres en el ganado bovino: los portadores de mutaciones Slick, Polled y MSTN (Figura 1, [46]). Estos países se encuentran entre los principales productores de carne de bovino [47] y los mecanismos y criterios de aprobación varían en función del país [41]. El mayor productor de carne de bovino a nivel mundial, Estados Unidos, trata a todos los OMG por igual, decidiendo sobre la aprobación caso por caso siguiendo el mismo protocolo que se emplea para la aprobación de fármacos (FDA-CVM 2017), aunque este protocolo permite emitir una discrecionalidad en la aplicación de la norma que evite la necesidad de pasar por el procedimiento de aprobación. Brasil -con una producción de carne de bovino muy similar a la de Estados Unidos- y Argentina -que produce aproximadamente la mitad que el conjunto de la UE- evalúan los OMG caso por caso para determinar si el producto final contiene ADN foráneo. Ambos países consideran a los animales que no contienen ADN foráneo (SDN-1 y SDN-2) como no OMG y, por tanto, equivalentes a los generados por cría convencional. Otros países, como Canadá, Japón, Colombia o República Dominicana han aprobado otros animales modificados genéticamente para consumo, como un cerdo resistente al virus del síndrome respiratorio y reproductor porcino [48], que también está en proceso de aprobación en China.

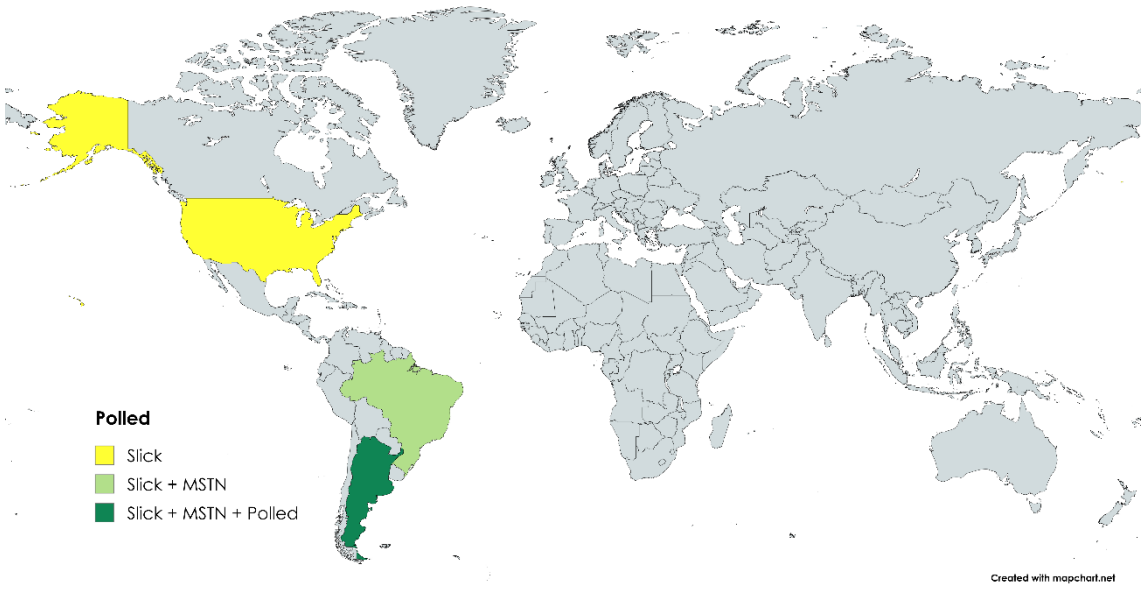


Figura 1. Estado actual de la aprobación para el consumo humano de ganado bovino modificado genéticamente.

Conclusión

Los grandes avances experimentados en las técnicas de modificación del genoma de los mamíferos permiten realizar mejora genética mediante creación de variantes génicas. La creación de variantes permite replicar alelos no presentes en una determinada línea genética cuya introducción mediante cría convencional sería muy compleja (ej. Slick, Polled o miostatina) u obtener características no presentes en la especie y, por tanto, inalcanzables mediante la selección genética (ej. resistencia a enfermedades). El marco legislativo internacional parece abrirse a la aprobación de animales modificados, particularmente si la modificación es pequeña (NGT-1: SDN-1 o SDN-2). En cualquier caso, y como apreciación final, es importante destacar que no es posible distinguir las modificaciones NGT-1 de las mutaciones surgidas espontáneamente en la naturaleza, ya que las nuevas técnicas de modificación del genoma no necesitan cassettes de selección y, por tanto, no dejan huella. Este detalle dificulta en extremo la implementación de una prohibición efectiva de los productos derivados de animales NGT-1 en el contexto del comercio internacional, potenciado recientemente con el acuerdo UE-Mercosur.

Referencias

1. Lamas-Toranzo, I., et al., *CRISPR is knocking on barn door.* Reprod Domest Anim, 2017. **52 Suppl 4**: p. 39-47.

2. Brinster, R.L., et al., *Somatic expression of herpes thymidine kinase in mice following injection of a fusion gene into eggs.* Cell, 1981. **27**(1 Pt 2): p. 223-31.

3. Jaenisch, R., *Germ line integration and Mendelian transmission of the exogenous Moloney leukemia virus.* Proc Natl Acad Sci U S A, 1976. **73**(4): p. 1260-4.

4. Perry, A.C., et al., *Mammalian transgenesis by intracytoplasmic sperm injection.* Science, 1999. **284**(5417): p. 1180-3.

5. Lawson, D., M. Harrison, and C. Shapland, *Fibroblast transgelin and smooth muscle SM22alpha are the same protein, the expression of which is down-regulated in many cell lines.* Cell Motility and the Cytoskeleton, 1997. **38**(3): p. 250-7.

6. Pham, H.T., et al., *Efficient generation of germline chimeras in a non-rodent species using rabbit induced pluripotent stem cells.* Nat Commun, 2025. **16**(1): p. 5165.

7. Wilmut, I., et al., *Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells.* Nature, 1997. **385**(6619): p. 810-3.

8. Schnieke, A.E., et al., *Human factor IX transgenic sheep produced by transfer of nuclei from transfected fetal fibroblasts.* Science, 1997. **278**(5346): p. 2130-3.

9. Geurts, A.M., et al., *Knockout rats via embryo microinjection of zinc-finger nucleases.* Science, 2009. **325**(5939): p. 433.

10. Tesson, L., et al., *Knockout rats generated by embryo microinjection of TALENs.* Nat Biotechnol, 2011. **29**(8): p. 695-6.

11. Wang, H., et al., *One-step generation of mice carrying mutations in multiple genes by CRISPR/Cas-mediated genome engineering.* Cell, 2013. **153**(4): p. 910-8.

12. Lamas-Toranzo, I., et al., *Strategies to reduce genetic mosaicism following CRISPR-mediated genome edition in bovine embryos.* Sci Rep, 2019. **9**(1): p. 14900.

13. Perez-Gomez, A., et al., *HH5 Double-Carrier Embryos Fail to Progress through Early Conceptus Elongation.* J Dairy Sci, 2024.

14. Lamas-Toranzo, I., et al., *RS-1 enhances CRISPR-mediated targeted knock-in in bovine embryos.* Mol Reprod Dev, 2020. **87**(5): p. 542-549.

15. Komor, A.C., et al., *Programmable editing of a target base in genomic DNA without double-stranded DNA cleavage.* Nature, 2016. **533**(7603): p. 420-4.

16. Pérez-Gómez, A., et al., *PPARG is dispensable for bovine embryo development up to tubular stages.* Biology of Reproduction, 2024. **111**(3): p. 557-566.

17. Lamas-Toranzo, I., et al., *Directions and applications of CRISPR technology in livestock research.* Animal Reproduction, 2018. **15**(3): p. 292-300.

18. Ledesma, A.V. and A.L. Van Eenennaam, *Global status of gene edited animals for agricultural applications.* Vet J, 2024. **305**: p. 106142.

19. Platenburg, G.J., et al., *Expression of human lactoferrin in milk of transgenic mice.* Transgenic Res, 1994. **3**(2): p. 99-108.

20. Eyestone, W.H., *Production and breeding of transgenic cattle using in vitro embryo production technology.* Theriogenology, 1999. **51**(2): p. 509-17.

21. Jabed, A., et al., *Targeted microRNA expression in dairy cattle directs production of beta-lactoglobulin-free, high-casein milk.* Proc Natl Acad Sci U S A, 2012. **109**(42): p. 16811-6.

22. Brophy, B., et al., *Cloned transgenic cattle produce milk with higher levels of beta-casein and kappa-casein.* Nat Biotechnol, 2003. **21**(2): p. 157-62.

23. Wall, R.J., et al., *Genetically enhanced cows resist intramammary Staphylococcus aureus infection.* Nat Biotechnol, 2005. **23**(4): p. 445-51.

24. Yu, S., et al., *Highly efficient modification of beta-lactoglobulin (BLG) gene via zinc-finger nucleases in cattle.* Cell Res, 2011. **21**(11): p. 1638-40.

25. Su, X., et al., *Production of microhomologous-mediated site-specific integrated LacS gene cow using TALENs.* Theriogenology, 2018. **119**: p. 282-288.

26. Luo, J., et al., *Efficient generation of myostatin (MSTN) biallelic mutations in cattle using zinc finger nucleases.* PLoS One, 2014. **9**(4): p. e95225.

27. Dickman, S., *Gene mutation provides more meat on the hoof.* Science, 1997. **277**(5334): p. 1922-3.

28. Carlson, D.F., et al., *Production of hornless dairy cattle from genome-edited cell lines.* Nat Biotechnol, 2016. **34**(5): p. 479-81.

29. Rodríguez-Villamil, P., et al., *Generation of SLICK beef cattle by embryo microinjection: A case report*. Reprod. Fertil. Dev., 2021. **33**(2): p. 114.

30. Laible, G., et al., *Holstein Friesian dairy cattle edited for diluted coat color as a potential adaptation to climate change.* BMC Genomics, 2021. **22**(1): p. 856.

31. Ikeda, M., et al., *Correction of a Disease Mutation using CRISPR/Cas9-assisted Genome Editing in Japanese Black Cattle.* Sci Rep, 2017. **7**(1): p. 17827.

32. Richt, J.A., et al., *Production of cattle lacking prion protein.* Nat Biotechnol, 2007. **25**(1): p. 132-8.

33. Gao, Y., et al., *Single Cas9 nickase induced generation of NRAMP1 knockin cattle with reduced off-target effects.* Genome Biol, 2017. **18**(1): p. 13.

34. Vidal, S., et al., *The Ity/Lsh/Bcg locus: natural resistance to infection with intracellular parasites is abrogated by disruption of the Nramp1 gene.* J Exp Med, 1995. **182**(3): p. 655-66.

35. Barthel, R., et al., *Stable transfection of the bovine NRAMP1 gene into murine RAW264.7 cells: effect on Brucella abortus survival.* Infect Immun, 2001. **69**(5): p. 3110-9.

36. Zaharik, M.L., et al., *The Salmonella enterica serovar typhimurium divalent cation transport systems MntH and SitABCD are essential for virulence in an Nramp1G169 murine typhoid model.* Infect Immun, 2004. **72**(9): p. 5522-5.

37. Li, H.T., et al., *SLC11A1 (formerly NRAMP1) gene polymorphisms and tuberculosis susceptibility: a meta-analysis.* Int J Tuberc Lung Dis, 2006. **10**(1): p. 3-12.

38. Wu, H., et al., *TALE nickase-mediated SP110 knockin endows cattle with increased resistance to tuberculosis.* Proc Natl Acad Sci U S A, 2015. **112**(13): p. E1530-9.

39. Shanthalingam, S., et al., *Precise gene editing paves the way for derivation of Mannheimia haemolytica leukotoxin-resistant cattle.* Proc Natl Acad Sci U S A, 2016. **113**(46): p. 13186-13190.

40. Workman, A.M., et al., *First gene-edited calf with reduced susceptibility to a major viral pathogen.* PNAS Nexus, 2023. **2**(5): p. pgad125.

41. Hallerman, E., et al., *Enabling regulatory policy globally will promote realization of the potential of animal biotechnology*. CABI Agric. Biosci., 2024. **5**: 25.

42. Casacuberta, J., et al., *New developments in biotechnology applied to animals: An assessment of the adequacy and sufficiency of current EFSA guidance for animal risk assessment.* EFSA J, 2025. **23**(8): p. e9566.

43. Friedrichs, S., et al., *An overview of regulatory approaches to genome editing in agriculture*. Biotec. Res. Innov., 2019. **3(2)**: p. 208-220.

44. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/bg/ip_25_2912

45. https://www.europarl.europa.eu/committees/en/product/product-details/20260127CAN75927

46. https://www.isaaa.org/animalbiotechdatabase/

47. https://www.fas.usda.gov/data/production/0111000#:~:text=Reported%20on%20a%20marketing%20year%20(MY)%20basis.,Data%20will%20be%20available%20in%20Spring%202026.

48. Whitworth, K.M., et al., *Use of the CRISPR/Cas9 system to produce genetically engineered pigs from in vitro-derived oocytes and embryos.* Biol. Reprod., 2014. **91**(3): p. 78.

DIGITALIZACIÓN, CIENCIA DE DATOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SANIDAD Y PRODUCCIÓN ANIMAL

Dr. Carlos Piñeiro

ADA Analytics

Resumen.

La digitalización del sector ganadero y la aplicación de métodos de ciencia de datos e inteligencia artificial (IA) representan una oportunidad para mejorar la salud animal, la bioseguridad y la eficiencia productiva en el sector vacuno de leche. No obstante, el salto desde la mera acumulación de datos hasta servicios útiles y responsables exige un recorrido ordenado: establecimiento de la gobernanza de los datos, garantía de calidad y trazabilidad, construcción progresiva de niveles de información y, finalmente, desarrollo de modelos predictivos y sistemas de decisión asistida. En esta contribución se exponen los principios conceptuales, la arquitectura organizativa y técnica recomendada, así como una hoja de ruta práctica basada en experiencias recientes y en propuestas de transferencia tecnológica en el ámbito agroalimentario.

1. Fundamentos conceptuales y marco de trabajo.

Es importante distinguir entre *datos* (registros brutos: medidas, eventos, fechas), *información* (datos procesados y contextualizados que responden preguntas operativas) y *conocimiento* (juicio profesional que interpreta la información y la integra en decisiones). La digitalización, en su sentido básico, es la conversión de registros a formato digital estructurado; la transformación digital implica, además, el rediseño de procesos, roles y modelos de negocio para explotar esa información de forma sistemática. Desde una perspectiva veterinaria, la meta no es la tecnificación por sí misma, sino dotar al sector de evidencias robustas para la toma de decisiones sanitarias y de gestión.

2. Gobernanza del dato: principios y elementos estructurales.

Un ecosistema digital responsable precisa de reglas explícitas: definición de propietarios y custodios de datos, políticas de privacidad y seguridad, contratos tipo, esquemas de metadatos y mecanismos de auditoría. La gobernanza asegura la trazabilidad, la posibilidad de auditoría y el reparto de beneficios —condiciones necesarias para que explotaciones y empresas cedan datos sensibles. A nivel operativo, esto se traduce en: (i) catálogos de datos y diccionarios de metadatos, (ii) roles y responsabilidades documentados, (iii) modelos contractuales de cesión y remuneración, y (iv) APIs y conectores que garanticen la interoperabilidad. Estas piezas fomentan la confianza y permiten pasar de iniciativas aisladas a ecosistemas escalables.

3. Calidad del dato y procedimientos de gestión.

La calidad de los modelos y su utilidad clínica dependen críticamente de la calidad de los datos: completitud, coherencia temporal, normalización de unidades y codificación y registros de contexto (p. ej., condiciones de muestreo). Antes de cualquier compartición externa, cada actor debe "arreglar lo propio": estandarizar formatos, nombres de variables, validaciones y responsables de calidad. Esto reduce los costes de limpieza y potencia la interoperabilidad. Asimismo, los metadatos deben registrar el linaje (proveniencia), las transformaciones y los permisos de uso.

4. Niveles de información y servicios asociados.

Se propone una jerarquía operativa:

- **Nivel 1 — Datos estructurados y generación de información básica.** Digitalización de libros de explotación, sensores (leche, ambiente, comportamiento), registros veterinarios y administrativos; generación de dashboards operativos y KPIs básicos (producción, consumo, tasas sanitarias).
- **Nivel 2 — Analítica explicativa.** Con datos bien gobernados, se implementan comparadores anónimos, análisis de tendencias y reglas de negocio que generan alertas y recomendaciones prácticas (p. ej. indicadores de bioseguridad y vigilancia por leche de tanque). Estos servicios generan valor de forma rápida y demuestran la utilidad del intercambio.
- **Nivel 3 — Modelos predictivos, prescriptivos y de apoyo a la toma de decisiones.** Con series temporales fiables y variables enriquecidas, se pueden entrenar modelos de predicción de riesgos (mastitis, brotes), de optimización del manejo (movimientos, alimentación) y de sistemas de asistencia clínica. Son esenciales la validación clínica, la interpretabilidad y la definición de responsabilidades frente a recomendaciones automatizadas.

5. Ejemplos aplicados al vacuno de leche.

La vigilancia mediante leche de tanque como eje de detección colectiva, la detección temprana de mastitis a partir de curvas de producción y conductuales, y la automatización de controles de movimiento y conformidad para enfermedades vectoriales son ejemplos tangibles en los que la articulación datos→información→IA aporta valor. La experiencia reciente en proyectos sectoriales demuestra que los pilotos con explotaciones "tractor" aceleran la adopción y permiten demostrar el retorno de la inversión.

6. Hoja de ruta operativa (recomendada).

1. Identificar servicios de alto impacto y bajo coste de implantación (dashboards, alertas).
2. Implantar gobernanza interna y esquemas de metadatos.
3. Desarrollar pilotos con explotaciones tractoras y validación veterinaria.
4. Escalar hacia modelos de intercambio progresivo (agregado → anonimizado → desagregado con permisos).
5. Formar a veterinarios y equipos técnicos en alfabetización de datos y gobernanza. Estas medidas reducen riesgos y fortalecen la sostenibilidad de la inversión.

7. Retos y consideraciones éticas.

Entre los principales retos figuran la heterogeneidad de los sistemas, la resistencia a compartir datos por temor a usos no deseados, la necesidad de estándares y la adaptación regulatoria. La ética, la transparencia y la compensación equitativa son requisitos no negociables para la consolidación de ecosistemas de datos responsables.

Conclusión.

La transformación digital en vacuno de leche debe entenderse como un proceso multidimensional: técnico, organizativo y ético. La gobernanza del dato es el cimiento sobre el que se construyen niveles crecientes de información y servicios predictivos de alto valor. Los veterinarios, integrados en equipos multidisciplinares, constituyen la garantía científica necesaria para traducir datos en bienestar animal y seguridad alimentaria.

ESPACIOS DE DATOS EN LA CADENA AGROALIMENTARIA: VALOR Y SERVICIOS GENERADOS PARA LOS VETERINARIOS

Dr. Carlos Piñeiro

ADA Analytics

Resumen.

Los espacios de datos son marcos técno-legales que permiten compartir y explotar datos entre múltiples agentes bajo reglas comunes de gobernanza, trazabilidad y soberanía de los datos. En la cadena agroalimentaria, y concretamente en los sistemas de producción animal, los espacios de datos posibilitan nuevos servicios (trazabilidad, certificación, benchmarking, modelos predictivos compartidos) y modelos de negocio que pueden revertir valor a veterinarios, ganaderos y empresas productoras. Esta ponencia expone la definición, la arquitectura mínima, los servicios de alto impacto y las recomendaciones para la adopción sectorial, integrando experiencias y propuestas desarrolladas en el entorno español.

1. ¿Qué es un espacio de datos? Distinción operativa.

Un espacio de datos combina: (i) acuerdos de gobernanza (contratos de datos, códigos de conducta), (ii) infraestructura técnica (conectores/APIs, catálogos, mecanismos de control de acceso y trazabilidad) y (iii) servicios de valor (analítica, auditoría, modelos de IA). A diferencia de una mera plataforma propietaria, un espacio busca preservar la soberanía del proveedor de datos mediante políticas y tecnologías que permiten compartir bajo condiciones controladas, trazables y reversibles. Esto es especialmente relevante en un sector donde los datos tienen un alto valor comercial y una alta sensibilidad operativa.

2. Servicios generadores de valor para veterinarios y productores.

- **Trazabilidad y cumplimiento normativo:** verificación de certificados, trazado de movimientos y soporte documental para programas de bioseguridad y emergencia sanitaria.
- **Benchmarks y economía del dato:** comparadores anónimos que permiten a explotaciones y empresas medir su desempeño y adoptar mejoras sin exponer datos sensibles. Estos servicios, además, facilitan la creación de mercados de datos que compensan la aportación.
- **Alertas y vigilancia sanitaria compartida:** coordinación entre veterinarios y autoridades mediante flujos estandarizados y eventos notificables.
- **Plataformas para I+D colaborativa:** acceso controlado a conjuntos de datos para desarrollar modelos predictivos y validarlos en contextos reales.
- **Servicios comerciales:** certificados de calidad, cálculo de la huella ambiental y trazabilidad de la producción, que añaden valor al producto final.

3. Arquitectura técnica y requisitos mínimos.

La adopción exige componentes básicos: catálogo de metadatos, conectores API-first que simplifiquen la integración con ERPs y sensores, mecanismos de control de acceso y registro de linaje, y herramientas de anonimización/agregación para etapas iniciales de intercambio. La tendencia “API-first” facilita la interoperabilidad entre soluciones heterogéneas; sin embargo, el éxito técnico depende igualmente de la adopción organizada de estándares semánticos y formatos comunes.

4. Gobernanza, incentivos y modelos de negocio.

El diseño de un espacio de datos debe incorporar modelos sostenibles: suscripción, pago por servicio, compensación por aportación de datos o combinación de ellos. Fundamentalmente, la gobernanza define los derechos de uso, los mecanismos de control y los esquemas de reparto del valor. Las políticas públicas y líneas de ayudas sectoriales (p. ej. iniciativas para reducir barreras técnicas y económicas) son palancas importantes para incentivar la participación de pymes y explotaciones.

5. Rol específico de los veterinarios.

Los veterinarios tienen un papel nuclear: definir indicadores clínicos relevantes, validar algoritmos, certificar datos clínicos y mediar entre las explotaciones y los proveedores tecnológicos. Además, la alfabetización digital de la profesión es un requisito para que los sistemas generen conocimiento útil y ético: interpretación crítica de modelos, puesta en marcha de protocolos asistenciales basados en recomendaciones automatizadas y evaluación del impacto. Importa resaltar que el objetivo no es convertir al veterinario en científico de datos, sino en un interlocutor capacitado para dirigir implementaciones.

6. Fases de implantación recomendadas.

1. **Preparación interna:** estandarizar los datos, nombrar a los responsables y resolver aspectos de calidad.
2. **Pilotos tractoras:** pequeños conjuntos de explotaciones y empresas que prueban servicios concretos (trazabilidad, benchmarking).
3. **Escalado funcional:** incorporación de servicios avanzados (modelos predictivos, auditorías automatizadas).
4. **Consolidación del mercado de servicios:** modelos de remuneración y apertura a nuevos actores. Estos pasos reducen la fricción y permiten construir confianza progresiva.

7. Riesgos y mitigaciones.

Los principales riesgos son la falta de confianza, los cambios regulatorios y la heterogeneidad tecnológica. Las mitigaciones incluyen protocolos rigurosos de privacidad, auditorías independientes y una hoja de ruta que priorice beneficios tempranos y medibles para los participantes. Comenzar con datos agregados o anónimos es una estrategia que facilita la adopción inicial y la demostración de valor.

Conclusión.

Los espacios de datos constituyen una palanca estratégica para transformar la abundancia de información del sector agroalimentario en servicios útiles, transparentes y económicamente sostenibles. Para que el valor llegue a veterinarios y empresas productoras, es imprescindible combinar gobernanza exigente, incentivos económicos y procesos de implantación graduales y demostrativos. La sinergia entre agentes —veterinarios, productoras, industrias y administración— es condición para que los espacios de datos permitan una mejora sustantiva en la salud animal, la trazabilidad y la competitividad del sector.

XXVIII CONGRESO ANEMBE

LIBRO DE PONENCIAS, COMUNICACIONES ORALES Y PÓSTER

COMUNICACIONES ORALES

FUNDACIÓN ANEMBE

CO-367 | Sanidad

ANÁLISIS TRANSCRIPTÓMICO DE SANGRE PERIFÉRICA DE VACAS FRISONAS SUBCLÍNICAS NATURALMENTE INFECTADAS CON MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS IDENTIFICA RESPUESTAS INMUNITARIAS INNATAS SISTÉMICAS E INHIBICIÓN DE TRADUCCIÓN

WHOLE TRANSCRIPTOME ANALYSIS OF PERIPHERAL BLOOD IDENTIFIES SYSTEMIC INNATE IMMUNE RESPONSES AND TRANSLATION INHIBITION IN SUBCLINICAL HOLSTEIN CATTLE NATURALLY INFECTED WITH MYCOBACTERIUM AVIUM SUBSP. PARATUBERCULOSIS

Arrate Prado López[1], Gerard Badia-Bringué[1], Rosana Torremocha[2], Alejandra Isabel Navarro-León[3], Rosa Casais[3], Marta Alonso-Hearn[1]

(1)-Departamento de Ciencia Animal, NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Derio, Bizkaia, España (2)-Parque Científico de Madrid, Unidad Genómica, Campus de Cantoblanco, Madrid, España (3)-Centro de Biotecnología Animal, Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agrario (SERIDA), Deva, Asturias, España

La paratuberculosis bovina (PTB), causada por *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), es una enfermedad intestinal granulomatosa crónica que provoca importantes pérdidas económicas en la industria láctea a nivel mundial. Las pruebas diagnósticas disponibles presentan una sensibilidad limitada, ya que permiten detectar de forma fiable únicamente a los animales en fases avanzadas de la enfermedad, pero no a aquellos que se encuentran en estadios tempranas o subclínicas, caracterizados por la presencia de lesiones focales o multifocales en los tejidos intestinales. Estudios previos han sugerido que los granulomas multifocales podrían limitar la progresión de las lesiones intestinales; sin embargo, los mecanismos moleculares implicados en el establecimiento y mantenimiento de la infección crónica por MAP no se conocen completamente. El objetivo de este estudio fue comparar los perfiles transcriptómicos globales de muestras de sangre periféricas (PB) de vacas frisonas con lesiones multifocales y de animales sin lesiones en tejidos intestinales, con el fin de identificar biomarcadores que permitan el desarrollo de nuevos métodos diagnósticos más sensibles para la detección de vacas con lesiones multifocales y en estadios subclínicos de PTB.

Se extrajo RNA total a partir de muestras de PB de 11 vacas con lesiones multifocales y 4 animales sin lesiones visibles en tejido intestinal. Las librerías de ARN se prepararon utilizando el kit Illumina NEBNext® Ultra y se secuenciaron mediante secuenciación *single-end*(1x100bp) en un secuenciador Illumina NextSeq. Las lecturas brutas se filtraron utilizando *Prinseq-lite 0.20.4*y se alinearon con el genoma de referencia *Bos taurus (*ARS_UCD2.0) utilizando *STAR 2.7.0a*. La anotación de las lecturas se realizó con el paquete *Rsubread*, mientras que la normalización de los datos y el análisis de expresión diferencial se llevaron a cabo utilizando *DESeq2*. El análisis funcional para la identificación de ontologías génicas y rutas metabólicas enriquecidas se realizó con *ClusterProfiler*. El análisis de interacción proteína-proteína (IPP) se realizó empleando los genes diferencialmente expresados con un cambio en la expresión (*fold change*) ≥ 2 o ≤ 2, con*STRING 12.0* y *Cytoscape 3.10.3*. Dado que el gen estimulado por interferón (*ISG15*) estaba significativamente sobreexpresado (*fold change*= 2,42) en vacas con lesiones multifocales frente a los controles, y que en la red IPP interaccionaba con distintos clústeres, lo que sugiere un papel regulador clave en los cambios transcripcionales observados, se evaluó su potencial como biomarcador. La validación de la sobreexpresión del mRNA del *ISG15* se realizó mediante RT-qPCR, empleando el gen endógeno*Gliceraldehído-3-fosfato*

deshidrogenasa (*GAPDH*) como control. La cuantificación de ISG15 en muestras de plasma de animales con lesiones multifocales (N=25) y animales sin lesiones y con resultados negativos en las pruebas diagnósticas (N=18) se realizó mediante un ELISA sándwich competitivo.

Resultados

De media se obtuvieron 34,08 millones de lecturas brutas en las muestras de PB. Al comparar vacas con lesiones multifocales frente a los controles, se identificaron un total de 1.272 genes diferencialmente expresados, asociados principalmente a procesos biológicos relacionados con la traducción, el *splicing*, el procesamiento de mRNA, la biogénesis de complejos ribonucleoproteicos y el catabolismo de proteínas. El análisis de rutas metabólicas reveló el enriquecimiento de cuatro rutas en las muestras de PB de vacas con lesiones multifocales en comparación con los controles: ribosomas, COVID-19, termogénesis y la enfermedad de Parkinson. El análisis IPP identificó una red compuesta por 17 genes infraexpresados que codifican proteínas ribosomales (ribosomal proteins, RPs) asociadas a procesos de traducción. Esta red interaccionaba funcionalmente con la ribonucleoproteína nuclear pequeña F (SNRPF), implicada en el ensamblaje del snRNP del espliceosoma, lo que sugiere una inhibición coordinada de los procesos de traducción y *splicing* en los animales con lesiones multifocales. Se observaron asociaciones funcionales entre cuatro genes sobreexpresados implicados en la activación de la respuesta inmunitaria innata: *ISG15*; un activador dependiente del ADN de los factores reguladores del IFN (*ZBP1*); la helicasa DExH-Box 58 (*DHX58*) y la 2'-5'-oligoadenilato sintetasa 1 (*OAS1Y*). Los resultados de RT-qPCR confirmaron la sobreexpresión del ARNm del gen *ISG15* en vacas con lesiones multifocales frente a los controles (*fold change*= 1.93; P-valor = 0.03), observándose una clara correlación entre los resultados obtenidos mediante RT-qPCR y RNA-Seq (r Pearson = 0,98; P-valor =1,67 × 10^{-11}). Los resultados del ELISA sándwich cuantitativo mostraron que las vacas con lesiones multifocales presentaban niveles medios de proteína ISG15 superiores a los observados en los animales control (656,85 pmol/µl frente a 575,29 pmol/µl, respectivamente); sin embargo, esta diferencia no alcanzó significación estadística (P-valor = 0,69)

Este estudio ofrece la primera comparación transcriptómica de la sangre periférica de ganado bovino infectado naturalmente por MAP con lesiones multifocales vs. controles. Los resultados sugieren la existencia de

un complejo equilibrio entre la activación y regulación de la inmunidad innata del huésped, la reprogramación de la traducción y la adaptación metabólica en vacas con lesiones multifocales. Se identificaron posibles biomarcadores para desarrollar nuevos métodos de detección de animales con lesiones multifocales en estadios subclínicos de la PTB.

CO-352 | Reproducción

ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA (HCG) EN VACAS LECHERAS DE ALTA PRODUCCIÓN SOMETIDAS A ESTRÉS TÉRMICO PARA MEJORAR LA FERTILIDAD A PRIMERA INSEMINACIÓN POSPARTO

STRATEGIC ADMINISTRATION OF HUMAN CHORIONIC GONADOTROPIN (HCG) IN HIGH-PRODUCING DAIRY COWS UNDER HEAT STRESS TO IMPROVE FERTILITY AT FIRST POST-PARTUM INSEMINATION

Inmaculada Cuevas-Gómez[1], Iris Cuchí Cava[2], Javier Jiménez Bejarano[3], Javier Lozano[4], Guillermo Lorenzo Díaz[5], Carles Porta Sabaté[6], Raul Troya Ruiz[7], Eber Rojas Cañadas[8], José María Sánchez[9]

(1)-Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Hinojosa del Duque, 14270, Córdoba, España (2)-Departamento de Producción Animal, Universitat de Lleida, 25198, Lleida, España/ Grupo de Producción y Reproducción Animal, Centro Agrotecnio-CERCA, 25198, Lleida, España. (3)-Laboratorios Calier, 08520, Barcelona, España.

(4)-Las Rozuelas del Valle S.L. Torrecampo, 14410, Córdoba, España. (5)-Gando Nuevas Tecnologías SL, Ferrol, 15403, A Coruña, España. (6)-Selergan SAU, Almancelles, 25100, Lleida, España.

(7)-Grupo Medivetnova SL, Almuñecar, 18690, Granada, España. (8)-Departamento de Producción Animal, Universitat de Lleida, 25198, Lleida, España./ Grupo de Producción y Reproducción Animal, Centro Agrotecnio-CERCA, 25198, Lleida, España. (9)-Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Hinojosa del Duque, 14270, Córdoba, España.

Low fertility in dairy cows compromises farm profitability and sustainability. Suboptimal concentrations of circulating progesterone (P4) during the early post-ovulatory period have been associated with reduced fertility observed in high-producing dairy cows. Human chorionic gonadotropin (hCG) increases the size of the nascent corpus luteum (CL) and/or induces an accessory CL, depending on the timing of administration, thereby increasing P4 concentration. Our previous work, performed under thermoneutral conditions, demonstrated that hCG administered on Day 2 of the estrous cycle increased circulating P4 concentration earlier and improved fertility at first artificial insemination (AI) only in

>2-lactation cows, whereas other studies suggest that first-lactation cows may benefit from hCG treatment later in the cycle (around Day 5). We hypothesized that parity- targeted timing of hCG administration would increase luteal area and thus increase circulating P4 concentration, resulting in overall improved fertility at first post-partum AI in high-producing dairy cows exposed to heat stress. Therefore, we aimed to evaluate the effect of a single hCG administration on Day 2 after fixed-time AI (FTAI) in cows with >2 lactations and on Day 5 in cows with 1-2lactations on total luteal area and pregnancy per AI (P/AI) at first FTAI. Pregnancy loss between 30 and 60 days, and P/AI at second AI were also evaluated. A total of 522 Holstein-Friesian cows from 5 Spanish dairy farms, geographically distributed to represent different production systems (one in northwestern, two in northeastern, and two in southern Spain),were enrolled between July and September 2025 (mean daily temperature-humidity index (THI): 69.8 +/- 5.1, mean

+/- SD; mean daily maximum THI: 76.6 +/- 5.3). Cows followed one of the three synchronization protocols for FTAI (Double Ovsynch (n=131), G6G (n=362), or GGPG (n=29); days in milk (DIM) at FTAI: 83.3 +/- 13.6). Within farm, cows were blocked by parity, DIM, synchronization protocol, and body condition score (BCS) and were randomly assigned to receive 2,500 IU (i.m.) of hCG on Day 2 (hCG2: >2-lactation cows; n=81) or Day 5 (hCG5: cows with 1-2lactations; n=179) after FTAI or no further treatment (control2: >2-lactation cows; n=80; control5: cows with 1-2lactations; n=182). Luteal area, CL number, and incidence of accessory CL were assessed by transrectal ultrasound in a subset of cows (hCG: n=66; control: n=70) on Days 7 and 14. Pregnancy diagnoses were performed by transrectal ultrasound around 30 and 60 days after FTAI (P/AI=number of pregnant cows/number of inseminated cows). For P/AI at second AI, only cows inseminated before pregnancy diagnosis on Day 30 were included. The effect of the independent variables on binary response variables was determined using generalized linear mixed models in SAS. For the analysis of luteal area, a repeated measures mixed model was applied, with time point defined as the repeated measure. Fixed effects in each model included treatment, parity, DIM and BCS. Farm was included as a random effect in all models. The incidence of multiple ovulations (>1 CL) was similar between hCG and control cows on Day 7 (35.4% vs. 35.4%, respectively). The incidence of accessory CL (defined as a new CL between Day 7 and 14) was greater in hCG than in control cows (41.3% vs. 0%, respectively, P<0.01). Most accessory CLs were observed following hCG administration on Day 5 (54.4% of cows with accessory CL), whereas only 5.9% occurred after hCG administration on Day 2. Cows treated with hCG tended to have greater total luteal area than control cows on Day 7 (4.6 +/- 0.3 vs. 4.1 +/- 0.3 cm^2, respectively; P=0.09) and had a greater total luteal area on Day 14 (5.6 +/- 0.3 vs. 4.7 +/- 0.3 cm^2 respectively; P<0.01). Overall, hCG treatment increased P/AI compared with controls (39.6% [103/260] vs. 28.6% [75/262], respectively; P=0.01). This improvement was observed both after treatment on Day 2 in >2-lactation cows (hCG2: 42.0% [34/81] vs. control2: 27.5% [22/80]; P=0.05) and on Day 5 in cows with 1-2 lactations (hCG5: 38.5% [69/179] vs. control5: 29.1% [53/182]; P=0.05). The overall incidence of pregnancy loss between Day 30 and 60 was 13.5% and was not influenced by hCG administration on either Day 2 (hCG2:

20.6% [7/34] vs. control2: 18.2% [4/22]) or Day 5 (hCG5: 13.0% [9/69] vs. control5: 7.5% [4/53]). No differences in P/AI at second AI were observed between hCG2 and control2 cows (26.9% [7/26] vs. 33.3% [11/33], respectively); however, hCG treatment on Day 5 increased P/AI at second AI compared with control5 cows (43.5% [27/62] vs. 20.9% [14/67], respectively; P=0.01). In conclusion, a parity-targeted timing of hCG administration increased total luteal area and was associated with improved fertility at first post-partum AI in heat-stressed dairy cows. Additionally, administration of hCG on Day 5 improves fertility at second AI in >2-lactation cows. Further studies evaluating circulating P4 concentrations are ongoing. Funding: MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and FEDER,EU (PID2023-146910OA-C22) and Next GenerationEU/PRTR (RYC2021-033574-I). Grant DGP_POST_2024_00045, funded by Junta de Andalucia/CUII and FSE+.

CO-308 | Calidad de Leche

EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD DE LA TERAPIA ANTIBIÓTICA DE LA MASTITIS CON PENICILINA 300 MG/ML EN GRANJAS LECHERAS DE GALICIA.

EVALUATION OF THE SUITABILITY OF ANTIBIOTIC THERAPY FOR MASTITIS WITH PENICILLIN 300 MG/ML IN DAIRY FARMS IN GALICIA.

Raúl Martínez Fernández[1], Jose Luis Míguez Vázquez[2], Sergio Nadal Zuferri[3]

(1)-Laboratorios SYVA S.A. (2)-SERAGRO Soc. Coop. Galega (3)-TEST & TRIALS

Objetivos

Evaluar la idoneidad del uso parenteral de un antimicrobiano de primera elección (penicilina procaína 300 mg/ml) mediante la valoración de la respuesta clínica al tratamiento de la mastitis y el grado de exposición antibiótica de estos tratamientos en explotaciones de bovino lechero de Galicia.

Material y métodos

Se recopilaron datos procedentes de 51 granjas, correspondientes a 126 casos clínicos de mastitis, valorando únicamente mastitis primarias o no tratadas en los 90 días previos y excluyéndose casos crónicos. Las vacas no debían haber recibido antibióticos en los 60 días anteriores. Todos los casos fueron diagnosticados por el veterinario responsable y se remitieron muestras al laboratorio interprofesional gallego de análisis de leche (LIGAL) para la identificación microbiológica y antibiograma de las bacterias implicadas.

La pauta terapéutica básica consistió en un tratamiento parenteral (P) con penicilina procaína 300 mg/ml (1 ml/30 kg de peso vivo/día durante 3–5 días), pudiendo asociarse un tratamiento intramamario (P+ IMM) según el criterio clínico del veterinario responsable. El tratamiento pudo complementarse con antiinflamatorios no esteroideos (AINES), excluyéndose el uso de corticoesteroides. Paralelamente, se recogieron datos de casos tratados exclusivamente con antimicrobianos por vía IMM, conformando un tercer grupo de referencia. Para cada caso se registraron: recuento de células somáticas (RCS) individual, resultados del test de California (CMT) pre- y postratamiento, grado de severidad clínica, condición del pezón y estado general de la ubre, así como días en leche (DEL), número de lactación (NL) y fecha del caso. La exposición antibiótica se expresó como mg de principio activo/kg de peso vivo, asumiendo un peso estándar de 650 kg por vaca. El estatus de curación se basó en la ausencia de signos de mastitis clínica y CMT negativo transcurridos al menos 30 días del diagnóstico y tratamiento de los animales, así como en la evaluación del RCS en los siguientes controles lecheros.

El análisis descriptivo de los datos se realizó mediante el software R. Se calcularon frecuencias, proporciones y valores medios estratificados por grado clínico, tipo de tratamiento y agente etiológico.

Resultados

Todos los casos presentaron un valor de CMT previo al tratamiento igual a 3. En el grupo P (n = 58), todos los casos fueron clasificados como mastitis de grado 2, observándose un ratio de curación clínica del 79,3%, con una duración media del tratamiento de 4,3 días y una exposición antibiótica de 42,9 mg de principio activo/kg de peso vivo.

En el grupo P + IMM, se incluyeron mastitis de grado 1 (n = 13) y grado 2 (n = 41), con tasas de curación variables en función del principio activo aplicado vía IMM. En los tratamientos combinados con penicilinas IMM se obtuvieron ratios de curación del 63,6% en mastitis de grado 1 y del 79,3% en mastitis de grado 2.

En los casos tratados exclusivamente por vía IMM(n = 12), se observó una tasa de curación del 80% en mastitis de grado 2, si bien el número de casos fue limitado.

A nivel microbiológico, los agentes aislados con mayor frecuencia fueron *Streptococcus uberis* (n = 25) y *Streptococcus dysgalactiae*(n = 13). Se identificaron 52 casos asociados a bacterias Gram positivas sensibles a penicilina y 7 a Gram positivas resistentes, con tasas de curación del 75% y 71%, respectivamente. 22 casos se asociaron a bacterias Gram negativas, con una tasa de curación del 77%.

Conclusiones

El tratamiento parenteral de la **mastitis clínica**no complicada con **penicilina procaína 300 mg/ml**mostró una buena eficacia clínica, especialmente en mastitis de grado 2, con tasas de curación cercanas al 80% y una exposición antibiótica moderada, lo que posiciona esta estrategia como una alternativa adecuada dentro de las terapias sistémicas de primera elección.

La combinación de tratamiento sistémico e intramamario no mostró beneficios clínicos consistentes frente al uso exclusivo de una única vía de administración, independientemente del grado clínico, lo que resalta la importancia de una **correcta selección de casos**y de la optimización individualizada de las pautas terapéuticas.

La elevada prevalencia de patógenos **Gram positivos sensibles a penicilina** respalda el uso de antimicrobia-

nos de espectro reducido como tratamiento empírico de primera elección, en línea con los principios del enfoque *One Health* y el **uso responsable de antibióticos**.

CO-364 | Medicina

IMPACTO DEL USO DE UN PRODUCTO DE FERMENTACIÓN DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE (SCFP) EN EL CRECIMIENTO, USO DE ANTIBIÓTICOS Y SALUD RESPIRATORIA EN TERNERAS DE RECRÍA

IMPACT OF A SACCHAROMYCES CEREVISIAE FERMENTATION PRODUCT (SCFP) ON GROWTH, ANTIBIOTIC USAGE AND RESPIRATORY HEALTH IN DAIRY REPLACEMENT CALVES

F. Javier Saavedra López[1], Guadalupe Fernández Fondevila[2], Pedro Sedano Jaime[1]

(1) Veterinario Qualivet (2) Veterinaria

Introducción

En la recría de terneras, la diarrea neonatal y la enfermedad respiratoria bovina (BRD) constituyen las principales causas de morbilidad y mortalidad durante la fase lactante, afectando a la ganancia media diaria (GMD), la edad al primer parto y el uso de antimicrobianos. El contexto legislativo promueve la reducción del uso de antibióticos y se requieren prácticas nutricionales capaces de mejorar la sanidad sin comprometer el rendimiento zootécnico.

Los productos de fermentación de *Saccharomyces cerevisiae*(SCFP) han demostrado beneficios sobre el equilibrio ruminal, la modulación inmunitaria y el estado inflamatorio en rumiantes adultos. Su potencial aplicación en terneras podría contribuir a una mayor estabilidad metabólica y defensa frente a desafíos digestivos y respiratorios. Este trabajo evalúa el efecto del SCFP sobre crecimiento, lesiones pulmonares y uso de antibióticos en condiciones comerciales.

Material y métodos

Se estudiaron 74 terneras Holstein en una ganadería pontevedresa, distribuidas en dos grupos: Control (n=34) y SCFP (n=40, añadiendo 5 g/día del producto en la leche), hasta los 80 días de vida.

Se realizaron ecografías torácicas semanales mediante Provetscan SR-2C, clasificando los hallazgos en categorías de lesión pulmonar: Sano, N1, N2, N3 y N4. Se midió la calidad del calostro (ºBrix), la transferencia pasiva (ºBrix en suero) con refractómetro ATC, consumos lácteos usando amamantadora Foster Technik y pesos seriados con barras Wintronix. También se registró el número de tratamientos antibióticos, días totales tratados, principios activos utilizados y mortalidad.

El análisis estadístico incluyó t de Welch, Mann–Whitney y χ^2, con significación $p<0,05$.

Resultados y discusión

1. Crecimiento y eficiencia

La suplementación con SCFP produjo un aumento significativo de la GMD (0,98 vs 0,86 kg/día; $p<0,001$) y mantuvo esta ventaja en terneras con lesiones respiratorias moderadas. En lesiones N2 y N3, las diferencias alcanzaron 190 g/día y 140 g/día respectivamente frente al grupo Control.

La conversión láctea mejoró, calculándose (sin calostro) 7,11 vs 7,95 L/kg ($p<0,001$).

2. Salud respiratoria

El 65 % de las terneras SCFP no presentó lesiones pulmonares, frente al 26,5 % del grupo Control ($p\approx0,001$).

La distribución de grados N1–N4 entre los animales lesionados no mostró diferencias marcadas, pero las terneras SCFP mantuvieron sistemáticamente una mayor GMD en cualquier grado de afección.

Las correlaciones entre gravedad de lesión y GMD fueron muy bajas (Control $r = –0,02$; SCFP $r = –0,06$), lo que indica que las terneras suplementadas sostuvieron su crecimiento incluso bajo desafío respiratorio.

La mortalidad registrada fue del 8,8 % en el grupo Control y del 2,5 % en el grupo SCFP. Aunque la mortalidad fue numéricamente menor en SCFP (RR ≈ 0,28; OR ≈ 0,26), la diferencia no alcanzó significación estadística (χ^2, $p \approx 0,49$) debido al bajo número total de muertes.

3. Antibioterapia

Se redujo de forma muy significativa:

Tratamientos por ternera: de 1,62 a 0,80 ($p<0,001$).

Días totales tratados: de 6,94 a 2,65 (–62 %; $p\approx0,00012$).

El descenso afectó especialmente a florfenicol, marbofloxacino y cefquinoma. La reducción sustancial de antibióticos representa un avance clave hacia estrategias de recría sostenibles, alineadas con la reducción de resistencias antimicrobianas promovida por la legislación europea y por el enfoque *One Health*.

4. Calidad del calostro e inmunidad pasiva

La calidad del calostro fue adecuada en ambos grupos (≥20ºBrix), pero no se correlacionó con la GMD ($r\approx0,00$) ni con la presencia o gravedad de lesiones pulmonares ($r\approx0,08$).

Los grados Brix medidos en suero sanguíneo tampoco mostraron relación significativa con crecimiento ni salud respiratoria, lo que indica que las diferencias observadas no dependieron de variaciones en la transferencia pasiva de inmunidad.

El SCFP mejoró de manera consistente el crecimiento, la eficiencia alimentaria y la salud respiratoria, además de reducir drásticamente la necesidad de tratamientos antibióticos. El mantenimiento de la GMD aun en presencia de lesiones pulmonares sugiere un efecto modulador del sistema inmunitario, del balance inflamatorio y del metabolismo energético, situación descrita previamente en rumiantes sometidos a infección.

Conclusiones

El uso de SCFP se posiciona como una estrategia eficaz, sostenible y alineada con *One Health*para la recría de terneras:

1. Se observa una tendencia a incrementar la GMD y mejorar la eficiencia de uso de la leche, reduciendo costes productivos.
2. Se aumenta la proporción de terneras sin lesiones pulmonares y se mantiene el crecimiento incluso ante BRD moderada.
3. Se reduce aproximadamente un 60 % el uso total de antibióticos, disminuyendo la exposición a antimicrobianos de categorías B y C (clasificación EMA).
4. La calidad del calostro ingerido no explica las diferencias entre grupos, reforzando el efecto directo del SCFP.

CO-366 | Sanidad

ASOCIACIÓN ENTRE NIVELES ALTOS DE INTERFERÓN-ɣ EN RESPUESTA A LA TUBERCULINA AVIAR Y BOVINA EN PLASMAS ESTIMULADOS DE TOROS Y LA GENÉTICA DEL HUÉSPED

ASSOCIATION BETWEEN HIGH INTERFERON-ɣ LEVELS IN RESPONSE TO AVIAN AND BOVINE TUBERCULIN IN STIMULATED BLOOD FROM BULLS AND HOST GENETICS

Gerard Badia Bringué[1], Arrate Prado-López[1], José Antonio Jiménez[2], Marta Alonso-Hearn[1]

(1)-NEIKER - Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Departamento de Ciencia Animal (2)-CONAFE - Confederación de Asociaciones de Frisona Española

Mycobacterium bovis (*Mb*) y *Mycobacterium avium*-subsp. *paratuberculosis*(*MAP*) son patógenos intracelulares responsables de la tuberculosis (TB) bovina y la paratuberculosis (PTB) bovina, respectivamente. Ambas enfermedades provocan importantes pérdidas económicas a nivel mundial en la industria ganadera. En las fases tempranas de la infección por ambos patógenos, los linfocitos Th1 producen interferón gamma (IFNɣ), que participa en la activación y el reclutamiento de nuevos macrófagos hacia el sitio de la infección

La selección genética orientada a identificar animales menos susceptibles a estas enfermedades se ha propuesto como una estrategia complementaria para su control. Sin embargo, los fenotipos individuales basados en la producción de IFNɣ no se han incorporado aún en programas de selección bovina. Además, los estudios de asociación de genoma completo (*genome-wide association study*, GWAS) de estos caracteres en toros son escasos, a pesar de su elevado valor genético, dado que un solo toro puede generar cientos o miles de descendientes mediante inseminación artificial. Asimismo, pueden existir diferencias en la respuesta inmunitaria asociadas al sexo.

El objetivo de este estudio fue identificar las regiones genómicas asociadas a la producción de IFNɣ tras la estimulación con derivado proteico purificado bovino (PPDb) o aviar (PPDa) en 109 toros frisones, Limousin y Pardo Alpino. El ADN aislado a partir de muestras de sangre periférica se genotipó con el EuroG MD BeadChip de Illumina, y los genotipos se imputaron a genoma completo utilizando una población de referencia compuesta por 1842 toros del Run8 del proyecto “1000 bull genome”.

Con los datos de la cuantificación de IFNɣ de muestras estimuladas con aPPD y bPPD y los genotipos de los animales se realizó un estudio de asociación genética a genoma completo (genome-wide assoiation study; GWAS) empleando el software GCTA v1.93.2. El GWAS reveló una asociación significativa entre niveles elevados de IFNɣ en respuesta a PPDa y 115 polimorfismos de un solo nucleótido (single nucleotide polymorphism; SNP) (FDR < 0.05) localizados en una única región (quantitative trait locus; QTL) en el cromosoma 9 que contenía 47 genes candidatos. Entre ellos se identificaron genes implicados en la respuesta inmunitaria, como*MAP3K7* , *BACH2*y *ANKRD6*, relacionados con la regulación de NF-kB, la diferenciación de las células T y B y la señalización de la ruta JNK. Otros genes con funciones inmunes incluyeron*CASP8AP2* y*RNGTT* , asociados a la apoptosis y a la regulación de la vía mTOR, respectivamente. Se observó también que la QTL identificada se solapaba con una QTL previamente asociada a la enfermedad respiratoria bovina (QTL ID: 57628).

Por otro lado, niveles elevados de IFNɣ en respuesta a PPDb se asociaron con 143 SNPs (FDR < 0.05) distribuidos en dos QTLs en los cromosomas 6 y 28, que incluían 163 genes candidatos. Entre ellos destacaron

MAPK8,*ALOX5* , *CXCL12*, *TNIP2*y *PTPN20*, implicados en la regulación inmunitaria, la inflamación y la señalización de las células inmunitarias. La QTL localizada en el cromosoma 28 se solapaba con regiones previamente asociadas a la susceptibilidad a la enfermedad respiratoria bovina (QTL ID: 57579; QTL ID: 160385) y a la tuberculosis bovina (QTL ID: 96578), mientras que la QTL del cromosoma 6 coincidía con regiones previamente asociadas a susceptibilidad a *MAP*(QTL ID: 113153938). Todos los SNPs identificados mostraron efectos positivos, lo que sugiere una asociación con mayor producción de IFNɣ en respuesta a antígenos de *MAP*y *Mb*. No se observó solapamiento entre los SNPs, QTLs ni genes candidatos entre ambos análisis.

En conjunto, estos resultados definen un perfil inmunogenético hereditario distintivo asociado a una elevada producción de IFNɣ frente a antígenos de *Mb*y *MAP*, lo que podría favorecer una respuesta inmune innata temprana eficaz. Dado que estudios anteriores han demostrado la heredabilidad de estos rasgos, los SNPs identificados podrían usarse para clasificar animales según su capacidad de producir IFN y transmitir estos rasgos a la descendencia.

CO-368 | Sanidad

VARIANTES GENÉTICAS REGULADORAS QUE AFECTAN A LA EXPRESIÓN DE LA ADIPOGENINA Y LA METALOPEPTIDASA KELL INFLUYEN EN LA SUSCEPTIBILIDAD A LA PARATUBERCULOSIS EN VACAS FRISONAS

REGULATORY GENETIC VARIANTS AFFECTING THE EXPRESSION OF ADIPOGENIN AND KELL METALLO-ENDOPEPTIDASE INFLUENCE PARATUBERCULOSIS SUSCEPTIBILITY IN HOLSTEIN CATTLE

Arrate Prado López[1], Gerard Badia-Bringué[1], Patricia Vázquez[1], Joseba M. Garrido[1], Ramón A. Juste[1], Marta Alonso-Hearn[1]

(1)-Departamento de Ciencia Animal, NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Derio, Bizkaia, España

Introducción

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). La mayoría de los polimorfismos de un solo nucleótido (Single Nucleotide Polymorphism, SNP) identificados en análisis de asociación genética (Genome-wide association studies, GWAs) se encuentran en regiones no codificantes, lo que dificulta la vinculación de estos SNP con los genes diana. Hasta la fecha, solo se han identificado unas pocas mutaciones funcionales o loci cuantitativos de expresión (cis-eQTL) asociados a la expresión génica y a la susceptibilidad a la PTB. En este contexto, el uso de aproximaciones genético- transcriptómica combinadas, como la aleatorización mendeliana basada en datos de resumen (Summary-data based Mendelian randomization, SMR), permiten identificar cis-eQTL asociados a un rasgo de interés. El objetivo principal de este estudio fue identificar genes candidatos con asociación pleiotrópica a cis-eQTLs y a la susceptibilidad a la PTB mediante un enfoque basado en SMR.

Metodología

Para la identificación mapeo de cis-eQTL se usó *TensorQTL* combinando datos de expresión génica de muestras de sangre periférica (PB) y los genotipos de 2 poblaciones de vacas frisonas: (1) animales genotipados con EuroG MD BeadChip (N = 15) y (2) animales con genotipos imputados a nivel de genoma completo (N = 29). Para testar la existencia de asociación pleiotrópica entre los cis-eQTLs identificados y la susceptibilidad a la PTB, se emplearon 2 conjuntos de datos de GWAS generados previamente a partir de una población de 986 vacas frisonas sacrificadas a las que se les había realizado análisis histopatológico de los tejidos intestinales. En el primer GWAS los casos fueron animales con lesiones difusas (N = 36) y los controles (N = 373) animales que no presentaban lesiones visibles y que dieron negativo en las pruebas ELISA, PCR y cultivo bacteriológico (EPC) de tejidos intestinales. En el segundo GWAS, los casos fueron animales con resultados positivos de EPC (N = 52) y los controles animales con resultados negativos (N = 660). Para realizar el análisis SMR se utilizó el software *SMR 1.03*. integrando los datos de cada GWAS con los datos del mapeo de cis-eQTL de ambas poblaciones. Los cis-eQTL con P-valores > 5 × 10–8 y/o con diferencias en la frecuencia alélica entre las poblaciones de los datos de GWAS y cis-eQTLs superiores a 0,2 se excluyeron. Finalmente, los P-valores se corrigieron con el método Benjamini-Hochberg (BH) y se filtraron por FDR ≤ 0,05. Con los cis- eQTLs significativos identificados por SMR se realizó un análisis de solapamiento de QTLs con el paquete *GALLO* de R para evaluar el solapamiento con otras QTLs anotadas en bases de datos.

Resultados

Mediante *TensorQTL* se identificaron 120 y 5 cis-eQTL que regulan la expresión de 128 y 5 genes en muestras

de PB de las poblaciones de vacas frisonas en las poblaciones 1 y 2, respectivamente (FDR ≤ 0,05). En la población 1, la mayoría de los cis-eQTLs identificados se localizaban en regiones intrónicas (60%) mientras que en la población 2 se localizaban en regiones *downstream* (54%). Tras la corrección de los resultados del SMR (FDR ≤ 0,05) empleando los datos de la población 1 se identificó el cis-eQTL-rs208588311, asociado a la sobreexpresión del gen de la *adipogenina* (*ADIG*) y a la presencia de lesiones intestinales difusas (FDR = 2.58 x 10-3). Con los datos de la población 2 se identificó el cis-eQTL-rs458152228, asociado a la sobreexpresión del gen de la *metalopeptidasa Kell* (*KEL*) y a resultados positivos de EPC (FDR = 0.02). El gen *ADIG* está implicado en la regulación de la adipogénesis a través de la diferenciación de adipocitos y modulación de rutas relacionadas con el metabolismo y almacenamiento lipídico. Resultados previos sugieren que la acumulación de colesterol en los macrófagos infectados proporciona un ambiente propicio para la supervivencia de MAP. El gen *KEL* codifica para una metaloendopeptidasa que escinde la endotelina-2, implicada en la señalización de los macrófagos y la defensa de la mucosa intestinal frente a patógenos, para la que se han identificado previamente mutaciones asociadas a la susceptibilidad a la infección por MAP. El análisis de solapamiento de QTLs reveló que el SNP que afecta a la expresión del *KEL* se localizaba próximo a regiones descritas anteriormente asociadas con la susceptibilidad a la tuberculosis (QTL ID: 96209, QTL ID: 96211) y paratuberculosis (QTL ID: 263340).

Conclusiones

Nuestros hallazgos mejoran la comprensión de los mecanismos reguladores genéticos que potencialmente influyen en la susceptibilidad a la PTB y pueden servir de base para estrategias de selección genómica. Las aplicaciones de la genética animal en los programas de cría constituyen uno de los motores importantes para una producción ganadera eficiente, no solo para aumentar el rendimiento y la productividad, sino también para garantizar la resiliencia y la salud del ganado, al tiempo que se mejora la longevidad de los animales.

CO-333 | Extensivo

EFECTOS DE LA SUBNUTRICIÓN MATERNA Y LA SUPLEMENTACIÓN CON HIDROXITIROSOL DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DE GESTACIÓN SOBRE CRECIMIENTO Y PERFILES FISIOLÓGICOS DE NOVILLAS DE CARNE

EFFECTS OF MATERNAL UNDERNUTRITION AND SUPPLEMENTATION WITH HYDROXYTYROSOL DURING THE LAST THIRD OF GESTATION ON THE GROWTH AND PHYSIOLOGICAL PROFILES OF BEEF HEIFERS

Leire López de Armentia Osés[1], Agustí Noya Clavé[2], Olaia Akesolo-Atutxa[1], Beatriz Serrano-Pérez[2], Javier Álvarez-Rodríguez[3], Javier Ferrer Achiaga[1], Albina Sanz Pascua[1]

(1)-Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (2)-Universitat de Lleida (3)-Escuela Politécnica Superior de Huesca (Universidad de Zaragoza)

Los eventos que ocurren durante el desarrollo fetal pueden tener efectos sobre la vida postnatal de los individuos (Funston et al., 2010). La subnutrición a final de gestación (cuando ocurre el 75% del crecimiento fetal) es una situación recurrente en los sistemas ganaderos semi-extensivos. El hidroxitirosol (HT) es un polifenol presente en el olivo que posee propiedades antioxidantes y que podría atenuar los efectos adversos asociados a la subnutrición. Este estudio forma parte del proyecto FETALNUT, en el que se analizan las repercusiones de la subnutrición y la inclusión de HT a fin de gestación sobre los rendimientos de las vacas y de su descendencia. En esta comunicación se describe el efecto de la subnutrición materna y la suplementación con HT durante el último tercio de gestación sobre el crecimiento y los perfiles fisiológicos de las crías hembra durante la lactación (0-4 meses de edad) y recría (4-17 meses).

Para ello, se realizó un ensayo con 110 vacas multíparas (razas Parda de Montaña y Pirenaica), sometidas a 4 tratamientos alimentarios desde la semana 28 de gestación hasta el parto, siguiendo un diseño factorial 2x2 en función de nivel de alimentación (100 vs. 60% necesidades nutricionales) y suplementación con HT (Control vs. HT para 0 vs. 180 mg HT/kg mezcla completa) (información ampliada en López de Armentia et al., 2026). Después del parto, todas las vacas recibieron una dieta para cubrir el 100% de sus necesidades y sin HT, y las terneras se alimentaron exclusivamente de leche materna (doble amamantamiento, 2 periodos de 30 minutos al día). Durante la recría, las novillas (n=42) recibieron una dieta a base de heno a voluntad y 2 kg pienso/animal/día. Se registró el peso vivo (PV) de las hembras una vez al mes durante la lactación y cada 3 meses durante la recría, y se tomaron muestras de sangre en esos mismos días para determinar la concentración plasmática de glucosa, fructosamina, ácidos grasos no esterificados (AGNE), urea y factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1). Los datos se analizaron mediante un modelo mixto lineal con nivel de alimentación materno, HT, mes y raza como efectos fijos, PV de la progenitora al inicio del ensayo anidado en la raza como covariable y padre como efecto aleatorio (SAS v 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Solo se analizaron animales clínicamente sanos.

La alimentación materna al final de la gestación no tuvo efectos sobre el PV de las hembras durante su crecimiento hasta los 17 meses de vida. Las concentraciones de glucosa fueron similares en los 4 grupos a lo largo del estudio, aunque en el mes 2, las terneras nacidas de vacas subnutridas tuvieron un nivel superior a las 100%. Las concentraciones de fructosamina fueron similares, únicamente con diferencias al final de la recría, con concentraciones del grupo 60-HT mayores que los grupos 100%. Respecto a los niveles de AGNE, los bajos niveles observados a lo largo del ensayo indicarían una adecuada cobertura de las necesidades de nutrientes. Sin embargo, todos los grupos mostraron un fuerte incremento de las concentraciones tras el destete (primer mes de la recría), siendo mayor en los grupos con HT (100-HT y 60-HT) con respecto al

60-Control. Además, el grupo 100-HT también mostró niveles elevados en el penúltimo trimestre de la recría. Ante mayores requerimientos energéticos debido a cambios nutricionales y de manejo (destete e inicio de recría), los grupos HT mostraron mayor capacidad de movilización lipídica que el grupo 60-Control. Las concentraciones de urea siguieron un patrón similar entre grupos, habiendo diferencias puntuales. Los grupos HT tuvieron mayores concentraciones de urea al nacimiento respecto a los Control; mientras que el grupo 100-HT presentó valores más altos que los grupos 60% al final de la recría. La IGF-1 también mostró un patrón similar entre grupos, con diferencias puntuales. En el mes 2, el 100-HT presentó mayores concentraciones de IGF-1 que el 100-Control; mientras que en la 1ª mitad de la recría se observaron, en general, unos valores más altos en el grupo 100-Control, desapareciendo estas diferencias en el último trimestre.

De estos resultados preliminares, podemos concluir que la subnutrición materna y la suplementación con HT durante el último tercio de gestación no tuvieron efectos en el PV de las hembras durante la lactación y la recría, aunque se vieron algunos efectos en los parámetros metabólicos de las novillas a lo largo de su crecimiento hasta los 17 meses de vida, destacando una mayor capacidad para la movilización grasa en los grupos con HT respecto al 60-Control en momentos de mayor demanda energética.

Funston et al., 2010. Journal of Animal Science (doi:10.2527/jas.2009-2351) López de Armentia et al., 2026. Animal (doi: 0.1016/j.animal.2026.101793)

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).

CO-309 | Extensivo

MONITORIZACIÓN MEDIANTE BIOLOGGERS DE TEMPERATURA CORPORAL, FRECUENCIA CARDÍACA Y VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN VACAS DE LIDIA BAJO CONDICIONES ESTIVALES NATURALES

BIOLOGGER-BASED MONITORING OF BODY TEMPERATURE, HEART RATE, AND HEART RATE VARIABILITY IN LIDIA COWS UNDER NATURAL SUMMER CONDITIONS

Marta Elena Alonso de la Varga[1], Pablo Iglesias Santiago[1], Javier Plaza Martín[2], Jaime Nieto de la Losa[2], Carlos Palacio Riocercos[2], Luis Morales García[1], Juan Manuel Lomillos Pérez[3], Alfonso Abecia Martínez[4]

(1)-Departamento de Producción Animal. Universidad de León (2)-Área de Producción Animal. Universidad de Salamanca (3)-Departamento de Producción y Sanidad Animal, Salud Pública Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad CEU Cardenal Herrera Valencia (4)-Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales (IUCA). Universidad de Zaragoza

Introduction and Aim

Rustic cattle breeds reared in extensive Mediterranean systems face substantial daily thermal fluctuations, but objective data on their physiological adaptations remain scarce, particularly for Lidia cattle (*Bos taurus*), which exhibit distinctive behavioral reactivity and minimal human contact. This study aims to provide the first continuous biologger-based assessment of circadian and short-term responses in body temperature (T), heart rate (HR), and heart rate variability (HRV) in free- ranging Lidia cows during natural summer conditions, quantifying their temporal relationships with the temperature-humidity index (THI) to evaluate thermoregulatory resilience and autonomic flexibility. Understanding these dynamics is crucial for welfare assessment, breed conservation, and management under climate variability.

Material and Methods

Four adult Lidia cows from a Murube-lineage herd were monitored for 10 consecutive days (18-27 June) in a 1200-ha dehesa ecosystem near Salamanca, Spain (40°N), comprising holm oak pastures with ad libitum access to natural forage, supplemental in periods of low forage availability with feed blocks and straw, and water ponds. Procedures were approved by the University of León Animal Experimentation Ethics Committee (OEBA-ULE-009-2025). Each cow was lightly sedated and implanted subcutaneously in the left hemithorax with a miniaturized biologger programmed to record T, electrocardiogram-derived HR,

and HRV indices (standard deviation of normal to normal R-R intervals-SDNN and root mean square of consecutive deviations between normal heartbeats-RMSSD) every 5 minutes at 150 Hz sampling frequency. Devices were retrieved post- slaughter, with quality indices ensuring data reliability (>97% valid records after artifact exclusion). Ambient temperature and relative humidity data from the nearest meteorological station enabled THI calculation, using THI = (0.8T) + [(RH/100)(T−14.4)] + 46.4 formula, and categorizing heat stress as normal (<74), alert (74-78), danger (79-83), or emergency (≥84).

Raw data underwent filtering to preserve physiological trends while excluding noise (<3% data loss). Day-night comparisons used ANOVA; circadian rhythmicity was fitted to a 24-h cosinor model yielding amplitude, acrophase, robustness (R^2), and Circadianity Index (CI >3 = strong rhythm). Transitions between THI categories were analyzed in ±6-h windows to compute mean lags to peak T/HR or nadir HRV.

Results and Discussion

Mean body T was 37.54 ± 0.01°C, significantly higher daytime (37.55 ± 0.01°C) than nighttime (37.51 ± 0.01°C; $P<0.001$), with evening acrophase (19:39 h), $R^2=0.84$, and CI>3, indicating robust circadian stability. HR averaged 63.95 ± 0.08 bpm with no day-night difference, paralleling T with an evening acrophase and moderate rhythmicity indices ($R^2\approx0.65$; CI≈2), reflecting behavioral modulation. HRV showed inverse patterns: nighttime SDNN (17.29 ± 0.11 ms) and RMSSD (18.96 ± 0.13 ms) exceeded daytime values (15.72 ± 0.09 ms and 15.06 ± 0.09 ms; both $P<0.001$), with early-morning acrophases and lower rhythmicity indices, denoting dynamic autonomic shifts toward parasympathetic dominance at rest. The reciprocal dynamic between HR and HRV is considered biological markers of autonomic balance in cattle, with a decline in HRV under heat stress reflecting reduced vagal modulation and enhanced sympathetic activation, an adaptive mechanism to maintain cardiovascular output and body temperature within physiological limits. These results demonstrated the coexistence of a robust thermal rhythm and a moderately stable cardiac rhythmicity supporting the idea that Lidia cows maintain thermoregulatory homeostasis even if autonomic flexibility is transiently reduced under heat load.

Ambient conditions averaged 23.9 ± 5.4°C and 58.2 ± 14.7% relative humidity, yielding THI up to danger levels. T and HR tracked ambient oscillations with buffering, while HRV declined midday, signaling sympathetic activation. The analysis of THI increase revealed a temporal delay between changes in ambient T and H and physiological responses: HR peaked after 3.05 ± 0.24 h, T after 4.49 ±

0.24 h, SDNN nadir after 3.91 ± 0.22 h, and RMSSD nadir after 3.66 ± 0.22 h, this lag confirms anticipatory cardiac changes preceding thermal peaks and delayed autonomic recovery and these hierarchical responses are consistent with classical

thermophysiological models in cattle found in literature revised, where HR modulation and peripheral vasodilation precede measurable rises in core T.

The use of biologgers has proven effective for studying behaviorally reactive cattle, such as the Lidia breed, because conventional monitoring techniques that involve restraint can alter physiological responses through handling-induced stress. This approach creates new opportunities to improve animal welfare by enabling the identification of physiological thresholds associated with different stressors in extensive production systems.

Conclusions

These findings demonstrate Lidia cows' exceptional thermotolerance: stable T rhythms buffer environmental extremes, flexible HR supports cardiovascular homeostasis, and transient HRV reductions reflect adaptive autonomic balance without circadian disruption. Compared to dairy and beef breeds, this rusticity, likely derived from centuries of selection in Mediterranean environments, confers superior resilience, with biologgers enabling unprecedented non-invasive insights into reactive, free-ranging cattle. Such baselines inform welfare thresholds, shade and grazing optimizations, and conservation amid heat waves, positioning Lidia cattle as a model for understanding extensive system adaptations to thermal stress.

CO-386 | Sanidad

PROGRESIÓN DE LA LESIÓN PULMONAR DETECTADA MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA Y SU ASOCIACIÓN CON EL CONSUMO DE LECHE Y EL CRECIMIENTO EN TERNERAS LECHERAS

PROGRESSION OF LUNG LESIONS DETECTED BY ULTRASONOGRAPHY AND THEIR ASSOCIATION WITH MILK INTAKE AND GROWTH IN DAIRY CALVES

Carolina Tejero Gallego Tejero Gallego[1], Clara Rial[2], Jose María Pont[2]

(1)-MSD A.H. (2)-Granja San José

Introducción

La enfermedad respiratoria representa una de las principales causas de morbilidad en terneras lecheras, cursando frecuentemente de forma subclínica (1). La ecografía pulmonar permite detectar lesiones pulmonares en ausencia de signos clínicos, sin embargo, existe escasa información sobre la evolución en el tiempo de estas lesiones y su impacto sobre parámetros productivos.

Este estudio tuvo como objetivos 1) describir la evolución temporal de la consolidación pulmonar detectada por ecografía en las primeras 10 semanas de vida y 2) determinar si la gravedad y persistencia de estas lesiones se asocian con diferencias en el consumo de leche, rumia y las tasas de crecimiento en terneras criadas en amamantadoras automáticas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó entre mayo del 2025 y enero de 2026 en una explotación lechera ubicada en la provincia de Huesca.

Se incluyeron 584 terneras Holstein alimentadas con un plano nutricional alto (8-12 L/día) mediante amamantadoras automáticas (H&L CalfExpert).Fueron pesadas a los 3 DDV (Bosche ETW) y al destete (True- Test®).

Las terneras fueron evaluadas mediante ecografía pulmonar a los 25, 50 y 75 días de vida (DDV). Las exploraciones se realizaron con un ecógrafo ProScan equipado con una sonda lineal de 8 MHz. Se registró la presencia de consolidaciones pulmonares, con un tamaño ≥ 1 cm2, clasificadas según su extensión máxima. Todas las ecografías fueron realizadas por el mismo operador. Basándose en la evolución de las lesiones, las terneras se clasificaron en tres grupos: Sin Lesión (SL; n=266, sin lesiones en ninguna evaluación), Lesión Transitoria (LT; n=289, lesión en al menos uno de los tres momentos), y Lesión Persistente (LP; n=29, lesión en las tres evaluaciones). Se registraron datos individuales de consumo de leche, rumia semanal mediante crotales SenseHub Youngstock, peso corporal y ganancia media diaria (GMD).

Los datos fueron analizados con SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Las variables binarias se analizaron mediante regresión logística utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX, asumiendo una distribución binomial. Las variables continuas, se evaluaron mediante ANOVA.

Resultados

La proporción de terneras sin lesiones pulmonares disminuyó con la edad, pasando del 89,9 % a los 25DDV al 66,1 % a los 50DDV y al 60,8 % al destete (75DDV). En paralelo, las lesiones de mayor gravedad aumentaron con el tiempo: la prevalencia de consolidación de un lóbulo o lesiones más graves (> a un lóbulo, efusión pleural) se incrementó de 1,2 % en 25DDV a 9,9 % en 50DDV y 14,2 % en 75DDV. Las lesiones de tamaño intermedio (1-3 cm y 4-6 cm) también mostraron un aumento progresivo a lo largo del período de estudio.

El consumo medio diario de leche fue mayor (P=0,01) en el grupo de LP (8,5 L/día) y SL (8,5 L/día) que en el grupo LT (8,4 L/día).

El grupo LP presentó mayor (P<0,05) peso al nacimiento (39,4±3,0 kg) comparado con SL (37,1±3,7 kg) y LT (37,8±4,1 kg), lo que constituyó un factor de confusión en el análisis.

El peso a los 25DDV también fue mayor (P-val=0.03) en el grupo de LP (56kg) y SL (57kg) que en el grupo LT (55kg). La GMD entre los 3 y 25DDV fue mayor (P<0,01) para el grupo SL (0,93kg) que para los grupos LT (0,89kg) y LP (0,89kg). No hubo diferencias en la prevalencia de diarreas entre grupos (SL:37%,LT:28%,LP:20%;P-val:0,89).

Los grupos SL (115kg) y LT (114kg) alcanzaron un mayor (P<0,01) peso vivo al destete que el grupo LP (111kg). La GMD entre los 26 y 75 DDV fue mayor (P=0,01) para los grupos SL (1kg/d) y LT (0,99kg/d) que para el grupo LP (0,94kg).

A los 147 días de vida, el peso (SL:179, LT:179, LP:181kg; P=0,80) y la GMD (SL:0,90, LT:0,93, LP:0,98; P-val=0,17) fueron similares entre grupos. La ausencia de evaluaciones ecográficas postdestete limita la interpretación de la estos resultados, ya que se desconoce si refleja la resolución de lesiones, persistencia o nuevas consolidaciones en animales previamente sanos en este periodo.

La evolución de las lesiones pulmonares no estuvo asociada al promedio de rumia semanal entre la semana 5 y 22 de vida (SL:301,LT:297,LP:285min/d;P=0,38).

Conclusiones

La ecografía pulmonar mostró un incremento progresivo en la prevalencia y la severidad de las lesiones durante las primeras semanas de vida. Las lesiones persistentes se asociaron con un menor crecimiento hasta el destete frente a las lesiones transitorias, aunque estas diferen-

cias no se mantuvieron en etapas posteriores. La evolución de las lesiones no afectó ni los patrones de rumia ni el consumo de leche.

La monitorización ecográfica sistemática permite identificar animales con lesiones tempranas y facilita la implementación de estrategias de manejo específicas. Futuros estudios deberían incorporar un seguimiento ecográfico más prolongado para evaluar con precisión el impacto productivo a largo plazo y aclarar los posibles mecanismos de compensación del crecimiento tras el destete.

Referencias

1. Ollivett, T. L., & Buczinski, S. (2016), DOI: 10.1016/j.cvfa.2015.10.005

CO-324 | Sanidad

PERFIL PROTEÓMICO DE ANIMALES TOLERANTES A LA PARATUBERCULOSIS BOVINA.

SERUM AND TISSUE PROTEOMIC SIGNATURES ASSOCIATED WITH TOLERANCE TO BOVINE PARATUBERCULOSIS.

Eva Blanco-Costales[1], Alejandra Isabel Navarro León[1], Susana Belén Bravo López[2], Nuria Adela Menéndez-Arias[1], Tania Iglesias[3], Gerard Badía-Bringé[4], Patricia Vázquez[4], Joseba Mirena Garrido[4], Ramón Juste[4], Marta Alonso-Hearn[4], Rosa Casais[1]

(1)-Center for Animal Biotechnology, Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Asturias, Spain. (2)-Proteomic Unit, Instituto de Investigaciones Sanitarias de Santiago de Compostela - IDIS, Complejo Hospitalario Universitario de Santiago de Compostela (CHUS), Santiago de Compostela, Spain. (3)-Unidad de Consultoría Estadística, Servicios científico-técnicos, Universidad de Oviedo, Campus de Gijón, Asturias, Spain.

(4)-Department of Animal Health, NEIKER-Basque Institute for Agricultural Research and Development, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Derio, Spain.

Paratuberculosis (PTB) is a highly contagious chronic granulomatous enteritis caused by *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis*(MAP). Most PTB control programs are based on testing and selective culling of test-positive cows combined with the implementation of appropriate sanitary and management practices. However, conventional diagnostic tests, used to identify infected animals, show limited sensitivity for detecting subclinical infections resulting in an underestimation of the actual PTB prevalence and in the persistence of MAP in the farms, compromising disease control.

Resilient animals used three defence strategies against pathogens: avoidance, resistance, and tolerance. The avoidance strategy relies on behavioural mechanisms that limit exposure by identifying and avoiding infection risks before exposure. Resistance refers to the elimination of the pathogen by preventing its invasion through the activation of innate immune and inflammatory responses. Disease tolerance, in turn, is genetically determined and reduces host susceptibility, reduces the negative impact of an infection on host fitness through tissue damage control without directly affecting the pathogen burden. One management strategy consists of retaining resilient individuals within the herd in order to enhance disease control. Maintaining clinically healthy animals capable of surviving exposure to MAP is economically advantageous and aligns with current animal health standards and welfare regulations.

In a previous genomic study, we identified a specific immunogenetic profile associated to PTB tolerance in cattle that was naturally infected with MAP but did not show PTB-associated lesions in gut tissue. Forty single nucleotide polymorphisms (SNPs) were identified, defining nine loci (Quantitative Trait Loci, QTL) and 98 genes. Most of the genes were involved in DNA repair, chromatin packaging, and innate immune response regulation. In this context, tolerant animals are unable to completely eliminate MAP, however, they are capable of limiting tissue damage and maintaining homeostasis through mechanisms of repair and immune regulation.

The aim of the present study was: 1) To identify biomarkers of tolerance to PTB; and 2) To elucidate the molecular mechanisms and protective pathways of tolerance that help to reduce the host vulnerability to tissue damage. High-throughput and label-free quantitative proteomics (SWATH-MS)was employed to analyse the proteomic profileof serum and ileocecal valve (ICV) of: 1) infected animals without PTB-associated histological lesions that tested positive for MAP by PCR and bacteriological culture (tolerant animals); 2) Animals presenting focal lesions but negative by PCR, culture and ELISA for the detection of anti-MAP

antibodies (non-tolerant animals); and 3) Animals without lesions and negative by PCR, culture and ELISA (healthy controls). Proteins were identified using ProteinPilot software (SCIEX), only peptides passing FDR < 1% were considered reliable hits. Two comparisons were performed: Tolerant *versus*healthy controls and tolerant *versus* non-tolerant animals.

In the tolerant *versus*healthy control comparison, 347 and 116 differentially expressed proteins (DEPs; $p < 0.05$) were detected in ICV and serum, respectively, with 42 proteins shared between both types of samples. In the tolerant *versus*non-tolerant comparison, 263 and 149 DEPs were identified in ICV and serum, respectively, with 40 overlapping proteins between the two samples. Overall, the serum proteome and the intestinal tissue proteome show markedly different profiles in both comparisons. However, there is a group of proteins shared between the samples, suggesting the existence of a small number of common and conserved proteins strongly associated with tolerance.

To obtain information about key biological processes relevant to PTB tolerance STRING analysis was performed including the list of all the DEPs ($p<0.05$). Functional enrichment identified identical clusters in both comparisons, suggesting a consistent pattern in the tolerant phenotype. However, fold enrichment was consistently higher in the tolerant animals *versus*non-tolerant animals' comparison indicating that tolerant animals have a profile more similar to healthy control individuals. The top networks identified were: 1) Mixed network, including extracellular matrix organization and ECM receptor interaction; 2)

RNA recognition motif and K homology domain type 1; 3) Mixed network, including cell–extracellular matrix interactions and the alpha-catenin/vinculin-like superfamily; 4) Collagen formation and microfibril structures; 5) Fibrinolysis and serine protease inhibitor activity and 6) chaperone tailless complex polypeptide (TCP-1). Specifically, the most relevant functions and biological processes enriched in the comparison tolerant *versus*healthy controls involved extracellular matrix structural constituent, protein folding and acute-phase response

whereas in the comparison of tolerant *versus*non-tolerant animals, included protein folding chaperones, positive regulation of DNA biosynthetic processes, and regulation of extracellular matrix organization.

Finally, five DEPs have been selected as candidate biomarkers for PTB tolerance based on their cellular location (extracellular), biological function (maintaining tissue integrity and regulating immune responses), fold change (>1.5), and reagent availability. These selected DEPs will be validated by Enzyme-Linked Immunosorbent Assays (ELISA) in serum samples in order to confirm the proteomic results.

In summary, these findings provide insight into the molecular mechanisms and biological functions associated with PTB tolerance and contribute to the identification of potential biomarkers relevant to PTB tolerance and disease control.

CO-375 | Reproducción

UNA NUEVA ESTRATEGIA DE PRESINCRONIZACIÓN MEJORA LA FERTILIDAD, RESPUESTA OVULATORIA Y LA EXPRESIÓN DEL ESTRO EN VACAS DE CARNE SOMETIDAS A UN PROTOCOLO 5DCO-SYNCH+P4

A NOVEL PRESYNCHRONIZATION STRATEGY ENHANCES FERTILITY, OVULATORY RESPONSE AND ESTRUS EXPRESSION IN BEEF COWS SUBJECTED TO A 5DCO-SYNCH+P4 PROTOCOL

Iris Cuchi[1] , Teresa Flores[2] , Antonio Lucero[3] , José María Sánchez[4]; Eber Rojas Canadas[1]

(1)-Universitat de LLeida (2)-Universidad Complutense de Madrid (3)-SV de la Janda (4)-IFAPA

In contrast to dairy herds, the use of presynchronization has been limited in beef cattle mainly due to the extra additional handling requirements and the reduced effectiveness of prostaglandin F2alfa (PGF) in anestrous animals. Previous studies have reported no consistent improvements in pregnancy per artificial insemination (P/AI) when presynchronization strategies were carried out on beef cattle. Therefore, this 2×2 factorial study aimed to: (*i*) evaluate the effect of a new presynchronization strategy (Pres5); (*ii*) assess the impact of re-using intravaginal progesterone devices (IVPD) during a 5dCO-Synch+progesterone (P4) timed artificial insemination (TAI) protocol on ovulatory response, ovarian status, estrus expression, and P/AI in beef cows. We hypothesized that Pres5 and those receiving a Second-use IVPD will have a greater ovulatory response to gonadorelin acetate-1 (GnRH), estrus expression and enhanced P/AI than no presynchronization cows and those receiving a New IVPD.

A randomized controlled trial was conducted on 767 Limousin and Limousin-crossed beef cows from 6 farms allocated in southwestern Spain. Within farm, healthy animals were balanced by body condition score, calf at foot and parity and were randomly assigned to 1 of 2 treatments at D-15: Pres5 (n = 383): where cows received a IVPD for 5d and PGF administration (25 mg of dinoprost) at D-10; and Control (n=384): where cows received no presynchronization treatment. At D-8, all cows received 100 ug of GnRH and were assigned to 1 of 2 IVPD-use treatments: New-IVPD (n=384), where animals received a New-IVPD for 5d, and Once-used IVPD (n=383), where cows received a Once-used IVPD for 5d (used previously for 5d in the presynchronization treatment). On D-3, IVPD was removed and double PGF dose (50 mg) was administered. All cows were TAI (D0) 72h after IVPD removal concomitant with 100 ug of GnRH administration. Estrus detection patches were placed on cows at D-3 and evaluated at the time of TAI. Ovarian status was evaluated by transrectal ultrasonography on all cows at D-8 and D-3 and from a subset of cows (n=244) at D0. Blood samples were taken at D-3 and D0 from the same subset of animals (n=244) to determine plasma P4 concentrations by RIA. Pregnancy diagnosis was performed 35 days after TAI. All outcomes were analyzed by PROC GLIMMIX in SAS: a binary distribution and a logit link function for binary outcomes, normal distribution and identity link function for continuous outcomes. In all models, treatment and herd were included as a fixed and random effect, respectively.

On D-8, presynchronization affected ovarian status: largest follicle diameter (LFD) was greater in Pres5 than Control (13.0 +/- 0.2 mm vs 10.6 +/- 0.2 mm; $P<0.0001$). Ovulatory response to GnRH-1 was also enhanced in Pres5 than Control [77.5% (297/383) vs 46.1% (177/384); $P<0.0001$]. On D−3, Pres5 cows had a smaller LFD than Control cows (10.2 +/- 0.15 mm vs 11.04 +/- 0.17 mm; $P=0.04$). However, no differences ($P>0.25$) were observed between Pres5 and Control on D−3 total luteal volume (3687.27 +/- 207.3 mm vs 3925.92 +/- 224.3 mm) nor plasma P4 concentration (2.78 +/- 0.2 ng/mL vs 2.97 +/- 0.3 ng/mL). Likewise, no differences were detected between New- and Once-used IVPD cows (all $P>0.33$) on D-3 LFD (11.2 +/- 0.46 mm vs 11.05 +/- 0.42

mm), total luteal volume (3763.30 +/- 252.3 mm vs 3989.45 +/- 234.3 mm), nor plasma P4 concentration (2.81 +/- 0.2 ng/mL vs 2.87 +/- 0.2 ng/mL).

On D0, there were no differences between Pres5 and Control cows ($P>0.20$) on LFD (12.8 +/- 0.3 mm vs 12.3

+/- 0.2 mm) nor plasma P4 concentration (0.16 +/- 0.02 ng/mL vs 0.21 +/- 0.02 ng/mL). Similarly, no differences were observed between New- and Once-used IVPD groups on D0 LFD (13.0 +/- 0.3 mm vs 12.2 +/- 0.17 mm) nor plasma P4 concentration (0.18 +/- 0.02 ng/mL vs 0.19 +/- 0.02 ng/mL). Expression of estrus was affected by presynchronization ($P=0.004$). A greater proportion of Pres5 cows expressed estrus than Control [73.6%

(282/383) vs 68.7% (264/384)]. Conversely, IVPD use did not affect estrus expression [New: 69.3% (266/384) vs Once-used: 73.1% (280/383); *P*=0.15]. Pregnancy per AI at D35 was greater in Pres5 than Control [66.6% (255/383) vs 55.5% (213/384); *P*=0.001], with no difference between New- and Once-used IVPD groups [59.8% (230/384) vs 62.6% (240/383); *P*=0.84].

In conclusion, Pres5 treatment increased D-8 LFD, and resulted in a greater GnRH-1 ovulatory response, increased estrus expression, and improved P/AI in beef cows submitted to a 5dCO-Synch+P4 protocol. In addition, the use of a once-used IVPD did not affect ovarian status on D-3 or D0, nor did influence estrus expression or P/AI. Overall, these results indicate that implementing a Pres5 presynchronization strategy together with a second-use IVPD within a fixed-TAI protocol can improve fertility outcomes in beef cows without increasing the overall cost of the synchronization program.

Funded by: MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and FEDER,EU (PID2023-146910OA-C22) and Next GenerationEU/PRTR (RYC2021-033574-I), EU (FI-SDUR-20251020299).

CO-392 | Sanidad

DESCRIPCIÓN DE BROTES DE NEUMONÍA CON ALTA MORTALIDAD EN VACAS DE LECHE EN EL NORTE DE ESPAÑA

DESCRIPTION OF PNEUMONIA OUTBREAKS WITH HIGH MORTALITY IN DAIRY COWS IN NORTHERN SPAIN

Laura Elvira Partida[1], Carlos Carbonell[2], Carlos Pérez[3], Manuel Antelo[4], Joseba Odriozola[5], Maria José Tuñón[6], Juan Vicente González[7]

(1)-MSD AH (2)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health (3)-Sanavet (4)-Cenvet (5)-La montaña veterinarios (6)-Tecnipec

(7)-Fac. Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid

Introducción

La neumonía es una enfermedad multifactorial frecuente en bovinos, tradicionalmente asociada a terneros. No obstante, se han descrito brotes de elevada mortalidad en vacas adultas [1], [2].

En el patrón clásico de la neumonía, *M. haemolytica*se considera un invasor oportunista que requiere una infección viral previa para colonizar el tracto respiratorio inferior [3]. En cambio, publicaciones recientes han documentado brotes en vacas lecheras en los que *M. haemolytica*aparece como el principal agente y potencialmente como patógeno primario[4].

*M. haemolytica*es una bacteria Gram-negativa considerada "patobionte". Entre sus doce serotipos capsulares, el A2 predomina como comensal mientras que los serotipos A1 y A6 adquieren relevancia patógena bajo estrés o desequilibrio del microbioma nasofaríngeo, que favorecen su proliferación y liberación de leucotoxinas, responsable de las lesiones pulmonares y la elevada mortalidad [5].

Diversos factores de manejo, bioseguridad, ambientales o de inmunocompetencia del hospedador, pueden predisponer a este proceso. Sin embargo, la evidencia científica disponible sobre neumonía en vacas adultas aún es limitada, en parte, por la dificultad de un diagnóstico preciso de la enfermedad [6] lo que resalta la necesidad de este estudio descriptivo de neumonía con alta mortalidad en rebaños del norte de España.

Objetivo

El objetivo del estudio fue describir los once brotes de neumonía con elevada mortalidad en vacas lecheras, analizando el papel de *M. haemolytica*y caracterizando los hallazgos clínicos, epidemiológicos y los posibles factores de riesgos, con el propósito de mejorar el diagnóstico y establecer medidas preventivas más eficaces.

Materiales y métodos

Entre octubre de 2024 y enero de 2026, se investigaron once brotes agudos de neumonía en ganaderías lecheras del norte de España. Se realizó una visita de campo para recopilar información epidemiológica y de manejo. A su vez, recopilamos información de los programas de gestión, recetas electrónicas o de las oficinas agrarias virtuales. Posteriormente, se aplicó un análisis descriptivo de los datos de cada explotación.

Se recogieron hisopos nasofaríngeos profundos de animales enfermos y/o muestras pulmonares durante necropsias. En el laboratorio se realizaron cultivos, ELISA para antígenos víricos y PCR en tiempo real para *VRS*, *PI-3*, *BoHV-1*, *BoCV*, *M. haemolytica*, *M. bovis*, *H. somni*y *P. multocida*. Parte del tejido pulmonar se fijó en formol para histopatología. Los aislamientos positivos se serotipificaron mediante PCR multiplex capsular, diferenciando A1, A2 y A6.

Resultados y discusión

En los 11 brotes se registraron un total de 282 vacas tratadas con antibiótico, con una morbilidad media del 21,7% muy variable entre granjas(rango: 5,2–62,9%). Se produjeron 80 muertes y 25 animales fueron a matadero tras pérdida productiva irreversible. El porcentaje de baja media entre los enfermos fue del 37,2% (rango: 17–60%), reflejando la alta patogenicidad y el elevado impacto económico.

Clínicamente se constató: depresión marcada, disnea intensa y caída brusca de la producción; en cuatro granjas curso de inicio con muertes súbitas sin signos respiratorios evidentes.

*M. haemolytica*se identificó como el principal agente etiológico mediante PCR y/o cultivo en todas las explotaciones. Se obtuvieron resultados positivos en los 10 pools de hisopos traqueales profundos y en un lavado traqueobronquial, así como en las 14 muestras pulmonares analizadas. No se detectó presencia de virus respiratorios bovinos y solo se identificaron coinfecciones en seis casos (cinco *P. multocida*y uno *M. bovis*). Los serotipos predominantes correspondieron a A6 (67%), A1 (22%) y A2 (11%), asociados a mayor virulencia y desenlaces mortales [7]. La histopatología reveló lesiones fibrinonecróticas exudativas compatibles con una manheimiosis aguda.

La mayoría de los brotes (73%) ocurrieron en otoño-invierno, coincidiendo con condiciones favorables para la transmisión por aerosoles. En seis granjas se observó hacinamiento (relaciones vacas/cubículo o cornadiza > 1) y en todas hay una ventilación deficiente, ambos factores de riesgo de neumonía. A nivel de bioseguridad, siete explotaciones introdujeron animales (<2 meses previos) y solo dos rebaños vacunaban frente a patógenos respiratorios pero solo frente a PI3 y BRSV y no frente a *M. haemolytica*, lo que refuerza la necesidad de incluirlo en los programas vacunales [8].

A nivel individual, excepto en una explotación con baja presión reproductiva, el 25% de los casos sucedieron en los primeros 55 días en leche, lo que indica la posible susceptibilidad en base a la inmunidad del hospedador.

Conclusión

*M. haemolytica*se confirma como agente primario afectando gravemente a las vacas lecheras causando importantes pérdidas económicas. Dado el incremento de los brotes de neumonía por *M. haemolytica*en vaca lechera adulta es vital conocer el cuadro clínico y establecer medidas de control y profilaxis vacunal en las granjas de riesgo.

1. Dorso et al., 2021. Doi:10.3390/ani11082280.
2. Aleri et al., 2021. Doi:10.1111/avj.13096.
3. Griffin et al., 2010. Doi:10.1016/j.cvfa.2010.04.004.
4. Biesheuvel et al., 2021. Doi:10.1016/j.tvjl.2020.105576.
5. Cozens et al., 2019. Doi:10.1128/IAI.00078-19.
6. Ferraro et al., 2021. Doi:10.3168/jds.2020-19471.
7. Lam et al., 2025. Doi:10.3168/jds.2025-26618.
8. Confer y Ayalew., 2018. Doi:10.1017/S1466252318000142.

CO-379 | Cebo

EVALUACIÓN DE UN PROTOCOLO VACUNAL AMPLIADO FRENTE AL SÍNDROME RESPIRATORIO BOVINO EN TERNEROS MAMONES: IMPACTO SANITARIO Y PRODUCTIVO

EVALUATION OF AN EXTENDED VACCINATION PROTOCOL AGAINST BOVINE RESPIRATORY DISEASE IN VEAL CALVES: HEALTH AND PRODUCTIVE IMPACT

Laura Elvira Partida[1], Javier Lillo[2], Concepción Fernández[3]

(1)-MSD AH (2)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health
(3)-Servicio Veterinario COREN

El Síndrome Respiratorio Bovino (SRB) es la enfermedad más importante de los cebaderos a nivel mundial, tanto por su elevada prevalencia como por su impacto económico (1). En cebaderos de mamones, constituye una de las principales causas de mortalidad y morbilidad (2), comprometiendo además la ganancia media diaria (GMD) y la eficiencia productiva.

A pesar de su importancia, en muchas explotaciones existe una notable carencia de datos objetivos e indicadores sanitarios estandarizados: no se registran de forma sistemática la morbilidad respiratoria, la tasa de recaídas, la mortalidad por SRB ni otros parámetros clave. Esta falta de información estructurada hace que, en la práctica, la comparación entre distintos protocolos vacunales se base a menudo en percepciones subjetivas, y no en indicadores objetivos que nos permitan cuantificar las posibles diferencias.

En este contexto, y ante la situación actual de reducción del uso de antimicrobianos (Reglamento (UE) 2019/6) se plantea el interés de disponer de estudios de campo que cuantifiquen el resultado sanitario y productivo de protocolos vacunales más completos, que además de incluir los principales virus respiratorios, incorporen patógenos bacterianos como Mannheimia haemolytica y virus respiratorios emergentes, como el coronavirus respiratorio bovino (BoCV); que puedan ayudar a reducir el uso de antimicrobianos.

Objetivo

El objetivo de este estudio de campo fue comparar, mediante indicadores sanitarios y productivos, la eficacia de un protocolo vacunal habitual frente al SRB con un protocolo ampliado, que incluya la vacunación frente a Mannheimia haemolytica y BCoV, en un cebadero de terneros mamones.

Material y métodos

El estudio se realizó en un cebadero de la provincia de Ourense en una entrada de 176 terneros de raza cruzada que fueron divididos de forma aleatoria en dos grupos:

=88 terneros (65,85Kg) con el protocolo habitual (PH): vacunación intranasal a la entrada frente a Virus Respiratorio Sincitial Bovino (VRS) y Parainfluenza-3 (PI-3), seguida de una vacunación parenteral a las 3–4 semanas frente a VRS, PI-3 y BVD, con revacunación a las 3 semanas. Los índices de salud medios aproximados del ceba-

dero eran: morbilidad respiratoria del 20% y mortalidad en mamonera del 3%.

=88 terneros (65,61kg) vacunados con el programa ampliado (PA): vacunación intranasal a la entrada frente a BoCV, VRS y PI-3 y parenteral frente a Mannheimia haemolytica, VRS y PI-3, con revacuna de esta última a las 4 semanas.

Se tomaron hisopos nasofaríngeos de terneros con lesión pulmonar el día del procesado, repitiendo el muestreo en los mismos animales a los 22 días. Además, se realizaron ecografías torácicas seriadas a todos los terneros de ambos lotes esos mismos días, clasificando las lesiones pulmonares según lo publicado (3).

Por otro lado, los terneros se pesaron individualmente en los días 1, 22, 40, 57 y 72 de estancia, calculándose la GMD. Los tratamientos y bajas durante la fase de mamonera se registraron en la aplicación Bovidata. Posteriormente, los animales se trasladaron a tres cebaderos distintos, por lo que no fue posible el seguimiento clínico completo. Se obtuvo el peso canal individual de los 174 terneros que llegaron a matadero (87 por grupo).

Resultados

En el periodo de mamonera, en ambos grupos se trataron en base a la clínica 19 terneros por neumonía. Sin embargo, el grupo PH presentó más retratamientos: 6,81 vs 4,54% requirieron un segundo tratamiento y 2,27 vs 1,13% precisaron tres tratamientos. Además, en la evaluación ecográfica, tras 22 días de estancia, conseguimos mantener un mayor porcentaje de terneros sanos en el grupo PA (55% vs 48%). Los hisopos obtenidos fueron en ambos muestreos positivos a BoCV y Pasteurella spp. A los 22 días de estancia, solo el grupo PH resultó positivo a Mycoplasma bovis y ambos grupos fueron positivos a VRS, no habiéndose detectado a la entrada.

En términos productivos, los terneros del grupo PA lograron una mayor GMD en la mamonera: 1-22d (642,04 vs 538,73 g/día) y 1-72d (1057,9 vs 1007,4 g/día). También tras el sacrificio, el grupo PA logró un mayor peso canal medio: 234,85kg vs 228,14kg. Asumiendo un rendimiento canal del 56%, la GMD total sería de 1,32 kg/día para el grupo PA y de 1,28 kg/día para el grupo PH. Finalmente, en relación a la mortalidad por neumonía, tan solo se produjo 1 baja en el grupo PH (1,13%). En los 88 terneros del grupo PA se registró una baja atribuible a neumonía, y una baja en la fase de engorde por causa desconocida.

En conclusión, ampliar la cobertura vacunal frente a M. haemolytica y coronavirus, se asoció con: mejor GMD, mayor porcentaje de terneros sanos a los 22 días de estancia y reducción de la necesidad de retratamientos. El análisis de estos indicadores sanitarios y productivos nos permitieron contar con datos más objetivos con los que evaluar los distintos protocolos.

1- Edwards, 2010. Doi: 10.1016/j.cvfa.2010.03.005

2- O'Donoghue, 2025. Doi: 10.3390/vetsci12080778

3- Adams y Buczinski, 2016. DOI: 10.3168/jds.2015-10260

CO-376 | Extensivo

RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS SEMINALES Y LA APTITUD REPRODUCTIVA EN TOROS DE RAZA AVILEÑA-NEGRA IBÉRICA

RELATIONSHIP BETWEEN SEMINAL CHARACTERISTICS AND REPRODUCTIVE APTITUDE IN AVILEÑA-NEGRA IBÉRICA BULLS

PABLO IGLESIAS SANTIAGO[1], CLARA GÓMEZ BAUTISTA[2], JUAN MANUEL LOMILLOS PEREZ[3], MAR GONZALEZ[4],

VICENTE JIMENO VINATEA[5], ALMUDENA CABEZAS ALBENIZ[6]

(1)-Investigación y Sanidad Veterinaria S.L. INSAVET. Salamanca (2)-Investigación y Sanidad Veterinaria S.L. Salamanca (3)-CEU-Cardenal Herrera. Valencia

(4)-Asociación Española de Criadores de Ganado Vacuno Selecto de Raza Avileña-Negra Ibérica. Ávila (5)-Departamento de Producción Agraria. E.T.S.I.A.A.B. UPM. Madrid (6)-Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. UCM. Madrid

Introducción

La raza Avileña-Negra Ibérica destaca por su adaptación a sistemas extensivos y por su importancia en programas de mejora y conservación genética. En este contexto, la evaluación andrológica del toro adquiere un papel clave para garantizar una adecuada eficiencia reproductiva y una correcta selección de sementales. La calidad seminal, determinada por parámetros macroscópicos y microscópicos del eyaculado, constituye un indicador directo del potencial reproductivo del animal. El objetivo de este estudio fue analizar, desde un enfoque descriptivo y estadístico, la relación entre las características seminales y el resultado final de aptitud reproductiva en toros de raza Avileña-Negra Ibérica.

Material y métodos

El estudio se desarrolló sobre toros de raza Avileña-Negra Ibérica manejados en régimen extensivo. Por un lado, se evaluaron 171 toros para estudiar la influencia de las características macroscópicas y microscópicas del eyaculado sobre el resultado final de aptitud reproductiva. Para estudiar la influencia de las características macroscópicas y microscópicas del eyaculado sobre el resultado final de aptitud reproductiva, se evaluaron 171 toros de raza Avileña-Negra Ibérica manejados en régimen extensivo.

La extracción seminal se realizó mediante electroeyaculación, registrándose el volumen del eyaculado y evaluándose la viscosidad seminal de forma macroscópica mediante una escala entre cremoso, lechos y acuoso. La circunferencia escrotal se midió en centímetros en el punto de mayor diámetro del escroto. (García Paloma JA, Guía Vart, 2020)

La evaluación microscópica incluyó la determinación de la concentración espermática mediante espectrofotometría, así como la valoración de la motilidad total y progresiva tras la dilución del semen a una concentración estandarizada. La viabilidad espermática y la morfología se evaluaron mediante tinciones vitales, cuantificando el

porcentaje de espermatozoides normales. (García Paloma JA, Guía Vart, 2020).

El resultado final de aptitud reproductiva se clasificó en apto y no apto (incluyendo cuestionables) en función del conjunto de parámetros seminales evaluados. Se realizaron análisis estadísticos descriptivos, coeficientes de correlación de Pearson y modelos de regresión lineal múltiple para evaluar la relación entre las variables estudiadas y la aptitud reproductiva o la calidad seminal. y se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson utilizando el programa StatGraphics Centurión® Versión 18.1.13. Una vez establecidas dichas

correlaciones se realizó un análisis de regresión para estas variables

Resultados

En la población de 171 toros Avileña-Negra Ibérica, la edad media fue de 2,7 ±1.7 años y el perímetro testicular medio de 36,6 ±2,8 cm. El volumen seminal medio fue de 5,3±2,9 ml y la concentración espermática alcanzó valores medios próximos ade 785±484,5 × 10^{10} espermatozoides/ml. El porcentaje medio de espermatozoides normales fue del 75,8±16,1 %. El resultado final de aptitud reproductiva mostró una distribución mayoritaria de animales aptos (85,98 %).

La edad, la viscosidad seminal, la concentración espermática y el porcentaje de espermatozoides normales se correlacionaron de forma significativa con el resultado final de aptitud reproductiva ($p < 0,005$). La edad presentó una correlación negativa moderada (-0,26), mientras que la viscosidad, la concentración y la calidad espermática mostraron correlaciones positivas, siendo el porcentaje de espermatozoides normales el parámetro con mayor peso explicativo (0,64). El modelo de regresión lineal múltiple propuesto ajustado explicó aproximadamente el 50,33 % de la variabilidad del resultado final de aptitud reproductiva, evidenciando una adecuada capacidad predictiva del conjunto de variables seminales consideradas. aunque este valor podría mejorarse con la incorporación de nuevos análisis y la continuidad de este estudio.

Conclusiones

La evaluación andrológica en toros de raza Avileña-Negra Ibérica confirma la estrecha relación entre las características seminales y el resultado final de aptitud reproductiva, destacando el valor diagnóstico de la viscosidad seminal, la concentración espermática y, especialmente, la calidad espermática. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de integrar la evaluación seminal con la información productiva temprana para optimizar la selección de sementales y mejorar la eficiencia

CO-358 | Extensivo

RELACIÓN ENTRE LA VISCOSIDAD SEMINAL, LA CALIDAD DEL SEMEN Y EL ESTATUS SANITARIO EN TOROS DE EXPLOTACIONES DE GANADO EXTENSIVO

RELATIONSHIP BETWEEN SEMINAL VISCOSITY, SEMEN QUALITY, AND SANITARY STATUS IN BULLS FROM EXTENSIVE PRODUCTION SYSTEMS

PABLO IGLESIAS SANTIAGO[1], CLARA GÓMEZ BAUTISTA[2], JUAN MANUEL LOMILLOS PEREZ[3], VICENTE JIMENO[4],

ALMUDENA CABEZAS ALBENIZ[5]

(1)-Investigación y Sanidad Veterinaria S.L.P. Salamanca (2)-Investigación y Sanidad Veterinaria S.L. Salamanca (3)-CEU-

Cardenal Herrera. Valencia

(4)-Departamento de Producción Agraria. E.T.S.I.A.A.B. UPM. Madrid (5)-Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. UCM. Madrid

Introducción

La evaluación andrológica del toro es una herramienta fundamental para optimizar la eficiencia reproductiva en explotaciones bovinas, permitiendo identificar animales subfértiles y detectar alteraciones sanitarias. El objetivo del presente estudio fue caracterizar, desde un enfoque descriptivo y estadístico, una amplia población de toros de diferentes razas, analizando la relación entre las características seminales y el resultado final de aptitud reproductiva, así como estimar la prevalencia de enfermedades relacionadas con la fertilidad.

Material y métodos

Se analizaron un total de 837 extracciones seminales realizadas en explotaciones de ganado bovino en régimen extensivo, localizadas en distintas provincias y correspondientes a animales de diversas razas y edades. De forma simultánea, se recogieron muestras para el estudio sanitario, si bien no en todos los animales se realizaron todos los análisis, por lo que la prevalencia de cada patología se estimó únicamente sobre los individuos efectivamente analizados. Todas las muestras fuero recogidas sobre sementales o futuros sementales de las explotaciones., unos estaban en periodo de descanso, y los jóvenes, aún vírgenes, pero todos para utilizarlos con fines reproductivos.

La extracción seminal se realizó mediante electroeyaculación, empleando tubos de recogida previamente atemperados para evitar el shock térmico. El volumen del eyaculado se registró inmediatamente tras la extracción y la viscosidad seminal se evaluó de forma macroscópica, clasificándose en: Cremoso, Lechoso y Acuoso. La circunferencia escrotal se midió en centímetros, situando los testículos en el punto de mayor diámetro del escroto (García Paloma JA, Guía Vart 2020).

Para la evaluación microscópica del semen, la concentración espermática se determinó mediante espectofotómetro. La motilidad total y progresiva se evaluaron tras la dilución del eyaculado hasta una concentración estandarizada, y la viabilidad espermática y la morfología

se analizaron mediante tinciones vitales, cuantificando el porcentaje de espermatozoides vivos y con formas normales (García Paloma JA, Guía Vart 2020).

El estudio sanitario incluyó la obtención de muestras de sangre mediante punción de la vena coccígea). Se

analizaron mediante técnicas ELISA de competición para la detección de anticuerpos de BVD e IBR (Kit ID.vet), así como mediante pruebas de inmunoensayo enzimático para la detección de antígenos de BVD (Kit IDDEX).

El raspado prepucial se realizó introduciendo un raspador estéril en el interior de la cavidad prepucial hasta el fondo de la misma, efectuando un mínimo de 30 movimientos rotatorios y de arrastre para asegurar la adecuada recogida de esmegma prepucial. Las muestras obtenidas se procesaron mediante técnicas de PCR para *Campylobacter fetus venerealis* y *Trichomonas fetus* (Trabattoni E.).

La aptitud reproductiva final se clasificó en toros aptos y no aptos (incluyendo cuestionables), en función del conjunto de parámetros seminales evaluados. Se realizó un análisis estadístico descriptivo, así como análisis de correlación y regresión lineal múltiple para evaluar la relación entre las variables estudiadas y el resultado final de aptitud reproductiva utilizando el programa estadístico StatGraphics Centurión®Versión 18.1.13.

Resultados

La población analizada presentó una edad media de 3,5±2 años, reflejando una muestra heterogénea. El perímetro testicular medio fue de 37,2±3.2 cm. El 76,1 % de los toros fueron clasificados como aptos reproductivamente, mientras que el 23,9 % fueron considerados no aptos o cuestionables.

El análisis sanitario reveló una elevada seroprevalencia frente a agentes víricos asociados a la reproducción, con valores en torno al 28,5 %, lo que indica una circulación endémica en las explotaciones estudiadas. La detección de antígeno viral fue baja (2,2 %), mientras que los patógenos de transmisión venérea presentaron prevalencias moderadas, comprendidas entre el 3 y el 4 %.

La edad, la condición corporal, la viscosidad seminal, la concentración espermática y la proporción de espermatozoides normales mostraron una correlación significativa con el resultado final de aptitud reproductiva ($p < 0,005$). La viscosidad seminal presentó una correlación positiva moderada (0.47) con la aptitud reproductiva, similar a la observada para la concentración espermática (0.48), mientras que la proporción de espermatozoides normales fue el parámetro con mayor capacidad explicativa (0.75) mientras que la edad se asoció de forma inversa y débil con el resultado reproductivo final (-0.18).

El modelo de regresión lineal múltiple ajustado explicó el 59.75 % de la variabilidad del resultado final de aptitud reproductiva, evidenciando un adecuado ajuste del modelo. Los eyaculados con viscosidad acuosa se asociaron de forma consistente a peores parámetros seminales y a una mayor proporción de toros no aptos, mientras que las viscosidades lechosa y cremosa se relacionaron con mejores parámetros microscópicos y mayor probabilidad de aptitud reproductiva.

Conclusiones

La evaluación andrológica integral permite caracterizar de forma fiable el potencial reproductivo del toro en sistemas de producción extensivos. La viscosidad seminal se confirma como un parámetro macroscópico de gran valor diagnóstico, estrechamente relacionado con la concentración y la calidad espermática, y con una clara asociación con el resultado final de aptitud reproductiva. No obstante, su interpretación debe realizarse siempre de forma conjunta con el resto de parámetros seminales y sanitarios. La integración del análisis seminal y el control sanitario constituye una herramienta fundamental para optimizar la eficiencia reproductiva y mejorar la selección de sementales.

CO-313 | Sanidad

INFECCIONES POR HEMOPLASMAS EN BOVINOS DE GALICIA: ¿REPRESENTAN UNA AMENAZA PARA LAS GANADERÍAS?

HEMOPLASMA INFECTIONS IN CATTLE FROM GALICIA: DO THEY REPRESENT A THREAT TO LIVESTOCK FARMS?

Pablo Diaz Fernandez[1], David García Dios[1], Salomé Fernández Santamariña[1], Laura Valle Vicente-Franqueira[1], Néstor Martínez Calabuig[1], Carlota Fernández González[1], Ana Saldaña Ruiz[1], María Belén Hernández Garabal[1], Laura Junquera Vázquez[1], Gonzalo López Lorenzo[1]

(1)-Universidade de Santiago de Compostela

La hemoplasmosis bovina es una enfermedad causada por bacterias pertenecientes al género *Mycoplasma*, también denominadas hemoplasmas o micoplasmas hemotrópicos. En ganado vacuno se han identificado dos especies principales: *Mycoplasma wenyonii*y *Candidatus* Mycoplasma haemobos, que se transmiten principalmente por vectores hematófagos. Aunque la mayoría de las infecciones son asintomáticas, en algunos casos (especialmente en animales inmunodeprimidos) pueden cursar con anemia, debido a las alteraciones que los hemoplasmas causan en los glóbulos rojos, así como fiebre, anorexia y linfoadenopatía. Además, en el caso de co-infecciones, se ha señalado que los hemoplasmas podrían incrementar los efectos patógenos de otros agentes sanguíneos, como diferentes especies de *Anaplasma*, *Babesia*o *Theileria*, lo que resulta en signos clínicos más graves. Por todo ello, la presencia de estos micoplasmas hemotrópicos repercute negativamente en el rendimiento productivo de los animales. A pesar de que las infecciones por hemoplasmas son muy frecuentes en bovinos de diversos países europeos, todavía no se dispone de datos sobre su presencia en la cabaña ganadera de España. Esto es particularmente preocupante en Galicia, dado el tamaño y la importancia económica del sector vacuno en esta Comunidad Autónoma.

El objetivo de este trabajo fue determinar la presencia de hemoplasmas en ganado vacuno de Galicia e identificar las especies presentes. Para ello, se analizaron 635 muestras de sangre de animales en 18 explotaciones de ganado vacuno de Lugo y A Coruña. Estas muestras se

clasificaron en función de la granja de origen y la edad de los animales y se agruparon en 141 *pooles*. Ninguno de los animales muestreados presentaba signos de enfermedad. La presencia de hemoplasmas se detectó mediante una PCR que amplifica un fragmento del gen que codifica para la subunidad ribosómica 16S, y la identificación específica se realizó, mediante el análisis de las secuencias, en un porcentaje de las muestras positivas. Se calculó el porcentaje de *pooles*positivos, y la prevalencia individual se estimó mediante el índice mínimo de infección (MIR), que considera que sólo una muestra de cada *pool* positivo es realmente positiva.

Nuestros resultados revelaron que las infecciones por hemoplasmas son muy frecuentes en el ganado vacuno de Galicia, pues el 87,9% de los *pooles* fueron positivos, siendo el MIR del 19,5%. A pesar de estos notables porcentajes de positividad, los animales no presentaban signos clínicos, lo que sugiere la posible endemicidad del patógeno en las poblaciones de ganado vacuno incluidas en el estudio. Además, es importante señalar que se hallaron muestras positivas en todas las granjas, lo que demuestra la amplia dispersión geográfica de estos patógenos. Las prevalencias intra-rebaño fueron muy elevadas y, de hecho, en el 66,7% de las explotaciones todos los *pooles*resultaron positivos; estos datos sugieren que una vez que el agente patógeno entra en una explotación, tiende a diseminarse con rapidez entre todos los animales del rebaño. *Mycoplasma wenyonii* predominó (75%) sobre *Ca.* M. haemobos (25%). La elevada presencia de ambas especies en las muestras analizadas sugiere la existencia de co-infecciones con estos dos micoplasmas hemotrópicos en ganado vacuno de la zona de estudio. Es importante tener en cuenta que, mientras *M. wenyonii*es una especie específica de bovinos, *Ca*. M. haemobos se ha detectado en un amplio rango de hospedadores, por lo que su detección en ganado vacuno sugiere que otras especies animales susceptibles podrían estar infectadas con esta especie.

Los resultados de este estudio demuestran una amplia diseminación de hemoplasmas en el ganado vacuno de Galicia y sugieren que su circulación es endémica en esta región. Su elevada presencia en animales asintomáticos podría dificultar el diagnóstico de procesos clínicos, pues los hemoplasmas podrían identificarse como los causantes de los signos clínicos o pérdidas productivas que, en realidad, tienen otro origen. La elevada circulación de hemoplasmas, sumada a la ausencia de tratamientos y vacunas para prevenir la infección, pone de manifiesto la necesidad de implementar estrategias de prevención más efectivas en la gestión del ganado vacuno, incluyendo medidas de manejo más adecuadas como reforzar el control de vectores en las ganaderías. Aunque nuestros resultados podrían ser extrapolables a amplias zonas del país, se requieren nuevos estudios epidemiológicos que incluyan zonas más amplias y datos individuales, lo que permitirá comprender mejor la dinámica de infección y el impacto clínico y productivo de estos agentes, así como su posible relación con otras enfermedades. Esta necesidad se vuelve aún más urgente ante el incremento de temperaturas y condiciones ambientales que favorecen la proliferación y actividad prolongada de los vectores.

CO-347 | Sanidad

BROTE DE IAAP H5N1 EN GRANJAS LECHERAS DE CALIFORNIA: IMPACTO CLÍNICO Y EXPERIENCIA DE LOS PRODUCTORES

HPAI H5N1 OUTBREAK ON CALIFORNIA DAIRY FARMS: CLINICAL IMPACT AND PRODUCER EXPERIENCE

Alexandre Rico[1,2], Rubia Branco Lopes[3], Alfonso Lago[4], Daniela Bruno[5], Noelia Silva del Río[1,2]

(1) Veterinary Medicine Teaching and Research Center, School of Veterinary Medicine, University of California Davis, Tulare, CA, United States. (2) Department of Population Health and Reproduction, School of Veterinary Medicine, University of California Davis, CA, United States. (3) University of California Agriculture and Natural Resources, Cooperative Extension, Tulare, CA, United States. (4) DairyExperts Inc., Tulare, CA, United States. (5) University of California Agricultural and Natural Resources, Cooperative Extension, Fresno, CA, United States.

El objetivo de este estudio fue describir la dinámica del brote, el impacto clínico y las respuestas de manejo frente al brote de Influenza Aviar Altamente Patógena (IAAP) H5N1 en granjas lecheras de California. Para ello, se distribuyó una encuesta en versión web (Qualtrics, UT), accesible mediante código QR, y una versión en papel por correo postal. Se recibieron un total de 54 respuestas, de las cuales 51 granjas reportaron haber resultado positivas a IAAP H5N1 tras la realización de PCR en muestras procedentes del tanque de leche entre septiembre de 2024 y octubre de 2025. Los rebaños encuestados eran predominantemente Holstein (70,4% exclusivamente y 18,5% combinados con Jersey y/o cruces), con un tamaño medio de 2.800 vacas (rango: 480–11.000). Todas las granjas estaban ubicadas en el Valle de San Joaquín, en el centro de California (Estados Unidos).

Entre los rebaños que confirmaron infección (n = 51), la duración entre el primer y el último caso clínico osciló entre 0 y 13 semanas, siendo más frecuente una duración de 1 a 4 semanas (72,6%). El período total durante el cual el tanque de leche permaneció positivo varió entre 4 y 32 semanas, predominando un intervalo de 8 a 12 semanas (48,8%). Todos los encuestados informaron signos clínicos en vacas en lactación (100%). Los signos más frecuentemente reportados fueron reducción de la ingesta (100%), disminución de la producción de leche (100%), fiebre (94,0%), secreción nasal (92,0%), deshidratación (88,0%), apatía (88,0%), leche anormal (88,0%), aumento del recuento de células somáticas (RCS) (88,0%), abortos (88,0%), baja fertilidad (82,0%) y disnea (76,0%). Además, el 74,0% de los encuestados informó observar signos clínicos en vacas secas, siendo los más comunes los abortos (94,6%), reducción de la ingesta (91,9%), secreción nasal (78,4%) y fiebre (75,7%). También se informaron signos clínicos en recría por el 21,6% de los encuestados, observándose principalmente en novillas gestantes (50,0%).

Las estrategias de tratamiento estuvieron guiadas principalmente por veterinarios (86,0%), nutricionistas (54,0%) y otros ganaderos (54,0%). La mayoría de los rebaños (73,7%) informó tratar a todas las vacas con signos clínicos, mientras que el 24,5% trató solo los casos graves

y el 2,1% no trató a las vacas afectadas. En consecuencia, la proporción de vacas tratadas por rebaño osciló entre el 10% y el 100%, siendo el rango más frecuente entre el 20% y el 50% (45,7%). En promedio, cada vaca fue tratada durante 2–3 días (73,1%). Los tratamientos incluyeron la administración de vitaminas (86,0%), medicamentos antipiréticos (84,0%) y probióticos (74,0%). El 28% de los rebaños encuestados reportaron uso de antibióticos. Algunos rebaños también administraron electrolitos por vía oral (62,0%), con volúmenes de 19–23 litros por vaca (75,0%), aunque se reportaron importantes dificultades, como tiempos prolongados de inmovilización de las vacas (61,3%) y escasez de mano de obra (58,1%).

Las consecuencias a largo plazo, tras remitir el brote clínico, fueron frecuentes (88,0%), siendo las más

comunes la reducción de la producción de leche (86,8%) y los abortos (73,7%). En cuanto a los indicadores productivos, las eliminaciones/bajas (n = 19) fueron 2,0 veces mayores (DE = 1,3) un mes después del brote en comparación con el mes previo. La producción de leche (n = 19) disminuyó un 18,0% (DE = 9,0%) en el mes siguiente, y el RCS (n = 17) fue 1,8 veces mayor (DE = 0,8). Estos indicadores retornaron a niveles previos al brote tras 3–4 meses. El rendimiento reproductivo también se vio afectado: la tasa de concepción (n

= 23) disminuyó un 18,9%, recuperándose tras 3–4 meses y mostrando un ligero repunte respecto a los niveles previos al brote. En contraste, los abortos (n = 19) aumentaron 2,3 veces (DE = 1,6) y 2,6 veces (DE = 2,8) durante los meses 1 y 2 posteriores al brote, respectivamente, y permanecieron elevados cuatro meses después del brote (1,5 veces más; DE = 2,1).

Como preparación para futuros brotes, los ganaderos recomendaron estar preparados para tratar a un gran número de vacas (76,0%), mantener la calma y una actitud positiva (70,0%), formar a los empleados en la administración oral de tratamientos (66,0%), tratar tanto los casos leves como los graves (64,0%) y mantener buenos registros de tratamiento (62,0%). La bioseguridad fue otro tema clave tras el brote, ya que el 87,8% de los encuestados informó que las medidas estándar de bioseguridad del sector no ayudaron a reducir la propagación del virus.

El conocimiento de las recomendaciones de vacunación del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC) para trabajadores de granjas lecheras fue limitado, y el interés en clínicas de vacunación en la propia granja fue bajo (n = 36). Más de la mitad de los encuestados (52,7%) no estaba familiarizada con las recomendaciones del CDC, y el 47,1% no mostró interés en colaborar con los programas de vacunación.

CO-378 | Sanidad

CONTROL DE CRIPTOSPORIDIOSIS NEONATAL EN GRANJAS DE VACUNO LECHERO MEDIANTE VACUNACIÓN Y/O ALIMENTACIÓN PROLONGADA CON LECHE DE TRANSICIÓN. ¿UNA ALTERNATIVA A LA METAFILAXIA?

CONTROL OF NEONATAL CRYPTOSPORIDIOSIS IN DAIRY CATTLE HERDS BY VACCINATION AND/OR EXTENDED TRANSITION MILK FEEDING: A POTENTIAL ALTERNATIVE TO METAPHYLAXIS?

Laura Elvira Partida[1], Carlos C[2], Ana Santos[3], Manuel Sarda Arés[4]

(1)-MSD AH (2)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health (3)-Pertenza, S.L. (4)-Ganadería Sar, S.L.

Introducción

*Cryptosporidium parvum (C.parvum)*es un parásito zoonótico, ampliamente distribuido en explotaciones de vacuno lechero, considerado el principal agente etiológico de la diarrea neonatal entre 7-20 días de vida [1]

Su elevada prevalencia [2] y el distinto patrón de excreción de ooquistes observado en terneros asintomáticos; inicio más tardío, menor cantidad y duración[3]; reflejan la complejidad del control. La dosis infectiva, la inmunidad y las coinfecciones aparecen como factores determinantes en la aparición y gravedad de los síntomas [4] La metafilaxia con halofuginona [5] o paramomicina [6], constituye una estrategia de control frecuente.

Recientemente, una vacuna ha demostrado su seguridad y eficacia en estudios preclínicos y de campo [7]. Su uso requiere la alimentación de los terneros con calostro y leche de transición (LT) de madres vacunadas, durante los primeros 5 días de vida, dificultando la infección de las células intestinales y su replicación, minimizando la gravedad y duración del cuadro clínico [8]. Paralelamente, la LT favorece la inmunidad lactogénica y un mayor desarrollo de las vellosidades intestinales, mayor crecimiento y una mejor salud intestinal[9].

En el contexto de reducción del uso de antimicrobianos, la vacunación y alimentación con LT aparecen como alternativa a la metafilaxia para el control de la criptosporidiosis.

Objetivo

Evaluar el rol de la vacunación frente a la criptosporidiosis y la alimentación con LT durante los primeros días de vida como alternativa a la metafilaxia para el control de la DN por *C. parvum* en una ganadería lechera.

Material y métodos

El estudio se realizó en una ganadería gallega de 700 vacas donde previamente se confirmó la criptosporidiosis mediante un estudio longitudinal previo.

Se incluyeron 130 vacas (5-12 semanas preparto), distribuidas ciega y aleatoriamente según número y días al parto, a dos grupos de estudio: control R (vacunación rota-corona y *E. coli*) y experimental RC (vacunación rota-

corona y *E. coli*+ Gp40 *C.parvum*). Los terneros recibieron al menos 4 litros de calostro en las primeras 6 h y posteriormente LT en pool (2º-5º ordeño), hasta el quinto día. Durante el estudio se suspendió la metafilaxia con halofuginona.

Se cuantificaron los anticuerpos específicos frente a Gp40 (AC anti-Gp40) C. *parvum (ELISA In house*GpP40 *C. parvum*) en suero, calostro y LT; y en el suero de los terneros (1-3 días). Además, se valoró el encalostrado mediante Brix y ELISA IgG.

Se monitorizó la salud y consistencia fecal, dos veces por semana durante las primeras tres semanas de vida y se pesó individualmente al nacimiento y a los 21+3 días. Y en 40 terneros centinelas, se tomaron 5 muestras fecales (semanas 1-3) para el recuento de ooquistes, aplicando dos técnicas: cámara de Neubauer y tinción modificada de Ziehl-Neelsen.

Resultados y discusión

El grupo RC presentó títulos log_2 de AC anti-Gp40 superiores en todas las muestras (suero preparto 15,92 vs 10,23; calostro 19,13 vs 13,29; LT 15,26 vs 10,31; sueros neonatos 16,83 vs 10.69).

Si bien en la monitorización de 102 terneros, no encontramos diferencias significativas entre RC y R en mortalidad por diarrea (1,89 vs 2,04%, respectivamente), ganancia media diaria (461,7 vs 507,5 gr/d), ni en puntuación total de consistencia fecal (78,9 vs 78,1% de heces sin diarrea). Lo que podrían atribuirse tanto al efecto positivo de la LT sobre la salud intestinal y la criptosporidiosis [9], como a la reducción de la presión de infección a nivel de rebaño al incluir un 50% de terneros del grupo vacunado[7].

Sin embargo, el score fecal fue significativamente menor en RC, entre los días 10-12 (34,9 vs 43,2 %) y hubo una menor proporción de terneros con puntuación de diarrea recurrente (20.8% vs. 34.7%), mostrando como la vacuna reduce la duración de los síntomas.

Además, el análisis fecal evidenció un retraso en la excreción de ooquistes en el grupo RC, tanto en el análisis semicuantitativo (19-21 días vs 10-12 días), como cuantitativo (inicio: día 9 vs. 7; pico de excreción: 16-18 vs. 10-12 días); mostrando además una menor carga parasitaria. Estos hallazgos sugieren que los Ac anti-Gp40 vacunales limitan la replicación de *C. parvum*mediante inmunidad pasiva anti-gP40, mostrando un patrón similar a la metafilaxia [10] o a los terneros con menor sintomatología, facilitando la respuesta inmune frente al parasito.

Conclusión

En esta granja, la vacunación frente a *C. parvum*combinada con leche de transición incrementó la inmunidad lactogénica, redujo la duración y gravedad de la diarrea neonatal y retrasó la excreción de ooquistes, constituyendo una alternativa eficaz y sostenible a la metafilaxia.

1. López-Novo., 2023 “Tesis Doctoral. USC”.
2. Díaz et al., 2021. Doi:10.3390/ani11020256.
3. Zambriski et al., 2013. Doi:10.1016/j.vetpar.2013.04.022.
4. Foster and Smith., 2009. Doi:10.1016/j.cvfa.2008.10.013.
5. Brainard et al., 2021. Doi:10.1017/S0031182020002267.
6. Aydogdu et al., 2018. Doi: 10.22456/1679-9216.88162.
7. Reijnders et al., 2025. Doi:10.3390/ani15020132.
8. Timmermans et al., 2024 Doi: 10.1016/j.vetvac.2024.100054
9. Renaud and Steele, 2025. Doi: 10.3168/jdsc.2024-0708.
10. Niine et al., 2017. Doi: 10.1016/j.rvsc.2017.12.015.

CO-353 | Sanidad

AISLAMIENTO DE SALMONELLA SPP. EN PATOLOGÍA DIGESTIVA BOVINA: PREVALENCIA Y SEROTIPOS IMPLICADOS

ISOLATION OF SALMONELLA SPP. IN BOVINE DIGESTIVE PATHOLOGY: PREVALENCE AND INVOLVED SEROTYPES

Olaia Akesolo-Atutxa[1], Nisrin Maassoumi Nouha[2], Estefanía Rivero Muñoz[2], Anton Esnal de la Presa[1]

(1)-ANALÍTICA VETERINARIA - MUNGIVET S.L. (2)-Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET)

*Salmonella*spp. es causa de procesos digestivos en el ganado bovino, con importantes repercusiones sanitarias, productivas y de salud pública. El estudio de su prevalencia y de los serotipos implicados en muestras clínicas resulta fundamental para mejorar la comprensión de su circulación en las explotaciones y apoyar el diagnóstico y la toma de decisiones sanitarias. El objetivo de este trabajo fue evaluar la prevalencia de aislamientos de *Salmonella*spp. en muestras digestivas clínicas de ganado bovino, así como describir la distribución de los serotipos identificados y su interés epidemiológico.

Durante el periodo 2020–2026, se investigó la presencia de *Salmonella*spp. en 1.566 muestras digestivas clínicas de ganado bovino (intestino, heces o hisopos rectales). Un total de 121 muestras procedieron de animales adultos, estratificados según su aptitud productiva en lechera (n = 65) y cárnica (n = 49), mientras que en 7 casos la aptitud productiva no pudo determinarse. Asimismo, 1.109 muestras correspondieron a terneros, clasificados según su origen productivo en terneros de explotación (n = 999) y terneros de cebadero (n = 82), mientras que en 28 casos no se especificó. Dentro de los terneros de explotación, se diferenciaron aquellos de aptitud lechera (n = 712) y cárnica (n = 235) cuando se disponía de dicha información. Finalmente, en 336 muestras no se dispuso de información sobre la edad del animal. El protocolo de aislamiento de *Salmonella* spp. incluyó la siembra directa de las muestras en medio agar sangre Columbia, agar MacConkey y agar SS, el enriquecimiento en caldo selenito y la siembra posterior en medio cromogénico Chromid® Salmonella Elite (bioMérieux). Las colonias compatibles se confirmaron mediante pruebas de aglutinación con antisuero polivalente OMA y sistema API® ID32E (Biomerieux). En los casos en los que se solicitó al

laboratorio, los aislados se serotiparon según el esquema de Kauffmann-White, conforme a la norma CEN ISO/TR 6579-3:2014. Las comparaciones entre grupos se realizaron mediante pruebas de chi-cuadrado o test exacto de Fisher, considerándose significativas las diferencias con $p < 0,05$.

Del total de muestras analizadas, se aisló *Salmonella*spp. en el 10,7 % de los casos (168/1.566). No se observaron diferencias significativas entre animales adultos y terneros. En animales adultos, el aislamiento fue significativamente mayor en los de aptitud lechera frente a los de aptitud cárnica (20,0% *vs.*0%; $p < 0,001$). De la misma forma, en terneros y novillas de explotación, el aislamiento fue más frecuente en animales de aptitud lechera que en los de aptitud cárnica (14,2% *vs.*3,8%; $p < 0,001$). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre terneros de explotación y de cebadero. Se realizó la serotipificación en 36 aislamientos positivos a *Salmonella*spp. (21,4% de los casos), identificándose 16 serotipos diferentes de la bacteria. Los serotipos más frecuentes fueron *S*. Dublin (19,4%), *S*. Meleagridis (13,9%), *S*. Bovismorbificans (11,1%), *S*. Typhimurium variante monofásica (8,3%), *S*. Montevideo (8,3%) y *S*. Typhimurium (5,6%). El resto de los serotipos (*S*. Goelzau, *S*. Muenster, *S*. Anatum, *S*. Bardo, *S*. Bredeney, *S*. Enteritidis, *S*. Essen, *S*. Hindmarsh, *S*. Senftenberg y 3,10:e,h:-) se detectaron de forma esporádica, con prevalencias individuales inferiores al 5,6%.

La prevalencia observada confirma la importancia de *Salmonella*spp. en la patología digestiva bovina. La ausencia de diferencias significativas entre animales adultos y terneros sugiere que la edad, por sí sola, no constituye un factor determinante en la presentación de la infección, adquiriendo mayor relevancia el sistema productivo. Esta interpretación se ve reforzada por la mayor frecuencia de aislamiento en animales de aptitud lechera. Por otro lado, el perfil de serotipos identificado indica que los procesos digestivos asociados a *Salmonella*spp. en bovino no responden a una etiología única. El predominio de *S.* Dublin apunta a su mayor impacto clínico en esta especie, en consonancia con su carácter adaptado al bovino. No obstante, la detección frecuente de *S.* Typhimurium y *S.* Meleagridis indica también la participación relevante de serotipos no adaptados al bovino en la patología digestiva clínica. Además, la identificación de otros serotipos menos frecuentes refleja la complejidad epidemiológica de la salmonelosis bovina en el contexto clínico. Finalmente, la presencia de serotipos con importante potencial zoonósico, como *S.* Typhimurium y *S.* Enteritidis subraya la importancia del bovino como posible reservorio desde el punto de vista de la salud pública.

Consideraciones finales

*Salmonella*spp. se ha confirmado como un agente destacable en procesos digestivos en ganado bovino. La elevada diversidad de serotipos, algunos de ellos zoonósicos, pone de relieve el interés de la serotipificación como herramienta para la vigilancia epidemiológica y el diseño de medidas de control en las explotaciones.

¿SABEMOS RECONOCER EL DOLOR EN LAS VACAS? EFECTO DE UNA ESCALA BASADA EN EXPRESIONES FACIALES EN LA FORMACIÓN VETERINARIA.

DO WE KNOW HOW TO RECOGNIZE PAIN IN COWS? EFFECT OF A FACIAL EXPRESSION–BASED SCALE IN VETERINARY TRAINING

Teresa Fernández Jiménez[1], Yousra Lahrach[1], Alejandra Villaescusa Fernández[1], Michela Tatiana Re[1]

(1)-Hospital Clínico Veterinario Complutense

Introducción

La identificación precisa del dolor en bovinos constituye un pilar fundamental del bienestar animal y un elemento clave en la práctica clínica, ya que influye directamente en la instauración de tratamientos analgésicos, la evolución clínica y la rentabilidad de las explotaciones. No obstante, su valoración continúa siendo compleja debido a la limitada expresión conductual de los bovinos propia de los animales presa y a la ausencia de herramientas objetivas de uso rutinario en condiciones de campo. En este contexto, las escalas basadas en expresiones faciales han emergido como instrumentos prometedores para la evaluación del dolor en distintas especies, aunque su aplicación clínica específica en bovinos sigue siendo limitada.

Objetivo

Evaluar la utilidad clínica de una escala de dolor basada exclusivamente en expresiones faciales en bovinos, así como analizar el impacto de una formación breve en su aplicación por estudiantes de veterinaria, considerando la influencia del curso académico y la experiencia previa.

Material y métodos

Se desarrolló una escala facial para bovinos basada en cuatro parámetros: posición de las orejas, expresión ocular, conformación del hocico y tensión de los músculos faciales, puntuados de 0 a 2 (ausencia de dolor, dolor leve o dolor intenso). Participaron 122 estudiantes del Grado en Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid: 68 de primer ciclo (1º, 2º o 3º curso) y 54 del segundo (4º o 5º curso). Asimismo, según su experiencia previa: 62 habían tenido contacto con bovino, 63 con ovino y 51 con ambas especies; no obstante, no se dispone de información más detallada sobre las características de dicho contacto. De estos últimos, 19 colaboraron en el servicio de Rumiantes del HCVC. Además, 9 estudiantes contaban con experiencia en la evaluación del dolor, al haber participado en el servicio de Anestesia y Analgesia de pequeños y grandes animales del HCVC.

Los participantes evaluaron el grado de dolor, a partir de imágenes, de cuatro vacas frisonas con diferentes condiciones clínicas: una vaca con úlceras abomasales, una con cojera asociada a lesiones podales, una con enfermedad hemorrágica epizoótica y una clínicamente sana. La evaluación se realizó antes y después de una sesión formativa teórica de 30 minutos sobre el uso de la escala desarrollada utilizando unmismo formulario cumplimentado por cada participante antes y después de la expli-

cación, lo que garantizó que las respuestas pre y post correspondieran a la misma persona.Posteriormente, se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo y comparativo de las puntuaciones obtenidas y de los porcentajes de acierto en relación con una valoración de referencia realizada por veterinarios con experiencia en bovino.

Resultados y discusión

Los resultados evidenciaron un conocimiento previo limitado sobre la evaluación del dolor en bovinos y dificultad para identificar signos faciales de dolor antes de la formación. En términos cuantitativos, se observó una mejora global en las puntuaciones de dolor tras la formación en los cuatro casos clínicos evaluados, aunque con diferencias según la patología. En la vaca con cojera, la puntuación media de dolor aumentó de 0,63 ± 0,55 a 1,20 ± 0,57 tras la formación, aproximándose al valor de referencia y reflejando una mejora significativa en la identificación del dolor localizado. En la vaca con úlceras abomasales, la puntuación media pasó de 1,39 ± 0,69 a 1,47 ± 0,61, mostrando ligera mejoría en la precisión diagnóstica. En el caso de la enfermedad hemorrágica epizoótica, las puntuaciones fueron elevadas tanto antes como después de la formación (1,74 ± 0,54 y 1,66 ± 0,52, respectivamente), lo que evidencia la dificultad para interpretar las expresiones faciales en procesos sistémicos complejos. En el animal sano, se mantuvieron valores bajos (0,31 ± 0,52 antes y 0,35 ± 0,51 después), aunque con tendencia a la sobreestimación del dolor tras la formación.

Asimismo, se identificaron diferencias en función de las características de los estudiantes. Los de cursos académicos avanzados y aquellos con experiencia previa con bovinos presentaron mayores porcentajes de acierto antes de la formación y menor variabilidad en las puntuaciones tras la misma, en comparación con los estudiantes de cursos iniciales. No obstante, estos últimos mostraron mayor mejora relativa tras la formación, lo que destaca la importancia de introducir estas herramientas en etapas tempranas de la formación veterinaria. Conclusión

El uso de una escala de dolor basada en expresiones faciales puede mejorar la identificación del dolor en bovinos, especialmente en procesos dolorosos localizados como las cojeras. Esta herramienta podría constituir un apoyo clínico útil en la práctica buiátrica favoreciendo una detección más temprana del dolor y la instauración más adecuada de medidas analgésicas, contribuyendo así a la mejora del bienestar animal. No obstante, debería emplearse de forma complementaria a la evaluación clínica general y comportamental del animal, especialmente en patologías sistémicas o en animales clínicamente sanos.

CO-381 | Cebo

EVALUACIÓN DE DISTINTOS TRATAMIENTOS Y PAUTAS DE MANEJO EN TERNEROS LACTANTES A LA LLEGADA AL CEBADERO MEDIANTE ECOGRAFÍA TORÁCICA

EVALUATION OF DIFFERENT TREATMENTS AND MANAGEMENT GUIDELINES IN SUCKLING CALVES UPON ARRIVAL AT THE FEEDLOT USING THORACIC ULTRASOUND

Joan Tutusaus Batlle[1,2], Irina Garcia Ispierto[2]

(1) veterinario clínico freelance (2) Departamento de Ciencia Animal, ETSEA, Universitat de Lleida, España

Introducción

La recría de terneros lactantes en los cebaderos implica trabajar con animales de alto riesgo sanitario. La mezcla de orígenes, los encalostrados deficientes, largos viajes, paso intermedio por ferias, subastas, centros de concentración antes de llegar al cebadero definitivo provocan un estrés importante en los animales que termina en un estado de inmunosupresión. Es por este motivo que los terneros lactantes son muy vulnerables y el Síndrome Respiratorio Bovino es la primera causa de mortalidad. Para mejorar la salud se utilizan protocolos sanitarios que incluyen vacunas frente a patógenos respiratorios y tambien tratamientos metafilácticos con antimicrobianos. El objectivo del presente trabajo ha sido comparar y valorar la eficacia de distintos tratamientos metafilácticos así como algunas pautas de manejo a través de la medición de las lesiones pulmonares subclínicas mediante ecografía torácica.

Material y métodos

Se incluyeron en el estudio 186 terneros machos de raza montbeliard procedentes de Francia. Entraron con 65 kg de media, todos ellos en la misma explotación de cebo, situada en el noreste de España (Lleida). El periodo de estudio fue de 17/04/25 a 24/05/25. Se realizó una ecografía torácica a día 1±3 (ECO1) para detectar lesiones pulmonares subclínicas y se reexploraron 21±3 (ECO2) días más tarde para conocer la evolución de las mismas. La técnica de exploración ecográfica utilizada fue la propuesta por *Buczinski et al*. 2015 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, había efusión

pleural y/o abscesos. Para mayor simplicidad, las puntuaciones 1 y 2 se agruparon dentro de una misma categoría (grado 2) y se consideraron sanos. Los terneros diagnosticados con un score pulmonar de grado 3 y 4 en la primera exploración fueron separados del resto y alojados en corrales aparte donde recibieron un tratamiento con lincomicina + espectinomicina durante 5 días seguidos cada 24 horas a una dosis de 1ml/4 kg de peso vivo. Estos animales fueron los últimos en tomar el lactoreemplazante con el fin de evitar contagios al resto del lote a través de la saliva en las tetinas. Los terneros sanos en la primera exploración fueron divididos en dos gru-

pos. En el primer grupo se aplicó un tratamiento metafiláctico con tulatromicina que consistió en la aplicación de una dosis única de antibiótico a razón de 1ml/40kg de peso vivo. El segundo grupo fue tratado con Bencilpenicilina procaína monohidrato, a razón de 1ml/30kg de peso cada 24horas durante 5 días. La elección de los antimicrobianos se realizó en base a las pruebas de sensibilidad realizadas en la granja con animales de entradas previas al inicio del estudio. Se comparó el resultado de los tratamientos en función del score pulmonar en ECO2. Se analizaron las proporciones de animales con lesión en ECO2 entre grupos mediante prueba de chi-cuadrado, y se realizó un análisis descriptivo de la evolución clínica dentro del grupo tratado con lincomicina.

Resultados

De los 186 terneros incluidos en el estudio: 70 fueron tratados con Draxxin, 83 con penicilina y 33 con lincomicina. En ECO1, los grupos Draxxin y penicilina no presentaban lesiones pulmonares, mientras que el 100% del grupo lincomicina presentaba lesión inicial. En ECO2, la proporción de animales con lesiones fue del 28,6% en el grupo Draxxin, 32,5% en penicilina y 48,5% en lincomicina, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos (p = 0,13). Dentro del grupo tratado con lincomicina, el 51,5% de los terneros con lesión inicial presentaron resolución de las lesiones a los 21 días. Los resultados sugieren que, en las condiciones del estudio, no se detectaron diferencias claras entre los protocolos terapéuticos evaluados en términos de score pulmonar final. Las pautas de manejo consistentes en la separación de enfermos subclínicos y proporcionarles un ambiente más comfortable tienen más importancia que el tratamiento metafiláctico utilizado, des del punto de vista de la mejora del score pulmonar en ECO2.

Conclusiones

En las condiciones del presente estudio, no se observaron diferencias significativas entre los dos protocolos de tratamiento metafiláctico evaluados (tulatromicina y bencilpenicilina procaína) en cuanto a la evolución del score pulmonar a los 21 días, lo que sugiere una eficacia similar de ambos antimicrobianos en terneros inicialmente sin lesiones.

En los animales que presentaban lesiones pulmonares subclínicas a la llegada, la estrategia de separación del grupo junto con el tratamiento instaurado se asoció a una mejoría ecográfica en más de la mitad de los casos. Estos resultados indican que la identificación precoz y la separación de terneros con lesiones subclínicas puede constituir una medida de manejo útil para favorecer la recuperación pulmonar.

CO-332 | Nutrición

EVALUACIÓN DE ASPARAGOPSIS ARMATA EN LA REDUCCIÓN DE METANO Y SU IMPACTO SOBRE LA FERMENTACIÓN RUMINAL

EVALUATION OF ASPARAGOPSIS ARMATA FOR METHANE REDUCTION AND ITS IMPACT ON RUMINAL FERMENTATION

Adriana Siurana [1], Maria Roda[1], Laia Garrido [1], Elena Michel[1], Jorge Santamaría[2], Raül González [2], Lorena Castillejos [1]

(1)-Universidad Autónoma de Barcelona (2)-Algabrava, S.L.

Las emisiones de metano (CH4) derivadas de la fermentación ruminal representan una pérdida energética importante para los rumiantes y constituyen una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero atribuibles a la producción ganadera. Entre las estrategias nutricionales propuestas para reducir estas emisiones destaca el uso de macroalgas rojas del género *Asparagopsis*, caracterizadas por su elevado contenido en bromoformo y otros compuestos halogenados capaces de inhibir la metanogénesis. Sin embargo, es fundamental caracterizar su relación dosis–respuesta para identificar niveles de inclusión que permitan mitigar el CH4 sin comprometer la funcionalidad ruminal.

El objetivo del presente estudio fue evaluar, mediante un sistema in vitro de fermentadores de doble flujo continuo, el efecto de diferentes inclusiones de *A. armata*, con el fin de identificar una inclusión mínima eficaz capaz de reducir la producción de CH4 sin afectar de manera relevante la fermentación ruminal. Para ello se utilizaron ocho fermentadores de doble flujo continuo (1.320 mL) en dos periodos replicados. Cada periodo consistió en cinco días de adaptación y tres de muestreo. Los fermentadores recibieron 95 g MS/día de una dieta 60:40 (forraje:concentrado), administrada en tres raciones cada 8 horas. Se evaluaron 4 tratamientos: control y tres inclusiones de *A. armata*sobre MS (0,25; 0,50 y 0,75 %). LA cantidad de bromoformo de la alga fue 1,37 mg/g MS.

Las condiciones de fermentación se mantuvieron a 38,5 ± 0,0 °C, pH 6,4 ± 0,1 y anaerobiosis mediante la infusión continua de N2 (40 mL/min). Se suministró de forma constante saliva artificial con 0,4 g/L de urea para simular el nitrógeno reciclado. Las tasas de dilución líquida y sólida se ajustaron a 0,10 h^{-1} y 0,05 h^{-1}, respectivamente. Durante los días de muestreo, los efluentes se refrigeraron a 4 ± 0 °C y se homogenizaron para analizar ácidos grasos volátiles (AGV) y N-NH3. Las muestras residuales se liofilizaron para analizar MS, cenizas, fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) con el fin de estimar la digestibilidad de la MS, MO, FND y FAD. La producción de CH4 se determinó mediante incubaciones in vitro de 24 h utilizando líquido ruminal recogido el último día de muestreo, realizando dos réplicas por fermentador.

El análisis estadístico se realizó con un modelo lineal mixto, considerando la inclusión de *A. armata*como efecto fijo y el periodo como efecto aleatorio. El fermentador se incluyó como medida repetida.

Los resultados mostraron que la inclusión de *A. armata*redujo significativamente la producción de CH4. La inclusión del 0,25% disminuyó el CH4 un 76%, y las inclusiones del 0,50 y 0,75 % lograron reducciones del 99% respecto a la dieta control ($p < 0,05$), indicando una fuerte inhibición de la metanogénesis a partir del 0,25% de inclusión.

La producción total de AGV mostró una ligera reducción (8–9%) con la inclusión de *A. armata*(90,5 mM en el control y 83,3; 81,8 y 82,9 mM para las inclusiones 0,25; 0,5 y 0,75 %, respectivamente), observándose

diferencias significativas entre el control y la inclusión del 0,5% ($p < 0,05$) y una tendencia para la inclusión del 0,75% ($p < 0,10$). En cuanto al perfil de AGV, se observaron cambios significativos ($p < 0,05$) en los porcentajes de ácido acético y propiónico entre el control y los tres niveles de inclusión de *A. armata*. El acético disminuyó un 14, 22 y 21%, mientras que el propiónico aumentó un 41, 67 y 57% para la inclusión de 0,25, 0,50 y 0,75 %, respectivamente. Como resultado, la relación acético:propiónico se redujo de 3,53 en el control a 2,27 (0,25%), 1,66 (0,5%) y 1,76 (0,75%). El N-NH3 de las tres inclusiones disminuyó de forma significativa en comparación al control ($p < 0,05$), con reducciones del 35, 22 y 30 % para las inclusiones de 0,25, 0,50 y 0,75 %, respectivamente. No se observaron cambios significativos en la digestibilidad de MS, MO, FND ni FAD, indicando que pese a la fuerte inhibición de la metanogénesis y a las modificaciones en el perfil de AGV y N-NH3, la funcionalidad general del rumen se mantuvo relativamente estable dentro de las condiciones evaluadas.

En conclusión, los resultados confirman que pequeñas inclusiones de *A. armata*(≤ 0,75% de la MS) en las dietas de rumiantes pueden lograr reducciones elevadas de CH4 (superiores al 75–90%), aunque se observó una ligera reducción de los AGV totales (8–9%) y cambios en el perfil hacia la vía propiónica. Desde un punto de vista práctico, la inclusión de 0,25% de *A. armata*en dietas de rumiantes parece una estrategia prometedora para la mitigación de emisiones de CH4 que modifica ligeramente el perfil de fermentación sin reducir la producción total de AGV. No obstante, la extrapolación a sistemas productivos reales requiere validación in vivo para confirmar la eficacia, estabilidad y seguridad a medio y largo plazo.

CO-382 | Extensivo

OLIGOELEMENTOS EN SEMEN BOVINO: UN FACTOR CLAVE DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA EN SEMENTALES DE CARNE EN EXTENSIVO

TRACE ELEMENTS IN BOVINE SEMEN: A KEY FACTOR INFLUENCING SPERM QUALITY IN EXTENSIVELY MANAGED BEEF BULLS

Andrés Couso-Viana [1], Belén Larrán [1], Juan Pérez-Salas [2], Marcello Guadagnini [3], Pablo Iglesias [4], Vicente Hernández [5], Carmen Arrobas [6], Marta Miranda [1]

(1)-Facultad de Veterinaria, Campus Terra, Universidad de Santiago de Compostela. Lugo. (2)-Ecuphar Veterinaria SLU (3)-Axiota (4)-Insavet S.L.P. (5)-Cobadu (6)-Advacas Extremadura SL

Introducción y objetivos

Los oligoelementos desempeñan un papel esencial en la función reproductiva del macho, al intervenir en procesos clave como la espermatogénesis, la protección frente al estrés oxidativo, la integridad de la membrana espermática y la funcionalidad mitocondrial. Elementos como el Zn, el Se, o el Cu se han relacionado con parámetros fundamentales de la calidad seminal, incluyendo la motilidad, la morfología y la viabilidad espermática. En el ganado bovino, una adecuada calidad del semen es determinante para la eficiencia reproductiva y la rentabilidad de los sistemas productivos, especialmente en explotaciones extensivas, donde la fertilidad del semental tiene un papel clave. Debido a la información limitada al respecto, el objetivo de este estudio fue determinar los niveles de oligoelementos en semen bovino de sementales de aptitud cárnica manejados en régimen extensivo y evaluar su posible relación con los principales parámetros de calidad seminal.

Material y métodos

Se analizaron muestras de semen de 64 toros (Avileña n= 21, Charolés n = 26, Limusín n = 17) de granjas extensivas de las provincias de Salamanca y Ávila. Se analizaron parámetros de calidad seminal (volumen, color y viscosidad del eyaculado, así como la concentración espermática, la motilidad total y progresiva, y los porcentajes de espermatozoides vivos y morfológicamente normales) y se determinaron las concentraciones de Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn por espectroscopía de masas con fuente de plasma acoplado (ICP-MS), en el laboratorio acreditado del Servicio de Asesoramiento y Análisis Mineral de la Universidad de Santiago de Compostela (USC).

Resultados y discusión

Las concentraciones de oligoelementos en semen total (mg/L) fueron: Co 0,00520 ± 0,00738, Cu 0,179 ± 0.127, Fe 6,18 ± 9,39, Mn 0,307 ± 0,432, Mo 0,00950 ± 0,0133, Se 0,470 ± 0,292 y Zn 4,54 ± 3,49. No se

encontraron diferencias estadísticamente significativas entre razas (Avileña n= 21, Charoláis n = 26, Limusin n= 17).

Se exploraron las correlaciones entre las concentraciones de oligoelementos y los parámetros de calidad seminal, la edad, condición corporal y el perímetro testicular. Se observó una correlación positiva de Cu, Se y Zn con la concentración espermática, el porcentaje de espermatozoides vivos, el porcentaje de espermatozoides normales y la condición corporal. Por el contrario, Co y Fe mostraron una correlación

negativa con la concentración espermática, la motilidad masal y la motilidad progresiva, además de presentar una correlación positiva con la edad de los sementales. Atendiendo a los parámetros de calidad del semen se clasificaron a los sementales como “aptos” o “no aptos”. Los animales clasificados como “aptos” presentaron concentraciones significativamente más elevadas de Cu ($p < 0,001$; 0,189 ± 0,123 vs 0,0783 ± 0,0827 mg/L) y Se ($p = 0,011$; 0,502 ± 0,295 vs 0,206 ± 0,203 mg/L), y una tendencia a tener menores niveles de Fe ($p = 0,57$; 5,10 ± 8,28 vs 8,66 ± 7,93 mg/L).

Conclusión

Los resultados muestran de manera clara que los oligoelementos Cu, Se y Zn son determinantes de la calidad seminal en sementales bovinos, diferenciando de forma notable a los animales "aptos" de los "no aptos". Estos hallazgos ofrecen una herramienta práctica y fiable para mejorar la calidad seminal y el manejo reproductivo, reforzando la importancia de la nutrición/suplementación mineral en la eficiencia y fertilidad de los sistemas extensivos.

CO-383 | Reproducción

EFICACIA COMPARATIVA DE DOS MÉTODOS DE DETECCIÓN DE CELO TRAS PRESINCRONIZACIÓN CON PROSTAGLANDINAS EN VACUNO DE CARNE.

COMPARATIVE EFFICACY OF TWO ESTRUS DETECTION METHODS AFTER PROSTAGLANDIN PRESYNCHRONIZATION IN BEEF CATTLE.

Luis Quevedo Sánchez[1,2], Carlos C. Pérez Marín[2], Luis Quevedo Neyra[1]

(1)-JANDAVET S.L. (2)-Departamento de Medicina Animal y Cirugía, Facultad de Veterinaria, Universidad de Córdoba

El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar la eficacia de dos métodos de detección de celo, mediante parches de fricción y la valoración de moco vaginal utilizando el dispositivo Metricheck, tras una presincronización con prostaglandina $F_2\alpha$ ($PGF_2\alpha$) en ganado bovino de carne.

El estudio se llevó a cabo en 437 hembras bovinas pertenecientes a ocho explotaciones comerciales localizadas en las provincias de Cádiz y Cáceres. La población experimental estuvo compuesta por 97 novillas (22,2%), 270 vacas lactantes (61,8%) y 70 vacas secas (16,0%). La condición corporal media fue de 5,8 puntos

(escala de 1 a 9).

La presincronización consistió en la administración de dos dosis de $PGF_2\alpha$ separadas 12 días (días 0 y 12). En el día 12 se colocaron parches de fricción en la base de la cola para la detección de actividad de monta. En el día 15 se realizó la evaluación del celo mediante la lectura de los parches y la valoración de la presencia de moco vaginal (no sanguinolento ni purulento) utilizando el dispositivo Metricheck en todos los animales incluidos en el estudio, siendo valorado por dos veterinarios.

Todas las hembras que mostraron signos de celo detectado mediante uno o ambos métodos fueron inseminadas artificialmente en el momento de la evaluación y recibieron una dosis de GnRH junto a la inseminación. Aquellos animales en los que no se detectó celo, el día 15 se administró GnRH y se introdujo un dispositivo intravaginal de progesterona, que permaneció colocado hasta el día 20. En el momento de la retirada del dispositivo se administró eCG (400 UI en novillas y 500 UI en vacas lactantes y secas) junto con una doble dosis de $PGF_2\alpha$. La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se realizó en el día 23, administrándose simultáneamente una nueva dosis de GnRH.

Quince días después de la inseminación se introdujeron sementales de repaso en cada lote con el objetivo de cubrir las hembras que no hubieran quedado gestantes tras la inseminación. El diagnóstico de gestación se realizó mediante ecografía transrectal entre los días 35 y 45 posteriores a la inseminación.

Todos los resultados fueron analizados estadísticamente con IBM SPSS Statistics v.29 realizando análisis estadístico descriptivo, calculando los valores medios relativos a la tasa de salida a celo y tasa de concepción. Para comparar los resultados obtenidos en los diferentes métodos de detección de celo, se realizó una prueba de Chi cuadrado.

La activación de los parches de fricción se observó en 72 animales, lo que representó una tasa de detección de celo del 16,5%. Por otro lado, la evaluación de moco vaginal mediante Metricheck permitió identificar signos de estro en 200 hembras, alcanzando una tasa de detección del 45,8%. Además, se registró la pérdida de parches en 40 animales, lo que supuso un 9,2% del total.

En función de los resultados obtenidos mediante ambos métodos se establecieron cuatro grupos experimentales: a) animales con parche activado y presencia de moco vaginal (68/437; 15,6%); b) animales con parche no activado y presencia de moco vaginal (111/437; 25,4%); c) animales con parche activado sin presencia de moco vaginal (4/437; 0,9%); y d) animales con pérdida de parche y presencia de moco vaginal (21/437; 4,8%).

La tasa global de preñez por inseminación (P/IA) en los animales inseminados tras la detección de celo fue del 52,9% (108/204), mientras que las hembras inseminadas mediante IATF alcanzaron una P/IA del 47,6% (111/233). Analizando los resultados por grupos, las tasas de gestación fueron del 60,0% (41/68) en el grupo con parche activado y moco vaginal, del 48,7% (54/111) en el grupo con parche no activado y moco vaginal, del 25,0% (1/4) en los animales con parche activado sin presencia de moco y del 57,1% (12/21) en los animales con pérdida de parche y presencia de moco vaginal.

Los resultados obtenidos indican que ambos sistemas de detección permiten alcanzar tasas de gestación similares tras la inseminación. Sin embargo, la valoración de moco vaginal mediante Metricheck mostró una mayor sensibilidad para la detección del estro, permitiendo identificar aproximadamente tres veces más animales en celo en comparación con los parches de fricción.

Este hallazgo sugiere que la utilización del Metricheck puede incrementar el número de hembras inseminadas tras detección del celo, reduciendo la necesidad de aplicar protocolos hormonales completos de sincronización, aunque el moco vaginal derivado del celo puede ser confundido con otras secrecreciones vaginales.

Desde el punto de vista del manejo reproductivo, la aplicación de este protocolo en lotes con condición corporal igual o superior a 5 sobre 9 permite mejorar la eficiencia del programa reproductivo. La detección temprana de celo tras la presincronización facilita la reducción del uso

de hormonas en aquellos animales que ya se encuentran en estro y contribuye a distribuir los retornos a celo en distinto momento, permitiendo optimizar el uso de sementales de repaso y mejorando la organización del manejo reproductivo en explotaciones de vacuno de carne.

El empleo del dispositivo Metricheck, tradicionalmente utilizado para la detección de infecciones uterinas posparto, representa una herramienta sencilla, económica y fácilmente aplicable en condiciones de campo para la valoración del estro. No obstante, sería conveniente desarrollar estudios adicionales que permitan evaluar con mayor precisión su especificidad y su utilidad en diferentes sistemas productivos.

En conclusión, la detección de celo mediante la valoración de moco vaginal con Metricheck, combinada con la presincronización mediante $PGF_2\alpha$, constituye una estrategia eficaz para mejorar la detección del estro en vacuno de carne. Este sistema permite obtener tasas de gestación similares o superiores a las alcanzadas mediante inseminación a tiempo fijo, al tiempo que reduce el uso de tratamientos hormonales y optimiza el manejo reproductivo en explotaciones comerciales.

CO-306 | Reproducción

UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA Y LA TERMOGRAFÍA EN LA DETECCIÓN DE SUBFERTILIDAD EN TOROS INFECTADOS POR BESNOITIA BESNOITI

USEFULNESS OF ULTRASOUND AND THERMOGRAPHY IN DETECTING SUBFERTILITY IN BULLS INFECTED WITH BESNOITIA BESNOITI

Silvia Ruiz Caballero[1], Michela Tatiana Re[1], Carlos Críspulo Coronel Araújo[2], Nerea Ramos Pérez [1], Francisco Javier Blanco Murcia[1]

(1)-Facultad de Veterinaria Universidad Complutense de Madrid (2)-Clínica grandes animales Los Molinos

Introducción y objetivo

La besnoitiosis bovina es una enfermedad parasitaria emergente en Europa y de forma particular en España, que afecta principalmente al ganado bovino de carne. En los toros, la infección por *Besnoitia besnoiti*puede provocar lesiones testiculares progresivas que comprometen la espermatogénesis y la aptitud reproductiva del semental (European Food Safety Authority [EFSA], 2010). Estas alteraciones suelen cursar de forma subclínica en fases crónicas, dificultando su detección mediante exploración clínica y suponiendo un riesgo en sistemas de monta natural (Álvarez-García et al., 2013). En este contexto, la identificación temprana de toros subfértiles resulta fundamental para minimizar pérdidas reproductivas y económicas.

El objetivo de este estudio fue identificar patrones de alteración testicular mediante ecografía y termografía infrarroja en sementales infectados por *Besnoitia besnoiti*, y relacionarlos con cambios en la calidad seminal, evaluando su utilidad como herramientas diagnósticas complementarias en condiciones de campo.

Material y métodos

Se realizó un estudio analítico retrospectivo donde se analizaron cinco toros de distintas razas de aptitud cárnica (tres charoleses, un limusín y un berrendo colorado), de tres explotaciones distintas de la Comunidad de Madrid, seleccionados entre 90 sementales evaluados en programas de aptitud reproductiva. Todos los animales presentaban serología positiva (Western Blot o ELISA) frente a *Besnoitia besnoiti*(García-Lunar et al., 2013) y alteraciones testiculares compatibles con la enfermedad. Se realizó ecografía testicular bilateral siguiendo la guía VART para evaluar cambios degenerativos (fibrosis,

mineralizaciones o engrosamiento de membranas basales) en las distintas estructuras testiculares (Álvarez-García et al., 2013; Gnemmi et al., 2021), y termografía escrotal para analizar la distribución térmica y simetría entre ambos testículos (Kastelic et al., 1997). Además, se extrajo semen mediante electroeyaculación para evaluar la concentración y motilidad progresiva, indicadores clave en monta natural, clasificando la calidad como “muy bueno”, “bueno”, “regular” o “pobre” (Gómez y Migliorisi, s.f.).

Resultados

La ecografía testicular evidenció un patrón degenerativo en todos los sementales, caracterizado por fibrosis focal y difusa del parénquima y áreas de mineralización. Adicionalmente, en dos animales se observó engrosamiento de las envolturas testiculares. Las lesiones se manifestaron de forma bilateral, con distinto grado de afectación entre testículos en ciertos casos.

Las imágenes termográficas mostraron una pérdida de la termorregulación fisiológica; en todos los toros se detectó asimetría térmica, desaparición del gradiente escrotal (pérdida de bandas isotermas) y aumento anormal de la temperatura superficial, indicando compromiso funcional del tejido (degeneración).

Respecto a los espermiogramas, todos los animales fueron clasificados como oligospérmicos (cuatro graves y uno leve). La motilidad progresiva se encontró disminuida en cuatro toros, situándose en rangos de calidad “pobre”. La coincidencia de lesiones estructurales (ecografía) y funcionales (termografía) se asoció consistentemente con el deterioro de los parámetros seminales.

Conclusiones

Los resultados de este estudio, a pesar del limitado tamaño de muestra analizado (n=5), indican que la besnoitiosis bovina se asocia a un patrón característico de degeneración testicular detectable mediante ecografía y termografía, acompañado de una alteración significativa de la calidad seminal. La combinación de ambas técnicas permite una evaluación integral, aportando información estructural y funcional. Su aplicación conjunta facilita la detección de sementales subfértiles en campo, incluso sin signos clínicos evidentes, siendo especialmente relevante en sistemas de monta natural. Estas herramientas pueden contribuir a optimizar los protocolos de valoración de aptitud reproductiva y mejorar la toma de decisiones en programas de selección de sementales, reduciendo el impacto de la enfermedad en explotaciones de vacuno de carne.

Bibliografía

Alvarez-García, G., Frey, C. F., Mora, L. M., & Schares, G. (2013). A century of

bovine besnoitiosis: an unknown disease re-emerging in Europe. *Trends in parasitology*, *29*(8), 407–415. https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.06.002

European Food Safety Authority. (2010). Scientific statement on bovine besnoitiosis. *EFSA Journal*, *8*(2), 1499. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1499

García-Lunar, P., Ortega-Mora, L. M., Schares, G., Gollnick, N. S., Jacquiet, P., Grisez, C., Prevot, F., Frey, C. F., Gottstein, B., & Álvarez-García, G. (2013). An Inter- Laboratory Comparative Study of Serological Tools Employed in the Diagnosis of *Besnoitia besnoiti*Infection in Bovines. *Transboundary and Emerging Diseases*, *60*(1), 59-68. https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2012.01318.x

Gnemmi, G., Maraboli, C., Muñoz, I., Escartin, N. y Echegaray, A. (2021). La guía VART: Propuesta para estandarizar la valoración de la aptitud reproductiva de toros en España. Parte 2: Valoración reproductiva del toro por ultrasonografía. *Producción Animal*, (325), 36-49.

Gómez, M. V. y Migliorisi, A. L. (s.f.). *Protocolo para la evaluación de semen en rumiantes*. Cátedra de Reproducción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-

animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_toros/49-ProtocoloEvalSemen.pdf

Kastelic, J. P., Cook, R. B., & Coulter, G. H. (1997). Scrotal/testicular thermoregulation and the effects of increased testicular temperature in the bull. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, *13*(2), 271–282. https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30340-6

CO-307 | Calidad de Leche

INTERACCIONES DEL ESTRÉS TÉRMICO CON LA ETAPA POSPARTO PARA REMODELAR LA COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE EN VACAS HOLSTEIN EN CLIMA OCEÁNICO.

HEAT STRESS INTERACTIONS WITH POSTPARTUM STAGE TO RESHAPE MILK FATTY ACID COMPOSITION IN HOLSTEIN COWS UNDER OCEANIC CLIMATE.

Elena Niceas Martínez Díez[1], Cristina Castillo Rodríguez[1], Joaquín Hernández Bermúdez[1], Rodrigo Muiño Otero[1]

(1)-1Department of Animal Pathology, Campus Terra-IBADER, University of Santiago de Compostela, 27002 Lugo, Spain.

Climate change is increasing the frequency and intensity of heat stress in dairy systems, with potential consequences for animal physiology and milk quality [1,2]. This study investigated the independent and interactive effects of season (winter vs summer) and postpartum stage (1 week vs 1 month postpartum) on the bovine milk fatty acid (FA) profile in an intensive Holstein herd in NW Spain monitored in 2023 (227 lactating cows; mean yield 33.7 kg/day; mean milk fat 3.80% and protein 3.36%). Multiparous cows were sampled across two periods: winter (January-March) and summer (July-September), yielding 40 milk samples (n=20/season; within each season n = 10 at day 7 and n=10 at day 30 postpartum). Thermal exposure was quantified using the temperature-humidity index (THI). Summer conditions included intermittent mild-to-moderate heat load (THI 72-78 for 49 days and THI 79-88 for 4 days), whereas winter THI remained consistently below 68. Milk FA composition (25 FAs; mg/100 mL) was quantified by gas chromatography 6flame ionization detection (GC 6FID) and analyzed using two- way ANOVA.

Seasonal comparisons indicated that summer was associated with higher de novo- related (short/medium-chain) FAs, including C10:0 (102.26 vs 128.25 mg/100 mL, p

< 0.05) and C14:1(n-5) (28.05 vs 38.86, p < 0.01), and higher C15:0 (25.75 vs

42.06, p < 0.01), while cis-11 C18:1 decreased (7.40 vs 4.08; p < 0.01). Conjugated linoleic acids (CLAs) were higher in summer (24.02 vs 32.16, p < 0.05), whereas C18:2(n-6) 9t,12t decreased (2.36 vs 1.69, p < 0.05). Total FA, saturated FA (SFA), monounsaturated FA (MUFA), polyunsaturated FA (PUFA), omega-3, and omega-6 did not differ by season alone (p > 0.05).

Across postpartum stage, multiple de novo FAs increased from day 7 to day 30

(C6:0: 64.09 to 82.29, p < 0.05; C8:0: 51.05 to 65.35, p < 0.05; C10:0: 99.95 to

130.57, p < 0.05; C12:0: 149.93 to 190.04, p < 0.05), and α-linolenic acid (ALA; C18:3 n-3) increased markedly (10.10 vs 15.57 mg/100 mL, p < 0.01). Total FA content remained unchanged between time points (2753.93 vs 2919.80 mg/100 mL, p=0.5337).

Critically, season-postpartum interactions were significant for all short/medium- chain FAs (p < 0.01) and for lipidic indicators including total FA (p < 0.01), SFA (p

< 0.01), MUFA (p < 0.01), PUFA (p < 0.01), omega-3 (p < 0.01), omega-6 (p <

0.01), and CLAs (p < 0.05). The summer-1 month group generally showed the highest concentrations for broader lipid fractions (total FA: 3559.46 mg/100 mL (summer-1 month) vs 3141.09 (winter- 1 week), 2280.13 (winter-1 month), and 2366.77 (summer-1 week)).

Overall, these results demonstrate that milk lipid composition is shaped not only by season or postpartum stage independently, but by their non-additive interaction, indicating stage-specific metabolic sensitivity to intermittent summer heat load, consistent with evidence that heat stress can modify milk lipid composition [3] and that milk FA profiles are influenced by lactational stage and metabolic-energy status [4]. These supports incorporating lactation stage into heat-mitigation and milk-quality management strategies in temperate, oceanic dairy systems.

References:

1. IPCC. AR6 WGI: Summary for Policymakers 6 Headline statements (2021).

2. West JW. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J Dairy Sci.

3. 2003;86(6):2131 2144. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X.

4. Liu Z, Ezernieks V, Wang J, et al. Heat Stress in Dairy Cattle Alters Lipid Composition of Milk. Sci Rep. 2017;7(1):961. doi:10.1038/s41598-017-01120-9.

5. Gross J, van Dorland HA, Bruckmaier RM, Schwarz FJ. Milk fatty acid profile related to energy balance in dairy cows. J Dairy Res.2011;78(4):479 488. doi:10.1017/S0022029911000550 .

CO-384 | Sanidad

IMPACTO A CORTO Y LARGO PLAZO DEL USO DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN AUTOMÁTICO EN LA SALUD, SUPERVIVENCIA Y PRODUCCIÓN DE TERNERAS HOLSTEIN

SHORT- AND LONG-TERM IMPACT OF AN AUTOMATED MONITORING SYSTEM ON THE HEALTH, SURVIVAL, AND PRODUCTIVITY OF HOLSTEIN CALVES

Carolina Tejero Gallego[1], Luz Sales[2], Clara Rial[2], Juan Muiña[2], Lorenzo Fraile[3], André Preto[4], Laura Elvira[5]

(1)-MSD A.H. (2)-Granja San José (3)-Departamento de producción animal universidad de Lleida (4)-MSD Animal Health, Lda (5)-MSD Animal Health S.L.

Introducción

La recría de novillas representa uno de los mayores costes en la explotación lechera, siendo la salud pulmonar un factor determinante de la productividad futura. Los sistemas de monitorización automática son una herramienta recientemente disponible para la identificación temprana de terneras que requieren atención (1, 2, 3). Las tecnologías de precisión basadas en sensores y acelerómetros están emergiendo como herramientas validadas para la evaluación de la salud en bovino lechero (4). La enfermedad respiratoria tiene consecuencias conocidas sobre la supervivencia y la productividad a largo plazo (5, 6).

Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar si un sistema de monitorización automático (SMA) permite igualar o superar los resultados de monitorización intensiva por parte de veterinarios y personal cualificado en terneras Holstein, analizando indicadores sanitarios y productivos a corto plazo (salud y crecimiento) y a largo plazo (reproducción, supervivencia y producción lechera).

Materiales y Métodos

Se incluyeron 805 terneras Holstein asignadas de forma aleatoria estratificada a: 1) Grupo SHY (n=397): uso del sistema automatizado de monitorización del comportamiento SenseHub® Dairy Youngstock (MSD Animal Health), revisando las terneras con índice de salud HI<86 según el SOP de la granja; o 2) Grupo Control (n=408): revisión diaria por parte de la veterinaria mediante el SOP de la granja, dos veces al día en lactantes y una vez al día posteriormente. El seguimiento se realizó desde el nacimiento hasta completar la primera lactación.

Se registraron parámetros de salud (morbilidad por neumonía, diarrea y puntuación ecográfica pulmonar), crecimiento (peso al nacimiento, destete y 8 meses), supervivencia (bajas y eliminación), reproducción (fecha de IA e IA fecundante) y producción lechera. La comparación entre grupos se realizó mediante pruebas paramétricas (t de Student) y no paramétricas (chi-cuadrado) según la distribución de los datos, y un modelo multivariante para la producción de leche.

Resultados

1) Salud y Crecimiento:

El grupo SHY demostró una mejora significativa en la salud pulmonar ecográfica al destete (p<0,001), con menor prevalencia de lesiones pulmonares (11,9% vs. 20,9%; p=0,0007) y mejor puntuación de salud (p=0,0005). El patrón de tratamientos indicó que SHY detecta los problemas de salud en estadios más tempranos. No se observaron diferencias significativas en el crecimiento: peso al destete (84,7 vs. 85,5 kg; p=0,23), GMD (0,95 kg/día en ambos grupos) ni peso a los 8 meses ajustado.

2) Supervivencia:

El grupo SHY logró una reducción significativa del 38% en el riesgo de baja o descarte durante la primera lactación (10,3% vs. 15,9%; p=0,03). La no supervivencia desde el nacimiento mostró una tendencia favorable pero no significativa (15,1% vs. 18,9%; p=0,19), concentrándose el beneficio en la lactación, periodo de mayor impacto económico. El análisis por causa de baja reveló que la principal diferencia se localizó en las bajas de origen reproductivo (aborto, infertilidad, parto distócico), con mayor proporción en el grupo control (29,6% vs. 17,1%), aunque sin alcanzar significancia estadística, probablemente por baja potencia estadística.

3) Parámetros Reproductivos:

No se encontraron diferencias significativas entre grupos durante la recría. Al final de la primera lactación, el grupo SHY presentó mayor tasa de preñez (90,8% vs. 88,0%; p=0,21) y menor eliminación por causa reproductiva. El éxito reproductivo —definido como vacas preñadas que permanecen en el rebaño— fue superior en el grupo SHY (80,5% vs. 72,1%).

4) Producción Lechera:

Las novillas SHY tendieron a producir más leche en su primera lactación: +278 kg a 305 días (10.515 vs. 10.237 kg; p=0,17) y +262 kg en producción total ECM (13.253 vs. 12.991 kg; p=0,23). El efecto de SHY sobre la producción parece ser principalmente indirecto: cada día adicional en lactación supone un incremento de 17,33 kg ECM, lo que se traduce en mayor producción total por animal.

Conclusiones

El uso del sistema SHY permitió a corto plazo focalizar el trabajo de revisión de terneras y la detección precoz de enfermedad, especialmente respiratorias, lo que se reflejó en una menor incidencia de problemas de neu-

monías y menor coste asociado a tratamientos. A largo plazo, se observó un impacto positivo claro en la supervivencia durante la primera lactación, periodo de especial repercusión económica. Las novillas del grupo SHY mostraron además mayor éxito reproductivo, mayor persistencia en el rebaño y tendencia a mayor producción lechera, derivada principalmente de un mayor número de días en lactación. En conjunto, SHY se muestra como una herramienta eficaz para mejorar la salud temprana, la supervivencia y la productividad incluso en granjas con elevados estándares de control sanitario, donde la mejora adicional es especialmente difícil de conseguir.

Referencias bibliográficas

1) Friedman y col., 2022. World Buiatrics Congress, comunicación.

2) Tejero y col., 2024. ANEMBE 2024, comunicación.

3) Tejero y col., 2025. ANEMBE 2025, comunicación.

4) Stygar y col., 2021. DOI: 10.3389/fvets.2021.634338

5) Abuelo y col., 2021.DOI: 10.3168/jds.2020-19791

6) Sáadatnia y col., 2023. DOI: 10.3168/jds.2023-23296

CO-385 | Nutrición

¿VALE LA PENA PROMOVER EL CRECIMIENTO EN LOS PRIMEROS DÍAS DE VIDA? IMPACTO DE UN ESTÍMULO NUTRICIONAL TEMPRANO INTENSIFICADO SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA SALUD EN TERNERAS LECHERAS

IS IT WORTH PROMOTING GROWTH IN THE FIRST DAYS OF LIFE? IMPACT OF INTENSIFIED EARLY NUTRITIONAL STIMULATION ON GROWTH AND HEALTH IN DAIRY CALVES

Carolina Tejero Gallego Tejero Gallego[1], Clara Rial[2], Jose María Pont[2]

(1)-MSD A.H. (2)-Granja San Jose

Introducción

El crecimiento temprano de las terneras lecheras influye no solo en su tamaño corporal, sino también en su desarrollo metabólico y productivo futuro (1). Aun así, no está claro si promover un crecimiento acelerado en esta etapa aporta beneficios sostenidos o si dicho crecimiento podría compensarse en fases posteriores sin comprometer el desarrollo final del animal. Desde una perspectiva práctica, fomentar un mayor crecimiento temprano requiere manejos y recursos adicionales, lo que hace necesario evaluar la relación coste/beneficio. El objetivo de este estudio fue evaluar si un estímulo nutricional superior durante los primeros días de vida (DDV) se asocia con una mayor ingesta de leche, un mayor crecimiento temprano y diferencias en el estado de salud al destete de terneras.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo entre marzo y diciembre de 2025 en una explotación lechera de Huesca con el seguimiento de 1.190 terneras clasificadas en dos grupos: estímulo temprano intensificado (ETI; n=506) o estímulo temprano estándar (ETE; n=684).

Al nacimiento, fueron alojadas en boxes colectivos recibiendo dos tomas de calostro (4 y 2 L; intervalo 8–12 h). El nivel de encalostrado se evaluó en 267 terneras mediante la determinación % Brix en suero. El 80,5% de las terneras presentó un encalostrado ≥9,4%, proporción comparable a la observada en la granja durante el período de estudio (n=1.161; 79,5%).

Posteriormente, recibieron dos tomas diarias de 2L de leche de transición (LT). A los 3 DDV fueron incorporadas a la amamantadora. Entre los 3 y 25 DDV, se alojaron en corrales colectivos (14 animales; H&LCalfExpert) y recibieron un plano nutricional alto (8-12L/día), con LT entre 3-8 DDV y leche en polvo (135g/L) entre 9-25 DDV. La única diferencia entre grupo fue la frecuencia de introducción a la amamantadora automática: tres veces al día en ETI (06:00, 11:00 y 14:00 h) y dos veces al día en ETE (06:00 y 14:00h). El programa nutricional, fórmula de la leche en polvo y concentrado y el manejo sanitario fueron idénticos entre grupos.

A partir del día 25, no hubo ya diferencias entre los grupos, siendo alimentadas con leche en polvo hasta el destete a los 70 DDV (12L/día entre 20-44 días, 10L/día entre 45-51 días y reducción progresiva entre los días 51-70), con acceso ad libitum a concentrado sólido.

Las terneras fueron pesadas a los 3 DDV (Bosche ETW) y al destete (True-Test®).

Hasta los 210 DDV se registraron datos individuales de consumo de leche, peso corporal, ganancia media diaria (GMD) y eventos sanitarios.

Los datos fueron analizados con SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Las variables binarias se analizaron mediante regresión logística utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX, asumiendo una distribución binomial. Las variables continuas, se evaluaron mediante ANOVA.

Resultados

El grupo ETI consiguió un mayor (P-val=0,01) consumo de leche durante a 25 DDV (+1 L/día; +8,6%) en comparación con ETE. A igual peso al nacimiento (~38kg; P-val=0,24), las terneras bajo ETI presentaron una mayor GMD entre los 3 y 25 DDV (0,95 vs 0,77kg/d; P-val<0,001) y mayor peso vivo a los 25 DDV (61 vs 55kg; P-val<0,001). Una mayor proporción de terneras en el grupo ETI alcanzó los objetivos (≥0,7 kg/d) de crecimiento comparado a las terneras del grupo ETE (92% vs 48%; P-val<0,001).

El grupo ETI presentó un mayor peso vivo al destete (116 vs 109kg; P-val<0,001), mayor proporción de animales alcanzando los objetivos (≥0,9 kg/d) de crecimiento (82% vs 75%; P-val=0,006), y menor porcentaje de terneras que no logran el peso mínimo al destete (90kg; 0,8% vs 6,2%; P-val<0,001) en comparación con ETE.

A los 147 días de vida, el peso fue similar entre grupos (~180kg; P-val=0,42), mientras que a los 210 días fue mayor en el grupo ETI (256 vs. 247kg; P-val<0,001).

Durante la fase lactante, el grupo ETI presentó menor prevalencia de diarreas (23,1% vs 40,3%; P-val<0,001) y

de neumonías (57,4% vs. 66,9%; P-val=0,001) que el ETE. No se observaron diferencias en el porcentaje de bajas desde 3 a 75 días de vida (2,2% en ETI vs 1,9% en ETE; P-val=0,73).

Conclusiones

Bajo condiciones comparables de encalostrado, programa nutricional, dieta y manejo posterior, un mayor estímulo nutricional durante los primeros días de vida, logrado mediante una mayor frecuencia de acceso a la amamantadora, se asoció con un incremento en el consumo de leche, un crecimiento temprano superior y una mayor homogeneidad entre terneras. Además, como ya se ha observado en estudios previos, planos nutricionales más elevados en edades tempranas reducen la incidencia de las diarreas neonatales y mitigan sus efectos negativos sobre la ganancia media diaria, favoreciendo un estado sanitario más robusto durante el pre-destete.

Referencias

1. Soberon et al., 2012. Doi:10.3168/jds.2011-4507

CO-387 | Nutrición

RUMIA TEMPRANA COMO INDICADOR FUNCIONAL DE LA TRANSICIÓN DE TERNERAS LACTANTES A RUMIANTES

EARLY RUMINATION AS A FUNCTIONAL INDICATOR OF THE TRANSITION FROM PRE WEANING CALVES TO RUMINANTS

Carolina Tejero Gallego Tejero Gallego[1], Clara Rial[2], Jose María Pont[2], Laura Elvira[3]

(1)-MSD A.H. (2)-Granja San José (3)-MSD Animal Health S.L.

Introducción

La transición de una dieta líquida hacia una sólida constituye un período crítico durante el crecimiento de los rumiantes. No obstante, en condiciones comerciales, la detección temprana de terneras que experimentan una transición subóptima sigue siendo un desafío. En este contexto, la monitorización de la rumia mediante sensores representa una herramienta prometedora para evaluar de forma objetiva y consistente el progreso hacia la condición funcional de rumiante.

El objetivo de este estudio fue evaluar la asociación entre la rumia promedio semanal registrada entre los 43 y 50 días de vida (DDV) y el desempeño posterior de las terneras. Para ello, se evaluaron los patrones de rumia, el crecimiento, el consumo de leche y la incidencia de patologías hasta los 210 DDV. Asimismo, se buscó explorar el potencial de la rumia temprana como un indicador funcional del grado de transición de la ternera desde la etapa lactante hacia su establecimiento como rumiante.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en una explotación lechera ubicada en la provincia de Huesca. Tras el nacimiento, las terneras (n = 384) fueron alojadas en boxes colectivos y recibieron dos tomas de calostro (4 y 2 L; intervalo 8–12 h). Luego recibieron dos tomas diarias de 2 L de leche de transición hasta los 3 DDV cuando fueron incorporadas a la amamantadora automática. Entre los 3 y 75 DDV, las terneras se alojaron en corrales colectivos (14 animales; H&L CalfExpert) y recibieron un plano nutricional alto (8-10 L/día entre 3 y 25 días, 12 L/día entre 20-44 días, 8 L/día entre 45-51 días y reducción progresiva entre los días 51-70), con acceso ad libitum a concentrado sólido. Las terneras fueron pesadas a los 3 (Bosche ETW) y a los 75 DDV (True-Test®).

A los ~30 DDV, se les colocó un sistema automatizado de monitorización del comportamiento en la oreja. En función del promedio semanal de rumia entre los 43 y 50 DDV, las terneras se clasificaron en dos grupos: rumia alta (RumALTA; ≥200 min/d; n = 278) y rumia baja (RumBAJA; <200 min/d; n = 106).

Se evaluaron los patrones de rumia (min/d) de la semana 5 a la 22 de vida mediante crotales SenseHub Youngstock, peso corporal, consumo de leche y ocurrencia de eventos sanitarios hasta los 210 DDV.

Los datos se analizaron con SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Las variables binomiales se analizaron mediante regresión logística utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX. Las variables continuas se evaluaron mediante ANOVA con o sin mediciones repetidas.

Resultados

Desde las semanas 5 a la 22, ambos grupos mostraron un incremento progresivo de la rumia diaria, siendo mayor (P-val < 0,001) en las terneras del grupo RumALTA (317±10min) que en el grupo RumBAJA (279±10min).

El patrón temporal de incremento de la rumia difirió entre grupos (P-val < 0,001). Las terneras del grupo RumALTA mostraron un aumento más pronunciado entre las semanas 5 y 11, alcanzando los niveles máximos de rumia ya a la semana 6 de vida, mientras que en el grupo RumBAJA el incremento fue más gradual, logrando valores similares hacia la semana 13. El nivel absoluto de rumia entre las semanas 5 y 13 fue significativamente mayor (P < 0,001) en RumALTA (264 ± 10 min) que en RumBAJA (200 ± 10 min).

Ambos grupos evidenciaron un aumento marcado de la rumia alrededor de las semanas 15 y 17, siendo superior (P < 0,001) en las terneras RumALTA a la semana 20 (407 vs 369 min).

No hubo diferencias entre grupos en el consumo porcentual de leche hasta los 25 DDV (~64%; P -val = 0,16) o entre los 26 y 70 DDV (~88%; P-val = 0,85), peso al destete (~110 kg; P -val = 0,89), porcentaje de diarreas (RumALTA: 58% vs RumBAJA: 67%; P-val = 0,10) o neumonías durante la fase lactante (RumALTA: 57% vs RumBAJA: 34%; P-val = 0,14).

Las terneras RumALTA alcanzaron mayores pesos corporales a los 147 (176 kg vs 167 kg; P -val = 0,001) y a los 210 DDV (241 kg vs 231 kg; P -val = 0,004) que las terneras RumBAJA.

Conclusiones

La rumia semanal registrada antes del destete se asoció con distintos patrones de rumia y crecimiento post- destete. Las terneras con mayor rumia temprana presen-

taron un establecimiento más precoz y sostenido del comportamiento de rumia, lo que se reflejó en mayores pesos en etapas post-destete, pese a no presentar ventajas en consumo de leche ni en peso al destete. Estos resultados sugieren que la rumia temprana podría constituir un indicador del proceso de transición de lactante a rumiante, con potencial aplicación práctica para la identificación temprana de terneras con una transición subóptima en sistemas intensivos.

CO-301 | Nutrición

IMPACTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON TRES EXTRACTOS DE FERMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA EN VACAS LECHERAS

IMPACT OF SUPPLEMENTATION WITH THREE FERMENTATION EXTRACTS ON MILK YIELD AND DIET DIGESTIBILITY IN DAIRY CATTLE

Jaime ALCAÑIZ[1], Dominique BOUCHUT[1], Robert Roszkos[1]

(1)-Jefo Europe

En los rumiantes, una mejor digestibilidad ruminal, especialmente de las fracciones de difícil digestión, se traduce en un aumento del rendimiento productivo. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de una combinación de tres extractos de fermentación (*Trichoderma viride, Bacillus subtilis y Aspergillus oryzae,* obtenidos mediante fermentación en medio líquido y posteriormente fijados sobre un soporte sólido) sobre el rendimiento de vacas lecheras alimentadas con una dieta en base a silo de maíz y silo de raigrás. Además, se examinó el impacto en la digestibilidad de la ración utilizando dos métodos diferentes.

Material y métodos

El estudio se realizó en una granja lechera en Neuendorf, Schleswig-Holstein, Alemania. Se empleó un diseño controlado, aleatorizado y contemporáneo que duró 3 meses. El primer mes, de preprueba, consistió en alimentar a ambos grupos con la dieta basal, sin suplementos. Se incluyeron 180 vacas lactantes (paridad media: 2,64; 115 días en leche) divididas en dos grupos alojados bajo condiciones similares. El grupo experimental recibió 3 g/vaca/día del suplemento de extractos de fermentación (EEFF) en la mezcla mineral; el grupo control no recibió suplementación. Las raciones incluían ensilaje de maíz y raigrás, harina de colza y centeno. Las muestras y datos se recogieron antes, durante y después de la suplementación.

Las mediciones incluyeron : la producción de leche, grasa y proteína, analizadas mediante ANCOVA (día 0: preprueba; días 30 y 60: fase de prueba; día 90: posprueba); el tamizado de heces, realizado con el kit Obsalim®, para el cual se recogieron muestras de 20 vacas multíparas y se calculó el porcentaje de residuo retenido (días 0 y 30); la digestibilidad, evaluada mediante el análisis de nutrientes en la ración total (TMR) y en las heces, utilizando análisis químicos y marcadores internos (iNDF – indigestible Neutral Detergent Fiber) para calcular la digestibilidad aparente (días 0 y 30). Es importante especificar que no se realizó ningún análisis estadístico del tamizado de heces ni la digestibilidad, debido al bajo número de repeticiones. En consecuencia, estos últimos resultados deben interpretarse con cautela.

Resultados

Rendimiento de leche: La suplementación aumentó la producción total de leche en +0,87 kg/día, siendo significativa en el segundo período – día 60 (+1,29 kg/día – *P*=0,05) y numéricamente superior en el primero – día 30 (+0,44 kg/día - *NS*). La producción de grasa y proteína tendió a ser mayor en el grupo EEFF, con mejoras significativas en grasa durante el segundo período (*P*=0,048) y en proteína en el primero (*P*=0,038).

Composición de las heces y digestibilidad: Las heces estaban formadas principalmente por NDF (Neutral Detergent Fiber), incluido un porcentaje de dNDF (digestible Neutral Detergent Fiber) residual. Entre la

preprueba (día 0) y el primer período (día 30), el contenido de NDF en heces aumentó en el grupo control (+3,2%) y disminuyó en el grupo EEFF (-5,1%). La concentración de almidón en heces fue baja y se redujo en el grupo EEFF durante la suplementación (-0,7%). Según el marcador iNDF, la digestibilidad de NDF mejoró un 2,9% en el grupo EEFF y descendió un 5,4% en el grupo control. La digestibilidad del almidón mejoró ligeramente (+1%).

Mediante el tamizado de muestras fecales, se observó una reducción de 2,2 puntos porcentuales en la proporción de partículas retenidas en el tamiz de 1 mm en las vacas que recibieron suplementación.

Conclusión

La combinación de extractos de fermentación (*Trichoderma viride, Bacillus subtilis y Aspergillus oryzae*), administrada a razón de 3 g/vaca/día, incrementó la producción de leche en un 1,3-3,7%, junto a efectos positivos en grasa y proteína. Se observaron mejoras en la digestibilidad, principalmente de la fracción NDF. Sería de interés evaluar el producto en animales en crecimiento, como novillas, en futuras investigaciones.

CO-357 | Cebo

SEGURIDAD Y RESPUESTA SEROLÓGICA DE UNA VACUNA MULTIVALENTE MARCADA FRENTE A LA ERB, ADMINISTRADA A TERNEROS DE CEBO DE 2-4 SEMANAS DE VIDA

SAFETY AND SEROLOGICAL RESPONSE OF A MULTIVALENT MARKER VACCINE AGAINST BOVINE RESPIRATORY DISEASE ADMINISTERED IN TWO TO FOUR-WEEK-OLD VEAL CALVES.

Pere Ordis Pla[1], MARC VILA[2], MARTA GIBERT[3], MARINA SOLÉ[2], WOJCIECH PTAK[2], MASSIMILIANO BARATELLI[3], CARLOS MONTBRAU[3], JOSEP SOLER[4]

(1)-Laboratorios Hipra, S.A. (2)-HIPRA, S.A (3)-HIPRA, S.A. (4)-IRODSERVET SLP

BACKGROUND and OBJECTIVE:

Bovine respiratory disease (BRD) affects up to 61% of veal herds, with particularly high incidence in pre- weaned calves. This highlights the need for safe early-life vaccination. Recently, a new multivalent marker vaccine designed to protect cattle against BRD, has proven to be safe and efficacious in older calves. Evidence in younger animals remains limited. This study evaluated safety and serological responses when the vaccine was administered to veal calves at 2 to 4 weeks of age.

MATERIALS and METHODS:

Seventy-one veal calves (male and female) from a commercial Spanish feedlot, representing different origins and breeds, were enrolled in the study. Each calf received two intramuscular doses (2 mL) at 2–4 weeks of age, with a booster administered 21 days later. Animals were monitored from the first vaccination day(D0) until 12 weeks post-vaccination (W12). Safety assessments were performed in a subgroup of fifteen calves and included rectal temperature, systemic and local reactions, and general health observations, at D0, D0+4h, D1, D2, D20, D21, D21+4h, D22, and D23. Serum samples were collected at D0, D21, W6, and W12. TheW12. The immune responses were evaluated using commercial ELISA kits: BoHV-1 gB and gE (IDEXX), BVDV p80 (CIVTEST), and Total BVDV antibodies (IDEXX).

RESULTS:

No anaphylactic reactions were reported in any of the 71 vaccinated animals during the monitoring period. Within the safety subgroup, 33% of calves developed transient hyperthermia after the first dose and 30% after the second dose. None of the calves required specific treatment, and all recovered within three days, consistent with the expected range described in the Summary of Product Characteristics (SPC). No systemic or local adverse reactions beyond the anticipated transient fever were observed. Serology demonstrated 100% seroconversion to BoHV-1 gB by D21. At D0, 66.7% of the animals were gE-negative, and this status was reduced until W12, with 76.9% of animals remaining gE-negative. These findings are consistent with the vaccine profile and highlight the vaccine's efficacy. In addition, robust BVDV-specific antibody responses were detected, with 100% seroconversion achieved by W6, confirming the vaccine's immunogenicity in this age group.

CONCLUSIONS:

The administration of the multivalent marker vaccine in calves at 2–4 weeks of age demonstrated a similar safety profile to the standard (SPC) profile, reinforcing its potential role in early-life immunization strategies against BRD.

CO-334 | Cebo

VARIACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE PADECER SRB EN UN SISTEMA DE CEBO TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LA NORMATIVA DE USO SOSTENIBLE DE ANTIBIÓTICOS.

VARIATION IN THE PROBABILITY OF SUFFERING FROM BRD IN A FEEDLOT SYSTEM AFTER THE IMPLEMENTATION OF THE REGULATIONS FOR THE SUSTAINABLE USE OF ANTIBIOTICS.

Rubén Prieto Moreno[1], Jesús Balas Dávila[2], Sergio José Marqués Prendes[2], Manuel Cerviño López[3], Susana Astiz Blanco[4]

(1)-Boehringer Ingelheim Animal Health España/ Facultad de Veterinaria Universidad Complutense de Madrid (2)-Soluciones Agropecuarias del Norte SLU (SOLAGRONOR) (3)-Boehringer Ingelheim Animal Health España (4)-Dpto. Reproducción Animal (INIA-CSIC)

La entrada en vigor de los RD 992/2022 y 666/2023 ha marcado un hito en la gestión sanitaria del cebo de terneros en España. Esta normativa, acorde a la europea, restringe y racionaliza el uso de antimicrobianos. El propósito de este estudio fue objetivar el impacto de este cambio legislativo sobre la incidencia del Síndrome Respiratorio Bovino (SRB) y los índices productivos en un cebadero comercial. Para ello diseñamos un estudio observacional, retrospectivo sobre 3301 terneros, en un cebadero comercial situado en el norte de España, durante 2021-2025, comparando datos 20 meses previos a la ley (ANTES) frente a 20 meses posteriores (DESPUÉS), recogidos de los archivos del veterinario de la empresa.

Las variables analizadas incluyeron: incidencia del síndrome respiratorio bovino (SRB), tratamientos aplicados, pesos (entrada/sacrificio) e índice de conversión (IC). El análisis incluyó factores críticos como el origen, clasificado según la distancia de transporte sufrida por los animales (<100 km, 101-125 km y >125 km); si pasaban por tratante o venía directamente de la granja de nodrizas; y según el tratamiento metafiláctico que recibieron a la entrada en el cebadero.

Para analizar este último factor consideramos los animales MetT que habían recibido metafilaxia total con tulatromicina (2,5 mg/kg P.V.; exclusivamente en los meses previos a la normativa), terneros que recibieron metafilaxia en un sistema de metafilaxia parcial con el mismo antibiótico (MetP), en función de la temperatura rectal (≥39,7 °C), durante los meses posteriores a la norma, y los que no recibieron nada a la entrada (NoMet), porque

fueron los terneros con temperatura rectal <39,7 °C, durante el periodo posterior a la norma.

El análisis estadístico se realizó con IBM SPSS® Statistics (v. 30), empleando χ^2 para variables cualitativas, Kruskal-Wallis o U de Mann-Whitney para cuantitativas y regresión logística para la probabilidad de padecer SRB.

La incidencia de SRB fue del 83,8% de los terneros con, al menos, un cuadro de SRB en el periodo de cebo, y mostró variaciones críticas en función de los factores estudiados, observándose que el provenir de un tratante casi triplicaba el riesgo (Odds Ratio, OR=16,16; IC95%: 1,65-24,67; P<0,001), con 92,1% de animales con al menos un proceso de SRB si provenían de un tratante, respecto al 83,2% si no.

Los terneros que habían recibido metafilaxia total presentaban más probabilidad de padecer SRB durante la fase de cebo comparados con los que no habían recibido antibiótico metafiláctico (MetT: OR=16,16; IC95%:

1,95-2133,7; P=0,010, respecto de los NoMet) y los terneros que en el segundo periodo (aplicándose metafilaxia parcial), recibían metafilaxia (MetP; así que tenían ≥39,7 °C) presentaban una probabilidad máxima de padecer SRB (OR=121,253; IC95%: 15,1-2972,2; P<0,001) comparados con los NoMet.

El origen de los animales, según distancia kilométrica, no influyó en este riesgo (P=0,277), mientras que el riesgo de padecer SRB en el periodo tras la implantación de la ley versus antes, multiplicaba por 30 la probabilidad (OR=30,04; IC95%: 3,65-2247,0; P=0,002), aunque la diferencia numérica no era muy marcada (periodo ANTES: 1,60±0,73 procesos de SRB/ternero y 79,4% de animales con al menos un proceso de SRB durante el cebo vs. periodo DESPUÉS: 1,92±1,10 y 88,5%).

A pesar de esta mayor incidencia, se logró una reducción en el consumo global de antibióticos (1,75±1,02 vs. 1,56±1,46 de tratamientos antibióticos completos aplicados por animal/ciclo de cebo; P<0,001) y, aunque no observamos diferencias estadísticamente significativas en el peso final de los terneros (546,30±105,97 vs. 541,89±108,18 kg para los periodos ANTES y DESPUÉS, respectivamente; P=0,193), ni en la ganancia media diaria (1,19±0,36 vs. 1,17±0,54 kg/d; P=0,169), sí obtuvimos diferencias significativas en el índice de conversión (6,54±4,02 vs. 6,14±3,90 kg pienso consumido/kg P.V.; P<0,001), siendo éste mejor en el periodo "DESPUÉS".

Debemos ser cautos en la interpretación de estos resultados ya que son datos de un único cebadero, en una región concreta española, que los datos se han recogido retrospectivamente y que la comparativa supone comparar años diferentes, con lo que la posibilidad de que otras circunstancias hayan cambiado es clara. En contraposición, contamos con gran cantidad de animales y restringido los años a los de menos variación de manejo general.

En este contexto, hemos comprobado que, aunque el nuevo marco legislativo ha conllevado un leve aumento en el riesgo de SRB, este incremento no ha penalizado los rendimientos productivos finales (peso e IC), lo que sugiere que una mayor vigilancia clínica y tratamientos selectivos pueden compensar esta modificación. Asimismo, se confirma que la metafilaxia parcial en base a la temperatura (≥39,7 °C) detecta precisamente los animales más tendientes a padecer SRB y que el que los terneros pasen por un procesador intermedio (tratante) eleva claramente el riesgo de SRB.

Estos resultados resaltan medidas a tener en cuenta para mejorar la sanidad en nuestros cebaderos, a la vez que continuamos comprometidos con el proyecto de reducir el consumo de antibióticos críticos, cumpliendo con los objetivos de salud pública y sostenibilidad.

CO-350 | Cebo

EVALUACIÓN DE TERNEROS MAMONES TRATADOS CON UNA MEZCLA DE FITOGÉNICOS NANO-EMULSIONADOS A BASE DE EUCALIPTO Y MENTOL MEDIANTE ECOGRAFÍA PULMONAR

EVALUATION OF SUCKLING CALVES TREATED WITH A MIXTURE OF NANO- EMULSIFIED PHYTOGENICS BASED ON EUCALYPTUS AND MENTHOL USING THORACIC ULTRASONOGRAPHY

Joan Tutusaus Batlle[1,2], Irina García Ispierto[2], Encarna Mata[3], Amalia Espejo[3]

(1) veterinario clínico freelance (2) Departamento de Ciencia Animal, ETSEA, Universitat de Lleida, España (3) Animal Health Concepts BV

Introducción

La producción de mamones es uno de los sistemas intensivos de cebo de terneros que más antibióticos consume. La edad temprana de los animales a la llegada a la explotación, el estrés, la inmunosupresión, la mezcla de orígenes y el hacinamiento, favorecen la aparición del Síndrome Respiratorio Bovino (SRB). Esta es la patología que más impacto económico tiene y a menudo, los tratamientos metafilacticos con antimicrobianos resultan imprescindibles para su control. Con el fin de producir carne más sostenible des del punto de vista del consumo de antibióticos y reducir el riesgo de desarrollo de resistencias, aparece la necesidad de un diagnostico precoz del SRB, que junto con el uso de productos naturales con efectos terapéuticos a nivel pulmonar podrían ayudar a controlarlo reduciendo la dependencia actual de los antimicrobianos. Por todo ello, el objectivo del presente trabajo ha sido evaluar la eficacia de un producto basado en la mezcla de fitogénicos nano-emulsionado, utilizado dentro de un protocolo sanitario en un lote de mamones en combinación con la ecografia pulmonar (TUS) como método de monitorización y de diagnostico precoz del SRB.

Material y métodos

Se analizaron 105 terneros mamones recriados en una mamonera comercial en el Noreste de España (Lleida). El lote estaba formado por hembras cruzadas procedentes de Francia. Se entraron el 26/9/25 y se monitoriza-

ron durante un mes y medio hasta el destete en fecha 11/11/25. A la llegada, los animales se dividieron en grupo Tratamiento (n=51) y grupo Control (n=54).

Al grupo tratamiento se le administró en el lactoreemplazante durante todo el periodo de estudio una mezcla de fitogénicos nano-emulsionados que contenían principalmente componentes procedentes del eucalipto y el mentol, a razón de 0,3ml por litro.

A los terneros se les tomó la temperatura rectal a la entrada (dia 1±3), 21 ±3 días más tarde y una tercera vez en el momento del destete. Se consideró fiebre a partir de 39,7ºC. De forma simultánea se realizó TUS. *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 realizaron 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 (Easyscan BCF Technology Ltd. Livingston, UK).

La puntuación pulmonar se comparó entre grupos en cada momento mediante la prueva de Mann-whitney y también se analizó el cambio respecto a la entrada (Eco2-Eco1, i Eco3-Eco1) con la misma prueva. Las proporciones de animales con fiebre en cada momento (T1, T2, T3) se compararon entre grupos con la prueva exacta de Fisher (bilateral). El nivel de significación se estableció en p<0,05.

Resultados

El peso medio de entrada fué de 56kg.

En la segunda exploración, el 100% (51/51) del grupo Tratamiento mantuvieron o mejoraron la puntuación pulmonar respecto la exploración inicial, en comparación con el 74,1% (40/54) del grupo Control y el score pulmonar ECO2 fué distinto entre grupos (*p=0,031*).

En el destete, el 100% (51/51) de los animales del grupo Tratamiento mantuvieron o mejoraron la puntuación pulmonar respecto a la entrada, en comparación con el 72,2% (39/54) del grupo Control, aunque la diferencia en el score pulmonar ECO3 entre grupos no fué significativa (*p=0,061*). El cambio de puntuación pulmonar respecto a la entrada si fué significativa entre grupos, tanto a dia 21 ±3 (ECO2-ECO1 *p=0,0057*) como en el destete (ECO3-ECO1 *p=0,0083*).

Conclusión

Los animales tratados con la mezcla de fitogénicos han tenido una mejor evolución del score pulmonar determinado por ecografía. Su uso combinado con la TUS plantean una alternativa a las herramientas tradicionales para controlar el SRB.

CO-370 | Cebo

EFECTO DE UN ADITIVO A BASE DE SAPONINAS SOBRE EL CONSUMO DE PIENSO Y AGUA, EFICIENCIA PRODUCTIVA Y PARÁMETROS SANITARIOS EN TERNEROS PASTEROS

EFFECTS OF A SAPONIN-BASED ADDITIVE ON FEED AND WATER INTAKE, PRODUCTIVE PERFORMANCE AND HEALTH PARAMETERS IN BEEF CALVES

Josep Soler Cucurella[1], Rui Esteves Lopes[2], Valentin Nenov[2]

(1)-Irod Servet SLP (2)-Huvepharma

Objetivos

Los aditivos de origen vegetal han despertado un creciente interés como herramientas para mejorar la eficiencia alimentaria. Entre ellos, las saponinas, compuestos secundarios presentes en diversas especies vegetales, han sido ampliamente estudiadas por su capacidad para interactuar con la microbiota ruminal. El efecto más consistentemente descrito de las saponinas es su acción antiprotozoaria, mediada por la interacción con los esteroles de la membrana celular de los protozoos, lo que provoca alteraciones en la permeabilidad de la membrana y una reducción parcial de su población.

La disminución de protozoos ruminales se asocia con una menor depredación bacteriana, lo que favorece un aumento de la biomasa bacteriana y, en consecuencia, un mayor flujo de proteína microbiana hacia el intestino. Este mecanismo puede traducirse en una mejora de la eficiencia del uso del nitrógeno y del rendimiento productivo. Asimismo, la reducción de protozoos puede afectar indirectamente a la producción de metano.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto en terneros pasteros de un aditivo a base de saponinas [Clarity-Q®] sobre el consumo de pienso y agua, el crecimiento y la conversión alimenticia.

Asociado a una mejora de la salud intestinal, también se evaluó la excreción de coccidios, como efecto indirecto de las saponinas.

Materiales y métodos

Se utilizaron 32 terneros pasteros limousines franceses distribuidos en dos grupos experimentales que no se establecieron mediante una aleatorización individual en función del peso corporal inicial, ya que los animales llegaron ya agrupados. Debido a su sexo (machos), peso corporal y al riesgo de estrés social y comportamiento agresivo asociado a la reagrupación y establecimiento de jerarquías, se decidió mantener los grupos originales durante todo el estudio por motivos de bienestar animal y manejo:

= grupo control (n = 16)

= grupo tratamiento (n = 16), suplementado con un aditivo a base de saponinas durante los primeros 15 días.

= Todos los animales se mantuvieron bajo las mismas condiciones de alimentación, manejo y

alojamiento, con acceso ad libitum a pienso y agua.

La duración total del ensayo fue de 59 días. El consumo de pienso y agua se registró diariamente durante los primeros 15 días que duró el tratamiento, y posteriormente el consumo de pienso semanalmente hasta las 8 semanas. El peso corporal se registró al inicio del ensayo (día 0) y al final (día 59).

Los recuentos de ooquistes de coccidios se realizaron semanalmente mediante el cálculo del número medio de ooquistes por gramo de heces (OPG).

Resultados

Durante los primeros 15 días, el consumo medio de pienso fue de 7,77 kg/animal/día en el grupo control y de 8,36 kg/animal/día en el grupo tratamiento, lo que representa un incremento del 7,6 %. Al expresar el consumo en relación con el peso corporal inicial, los valores fueron de 2,05 y 2,29 kg de pienso por 100 kg de peso vivo y día, respectivamente (+11,7 %).

Durante el periodo total de 8 semanas, el consumo medio de pienso se mantuvo superior en el grupo tratamiento (11,13 frente a 10,62 kg/animal; +4,8 %), confirmando un mayor estímulo de la ingestión en los animales suplementados.

El consumo medio de agua durante los primeros 15 días fue de 39,64 y 37,88 L/animal/día en los grupos control y tratamiento, respectivamente. Expresado en relación con el peso corporal inicial, los valores fueron muy similares entre grupos (10,47 y 10,36 L por 100 kg de peso vivo y día).

El peso corporal medio aumentó de 378,7 a 483,9 kg en el grupo control y de 365,6 a 480,6 kg en el grupo tratamiento. La ganancia media diaria fue de 1,78 y 1,95 kg/animal/día, respectivamente (+9,6 %). Expresado de forma relativa al peso inicial, el crecimiento fue un 12,8 % superior en los animales tratados.

La conversión alimenticia aparente fue de 5,66 kg de pienso/kg de ganancia en el grupo control y de 5,42 en el grupo tratamiento, lo que representa una mejora relativa del 4,1 %.

Los recuentos medios de ooquistes de coccidios fueron bajos durante todo el periodo experimental. El grupo control presentó excreciones puntuales (150 y 600 OPG en dos fechas), mientras que el grupo tratamiento mostró valores nulos en todas las fechas evaluadas.

Conclusiones

La suplementación con saponinas incrementó el consumo de pienso, especialmente durante la fase inicial del tratamiento, efecto que se acentuó al expresarlo en relación con el peso corporal inicial.

A pesar del mayor consumo de pienso, el consumo de agua fue similar entre grupos, tanto en términos absolutos como relativos al peso corporal inicial. Cabe destacar que el ensayo se realizó durante el periodo estival, con temperaturas ambientales muy elevadas, lo que probablemente contribuyó a un consumo hídrico elevado en ambos grupos como respuesta fisiológica al estrés térmico.

El mayor consumo de pienso se tradujo en un incremento del crecimiento y en una mejora de la conversión alimenticia, indicando una mayor eficiencia de transformación del pienso en crecimiento corporal. El mayor crecimiento observado en los animales tratados es coherente con el efecto antiprotozoario descrito para las saponinas y con una mejora de la eficiencia microbiana ruminal.

No obstante, no se realizó un análisis estadístico debido a la ausencia de datos individuales de variabilidad.

Los bajos recuentos de ooquistes observados indican un desafío coccidial limitado. Aunque la ausencia de excreción detectable en el grupo tratado frente a excreciones puntuales en el grupo control resulta indicativa, estos resultados deben interpretarse con cautela, si bien sugieren un posible beneficio indirecto sobre la salud intestinal.

En conjunto, los resultados indican una mejora global de la eficiencia productiva asociada al uso del aditivo.

CO-360 | Cebo

ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE LAS LESIONES PULMONARES SUBCLÍNICAS EN TERNEROS LACTANTES DENTRO DE UN MISMO CORRAL EN UN CEBADERO COMERCIAL

STUDY OF THE DYNAMICS OF SUBCLINICAL LUNG LESIONS IN SUCKLING CALVES WITHIN THE SAME PEN IN A COMMERCIAL FEEDLOT

Joan Tutusaus [1,2], Lorenzo Fraile [1,3]; Ramon Armengol [1,3]

(1) Departamento de Ciencia Animal, ETSEA, Universitat de Lleida, 25198 Lleida, España (2) Veterinario clínico libre. joantutusausb@gmail.com (3) Agrotecnio Research Center, Universitat de Lleida, 25198 Lleida, España

Introducción

El Síndrome Respiratorio Bovino (SRB) es la patología que más impacto tiene en la salud de los terneros de cebo, en el consumo de antimicrobianos y en la economía de las explotaciones. Si bien los terneros lactantes recién llegados a la explotación acostumbran a presentar un buen estado de salud, el SRB se extiende por todo el lote rápidamente. Para minimizar los efectos del SRB es importante establecer pautas vacunales y determinadas medidas de manejo. Una de ellas tradicionalmente ha sido segregar los terneros enfermos del lote y alojarlos a parte, en la enfermería, para así evitar el contacto directo con terneros sanos y reducir la velocidad de transmisión del SRB. El objetivo del presente trabajo ha sido monitorizar 5 lotes de terneros mediante ecografía pulmonar y valorar si la convivencia de terneros sanos con enfermos, dentro de un mismo corral, es realmente un factor de riesgo para desarrollar SRB en los terneros sanos o empeorarlo 3 semanas más tarde en los terneros diagnosticados con SRB desde el inicio.

Material y métodos

Un total de 411 terneros lactantes con un peso medio de 60 kg y 45 días de vida, se recriaron en una misma mamonera situada en la provincia de Lleida. Los anima-

les se organizaron en 5 lotes que entraron en la granja entre septiembre y diciembre de 2025. Los terneros fueron alojados en casetas prefabricadas en grupos de 5 o 6. Se realizó una ecografía torácica a día 1±3 para detectar lesiones pulmonares y se reexploraron 21±3 días después, para valorar la evolución de las mismas. La técnica de exploración y puntuación ecográfica utilizada fue la propuesta por Ollivett et al. 2016 modificada (Ollivett et al., 2016. Doi

10.1016/j.cvfa.2015.09.001.): (1) animales sin lesiones, (2) presencia de líneas B o colas de cometa, (3) áreas de consolidación de 3-6 cm de profundidad y (4) consolidación > 6 cm, efusión pleural y/o abscesos. Para mayor simplicidad, las puntuaciones 1 y 2 se agruparon dentro de una misma categoría (grado 2) y se consideraron sanos. Se registró el corral de alojamiento de cada ternero y se calculó la prevalencia de enfermos subclínicos que tenía cada corral en el momento de la primera exploración. A la reexploración ecográfica, se calcularon prevalencias y se asoció su probabilidad de enfermar mediante un modelo de regresión logística multivariable para los terneros inicialmente sanos y de continuar estando enfermos para los terneros que ya lo estaban al inicio del estudio. El efecto corral en el modelo de regresión logística se tuvo en cuenta como un efecto fijo. Los datos obtenidos en granja se analizaron estadísticamente con un sistema SAS V.9.1.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). Ningún ternero se cambió de corral durante el período de estudio.

Resultados

Las prevalencias totales de los 5 lotes al inicio y final del estudio fueron las siguientes: 22,8% y 66,7%; 35,5% y 43,5%; 7,5% y 28,8%; 31,5% y 45,2%; 36,7%

y 51,8%, respectivamente. Para los animales sanos a la llegada, la probabilidad de enfermar y la gravedad de las lesiones no está asociada con la prevalencia que tenían en su grupo al inicio del estudio ($p>0,05$). Para los enfermos al inicio, la probabilidad de seguir enfermo no está asociada con la prevalencia inicial de su grupo ($p>0,05$) pero si lo está la gravedad de las lesiones al final del estudio. Es decir, en los grupos con más prevalencia inicial, las lesiones fueron más graves 3 semanas más tarde ($p<0,05$), siendo 3,2 (1,02-10,4) veces más probable que las lesiones se agravaran al final del estudio en corrales con alta prevalencia inicial, con independencia del corral en el que estaban alojados.

Discusión

La velocidad de transmisión del SRB esta influenciada por varios factores. El contacto directo entre sanos y enfermos es uno de los más importantes, aunque esto puede ser difícil de demostrar a nivel de campo, ya que, de manera rutinaria, los terneros pueden estar sometidos a tratamientos metafilácticos que enmascaren este riesgo.

Sin embargo, existe una relación clara entre corrales con elevada prevalencia de animales con lesión al inicio y la gravedad de estas lesiones al cabo de tres semanas. El ambiente en el que se encuentran estos animales a menudo no es favorable para su recuperación, de hecho, estos empeoran pese a estar sometidos a tratamiento farmacológico de curación para SRB. Así, segregar a los enfermos subclínicos a la llegada no sólo puede ser beneficioso para el resto de los terneros sanos, sino que debería mejorar su estado y pronóstico a los 21 días.

Conclusión

La convivencia de terneros con lesiones pulmonares subclínicas y animales sanos dentro de un mismo corral no supone un riesgo significativo de enfermar para estos últimos. La probabilidad de cronificación o empeoramiento de terneros con lesiones pulmonares es más alta en aquellos corrales con una prevalencia inicial elevada.

CO-349 | Varios

PRODUCTIVIDAD LABORAL EN EMPRESAS DE BUIATRAS LABOR

PRODUCTIVITY IN BOVINE VETERINARY PRACTICES

Sergio Santos López[1], Nadia Valdés Martínez[2], Marta Mellado García[2] , Mª Paz Montone Romanelli[2]

(1)-UCM / Bovitecnia (2)-Bovitecnia Veterinarios

Introducción

Para conocer el coste del minuto veterinario facturable, debemos conocer la totalidad de costes indirectos, esto es, todos los costes que se van a incluir en el "servicio veterinario". Los más importantes son los laborales: salario, seguridad social y resto de costes de personal. Y a ellos hay que añadir los vehículos (si no se cobra kilometraje como coste directo), las labores de administración y gerencia, la gestoría, seguros, cuotas de asociaciones, cursos de formación, suministros, etc.

El resto de costes directos, aparecen especificados en la factura: analíticas, medicamentos, semen, material, etc.

Una vez que se conoce el total de costes indirectos se divide entre las horas trabajadas por cada veterinarios (1780 h según convenio) y se multiplica por la productividad, es decir, el porcentaje del total de horas que se va a facturar a los clientes.

En las clínicas de pequeños animales, la bibliografía indica que el óptimo es una productividad del 70-75%, lo que supone atender a mascotas 28 horas de las 38 que trabaja un veterinario. No existen publicaciones sobre productividad en empresas de buiatras en el ámbito nacional.

Objetivos

Conocer la productividad de los veterinarios de un equipo de buiatras, y específicamente el porcentaje del tiempo fuera de las granjas dedicado al coche y a trabajos de oficina para estimar el minuto veterinario y el precio de los servicios.

Material y métodos

El análisis se ha realizado en una empresa de la Comunidad de Madrid. Los datos son desde 2019 hasta 2025. La empresa la forman 3 veterinarias en el campo que no realizan labores de gestión empresarial.

El trabajo de las veterinarias incluye tareas de medicina y cirugía, reproducción, medicina preventiva y trabajos de

ADS -incluyendo parte de los saneamientos, las vacunaciones obligatorias y los planes voluntarios de erradicación (IBR y BVD) lo que implica horas de oficina rellenando expedientes-.

Se utilizó el programa de fichaje en el que las veterinarias separan el tiempo en: "campo", "oficina" y "coche". El análisis se ha realizado por veterinaria, por año y por trimestre.

Actualmente el equipo veterinario atiende 170 explotaciones, de las que 5 son de ganado lechero, 5 cebaderos

y el resto vacas nodrizas. No obstante, las vacas lecheras suponen el 18 % del censo de hembras que atendió el equipo en 2025.

En cuanto a la distribución de clientes el 40% están a menos de 10 km de la oficina, el 27% a entre 10 y 20 km, el 10% entre 20 y 30 km, el 16% entre 30 y 50 km y el 8% a más de 50 km, siendo solo 3 a más de 100 km. El equipo también realiza labores de asesoramiento y de reproducción en granjas en las provincias limítrofes, pero con una frecuencia de entre 2 y 5 visitas mensuales entre todo el equipo.

En cuanto a la organización del trabajo, la agenda se coordina para intentar minimizar el desplazamiento entre explotaciones, es decir, no es una veterinaria la que atiende a la misma explotación, sino que el trabajo se organiza intentando optimizar las rutas. Existe también una semiexpecialización en el equipo: reproducción, medicina y ADS. Aunque las tres veterinarias están capacitadas para hacer todas las labores por lo que el trabajo se organiza con ambos criterios: tarea y distancia. Los costes indirectos distintos a los laborales (salarios, SS y otros costes laborales) fueron de unos 50.000 € en 2025.

Resultados

Del total del trabajo realizado, el que corresponde a oficina supone entre el 28% y el 35 % en función de la veterinaria y el trimestre analizado, siendo el promedio global del 33,9 %.

El tiempo de campo, es decir, el tiempo facturable, es entre el 40 y el 48,5% del tiempo de trabajo total. El promedio es del 44,8%.

El tiempo de coche oscila entre el 21 y el 25,8 %. Si comparamos ese tiempo para un mismo periodo y veterinaria con el tiempo de campo, es decir, horas coche / horas campo, los valores oscilan entre el 46,8% en los trimestres más eficientes y el 70% en los menos eficientes. El promedio global es del 56,7 %, es decir, cada hora de campo implica 34 minutos de desplazamiento en coche.

Si este equipo veterinario cobrara 1 € por minuto (1 hora de trabajo 60 € sin cobrar a parte el desplazamiento), debería tener unos costes indirectos inferiores a 143.500 € para obtener beneficio empresarial: 1.780 h/vet (convenio) x 3 vet x 0,448 (produc) x 60 €/hora facturable. En el caso de estudio quedarían 93.500 € para destinar a los costes laborales, siendo este según convenio 22.780 €, lo que implica un coste empresarial de unos 31.000 € por empleada (incluyendo SS y otros costes como gestoría o prevención de riesgos).

Discusión y conclusiones.

Conocer el coste por minuto facturable es determinante para poder fijar precios que generen beneficio empresarial. Todas las empresas -y por extensión las de buiatría- necesitan conocer la productividad laboral para poder realizar este cálculo, o de lo contrario se arriesgan a realizar trabajos perdiendo dinero.

1. Del total del tiempo trabajado, menos de la mitad puede facturarse a los clientes.
2. La organización para optimizar los tiempos de desplazamiento entre granjas es determinante en el coste por minuto veterinario, por lo que mejoras en este sentido tienen el potencial de aumentar significativamente el beneficio empresarial.
3. El tiempo de oficina del estudio puede presentar el sesgo de las labores documentales de una ADS, quizás no sea aplicable a otros equipos buiatras que no tienen que preparar la misma cantidad de documentación.
4. En el caso de estudio, cobrar 60 € por hora trabajada permite pagar sueldos a las empleadas con el salario mínimo del convenio, sin beneficio empresarial ni margen de mejora en salarios.

CO-362 | Gestión de Granjas e Instalaciones

CAUSAS DE ELIMINACIÓN EN EXPLOTACIONES LECHERAS DEL MUNICIPIO DE BARCELOS (NORTE DE PORTUGAL)

CAUSES OF CULLING IN DAIRY FARMS IN THE MUNICIPALITY OF BARCELOS (NORTHERN PORTUGAL)

Cátia Lemos [1], Luís Ángel Quintela [1,2], Renato Barrionuevo [1], Adriana Pereira [3], Joaquim Oliveira Lima Cerqueira [4,5,6]

(1)-Departamento de Patología Animal. Universidad de Santiago de Compostela. (2)-Instituto de Biodiversidad Agraria y Desarrollo Rural (IBADER) (3)-Asociación Nacional para la Mejora del Ganado Bovino Lechero (ANABLE) (4)-Departamento de Ciencia Animal. Instituto Politécnico de Viana do Castelo. (5)-Centro de Investigación y Desarrollo para Sistemas Agroalimentarios y Sostenibilidad (CISAS). (6)-Centro de Investigación en Ciencia Animal y Medicina Veterinaria y Laboratorio Asociado para la Ciencia Animal y la Medicina Veterinaria (AL4AnimalS).

La longevidad productiva de las vacas lecheras constituye un indicador clave de la eficiencia económica, del bienestar animal y de la sostenibilidad de los sistemas de producción. Sin embargo, la eliminación precoz de animales continúa siendo frecuente en sistemas lecheros intensivos, generando costes asociados a la recría de novillas de reemplazo y reduciendo la duración de la vida productiva (Motus & Niine, 2022; Cortez de Sousa et al., 2023; Matjila et al., 2025).

Además de sus implicaciones económicas y sanitarias, la longevidad productiva también influye en la sostenibilidad ambiental de los sistemas lecheros. La eliminación precoz aumenta la necesidad de recría de novillas de reemplazo y la proporción de animales no productivos

dentro del sistema, lo que puede incrementar la intensidad de emisiones de metano entérico por unidad de leche producida. Por el contrario, una mayor longevidad productiva contribuye a reducir dicha intensidad al disminuir la proporción de animales jóvenes que emiten metano sin contribuir plenamente a la producción láctea (Vellinga et al., 2019).

Problemas reproductivos, mamitis, claudicación y disminución de la producción de leche se describen habitualmente como las principales causas de salida del rebaño (Matjila et al., 2025). En sistemas intensivos, tasas de eliminación cercanas al 20% se consideran aceptables; sin embargo, cuando se asocian a edades precoces reflejan una reducción de la longevidad productiva y un mayor peso de las eliminaciones involuntarias (De Vries, 2013).

El objetivo de este estudio fue cuantificar las causas de eliminación en explotaciones lecheras intensivas del municipio de Barcelos (Norte de Portugal), estimar la edad media al descarte y evaluar la variabilidad entre explotaciones, considerando las posibles implicaciones de la longevidad productiva en la sostenibilidad ambiental de los sistemas lecheros.

La recogida de datos se realizó entre 2022 y 2023 mediante un cuestionario específico para el registro continuo de eliminaciones en cada explotación. Se incluyeron nueve explotaciones lecheras con sistema de producción intensivo y vacas de raza Holstein- Friesian, con un efectivo total de 843 animales. Se registraron todas las eliminaciones ocurridas durante el período de estudio, incluyendo la causa principal de descarte y la edad del animal en el momento de la salida del rebaño.

La tasa anual de eliminación se calculó como el número de vacas eliminadas dividido por el efectivo medio durante el período de observación, expresándose en porcentaje. Este indicador, ampliamente utilizado en estudios de campo, puede verse influido por variaciones en el tamaño del rebaño durante el período de estudio y debe interpretarse como una estimación aproximada de la dinámica anual de eliminación.

Durante el período 2022–2023 se registraron 285 eliminaciones en las nueve explotaciones estudiadas, con una tasa anual de eliminación del 16,9%. La claudicación fue la principal causa de eliminación (29,1%), seguida de problemas reproductivos (17,2%), disminución de la producción de leche (11,6%) y mamitis (10,5%). Las causas asociadas a la edad o clasificadas como indeterminadas representaron el 10,2% de los casos. Otras causas presentaron menor peso relativo, incluyendo patologías respiratorias (5,6%), trastornos metabólicos (5,3%) y accidentes (4,2%).

La edad media al descarte mostró una elevada variabilidad entre explotaciones, oscilando entre 2,6 y 6,3 años. La edad media global fue de 4,1 años (n = 285), lo que sugiere que una proporción relevante de animales abandona el sistema productivo en fases tempranas de su vida útil.

Se observó una marcada variabilidad entre explotaciones tanto en la edad media al descarte como en el perfil de causas de eliminación, lo que sugiere una influencia relevante de factores de manejo, condiciones de alojamiento y gestión sanitaria del rebaño.

La elevada proporción de eliminaciones por claudicación confirma el importante impacto de los problemas locomotores en la longevidad productiva de las vacas lecheras (Booth et al., 2004). La mejora de la salud locomotora podría contribuir a aumentar la longevidad productiva, reducir la necesidad de recría de animales de reemplazo y disminuir indirectamente la intensidad de emisiones de metano entérico por unidad de leche producida.

En consecuencia, la implementación de estrategias preventivas centradas en la salud locomotora puede contribuir a aumentar la longevidad productiva, mejorar la eficiencia del sistema y reforzar la sostenibilidad ambiental de los sistemas lecheros intensivos.

Referencias bibliográficas:

Booth, C. J., et al. (2004). Effect of lameness on culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87.

Cortez de Sousa, J., et al. (2023). Productive longevity and culling patterns in dairy cattle.

Journal of Dairy Science, 106.

De Vries, A. (2013). Economic value of longevity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 96.

Matjila, T., et al. (2025). Causes and risk factors for culling in intensive dairy systems.

Preventive Veterinary Medicine, 224.

Motus, K., & Niine, T. (2022). Limitations of single-cause recording in dairy cow culling.

Animal, 16.

Vellinga, T. V., et al. (2019). Environmental efficiency of dairy cattle production systems. *Animal,* 13.

CO-377 | Sanidad

DINÁMICA DE ANTICUERPOS FRENTE A GP40 DE CRYPTOSPORIDIUM PARVUM EN EL CALOSTRO Y LECHE DE TRANSICIÓN DE VACAS VACUNADAS EN UNA GRANJA LECHERA.

DYNAMICS OF ANTI-GP40 CRYPTOSPORIDIUM PARVUM ANTIBODIES IN COLOSTRUM AND TRANSITION MILK OF VACCINATED COWS IN A DAIRY HERD

Laura Elvira Partida[1], Judith Baltasar[2], Lorenzo Fraile[3]

(1)-MSD AH (2)-Veterinaria Granja Selergan (3)-Departmento de Animal Science, Universidad Lleida

Introducción

La criptosporidiosis es una de las principales causas de diarrea en terneras lactantes, con importante impacto económico en granjas lecheras (1). La vacunación de las vacas gestantes y la correcta gestión del calostro son estrategias clave para mejorar la transferencia de inmunidad e incrementar la concentración de anticuerpos específicos frente a la glicoproteína gp40 (Ac anti-gp40) en el calostro y leche de transición, proporcionando in-

munidad a las terneras en los primeros días de vida (2). Sin embargo, múltiples factores pueden influir en la calidad y cantidad de anticuerpos transferidos a medida que avanzan los ordeños.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar la cinética de anticuerpos a lo largo de los primeros ordeños y los factores que pueden afectar a los niveles de Ac anti-gp40 en vacas lecheras vacunadas, analizando la influencia del número de parto, el momento del ordeño y el intervalo revacunación-parto. Además, se evaluó la relación entre estos Ac, la producción de leche y el % Brix, y su impacto en la "cantidad total" de anticuerpos disponibles a la hora de alimentar a los terneros con leche de transición en pool.

Material y Métodos

En el estudio se incluyeron 109 vacas vacunadas de una misma explotación con la siguiente distribución de número de partos: 26, 28 y 55 del 1er, 2º y de 3 o más partos. Se recogieron un total de 565 muestras individuales desde el calostro de 1er (C1), 2ª (C2) ordeño y leche de transición (LT) 3er al 6º ordeño.

En cada muestra se determinó la concentración log2 de Ac anti-gp40 (ELISA in house Lab Boxmeer, Holanda) y el valor Brix (%). Adicionalmente, se midió la producción de leche en cada ordeño y se calculó una variable compuesta "anticuerpos × producción" para estimar la cantidad total de Ac-gp40 disponibles.

Dado que las variables no siguieron una distribución normales aplicaron métodos estadísticos no paramétricos (Kruskal-Wallis, Wilcoxon y correlación de Spearman).

Resultados

El análisis reveló una asociación negativa significativa entre la concentración de Ac anti-gp40 y la producción de leche (ρ=-0,48; p<0,0001), indicando un efecto de dilución en vacas de mayor producción.

A pesar de que las vacas multíparas suelen producir calostro con mayor concentración de anticuerpos que las primíparas (3), tras la vacunación, la concentración de Ac anti-gp40 fue significativamente superior en vacas de primer parto que en las multíparas (p<0,05), lo que podría deberse a la menor producción del primer grupo. De hecho, al analizar la variable compuesta "anticuerpos × producción", no se observaron diferencias significativas entre partos (p=0,33), lo que sugiere que la vacunación tiende a homogeneizar la cantidad total de Ac-gp40 disponible independientemente del número de lactación.

El momento del ordeño (mañana vs tarde) no afectó a la concentración de Ac anti-gp40 (p=0,52), aunque los ordeños de la mañana tuvieron mayor producción (10,4 vs 6,9 litros; p<0,0001), posiblemente debido al mayor intervalo entre ordeños. La cantidad total de Ac anti-gp40 fue mayor por la mañana al evaluar la variable compuesta (p<0,0001).

Por otro lado, un mayor intervalo revacuna-parto (IRP) demostró tener una influencia significativamente positiva presentando mayor cantidad total de anticuerpos con IRP 29-35 días y >35 días (p<0,0001). Este hallazgo sugiere que comenzar la primovacunación 8-9 semanas antes del parto optimiza la respuesta inmune y la transferencia de anticuerpos al calostro y LT.

Además, en la LT la cantidad de anticuerpos aportados por el binomio concentración/producción se mantuvo o creció hasta el quinto ordeño, con independencia del número de parto, lo que apunta a que a la hora de optimizar el resultado de la vacunación al alimentar con LT a los terneros hasta los 5 días de vida lo más recomendado es usar la LT de 2º a 5º ordeño.

Finalmente, el porcentaje Brix se correlacionó negativamente con la producción de leche (ρ=-0,52; p<0,0001) y número de ordeño: C1 (26,6%) > C2 (17,8%) > LT (13,3%) (p<0,0001). Identificándose una correlación entre el %Brix y anti-gp40 en la LT, lo que abre la posibilidad de utilizar esta herramienta para estimar la calidad de los pools de LT.

Conclusiones

Bajo las condiciones de esta granja, en las vacas vacunadas frente a *C. parvum*la mayor concentración en primíparas valida el uso de calostro de primera lactación de animales adecuadamente vacunados. El IRP óptimo resultó ser de 29-35 días por lo que sería recomendable iniciar la primovacunación entre 8-9 semanas preparto.

A la hora de alimentar con LT de vacas vacunadas durante cinco días, hemos evidenciado como la LT hasta el quinto ordeño contiene la mayor cantidad de anticuerpos generados por el binomio concentración/producción siendo la leche de primerizas igualmente idónea que la de multíparas. Finalmente, el refractómetro Brix podría ser una herramienta para evaluar rápidamente los pools de LT y tomar decisiones inmediatas en granja.

1- Roblin et al., 2023. Doi: 10.1016/j.crpvbd.2023.100149

2- Timmermans et al., 2024. Doi: 10.1016/j.vetvac.2024.100054

3 - Gooden, 2008. Doi: 10.1016/j.cvfa.2007.10.005

CO-343 | Sanidad

IMPACTO DE LA EXPOSICIÓN AL VIRUS DE LA ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN BROTES DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA

IMPACT OF EXPOSURE TO EPIZOOTIC HAEMORRHAGIC DISEASE VIRUS ON MILK PRODUCTION DURING THE EMERGENCY

María Belén Hernández Garabal[1], Laura Junquera[1], Gonzalo López-Lorenzo[1], Ana Saldaña[1], Carlota Fernández- González[1], Néstor Martínez-Calabuig[1], David García-Dios[1], Rosario Panadero[1], Alberto Prieto[1], Gonzalo Fernández[1], José Manuel Díaz-Cao[1]

(1)-Universidad de Santiago de Compostela

La enfermedad hemorrágica epizoótica (EHE) es una enfermedad vírica emergente transmitida por vectores del género *Culicoides*. El primer brote en Europa apareció en 2022 asociado al serotipo EHE-8 (1), extendiéndose rápidamente al sur de España, y posteriormente al resto de España, Portugal y Francia (2). La difusión en España fue muy rápida: en Galicia, la EHE se detectó en septiem-

bre de 2023 y, dos temporadas después se expandió por todo el territorio afectando a más de 5384 animales en 2024 (3), alcanzando prevalencias de explotación e intrarrebaño, en algunos casos de hasta el 81,65 % y el 87,82 %, respectivamente; y acompañándose de abundantes problemas clínicos (4).

La significancia clínica de infección en vacuno ha aumentado en las últimas décadas (5). No obstante, los resultados sobre el impacto clínico y productivo son muy limitados, y las consecuencias económicas de un brote de EHE han sido poco estudiadas y cuantificadas. Teniendo en cuenta esto, el objetivo del presente estudio fue cuantificar las pérdidas en la producción de leche asociadas a los brotes de EHE en bovino lechero de Galicia.

Se contactó con veterinarios colaboradores de granjas de vacuno lechero (Holstein-Friesian) para detectar explotaciones con brotes de EHE en Lugo en agosto 2024 y con presencia del virus confirmada por los Servicios Veterinarios Oficiales. En total se seleccionaron cuatro explotaciones con robot de ordeño para registrar la producción lechera. Las granjas seleccionadas pertenecían a municipios negativos en la temporada previa de 2023 y declarados positivos en agosto de 2024 (2). En estas explotaciones se realizó un muestreo para estimar la seroprevalencia según la fórmula recomendada por Thrusfield & Christley (6) (seroprevalencia esperada del 50 %; precisión absoluta del 15 %). Se tomaron muestras de sangre aleatoriamente y se analizaron mediante ELISA comercial para la detección de anticuerpos frente al virus.

Para cada explotación, se registró el mes de inicio del brote, y los días en lactación, número de lactación y producción lechera registrada por el robot de ordeño durante el mes de inicio del brote. Para estudiar la relación entre la producción lechera y la exposición al virus se utilizó una regresión lineal mixta, con la producción media mensual por animal como variable dependiente, la seropositividad, los días en lactación y el número de lactaciones como variables independientes, y la granja como efecto aleatorio. Las pérdidas económicas asociadas se estimaron utilizando como referencia el precio de la leche en Galicia en el mes del brote (agosto de 2024) (7).

Se analizaron 132 animales (seroprevalencia del 23 %; seroprevalencia intrarrebaño: 10,0 % - 53,8 %). Aunque en nuestro estudio no se analizó la inmunidad del rebaño previa al brote, considerando que los

municipios eran libres de EHE hasta 2024 es asumible que la circulación y exposición al virus era reciente. Los animales seropositivos presentaron una producción de leche media 4,9 (± 4) kilogramos menor que los que no estuvieron expuestos (p-valor = 0,016), tras controlar por el número de lactaciones y los días en lactación. Los estudios que analizan el impacto en la producción de leche de EHE son escasos: uno fue realizado en el brote de Israel en 2006 (8) y otro en España en 2023 (9). Nuestros resultados son consistentes con ambos trabajos, que también observaron una reducción de entre 1,7 y 4,8 kg de leche/día dependiendo de la severidad de los signos clínicos presentados por el animal (9). Teniendo en cuenta el precio de la leche en Galicia en el mes de los brotes (44,79 €/100 kg), las pérdidas por explotación se estiman en aproximadamente 2,20 €/vaca/día, alrededor de 67,10 €/vaca en el conjunto del mes del brote. Teniendo en cuenta la alta prevalencia que la enfermedad puede llegar a presentar en algunas granjas, el impacto en el sector lechero puede ser considerable durante un brote.

En conclusión, un brote por EHE puede acarrear una pérdida económica considerable por reducción de la producción lechera. Estas pérdidas deberían sumarse a las derivadas de otras condiciones asociadas a la enfermedad (sacrificio involuntario, gastos terapéuticos, etc.). Por tanto, en granjas con amplia exposición al virus un brote puede tener un impacto significativo.

1. Lorusso, A. et al., 2023. Emerg Infect Dis, 29(5), 1063–1065. https://doi.org/10.3201/eid2905.221773
2. RASVE, 2026. https://servicio.mapa.gob.es/rasve/Publico/Publico/BuscadorFocos.aspx
3. Xunta de Galicia, 2026. Consellería do Medio Rural. https://mediorural.xunta.gal/es/recursos/noticias/la- xunta-declara-un-nuevo-foco-de-enfermedad-hemorragica-epizootica-en-una-1
4. Díaz-Cao, J.M. et al., 2025. Transbound Emerg Dis, 2025(1), 7808243. https://doi.org/10.1155/tbed/7808243
5. Jiménez-Cabello, L. et al., 2023. Microorganisms, 11(5), 1339.
6. https://doi.org/10.3390/microorganisms11051339
7. Thrusfield, M. & Christley, R., 2018. Veterinary Epidemiology. 4th ed. Wiley-Blackwell.
8. FOGGA, 2026. Precios y Entregas de Leche. Fondo Gallego de Garantía Agraria. https://fogga.xunta.gal/es/sector-lacteo/observatorio-del-sector-lacteo/precios-y-entregas-de-leche
9. Kedmi, M. et al., 2010. J Dairy Sci, 93(6), 2486–2495. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2850
10. González-Recio, O. et al., 2025. J Dairy Sci , 108(4), 3850–3857. https://doi.org/10.3168/jds.2024-25520

CO-312 | Cebo

MONITORIZACIÓN SEROLÓGICA DE LA RESPUESTA INMUNE FRENTE AL HERPESVIRUS BOVINO TIPO 1 (IBR) EN TERNEROS LACTANTES DESTINADOS A CEBO

SEROLOGICAL MONITORING OF THE IMMUNE RESPONSE TO BOVINE HERPESVIRUS TYPE 1 (IBR) IN PRE-WEANED CALVES INTENDED FOR FATTENING

Iván Mato Iglesias[1], Pere Ordis Pla[1], Margarita Barreto Jiménez[1], César Abruña Coomonte[2], Martijn Seelie[1],

Wojciech Ptak[1]

(1)-Hipra (2)-Veterinario

Introducción

La rinotraqueítis infecciosa bovina, causada por el BoHV-1, es una enfermedad infecciosa con impacto negativo sobre la producción. En los terneros afecta al aparato respiratorio, siendo uno de los agentes etiológicos del

síndrome respiratorio bovino (Santo Tomás et al., 2023).

Un importante factor de riesgo es la incorporación de animales. Este riesgo es proporcional al número de orígenes de los que proceden (Waldeck et al., 2021; Barret et al., 2024).

En España, existe un programa nacional para el control, que autoriza únicamente las vacunas marcadas (gE -), que permiten diferenciar serológicamente entre vacunados e infectados.

El objetivo del trabajo es evaluar el estatus serológico de los terneros en la entrada y monitorizarlo durante la lactancia: anticuerpos maternales, seroconversión por infección natural y respuesta tras vacunación.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en cuatro granjas del noroeste de España, que compran terneros de explotaciones lecheras. Se incluyeron 970 animales, nacidos en más de 200 explotaciones de España, Portugal e Irlanda, que tenían inicialmente entre 16 y 31 días de vida.

Se seleccionaron aleatoriamente un 10% de los terneros y se tomó una muestra de suero sanguíneo en los cuatro primeros días de estancia y una segunda muestra entre cinco y seis semanas después. Se realizaron dos pruebas: ELISA IBR gB y ELISA IBR gE. El laboratorio emitió un resultado numérico y estableció el punto de corte para considerar las muestras como positivas.

Cuando se observaron casos de síndrome respiratorio, se realizó un diagnóstico directo mediante RT-PCR múltiple, sobre hisopos nasales de terneros enfermos.

El protocolo de vacunación prescrito por el veterinario incluyó una vacuna vírica pentavalente, que incorpora una cepa atenuada y doblemente deleccionada (gE - y tk -) del BoHV-1. La primera dosis se aplicó el día dos de estancia y la segunda entre los días 20 y 24.

En el primer muestreo, se asume que los anticuerpos son principalmente maternales. Los terneros positivos a

ELISA IBR gE serían hijos de vacas que han superado la infección natural y/o vacunadas con una vacuna convencional, no marcada, antes de su prohibición. Los positivos a IBR gB, pero negativos a IBR gE, descenderían de vacas vacunadas con vacuna marcada y no infectadas.

En el momento del segundo muestreo, los Ac maternales se habrán reducido, aunque en algunos animales pueden ser todavía detectables. Los animales infectados desde su llegada a la granja serán positivos a ambas pruebas. La vacunación generará Ac frente a la proteína gB del virus, pero no frente a la gE.

Resultados y discusión

Completaron el estudio 82 terneros. Seroprevalencias:

ELISA IBR gE: 14% en el primer muestreo, 6% en el segundo. ELISA IBR gB: 39% en el primer muestreo, 98% en el segundo.

En el ELISA IBR gE, la prevalencia del segundo muestreo resultó inferior a la del primero, tanto globalmente como en cada una de granjas. Este descenso se relaciona con la reducción esperada en los niveles de anticuerpos maternales y sugiere que no se produjeron nuevas infecciones (Petrini et al., 2019). Los animales positivos en la segunda muestra también lo habían sido en la primera.

En el segundo muestreo, la prevalencia del ELISA gB se aproxima al 98%, lo que significa que respondieron a la vacunación (Petrini et al., 2019). Si analizamos los valores obtenidos para esta prueba, en la segunda analítica no hay diferencias entre los que habían sido positivos y negativos en la primera.

En el primer muestreo, el 61% de los animales resultaron seronegativos, siendo susceptibles de infectarse y sufrir la enfermedad clínica, por entrar en contacto con seropositivos, potencialmente portadores latentes. Al final del estudio, la práctica totalidad resultaron positivos al ELISA IBR gB, evidenciando inmunidad de grupo.

Dos animales, que habían resultado negativos a ambas pruebas en la primera analítica, no mostraron respuesta a la vacunación y permanecieron negativos también en la segunda.

Se tomaron 32 muestras para RT-PCR múltiple, entre 4 y 12 en cada granja. Ninguna de ellas resultó positiva a IBR.

Conclusiones

Las pruebas serológicas y las RT-PCR múltiples sugieren que no hubo circulación del BoHV-1, pero el porcentaje de seronegativos a la entrada (61%) confirma que, sin vacunación, el riesgo de brote sería elevado.

La vacunación precoz con una vacuna vírica pentavalente, que incluye entre sus antígenos una cepa atenuada y doblemente deleccionada (gE - y tk -) del BoHV-1, provocó la seroconversión generalizada en la prueba ELISA IBR gB, independientemente de la presencia de anticuerpos maternales, confirmando una respuesta inmune específica.

La vacunación no interfirió con la prueba ELISA IBR gE, permitiendo la monitorización serológica y la interpretación epidemiológica de los resultados.

Bibliografía

Barret et al., 2024. Bovine doi.org/10.1038/s41598-023-50433-5 Petrini et al., 2019. Antibody doi:10.3390/v11010023

Santo Tomás et al., 2023. Bovine doi.org/10.16966/2576-6457.163 Waldeck et al., 2021. Risk doi: 10.3389/fvets.2021.688935

CO-311 | Cebo

MONITORIZACIÓN SEROLÓGICA DE LA RESPUESTA INMUNE FRENTE AL VIRUS DE LA DIARREA VÍRICA BOVINA (BVDV) TRAS LA VACUNACIÓN EN TERNEROS LACTANTES DESTINADOS A CEBO

SEROLOGICAL MONITORING OF THE IMMUNE RESPONSE TO BOVINE VIRAL DIARRHEA VIRUS (BVDV) AFTER VACCINATION IN PRE-WEANED CALVES INTENDED FOR FATTENING

Iván Mato Iglesias[1] , Pere Ordis Pla[1] , Margarita Barreto Jiménez[1] , César Abruña Coomonte[2] , Martijn Seelie[1] , Wojciech Ptak[1]

(1)-Hipra (2)-Veterinario

Introducción.

La diarrea vírica bovina es una enfermedad infecciosa con un impacto importante sobre la producción. En los terneros, su acción inmunosupresora los predispone a padecer las enfermedades propias del ganado joven, principalmente diarreas y síndrome respiratorio.

El principal factor de riesgo para su introducción en un cebadero es la incorporación de animales con estatus sanitario desconocido, que resulta proporcional al número de orígenes de los que proceden.

El objetivo de este trabajo es evaluar el estatus serológico de los terneros en el momento de la entrada y monitorizarlo durante la lactancia: presencia de anticuerpos maternales, seroconversión por infección natural y respuesta inducida por vacunación.

Materiales y métodos.

El estudio se realizó durante 2025, en cuatro granjas del noroeste de España, que compran terneros lactantes procedentes de explotaciones lecheras. Las granjas donde se desarrolló el trabajo se identificaron como: granja A, granja B, granja C y granja D. Se incluyeron 970 animales, nacidos en más de 200 granjas de España, Portugal e Irlanda, que tenían inicialmente entre 16 y 31 días de vida.

Se seleccionaron aleatoriamente un 10% de los animales, de los que se tomó una muestra de suero sanguíneo en los cuatro primeros días de estancia y una segunda muestra entre cinco y seis semanas más tarde. Se realizaron dos pruebas serológicas: ELISA anticuerpos p80 y ELISA anticuerpos totales. El laboratorio emitió un resultado en forma de valor numérico y estableció el punto de corte para clasificarlas como positivas.

Cuando se observaron casos de síndrome respiratorio, se realizó un diagnóstico etiológico directo mediante RT-PCR múltiple, sobre hisopos nasales tomados de terneros en fase clínica.

El protocolo de vacunación prescrito por el veterinario de las granjas, incluye dos dosis de una vacuna vírica pentavalente, que incorpora las proteínas E2 del BVDV tipo 1 y del BVDV tipo 2. La primera se aplicó el día dos de estancia y la segunda entre los días 20 y 24.

En el primer muestreo, se asume que los anticuerpos son principalmente maternales. Los terneros positivos a ELISA BVD p80 serían hijos de vacas que han superado la infección y/o vacunadas con vacunas vivas. Los positivos a ELISA Ac totales y negativos a ELISA BVD p80 procederían de madres no infectadas, que podrían haber sido vacunadas con una vacuna no viva.

En el segundo muestreo, los Ac maternales se habrán reducido, aunque en algunos animales pueden mantenerse en niveles positivos. Los animales infectados desde su llegada a la granja serán positivos a ambas pruebas (BVD Ac totales y BVD Ac p80). La vacunación inducirá positividad en el ELISA Ac totales, pero no interferirá en el ELISA Ac p80.

Resultados y discusión.

Completaron el estudio 82 terneros, con las siguientes seroprevalencias:

ELISA BVD p80: 18% en el primer muestreo y 26% en el segundo. ELISA Ac totales: 45% en el primer muestreo y 93% en el segundo.

En las granjas A, C y D, la prevalencia del ELISA Ac p80 en el segundo muestreo fue inferior a la del primero, confirmando la pérdida de inmunidad maternal e indicando que no se produjeron infecciones naturales. Sin embargo, la prevalencia total de esta prueba se vio incrementada, debido a la seroconversión generalizada que se produjo en la granja B.

En el segundo muestreo, la prevalencia del ELISA Ac totales supera el 93%, lo que significa que respondieron serológicamente a la vacunación. No hay diferencias en el valor del ELISA Ac totales entre los que eran positivos y lo que eran negativos en la primera analítica. Entre los positivos a ELISA Ac totales, el 68% resultaron negativos a BVD p80, indicando que no sufrieron infección natural.

Un 20% de los individuos, todos de la granja B, resultaron positivos a ambas pruebas en la segunda analítica, cuando habían sido negativos a BVD p80 en la primera. La causa de esta seroconversión es la infección por el virus de campo.

Seis terneros (7%) se mantienen negativos a ambas pruebas en el segundo análisis. No se infectaron ni mostrando respuesta serológica a la vacunación.

Los cuatro animales restantes (5%) eran positivos a ambas pruebas en la primera analítica. Tres de ellos se mantienen positivos también a las dos en la segunda, lo que imposibilita evaluar si se han infectado durante el estudio y si han respondido a la vacunación. El cuarto ternero, en la segunda muestra, resultó positivo a Ac totales, pero negativo a BVD p80, deduciéndose que no se infectó.

Se tomaron 32 muestras para RT-PCR múltiple, entre 4 y 12 en cada granja. En las granjas A, C y D, se obtuvieron únicamente resultados negativos a BVD. En la granja B, cuatro animales resultaron positivos.

Conclusiones.

Este estudio confirma el riesgo de infección por BVDV en granjas que se abastecen de terneros de procedencias múltiples.

La vacunación precoz con una vacuna vírica pentavalente estimuló una respuesta serológica uniforme frente a la enfermedad, que no se vio afectada por los niveles iniciales de anticuerpos maternales.

La aplicación de la vacuna no interfirió con la prueba ELISA Ac p80, permitiendo la monitorización serológica de los animales y la interpretación de los resultados desde el punto de vista epidemiológico.

CO-338 | Reproducción

INTEGRACIÓN MULTIVARIANTE DE PARÁMETROS SEMINALES Y RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS EN BOVINOS APLICANDO METODOLOGÍA DE LA FAMILIA STATIS

MULTIVARIATE INTEGRATION OF SEMINAL PARAMETERS AND PRODUCTIVE PERFORMANCE IN CATTLE USING STATIS FAMILY METHODOLOGY

Alberto Benito Díaz[1], Purificación Vicente Galindo[2], María Anciones Polo[3], Mónica Montañés Foz[1], Raúl Bodas Rodríguez[1], Juan José García García[1], Ainhoa Sarmiento García[4]

(1)-Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Línea de investigación en rumiantes. (2)-Universidad de Salamanca. Facultad de Medicina. Departamento de Estadística. (3)-Universidad de Salamanca. Facultad de Ciencias. Departamento de Estadística. (4)-Universidad de León. Facultad de Veterinaria. Departamento de Producción Animal.

La creciente demanda de proteína animal y la necesidad de sistemas productivos más eficientes han reforzado el interés por optimizar la selección de reproductores en vacuno de carne. En este contexto, la calidad seminal constituye un indicador clave del potencial reproductivo del macho, especialmente en sistemas basados en monta natural. Sin embargo, en razas cárnicas sigue siendo limitada la información sobre su relación con los rendimientos productivos. El objetivo de este estudio fue analizar la relación multivariante entre parámetros seminales y variables de crecimiento en toros limusines. Se evaluaron 30 machos añojos en el centro oficial de testaje de Aranjuez bajo condiciones estandarizadas de manejo, alimentación y sanidad. La calidad seminal se analizó mediante sistema CASA, registrándose once variables cinemáticas y de concentración espermática durante tres años consecutivos. El rendimiento productivo se caracterizó mediante indicadores de peso vivo, ganancia media diaria y desarrollo morfológico. El análisis estadístico se realizó mediante metodologías STATIS DUAL y CoSTATIS, que permiten integrar conjuntos de datos complejos y detectar estructuras comunes entre bloques de variables. Los resultados mostraron patrones internos consistentes dentro de la calidad seminal y del rendimiento productivo, pero con una relación limitada entre ambos conjuntos. Únicamente la concentración espermática y la velocidad curvilínea presentaron covariaciones puntuales con algunos parámetros de crecimiento. En conjunto, los resultados indican que la calidad seminal y el rendimiento productivo representan dimensiones biológicas mayoritariamente independientes en toros limusines. Esto sugiere que los parámetros cinemáticos del semen aportan información reproductiva complementaria, pero no actúan como predictores directos del potencial de crecimiento en programas de selección.

CO-327 | Seguridad Alimentaria y Bienestar Animal

NIVELES DE GRELINA EN TERNEROS LACTANTES: INFLUENCIA DE LA SEPARACIÓN POSTNATAL DE LA MADRE EN GRANJAS DE LECHE

GHRELIN LEVELS IN DAIRY CALVES: INFLUENCE OF POSTNATAL SEPARATION FROM THE DAM IN COMMERCIAL FARMS

Silvia Rojo Montejo[1], Cynthia López-Novo[1], Nicolás Mejuto-Vázquez[1], Margarita Rico[1], Ruth Rodríguez-Bermúdez[1], Francisco Javier Diéguez[1], Ramiro Fouz[1]

(1)-Departamento de Anatomía, Producción Animal e Ciencias Clínicas Veterinarias. Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela.

La grelina es una hormona que desempeña un papel fundamental en la regulación del apetito, el equilibrio energético y el metabolismo en mamíferos. En terneros lactantes, adquiere especial importancia en la estimulación de la ingesta, en la liberación de la hormona del crecimiento y en la regulación de las reservas energéticas (1, 2). Las recientes directrices de la EFSA recomiendan prolongar el contacto vaca-ternero tras el parto. Sin embargo, se desconoce cómo influye esta práctica en la secreción de grelina. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar las concentraciones séricas de grelina en terneros lactantes manejados bajo dos sistemas diferentes: (1) separación de la madre inmediatamente después del nacimiento (CONV) y (2) contacto madre-cría durante al menos 24 horas posparto (CMC).

Se seleccionaron cuatro granjas de vacuno lechero Holstein con sistema CMC mediante muestreo dirigido por conveniencia. Cada una de estas granjas se emparejó con una granja del sistema CONV, de características similares en tamaño, producción y manejo, permitiendo comparar ambos sistemas minimizando factores de confusión. En las granjas CMC, se tomaron muestras séricas de 24 terneras Holstein en tres momentos: justo antes de separarlas de la madre (T1), dos días después de la separación (T2) y siete días después de la separación (T3). En este grupo, la edad media de las terneras en el momento de la separación fue de 3,65 días (IC 95 %: 3,32–3,99), con una mediana de 3 días (RI: 3; rango: 1–8 días). En las granjas CONV, se recogieron muestras de 24 terneras Holstein en los mismos momentos tras la separación. La ingesta de calostro en las granjas CMC fue monitorizada por el ganadero mediante observación directa. Los terneros tuvieron contacto completo con sus madres hasta el momento de la separación. En las granjas CONV, los terneros recibieron calostro durante las primeras horas de vida. Tras la separación, en ambos sistemas de manejo, a los terneros se les administró lactoreemplazante dos veces al día, y tuvieron acceso ilimitado a agua y pienso. Las concentraciones de grelina se determinaron mediante un kit ELISA comercial para grelina sérica bovina, siguiendo las instrucciones del fabricante. Para evaluar los cambios en las concentraciones de grelina a lo largo del tiempo (de T1 a T3), por separado en las granjas CMC y en las granjas CONV (comparaciones intragrupo), se utilizaron t-tests pareados en un enfoque univariante. Además, para las comparaciones intragrupo mediante un enfoque multivariante, se emplearon mo-

delos lineales mixtos para medidas repetidas, analizando por separado los datos procedentes de las granjas CONV y de las CMC.

Las comparaciones intragrupo no mostraron diferencias en las concentraciones de grelina tras el parto (de T1 a T3) en ninguno de los tipos de granja (CONV o CMC), tanto en los análisis univariantes. Sin embargo, las comparaciones entre grupos revelaron concentraciones de grelina significativamente menores en las granjas CMC en comparación con las granjas CONV. Estas diferencias fueron significativas en los tres momentos de muestreo ($p = 0,013$; 0,006; y 0,014 para T1, T2 y T3, respectivamente), según el análisis univariante ANOVA. El modelo lineal de efectos mixtos mostró un efecto principal significativo del sistema de manejo sobre las concentraciones plasmáticas de grelina ($p = 0.005$). Los terneros del sistema CMC presentaron niveles de

grelina significativamente más bajos en comparación con los del sistema CONV, con una reducción estimada global de -59.40 pg/mL (IC 95%: -100.89 a -17.91). En este estudio, las concentraciones de grelina en los terneros del grupo CMC fueron más bajas que las observadas en los terneros del grupo CONV, y también más bajas que las descritas previamente en la literatura en terneros Holstein lactantes (60,09–70 pg/ml) (3, 4). Estas concentraciones reducidas de grelina pueden explicarse por el acceso ilimitado al calostro y a la leche que proporciona el contacto con la madre, lo que probablemente aumenta la saciedad y reduce la necesidad fisiológica de señales de hambre inducidas por la grelina. En este sentido, se sabe que los niveles de grelina aumentan durante el ayuno y disminuyen tras la ingesta de alimento (5). En la misma línea, se han observado concentraciones más altas de grelina en rumiantes mantenidos en planos nutricionales bajos o sometidos a ingestas restringidas (6, 7). Por tanto, el aumento de la ingesta de leche facilitado por la presencia materna probablemente suprime la secreción de grelina en estos terneros a lo largo de los tres momentos evaluados en el estudio, en contraste con los terneros separados inmediatamente después del nacimiento. Las implicaciones de estos hallazgos son importantes tanto para el bienestar del ternero como para la eficiencia productiva. Los niveles más bajos de grelina en los terneros con contacto materno sugieren que estos animales pueden experimentar menor estrés relacionado con el hambre y una mejor saciedad, lo que podría traducirse en mejores resultados de bienestar.

1. Alhojaily, 2014. All Graduate Theses and Dissertations, Spring 1920 to Summer 2023 4470.
2. Delhanty & Van Der Lely, 2011. Peptides 32, 2309–2318.
3. Heredia et al., 2015. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 10, 45–56.
4. Itoh et al., 2005. Domestic Animal Endocrinology 28, 34–45.
5. Hayashi et al., 2020. Journal of Veterinary Medical Science 82, 475–478.
6. Bohan et al., 2007. Iowa State University Animal Industry Report.
7. Sugino et al., 2002. Biochemical and Biophysical Research Communications 298, 785–788.

CO-336 | Extensivo

EFECTO DE LA INMUNIZACIÓN MATERNA FRENTE A LA DIARREA NEONATAL EN GANADO DE LIDIA: IMPACTO EN LA MORBILIDAD Y MORTALIDAD.

EFFECT OF MATERNAL IMMUNISATION AGAINST NEONATAL DIARRHOEA IN FIGHTING CATTLE: IMPACT ON MORBIDITY AND MORTALITY

Rubén Prieto Moreno[1], Elisa Cáceres Martín[2], María Eugenia Revilla Ruiz[3], José Antonio Zúñiga Montero[4], Manuel Cerviño López[5], Susana Astiz Blanco[6]

(1)-Boehringer Ingelheim Animal Health España/ Facultad de Veterinaria Universidad Complutense de Madrid Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biomédicas y de la Salud (Departamento de Veterinaria), Universidad Europea de Madrid. (3)-Facultad de Ciencias Biomédicas y de la Salud (Departamento de Veterinaria). Universidad Europea de Madrid (4)-Garcisan Distribuciones S.L. (5)-Boehringer Ingelheim Animal Health España (6)-Dpto. Reproducción Animal (INIA-CSIC)

La diarrea neonatal bovina (DNB) constituye uno de los principales factores limitantes de la eficiencia económica en las explotaciones de vacas nodrizas, debido al impacto directo que genera el incremento de la morbilidad y la mortalidad en los terneros. En el caso específico del ganado de lidia, este escenario presenta desafíos adicionales derivados de la idiosincrasia de la raza y su sistema de producción; la dificultad de acceso a los animales y la complejidad del manejo extensivo impiden la implementación de medidas que en otros sistemas productivos son rutinarias, tales como el conocimiento preciso del estado de gestación, la vacunación programada de todas las madres, la administración forzada de calostro o la monitorización individualizada de los neonatos. Además, existe una notable carencia de información científica específica sobre la epidemiología de estos procesos en rebaños de lidia. Bajo esta premisa, el presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la situación de la DNB en una explotación de ganado de lidia y determinar el efecto comparativo de la aplicación de una vacuna comercial frente a este proceso en dos grupos de vacas en un mismo rebaño, en condiciones reales de manejo del ganado de lidia, donde no es posible realizar diagnósticos de gestación para determinar el periodo óptimo de aplicación de la vacuna. Para ello, durante la paridera 2025, se incluyeron 323 vacas de un censo total de 382, distribuidas en diferentes parcelas de una misma finca con antecedentes de alta incidencia de DNB durante la paridera 2024 (incidencia del 38% y mortalidad de 55/345 terneros) y sin historial de vacunación frente a esta patología en la última década. Se diseñó un estudio experimental en el que se implementó la vacunación con una vacuna comercial (frente a rotavirus, coronavirus y *E. coli*) en dos grupos: un grupo control (n=54, sin vacunar y ubicado en una parcela cercada) y un grupo vacunado (n=269, distribuido en el resto de las parcelas) 3 semanas previas al inicio de la paridera, de 6 meses de duración. Para evaluar la respuesta inmune, se tomaron muestras sanguíneas de 158 vacas seleccionadas aleatoriamente al inicio del estudio y cuatro semanas después de la vacunación, determinando la presencia de anticuerpos frente

a rotavirus, coronavirus y *Escherichia coli*. Durante la paridera, se monitorizó la incidencia de diarrea, su etiología mediante kits de diagnóstico rápido (Surecheck4) en terneros accesibles, la gravedad del cuadro clínico según el requerimiento de tratamiento veterinario, y la mortalidad junto a sus causas probables (diarrea, frío, mortinato o desconocida). El análisis estadístico se realizó con IBM SPSS Statistics (v. 30), empleando χ^2 para variables cualitativas, Kruskal-Wallis o U de Mann-Whitney para cuantitativas y regresión logística para la probabilidad de padecer enfermedad o muerte. Los resultados mostraron una tasa de partos del 83,9%, sin diferencias significativas entre grupos (*P*=0,222). Se registraron 31 casos de terneros con diarrea (8,5% de incidencia global), de los cuales el 77,4% requirió tratamiento veterinario (*P*=0,438). El diagnóstico etiológico en 17 terneros reveló que rotavirus fue el agente predominante (82% de los casos detectados), ya fuera solo o en combinación, mientras que la presencia de coronavirus y *Cryptosporidium*fue minoritaria y la de *E. coli*fue, sorprendentemente, inexistente. Estos hallazgos etiológicos guardan una correlación directa con la serología de las madres, donde no se detectaron anticuerpos frente a *E. coli*al inicio del estudio en ningún animal (para rota y coronavirus sí se observaron niveles básicos de anticuerpos), sugiriendo que en esta explotación los virus entéricos son los principales motores del proceso. Aunque la mortalidad observada fue del 13,3% sin diferencias estadísticas significativas entre grupos (*P*=0,230), es reseñable que el 31,4% de las muertes fueron atribuibles a la DNB. A pesar de no detectarse diferencias significativas entre el grupo vacunado y el control durante el año de estudio, se observó una reducción numérica tanto en la incidencia (del 38% al 8,5%) como en la mortalidad total respecto a la temporada previa durante la que no se vacunó (16% al 13%). La ausencia de significación en la comparativa entre las vacas vacunadas y no vacunadas en la temporada estudiada del 2025 podría explicarse por una reducción generalizada de la presión epidemiológica en toda la explotación al haber inmunizado al 83% del censo (vacunadas 269 vs. 54 no vacunadas), lo que generaría un ambiente con menor carga infecciosa, también para los terneros de madres no vacunadas, a pesar de estar situadas en parcelas separadas. Este fenómeno se ve reforzado por el hecho de que la explotación se comportó como una unidad epidemiológica única, con resultados etiológicos y serológicos similares entre fincas. En conclusión, los resultados subrayan la importancia de implementar programas de vacunación frente a la diarrea neonatal en las madres y la necesidad de realizar diagnósticos etiológicos precisos en cada ganadería de lidia para diseñar estrategias preventivas eficaces y mejorar la rentabilidad productiva.

3CO-305 | Varios

INMUNOTERAPIA ORAL PASIVA CON IGY PARA EL CONTROL DE ESCHERICHIA COLI, EIMERIA SPP. Y CRYPTOSPORIDIUM PARVUM EN RUMIANTES NEONATOS

PASSIVE ORAL IMMUNOTHERAPY WITH IGY FOR THE CONTROL OF ESCHERICHIA COLI, EIMERIA SPP. AND CRYPTOSPORIDIUM PARVUM IN NEONATAL RUMINANTS

Shofiqur Rahman[1], Juan Antonio Mesonero Escuredo[2]

(1)-Immunology Research Institute (IRIG), Gifu, Japan (2)-DVM, MS, EW Nutrition Europe

La diarrea neonatal es una causa importante de morbilidad, mortalidad y uso de antimicrobianos en terneros, corderos y cabritos. Patógenos como *Cryptosporidium parvum*, rotavirus, coronavirus y *Escherichia coli*enterotoxigénica F5 (K99) son frecuentes durante las primeras 2–3 semanas de vida, etapa en la cual la inmunidad mucosal es limitada (Ikemori et al., 1992; Kuroki et al., 1994). *Eimeria* spp. también contribuye al daño intestinal (Vega et al., 2011).

Debido a la ausencia de transferencia transplacentaria de inmunoglobulinas en bovinos, la prevención depende del consumo de calostro, cuya calidad disminuye de forma rápida tras el parto (McGuire et al., 1988). Este estudio evaluó la inmunoterapia oral pasiva mediante IgY de yema de huevo como herramienta complementaria frente a patógenos entéricos.

Materiales y Métodos

Se utilizó una formulación de IgY con anticuerpos contra ocho patógenos relevantes: *E. coli*F5, *Salmonella Dublin*, *S. Typhimurium*, *Clostridium perfringens*, rotavirus bovino (G6, G10), coronavirus bovino y *C. parvum* (antígeno P23).

Terneros Japanese Black privados de calostro materno fueron distribuidos en tres grupos:

5 g × 12: 5 g de IgY dos veces al día durante 6 días (n = 125).

60 g × 1: dosis única de 60 g con la primera toma de sustituto de calostro (n = 10).

Control: 100 mL de suero de calostro bovino en la primera alimentación (n = 4).

Se recogieron muestras sanguíneas entre los días 1 y 5. Las heces se recolectaron durante los primeros 5 días y nuevamente a las 2 y 4 semanas. Se determinó IgY total, IgY fecal e IgY anti-P23 mediante ELISA. Se evaluó la presencia de rotavirus,

*E. coli*F5, *Salmonella*spp. y *C. parvum*. La consistencia fecal se calificó mediante un sistema de puntuación clínica.

Resultados

No se observaron casos de diarrea acuosa ni deshidratación severa. Solo se registraron heces anormales leves (blandas o mucosas).

A las dos semanas, el grupo control presentó una frecuencia significativamente mayor de heces anormales que el grupo 60 g × 1, siendo *C. parvum*el patógeno predominante.

Resultados microbiológicos:

Rotavirus: detectado únicamente en un ternero del grupo 60 g × 1. ETEC F5 y *Salmonella* spp.: no detectados en ningún grupo.

C. parvum: detectado en todos los grupos a las 2 y 4 semanas, aunque con cargas significativamente menores en los grupos tratados con IgY, especialmente en 60 g × 1.

Farmacocinética:

El grupo 60 g × 1 alcanzó concentraciones séricas más altas entre los días 1–5, sugiriendo absorción temprana durante la fase de permeabilidad intestinal neonatal.

El grupo 5 g × 12 presentó mayores concentraciones fecales, indicando un aporte luminal sostenido.

Los niveles de IgY anti-P23 siguieron las mismas tendencias. En el grupo control no se detectó IgY en suero ni en heces.

Discusión

Los resultados evidencian que *C. parvum*fue el principal agente asociado a los episodios diarreicos leves, coincidiendo con su elevada prevalencia y las escasas alternativas terapéuticas disponibles (Koiwa et al., 2003; Matsubayashi, 2015). La detección de IgY anti-P23 tanto en suero como en heces indica un efecto protector simultáneo a nivel sistémico y luminal. Estudios previos respaldan la capacidad de IgY anti-P23 para inhibir la adhesión e invasión del parásito en células intestinales (Kodama et al., 2014; Omidian et al., 2014).

Las dos estrategias de administración mostraron mecanismos complementarios:

Dosis alta única (60 g): proporcionó una absorción rápida con redistribución intestinal posterior, similar a la inmunidad pasiva aportada por el calostro. Dosis múltiples bajas (5 g × 12): aseguraron una presencia luminal constante, favoreciendo la exclusión inmune y neutralización patógena.

Estos hallazgos son coherentes con estudios previos sobre IgY contra ETEC F5, *Salmonella*, rotavirus y *C. parvum*(Ikemori et al., 1992; Yokoyama et al., 1998; Vega et al., 2011).

Conclusiones

La administración oral de IgY específica redujo la carga de *Cryptosporidium parvum*y ayudó a prevenir diarrea clínica en terneros neonatales. Las formulaciones multivalentes de IgY constituyen una herramienta prometedora para reforzar los programas de manejo del calostro y las estrategias de prevención de enfermedades entéricas en rumiantes jóvenes.

Ikemori et al. (1992). *American Journal of Veterinary Research, 53*(11), 2005–2008. Kodama et al. (2014). *Clinical and Vaccine Immunology, 21*(4), 530–537.

Koiwa et al. (2003). *Journal of Veterinary Medical Science, 65*(7), 859–863. Kuroki et al. (1994). *Archives of Virology, 138*, 143–148.

Matsubayashi et al. (2015). *Veterinary Parasitology, 213*(1–2), 36–42.

McGuire (1988). *Journal of Virology, 62*(7), 2230–2234.

Omidian et al. (2014). *Parasitology Research, 113*, 3671–3677.

Vega et al. (2011). *Veterinary Immunology and Immunopathology, 142*(1–2), 1–10. Yokoyama et al. (1998). American Journal of Veterinary Research, 59(4), 416–420.

CO-391 | Reproducción

IMPORTANCIA DEL REGISTRO DE CELOS PREPUBERALES EN LA GESTIÓN REPRODUCTIVA DE NOVILLAS MONITORIZADAS CON SENSORES DESDE EL NACIMIENTO

IMPORTANCE OF RECORDING PREPUBERTAL ESTRUS IN THE REPRODUCTIVE MANAGEMENT OF HEIFERS MONITORED WITH SENSORS FROM BIRTH

Laura Elvira Partida[1], Carolina Tejero[2], Luis García[3], Jaime VIvas[3], Juan Muiña[4], Juanita Pineda[4], A P[5], Eran Friedman[5]

(1)-MSD AH (2)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health (3)-Veterinario Granja Tauste Ganadera (4)-Veterinario Granja San José (5)-MSD Animal Health

Introducción

La gestión reproductiva de novillas representa uno de los puntos más críticos desde el punto de vista económico en las granjas lecheras (1). La etapa comprendida entre la pubertad y la primera gestación constituye una fase clave en la que reducir los días abiertos no productivos es fundamental para la rentabilidad de la explotación. El uso de sistemas de monitorización automatizados (SMA) es una herramienta ampliamente utilizada en vacas adultas para la detección de celos; sin embargo, su aplicación en novillas durante el periodo peripuberal ha sido muy escasamente explorada hasta la fecha. El SMA podría proporcionar información valiosa para identificar el inicio de la pubertad y el establecimiento de la ciclicidad regular en etapas tempranas. En este estudio, pubertad e inicio de ciclicidad se consideran conceptos equivalentes, definidos ambos por la primera detección de progesterona superior a 1 ng/mL (2).

Objetivo

El estudio comprendió dos estudios complementarios:

1. Verificar cómo se correlaciona el uso de un SMA con un algoritmo de detección de celos diseñado para vacas adultas, comparándolo con el umbral de progesterona de 1 ng/mL (definido como inicio de la ciclicidad (2)).
2. Caracterizar la edad al primer celo, evaluar el establecimiento de ciclicidad regular y analizar su relación con el estatus reproductivo en novillas Holstein monitorizadas desde el nacimiento en una granja comercial con SMA.

Materiales y Métodos Estudio 1

Se reclutaron 25 terneras de una explotación con una edad aproximada de 4 meses (115 ± 1,69 días), a las que se colocó el crotal SenseHub™ Dairy Youngstock (MSD A.H.). El muestreo sanguíneo (5 mL) se inició el día de la colocación del dispositivo para determinación de progesterona mediante ELISA, repitiéndose semanalmente durante 27-35 semanas (27 sem: 18 animales; 32 sem: 5 animales; 35 sem: 2 animales). Todas las muestras fueron congeladas, descongeladas y analizadas bajo un procedimiento estandarizado. Los datos

del SMA se evaluaron con Matlab (The MathWorks Inc., 2022) y se correlacionaron con los eventos fisiológicos registrados.

Estudio 2

Se analizó la información de 120 novillas Holstein ≥420 días de vida (14 meses) de una explotación lechera de Zaragoza (España) monitorizadas desde el nacimiento. Se registró edad al inicio de ciclicidad regular (primer ciclo con intervalo de 16-26 días), calidad de la ciclicidad (≥2 ciclos regulares) y estatus reproductivo (preñada, en inseminación, vacía, descartada). Las novillas se clasificaron por edad de inicio en: temprano (<280d, <9m), normal (280-330d, 9-11m) y tardío (>330d, >11m). Se analizó la relación entre grupos y estatus reproductivo mediante chi-cuadrado.

Resultados Estudio 1

En los 25 animales, la edad media a la primera progesterona >1 ng/mL fue de 272 ± 33,07 días, con un nivel medio de 2,8 ± 1,44 ng/mL. Aplicando el criterio de 2 celos consecutivos con intervalos de 16-26 días y progesterona >1 ng/mL, la sensibilidad y especificidad del SMA fueron del 95,7% y 100%, respectivamente (precisión 95,8%). La diferencia media entre la primera muestra positiva de P4 y la primera detección de celo fue de 6,5 días, probablemente debida a la frecuencia de muestreo y/o al retraso entre la ovulación y la producción de progesterona.

Estudio 2

De 120 novillas (edad media 435±9d): 79 (65,8%) establecieron ciclicidad regular (≥2 ciclos) con una edad media de 324±26d (mediana 322d, rango 269-388d), distribuidas en: temprano 3,8% (n=3, media 272d), normal 62,8% (n=49, media 312d) y tardío 33,3% (n=26, media 353d); 42 novillas (35,0%) no establecieron ciclicidad regular, de las cuales 31 (73,8%) presentaron el primer celo sin intervalos regulares.

El estatus reproductivo global a los 435 días fue: 33 preñadas (27,5%), 68 en inseminación (56,7%), 16 vacías (13,3%) y 3 descartadas (2,5%). La edad al inicio de ciclicidad regular influyó significativamente en la tasa de preñez (χ^2=14,023; p=0,0009): temprano 66,7% (2/3), normal 42,9% (21/49), tardío 3,8% (1/26). De las 42 sin ciclicidad regular, 9 (21,4%) resultaron preñadas, 16 (38,1%) en IA, 15 (35,7%) vacías y 2 (4,8%) descartadas, evidenciando que su ausencia compromete la eficiencia reproductiva sin impedirla completamente.

Conclusiones

El SMA demostró una sensibilidad del 95,7% y especificidad del 100% para la detección de celos peripuberales (Estudio 1). El inicio tardío de la ciclicidad regular se asoció con fracaso reproductivo en el 96,2% de las novillas, mientras que el inicio temprano o normal se relacionó con tasas de preñez significativamente superiores (Estudio 2). Estos resultados ponen de manifiesto que la monitorización del periodo prepuberal aporta información predictiva sobre el rendimiento reproductivo futuro. El registro del primer celo mediante SMA puede permitirnos clasificar el estatus reproductivo de las novillas y constituye una herramienta práctica para la toma de decisiones sobre el momento óptimo de inseminación en explotaciones con monitorización automatizada (1,2).

Referencias

1. Boulton AC et al., 2017. J Dairy Sci 100:7258-7268. doi:10.3168/jds.2016-11332
2. Bicalho RC et al., 2008. J Dairy Sci 91:4628-4639. doi:10.3168/jds.2008-1177

CO-314 | Reproducción

ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE EL EFECTO DE LA INTERLEUQUINA 6 EN EL DESARROLLO DE EMBRIONES IN VITRO.

PRELIMINARY STUDY ON THE EFFECT OF INTERLEUKIN 6 ON IN VITRO EMBRYO DEVELOPMENT

Antía Acción Carro[1], Jacobo Álvarez[2], Renato Barrionuevo[3], Juan José Becerra[2], Ana Isabel Peña[3], Luis Ángel Quintela[2], Uxía Yáñez[3]

(1)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain; 2 Instituto de (2)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain; 2 Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER), Universidade de Santiago de Compostela, Lug (3)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain;

La eficiencia reproductiva en vacas puede verse comprometida por alteraciones inflamatorias del tracto reproductivo, siendo la endometritis una de las patologías más frecuentes durante el postparto. Su desarrollo está asociado a complejos procesos de señalización inmunitaria que implican la producción de citocinas proinflamatorias, entre ellas diversas interleuquinas. Estas regulan la respuesta inmune local promoviendo la diapédesis, la quimiotaxis de neutrófilos y monocitos y el aumento de la capacidad fagocítica celular, contribuyendo al control de la infección y a la restauración de la homeostasis uterina. No obstante, la persistencia de un ambiente inflamatorio puede alterar el microentorno uterino y afectar negativamente al establecimiento y desarrollo embrionario temprano (Pinedo et al., 2013). La interleuquina-6 (IL-6) ha suscitado especial interés debido a su papel en la respuesta inflamatoria y en la regulación del desarrollo embrionario temprano. En bovinos, el oviducto, el

endometrio y el propio embrión producen IL-6 durante las primeras fases de la gestación, y el embrión expresa tanto el receptor específico de la IL-6 como el correceptor común IL6ST, lo que sugiere una acción directa de esta citocina sobre el desarrollo embrionario (Scheller et al., 2011). Los estudios que han evaluado la influencia de la IL-6 sobre el desarrollo embrionario bovino han mostrado resultados variables, ya que algunos no han detectado mejoras significativas en las tasas de blastocisto (Sang et al., 2020), mientras que otros han observado efectos positivos bajo condiciones específicas (Ealy et al., 2021). Además, se ha descrito que sus niveles se encuentran elevados en el tracto reproductivo de vacas con endometritis clínica y subclínica (Kim et al., 2014). En este contexto, el objetivo de este estudio ha sido evaluar el efecto de la suplementación con IL-6 a una concentración de 4 ng/mL sobre el desarrollo embrionario bovino temprano in vitro.

Se analizaron un total de 388 embriones bovinos producidos in vitro a partir de ovocitos obtenidos de ovarios de tractos reproductivos de matadero. Los ovocitos se seleccionaron en base a su calidad, sometiendo a maduración y fecundación solo aquellos con un recubrimiento compacto y homogéneo de células del cúmulo. Tras la eliminación de estas células, en cada réplica, los presuntos cigotos se distribuyeron aleatoriamente entre las microgotas de medio SOFm correspondientes al grupo control (n=141) o al grupo suplementado con IL-6 (n=247). Se realizaron 3 réplicas, de 114, 120 y 154 embriones. El desarrollo embrionario se evaluó en los días 2 y 5 postfecundación mediante el número de células. Para el análisis estadístico se agruparon en 1 vs ≥ 2 células en el día 2, en <8 vs ≥ 8 células en el día 5, y en tasa de formación de blastocistos en los días 7, 8 y

9 post-fecundación. Las diferencias entre grupos se analizaron mediante la prueba Chi-cuadrado. Se consideraron diferencias significativas cuando $p < 0,05$, y tendencia cuando $0,05 \leq p < 0,10$.

En los días 2 y 5 postfecundación se observaron diferencias en la distribución del número de células entre los

grupos (día 2: $\chi^2 = 23,08$; $p < 0,001$; día 5: $\chi^2 = 24,93$; $p < 0,001$). En el día 2, el grupo tratado con IL-6 presentó una mayor proporción de embriones en estadio de 1 célula (71,7 % vs. 50,4 % en el control), mientras que el grupo control mostró una mayor proporción de embriones con 2 o más células (49,6 % vs. 28,3 %, $p < 0,001$). Un patrón similar se observó en el día 5, donde el grupo tratado con IL-6 presentó una mayor proporción de embriones en estadios tempranos de segmentación (<8 células) en comparación con el grupo control (82,6 % vs. 63,8 %), mientras que el grupo control mostró una mayor proporción de embriones con ≥ 8 células frente al grupo suplementado con IL-6 (36,2 % vs. 17,4 %; $\chi^2 = 24,93$; $p < 0,001$). En cuanto a la formación de blastocistos, en el día 7 el grupo control presentó una mayor tasa respecto al grupo tratado con IL-6 (9,8% vs. 0,7 % $p = 0,001$). En los días 8 y 9 no se detectaron diferencias entre grupos (día 8: 16,3 % vs. 9,2 %, $p = 0,105$; día 9: 17,4 % vs. 12,0 %, $p = 0,245$), aunque el grupo control mostró porcentajes consistentemente superiores.

Estos resultados sugieren que la IL-6 podría modular de manera temprana el desarrollo embrionario, retrasando la segmentación temprana sin producir un aumento en la tasa final de blastocistos.

Las diferencias observadas respecto a otros estudios podrían estar relacionadas con la concentración de IL-6 empleada. Mientras que algunos trabajos han evaluado concentraciones superiores de esta citoquina durante el cultivo embrionario, en el presente estudio se utilizó 4 ng/mL con el objetivo de aproximar las condiciones presentes en el tracto reproductivo de vacas con endometritis.

Sin embargo, debido al carácter preliminar de este estudio, existen ciertas limitaciones como el tamaño muestral y la baja tasa global de desarrollo a blastocisto, lo que podría haber influido en la ausencia de diferencias significativas en los días 8 y 9. Por ello, son necesarios estudios adicionales, con un mayor tamaño muestral, para confirmar y ampliar estos hallazgos.

Bibliografía

Ealy, A. D., et al. (2021). Animals, 11, 2313.

Kim, I. H., et al. (2014). Theriogenology, 82, 427–1432.

Pinedo, P., et al. (2013). Theriogenology, 80, 384–390.

Sang, Y., et al. (2020). Journal of Dairy Science, 103, 11930–11944.

Scheller, J., Chalaris, A., Schmidt-Arras, D., & Rose-John, S. (2011). Biochim. Biophys. Acta – Mol. Cell Res., 1813, 878–888.

CO-325 | Nutrición

VARIACIÓN SÉRICA DE MINERALES A LO LARGO DE LA LACTACIÓN EN VACAS HOLSTEIN-FRIESIAN DE DIFERENTES PARIDADES

SERUM MINERAL DYNAMICS THROUGHOUT LACTATION IN HOLSTEIN- FRIESIAN COWS OF DIFFERENT PARITIES

Candela Fernández-Villa [1,2], Belén Larrán B [1], Lucas Rigueira [1,2], Daniel Castro [1,2], Víctor Pereira [1], Laura Fresco-Rey [1,2]; Marta López-Alonso M [1], Marta Miranda M [1,2]

(1)-Facultad de Veterinaria, Campus Terra, USC. 27002 Lugo
(2)-Hospital Veterinario Universitario Rof Codina, Facultad de Veterinaria, Campus Terra, USC. 27002 Lugo

Introducción y objetivos

Los minerales desempeñan un papel esencial en la salud, el metabolismo y la productividad de las vacas lecheras. El estatus mineral sérico puede variar a lo largo del ciclo productivo y número de lactación, asociado principalmente a las diferencias en los aportes dietéticos, pero también asociado al nivel de producción y a los cambios metabólicos de cada etapa productiva. Uno de los momentos más críticos para la salud y producción de las vacas lecheras es el periodo de transición caracterizado por grandes cambios nutricionales, un incremento brusco de las demandas metabólicas y un mayor riesgo de desequilibrios minerales. Debido a la información limitada dispo-

nible acerca de la dinámica del metabolismo mineral a lo largo de la lactación en vacas de leche, el objetivo de este estudio fue caracterizar la dinámica de macro- y microminerales en suero a lo largo de todo el ciclo productivo de la vaca lechera analizando también la influencia de la paridad sobre la homeostasis mineral.

Material y métodos

Se incluyeron 48 vacas Holstein-Friesian, agrupadas según paridad: 24 en segunda lactación y 24 en tercera o posteriores. El estudio se llevó a cabo en una granja comercial de la provincia de Lugo, con manejo convencional y una dieta TMR de secado y lactación suplementada con corrector vitamínico-mineral para cumplir los requerimientos productivos de cada etapa. A cada vaca se le tomaron muestras sanguíneas en cinco momentos productivos: secado (T1), preparto (T2), posparto temprano (T3), pico de lactación (T4) y final de lactación (T5). Se determinaron concentraciones de macro- (Ca, P, Mg, Na, K, S) y microminerales (Co, Cr, Cu, Fe, I, Mn, Mo, Se, Zn) en suero por espectroscopía de masas con fuente de plasma acoplado (ICP-MS), en el laboratorio acreditado del Servicio de Asesoramiento y Análisis Mineral de la Universidad de Santiago de Compostela (USC).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos indican que, en las condiciones del estudio, el estatus mineral se mantuvo dentro de rangos de normalidad durante todo el ciclo productivo, lo que sugiere una adecuada gestión nutricional y metabólica de los animales muestreados. El efecto de la paridad fue limitado y únicamente significativo para el P, con concentraciones significativamente más elevadas en vacas de segunda lactación (13–19%) frente a animales de tercera o mayor lactación.

Todos los minerales mostraron variaciones temporales significativas excepto para el Cr, Na y K. En el caso de los macrominerales, el descenso de Mg, P y S desde el periodo seco (T1) hasta el posparto temprano (T3), refleja el aumento brusco de las demandas asociadas al inicio de la lactación, especialmente marcado para el P. Por el contrario, el Ca mostró una notable estabilidad, con una diferencia de 0,82 mg/dL entre sus valores medios máximos y mínimos, lo que sugiere mecanismos homeostáticos eficaces que permitieron mantener la calcemia constante a lo largo de la lactación.

Entre los microminerales, Fe, I, Mn y Zn compartieron un patrón común, similar al de los macromirales, caracterizado por valores elevados al secado (T1), un descenso significativo en el posparto (T3) y una recuperación posterior. Este comportamiento es coherente con el estrés metabólico e inflamatorio del posparto y la excreción en leche. El Co presentó un pico en preparto (T2), mientras que el Cu alcanzó su máximo en posparto (T3), probablemente asociado a la respuesta inflamatoria reflejada en un incremento de la ceruloplasmina, proteína de fase aguda que transporta la mayor parte del Cu sérico. Por otro lado, el Mo presentó un perfil irregular, con concentraciones más elevadas a partir del posparto (T3-T5). Finalmente, el Se mostró únicamente una tendencia a la variación, sugiriendo una relativa estabilidad durante el ciclo productivo, probablemente debido a una suplementación correctamente ajustada.

Conclusión

En conjunto, estos resultados ponen de manifiesto que existen fluctuaciones fisiológicas relevantes en el perfil mineral asociadas al momento productivo y, en menor medida a la paridad. Esto subraya la necesidad de interpretar los valores analíticos considerando el periodo del ciclo productivo, especialmente en fases críticas como el periparto.

CO-388 | Reproducción

PERFIL METAGENÓMICO DEL FLUIDO FOLICULAR EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO SANAS Y CON ENDOMETRITIS CLÍNICA EN EL POSTPARTO

METAGENOMIC PROFILING OF THE FOLLICULAR FLUID IN HEALTHY AND CLINICAL ENDOMETRITIS POSTPARTUM GRAZING DAIRY COWS

Uxía Yáñez Ramil[1,2] , Milena Krupa[1] , Lei Xie[3] , Hussnain Rashid[4] , Felipe Mendoza[1] , Laura Tovar Pascual[1,5] , Osvaldo Bogado Pascottini[1]

(1) School of Veterinary Medicine, University College Dublin, Dublin, Ireland, (2)Unidad de Reproducción y Obstetricia, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, (3)Department of Internal Medicine, Reproduction and Population Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Merelbeke, Belgium, (4) Department of Veterinary Clinical Sciences, Washington State University, (5) Department of Veterinary Medical Sciences, Alma Mater Studiorum-University of Bologna

Endometritis is a physiological postpartum condition that supports uterine tissue repair. However, inflammation persisting beyond 21 days after calving is considered pathological and is associated with impaired reproductive performance, including reduced conception rates and increased culling risk. Clinical endometritis (CE) results from uterine dysbiosis, creating an unfavourable uterine environment for embryo development and implantation. We hypothesized that this microbiome shift is not confined to the uterus, and that a follicular microbiome exists and its composition is also influenced by health status. This pilot study aimed to characterize and compare the metagenomic profile of the follicular fluid in postpartum grazing dairy cows diagnosed as healthy or affected by CE.

Thirteen grazing Holstein cows were sampled at day 35 postpartum. Endometrial samples were collected using the cytobrush technique, and follicular fluid from the dominant follicle was obtained by ultrasound-guided transvaginal aspiration. Clinical endometritis was defined as cows with >5% PMN on endometrial cytology accompanied by the presence of mucopurulent or purulent vaginal discharge (n = 6). Healthy cows

had ≤5% PMN in endometrial cytology and showed no mucopurulent or purulent vaginal discharge (n = 7). Follicular fluid samples were subjected to shotgun metagenomic sequencing on a DNBSEQ platform using paired-end 150 bp reads. Microbiome composition (alpha

diversity) was evaluated via Simpson and Shannon diversity indexes, and differences between groups were evaluated via the Wilcoxon rank-sum test. Beta diversity differences between groups were tested using permutational multivariable analysis of variance (PERMANOVA). For functional analysis, annotated genes were mapped to the Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) database and KEGG Orthologs (KOs). Pathway Reporter Scores were subsequently calculated for KEGG pathways containing differentially abundant KOs between health groups. Pathways with Reporter Score < -1.65 or > 1.65 were considered significantly enriched ($P < 0.05$).

At both the genus and species levels, alpha diversity did not differ between healthy cows and cows with CE, as assessed by Shannon ($P = 0.83$ and $P = 0.84$, respectively) and Simpson ($P = 0.94$ and $P = 0.95$, respectively) indexes. Similarly, beta diversity revealed no differences in overall community composition between health groups (genus level: $R2 = 0.08$, $P = 0.34$; species level: $R2 = 0.08$, $P = 0.37$). Functional profiling of the follicular fluid microbiome showed that, in cows with CE, enriched pathways included ubiquinone biosynthesis, ectoine biosynthesis, branched-chain amino acid biosynthesis (leucine and isoleucine), pimeloyl-ACP biosynthesis, C1-unit interconversion, and multidrug resistance via the AdeABC efflux pump. In contrast, healthy cows exhibited enrichment of pathways related to nucleotide biosynthesis, trehalose biosynthesis, tetrahydrofolate and tetrahydrobiopterin biosynthesis, and V/A-type ATPase.

These results indicate that despite the absence of significant taxonomic differences, the functional profile of the follicular fluid microbiome differs between healthy cows and cows with CE. One possible explanation is that subtle shifts in the relative abundance of low-prevalence or metabolically active taxa, undetectable at the community structure level, may disproportionately influence overall functional potential. In the context of follicular fluid, which represents a low-biomass microenvironment, even modest alterations in microbial composition or metabolic activity could affect redox balance, nutrient availability, or stress-response pathways, thereby potentially influencing oocyte competence. The enrichment of biosynthetic and stress- adaptation pathways in cows with CE might indicate a microbiome functionally adapted to a more oxidative or inflammatory status.

In conclusion, these findings suggest that microbial functional remodelling, rather than overt taxonomic disruption, may underlie alterations in the follicular environment associated with CE. Given the preliminary nature of these data, further studies including larger sample size and evaluating the host response to a different microbiome functionality are needed to better understand their potential implications for the follicular function.

INFLUENCIA DEL GENOTIPO DE K-CASEÍNA EN LA COAGULACIÓN Y EL RENDIMIENTO QUESERO DE LECHE A2

INFLUENCE OF 6-CASEIN GENOTYPE ON COAGULATION AND CHEESE YIELD IN A2 MILK

Iker Urdaniz Moreno[1], Lucía Jiménez Montenegro[2], Miren Sagarzazu[3], Jorge Eseverri[4], Borja Apellaniz[4], José Antonio Mendizabal[1], Irache Echeverría[1], Beatriz Soret[1], Olaia Urrutia[1]

(1)-IS-FOOD. Instituto de Innovación y Sostenibilidad en la Cadena Agroalimentaria. Universidad Pública de Navarra (UPNA), (2)-Centre for Genetic Improvement of Livestock, Department of Animal Biosciences, University of Guelph, (3)-Albaitaritza Genetics S.L. Polígono Akaborro, S/N, Navarra, (4)-Albaikide S.A. Polígono Akaborro, S/N, Navarra

En los últimos años se ha observado un aumento progresivo de la frecuencia del genotipo A2A2 para la β- caseína en las granjas lecheras en relación con la producción de leche A2 (1, 2). En este nuevo contexto productivo, se planteó un estudio piloto a pequeña escala en condiciones reales de quesería para evaluar el comportamiento tecnológico de leches procedentes exclusivamente de vacas A2A2, diferenciadas por el genotipo de κ-caseína.

La κ-caseína desempeña un papel importante en la coagulación enzimática y en la formación de la matriz del queso. El genotipo BB de esta proteína ha sido descrito en la bibliografía como más favorable que el AA, estando el primero asociado a un mayor contenido proteico, un menor tiempo de coagulación y una cuajada más firme, lo que mejora el rendimiento quesero (3, 4, 5, 6, 7). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del genotipo de κ-caseína (AA vs BB) sobre la coagulación y el rendimiento quesero en leche A2.

Para ello, se seleccionaron 18 vacas con genotipo A2A2 para la β-caseína, agrupadas según su genotipo de κ- caseína (9 AA y 9 BB). Además, se equilibró el genotipo de la β-lactoglobulina (5 AA, 3 AB y 1 BB por grupo), evitando posibles efectos de confusión asociados a esta variante proteica.

La leche de cada grupo se mezcló y se procesó en una quesería artesanal, realizándose dos elaboraciones independientes por genotipo en días distintos, bajo condiciones similares y estandarizadas (pasteurización, tipo de queso, temperatura y pH de cuajado, dosis de cloruro cálcico, fermento iniciador y cuajo). El volumen medio de leche procesado por elaboración fue de 240 L.

La leche cruda y pasteurizada se analizó mediante análisis instrumental y la leche pasteurizada, el suero y el queso a las 24 h y 7 d se analizaron mediante métodos convencionales para su caracterización físico-química (proteína, grasa, extracto seco y pH) en un laboratorio acreditado (ALVO, Navarra). El tiempo de coagulación se registró por el quesero mediante el corte visual en cuba durante la elaboración.

El rendimiento quesero se calculó a partir de los litros de leche procesados y los kilogramos de queso obtenidos a 0 h, 24 h y 7 días, expresándose como litros de leche por kg de queso, kg de queso por 100 L de leche, así como

en materia seca, normalizado por el contenido de grasa y proteína para minimizar el efecto de diferencias en la composición de partida. Asimismo, se calculó la recuperación de proteína y grasa en el queso (g proteína o grasa en queso / g proteína o grasa en leche).

Dada la naturaleza piloto del estudio, los resultados se presentan como medias por grupo y el tamaño del efecto entre genotipos (A2A2-BB − A2A2-AA) con intervalos de confianza del 80% (8, 9).

Los resultados obtenidos, bajo condiciones de elaboración quesera comparables, indican que la leche del grupo con genotipo κ-caseína BB presentó un menor tiempo de coagulación, con una reducción media de aproximadamente 20 minutos respecto al grupo AA (IC 80%: −38,0 a −1,1).

En relación al rendimiento quesero a las 24 h, el grupo A2A2-AA presentó un mayor rendimiento medio (14,6 kg de queso/100 L de leche) que el grupo A2A2-BB (12,6 kg de queso/100 L de leche). De forma consistente, la recuperación de proteína y grasa en el queso mostró una tendencia a valores superiores en el grupo A2A2-AA respecto al A2A2-BB (78,46% vs 74,15% y 89,67% vs 87,99%, respectivamente), a pesar de una mayor pérdida relativa de sólidos en el suero, con una diferencia media de −0,29% (IC 80%: −0,39 a 0,19).

No obstante, tras la normalización del rendimiento por el contenido inicial de proteína y grasa, el rendimiento en materia seca a las 24 h fue similar entre genotipos, con valores de 6,82 y 6,45 kg de queso MS/100 L de leche para los grupos AA y BB, respectivamente.

A pesar de mostrar un comportamiento de coagulación menos favorable, el grupo A2A2-AA presentó un rendimiento quesero (no normalizado) superior a 0 h, 24 h y 7 días, lo que se asoció a una mayor suma de sólidos útiles en la leche de partida (0,7% de proteína más grasa).

Estos resultados indican que, en este ensayo realizado en condiciones reales de quesería, el rendimiento quesero estuvo principalmente condicionado por la composición inicial de la leche, más que por el genotipo de κ-caseína, y no se confirmó la hipótesis inicial de un mayor rendimiento asociado al genotipo A2A2-BB, a pesar de que este presentó un menor tiempo de coagulación.

Bibliografía

1. Godoy et al., 2023. Frisona Española 259:48-51
2. Scott et al., 2023. Doi:10.3389/fanim.2023.1142673
3. Hallén et al., 2008. Doi:10.1111/j.1439-0388.2007.00706.x
4. Caroli et al., 2009. Doi:10.3168/jds.2009-2461
5. Daniloski et al., 2022. Doi:10.1016/j.crfs.2022.09.026
6. Lavon et al., 2024. Doi:10.3390/ani14010054
7. Guggisberg et al., 2024. Doi:10.1016/j.idairyj.2024.105973
8. Lee et al., 2014. Doi:10.1186/1471-2288-14-41
9. Kunselman, 2024. Doi:10.1016/j.fertnstert.2024.01.040

USO DE LA ECOGRAFÍA EN MODO DOPPLER EN LA DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS UTERINAS EN EL GANADO VACUNO.

USE OF DOPPLER-MODE ULTRASONOGRAPHY IN THE DETECTION OF UTERINE PATHOLOGIES IN CATTLE

Antía Acción Carro[1], Jacobo Álvarez[2], Renato Barrionuevo[3], Álvaro Martín Rivero[3], Juan José Becerra[2], Ana Isabel Peña[3], Luis Ángel Quintela[2], Uxía Yáñez[3]

(1)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain; 2 Instituto de (2)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain; 2 Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER), Universidade de Santiago de Compostela, Lug (3)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain; (4)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain.

Las enfermedades uterinas afectan aproximadamente a la mitad del ganado vacuno lechero durante el postparto (Debertolis et al., 2016), causando alteraciones de la fertilidad al alterar la función uterina y ovárica. Las pérdidas económicas generadas por enfermedades uterinas son debidas a la infertilidad, al aumento del sacrificio por no concebir, a la reducción de la producción de leche y al incremento de costos derivados del tratamiento (Farghali et al., 2022). Es necesario considerar que el flujo sanguíneo juega un papel importante en los procesos inflamatorios, caracterizado por la vasodilatación. Este hecho, sumado a que la irrigación sanguínea sufre grandes cambios durante el periodo postparto, hace interesante el uso del modo Doppler para detectar estas variaciones con respecto a las condiciones fisiológicas después del parto (Sharma et al., 2024). Aunque en bovino el uso del Doppler para diagnosticar patologías uterinas en el postparto continúa en desarrollo, en especies como las yeguas ya se han obtenido resultados prometedores: la combinación del Doppler con el análisis automatizado de la imagen ha demostrado ser eficaz para la detección de endometritis (Da Silva-Álvarez et al., 2022). En este contexto, en el siguiente estudio se pretendió analizar la adecuación de la ecografía en modo Doppler color para la detección de patologías uterinas inflamatorias en el ganado bovino, en comparación con la realización de citologías endometriales y la ecografía en modo B.

Se incluyeron 57 vacas de aptitud láctea de más de 60 días postparto, a las que se les practicó una exploración ecográfica transrectal del aparato reproductor. Mediante ecografía en modo B, se evaluó el útero para determinar la presencia o ausencia de contenido uterino, considerándose patológico aquel de aspecto hiperecogénico compatible con contenido purulento. Posteriormente, se utilizó el modo Doppler color para evaluar la irrigación de la pared uterina de forma subjetiva en base a la cantidad

e intensidad de la señal de acuerdo a una escala: grado 1 (escasa irrigación), grado 2 (irrigación moderada) y grado 3 (irrigación abundante). Para ello, el transductor se posicionó de forma sistemática en la misma región del cuerpo uterino, realizando un corte longitudinal en todas las exploraciones, con el fin de minimizar la variabilidad. Además, se realizó una citología endometrial mediante "cytobrush", considerándose positiva la muestra cuando el porcentaje de neutrófilos polimorfonucleares (PMN) fue superior al 2,5% (Ricci et al., 2017). Los datos obtenidos se analizaron mediante tablas de contingencia y pruebas de chi-cuadrado de Pearson. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas aquellas con un valor de $p < 0,05$.

La exploración ecográfica en modo B resaltó la presencia de contenido uterino en el 36,8% (21/57) de los animales, mientras que el 63,2% (36/57) no presentó hallazgos ecográficos compatibles con patología. En la

evaluación Doppler color, el 19,7% (11/57) de las vacas mostró incremento de la irrigación uterina, frente al 80,3% (46/57) que no presentó alteraciones vasculares. Se observó una asociación estadísticamente significativa entre los hallazgos ecográficos en modo B y el Doppler color ($p < 0,05$), de modo que los animales con contenido uterino presentaron con mayor frecuencia incremento de la vascularización. Respecto al diagnóstico de endometritis citológica, el 31,58% (18/57) de las vacas se clasificaron como positivas. No se encontró una asociación significativa entre el resultado Doppler y la presencia de endometritis citológica, ni entre la ecografía en modo B y dicho diagnóstico citológico ($p > 0,05$).

Los resultados obtenidos indican que el Doppler color se asocia con los hallazgos ecográficos del útero, lo que sugiere que el incremento de la vascularización uterina refleja procesos inflamatorios detectables mediante ecografía en modo B. Este hallazgo respalda el uso del Doppler como herramienta complementaria, incluso cuando los cambios estructurales son leves. Sin embargo, la ausencia de una asociación significativa entre el Doppler color y la endometritis citológica sugiere que la presencia de infiltrado leucocitario no siempre se correlaciona con el aumento de la irrigación uterina. Dado que la inflamación incluye un componente vascular caracterizado por vasodilatación e incremento del flujo sanguíneo, el Doppler podría reflejar preferentemente esta respuesta vascular, presente tanto en la endometritis clínica como subclínica, más que la respuesta celular local. Las principales limitaciones del estudio incluyen el reducido tamaño muestral y la falta de información clínica, como los días postparto, por lo que se requieren estudios con mayor número de animales, especialmente en el postparto temprano, para definir con mayor precisión su valor diagnóstico.

Bibliografía

Da Silva-Álvarez, E. et al. (2022). Reprod. Domest. Anim., 57(S5), 98–102. [https://doi.org/10.1111/rda.14132] (https://doi.org/10.1111/rda.14132)

Debertolis, L. et al. (2016). J. Vet. Sci., 17(2), 189.

https://doi.org/10.4142/jvs.2016.17.2.189

Farghali, H. A. et al. (2022). Theriogenology, 181, 147–160. [https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.01.023] (https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.01.023)

Ricci, A. et al. (2017). Theriogenology, 94, 86–93. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.02.006

Sharma, P. et al. (2024). Vet. Res. Forum, Online First. [https://doi.org/10.30466/vrf.2023.2013227.4033] (https://doi.org/10.30466/vrf.2023.2013227.4033)

XXVIII CONGRESO ANEMBE

LIBRO DE PONENCIAS, COMUNICACIONES ORALES Y PÓSTER

PÓSTER

FUNDACIÓN ANEMBE

CO-303 | Nutrición

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE DOS FUENTES DE MINERALES TRAZA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE, LA REPRODUCCIÓN Y LA SALUD EN VACAS LECHERAS.

COMPARATIVE EVALUATION OF TWO TRACE MINERAL SOURCES ON MILK YIELD, REPRODUCTION, AND HEALTH, IN DAIRY COWS.

Stéphane Durosoy[1]

(1)-ANIMINE

Este prueba comercial en granja comparó, en dos grupos contemporáneos, dos fuentes de minerales traza, oxidos de alta biodisponibilidad y chelatos (zinc, cobre y manganeso), administradas mediante una premezcla de prueba específica, manteniendo una ración estrictamente idéntica (forrajes y concentrados) en todos los grupos. Los resultados indicaron, en general, una producción de leche similar entre los tratamientos, mientras que los indicadores reproductivos y de salud (recuento de células somáticas y cojera) favorecieron al grupo que recibió óxidos minerales especiales.

Contexto y objetivo

Los oligoelementos como Cu, Zn y Mn son esenciales para las funciones metabólicas, estructurales e inmunitarias de las vacas lecheras y deben suplementarse para satisfacer sus necesidades nutricionales. Aunque los minerales quelados suelen considerarse más biodisponibles, estudios recientes en especies monogástricas han demostrado que las fuentes de óxidos especiales pueden alcanzar una biodisponibilidad similar o superior.

Este estudio evaluó el rendimiento de la producción lechera en condiciones de campo cuando se reemplazaron los oligoelementos quelados por óxidos especiales en niveles de inclusión equivalentes.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en un rebaño lechero Holstein ordeñado con sistemas robóticos, con dos grupos paralelos y simultáneos de 62 vacas cada uno, asignados aleatoriamente entre dos unidades de ordeño robótico durante un período prolongado de monitoreo en la granja (11 meses). El nivel de produccion del rebano y de cada grupo es de 12000 kg de leche por lactancia de 305 dias. La dieta se mantuvo idéntica para ambos grupos, y el único factor experimental fue la fuente de minerales traza suministrados mediante una premezcla específica, comparando un grupo que recibió óxidos comerciales especiales (zinc : 40 mg anadidos/ Kg de MS, cobre : 4 mg anadidos/kg de MS, manganeso : 20 mg anadidos/kg de MS) con un grupo que recibió otra linea comercial de minerales traza quelados (zinc : 40 mg anadidos/ Kg de MS, cobre : 4 mg anadidos/kg de MS, manganeso : 20 mg anadidos/kg de MS). Los datos se recopilaron mediante herramientas de registro de la granja (robots de ordeño) y registros de monitoreo rutinario (salud y reproducción). Los parámetros que se midieron fueron: producción de leche, grasa y proteína de la leche, recuento de celulas somaticas, desempeño reproductivo (intervalo Parto - 1ra IA; días abiertos, N° de IA para tener una concepcion; % de éxito en IA1; % de vaca con 3IA); % de vacas tratadas por dermatida digitata. Los datos se registraron a través de los sistemas de ordeño robótico y de los registros rutinarios de la granja. Debido a la naturaleza de estudio de campo y al diseño de dos grupos comerciales paralelos, los resultados se analizaron de forma descriptiva utilizando Microsoft Excel. Se calcularon medias y tendencias comparativas entre grupos para los diferentes

parámetros productivos, reproductivos y sanitarios.

Resultados principales

Los valores medios de recuento de células somáticas fueron comparables entre los grupos, aunque se observó una tendencia numérica más favorable en el grupo suplementado con óxidos de alta biodisponibilidad. Los parámetros reproductivos indicaron un mejor rendimiento reproductivo para el grupo óxidos especiales, incluyendo mejores resultados en el intervalo parto-concepción, menos inseminaciones necesarias para lograr una concepción exitosa y una mayor tasa de concepción al primer servicio. Los resultados relacionados con la cojera mostraron una tendencia hacia una menor expresión de lesiones de dermatitis digital en el grupo óxidos especiales durante la evaluación del recorte de pezuñas, en consonancia con una mayor robustez tisular y una menor tasa de cojera. La producción de leche (expresada como ECM) fue comparable entre las dos estrategias de suplementación, con la variación mensual esperada en condiciones de campo y sin diferencias productivas relevantes entre las estrategias de suplementación.

Interpretación y conclusión

En condiciones de ganaderia comercial, el cambio en la fuente de minerales traza no alteró el rendimiento productivo (producción de leche y sólidos de la leche), lo cual es consistente con la función de los oligoelementos : están más estrechamente vinculados a la salud, la reproducción y la integridad tisular que a una respuesta directa al volumen de leche producida. Sin embargo, varios criterios zootécnicos mostraron interés en el grupo que recibió óxidos de alta biodisponibilidad, en particular para el rendimiento reproductivo, con tendencias favorables adicionales en indicadores de salud (recuento de células somáticas y salud de las pezuñas). Estos hallazgos respaldan la idea de que, con un suministro equivalente, la fuente de minerales traza puede influir en la expresión de resultados de rendimiento de “salud” en la granja y justifican una confirmación adicional mediante un diseño estadístico reforzado y, potencialmente, medidas directas del estado mineral para vincular las respuestas zootécnicas con mayor precisión a la disponibilidad biológica.

CO-310 | Nutrición

EVALUACIÓN DE UN BOLO CON LEVADURA, MINERALES Y ANTIOXIDANTES ADMINISTRADO AL PARTO SOBRE EL RENDIMIENTO EN LA TRANSICIÓN DE VACAS LECHERAS HOLSTEIN EN REPÚBLICA CHECA

EVALUATION OF YEAST, MINERAL, AND ANTIOXIDANT BOLUS ADMINISTRATION AT CALVING ON TRANSITION PERFORMANCE IN HOLSTEIN DAIRY COWS AT A CZECH REPUBLIC DAIRY FARM

Antonella Della Badia [1], Rodrigo García-Lastra[1], Tom Novotny[2], Michael Reid[1]

(1)-TechMix Europe SLU, 43860 Spain (2)-MTS spol. s r.o., Czech Republic

Introduction

High-yielding dairy cows experience substantial metabolic and nutritional challenges during the transition into early lactation, a period associated with increased risk of subclinical hypocalcemia and impaired immune function. These conditions can predispose cows to disorders such as mastitis. While calcium supplementation at calving is a common preventive strategy, additional functional additives such as live yeast and electrolytes may further support milk yield and health during this critical phase. The objective of this study was to evaluate whether a bolus containing live yeast, minerals and antioxidants administered at calving influences milk yield and the incidence of clinical mastitis compared to a calcium-only bolus under commercial conditions.

Materials and methods

A randomized field trial was conducted in a commercial dairy farm in Czech Republic. Eighty Holstein dairy cows were enrolled at calving and randomly assigned to either a control group receiving a calcium-only bolus (n=40) or to a treatment group receiving a bolus containing live yeast, magnesium, calcium, potassium and antioxidants (n=40). Groups were balanced for parity and previous milk yield. Cows were monitored for 11 weeks postpartum. The average weekly milk yield for each cow was recorded. Differences in milk yield data were assessed using the Wilcoxon rank-sum test. Mastitis incidence was analyzed by nominal logistic regression. Statistical analyses were performed using JMP software (version 19.0; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Differences were considered significant at $P \leq 0.05$.

Results

Average daily milk yield over the 11-week period was higher in the treatment group compared with the control group (46.5 vs 45.6 Kg; P = 0.023) accounting for a difference of 0.98 kg per day. The overall incidence of clinical mastitis was 21.3%, with 11 cases (27.5%) in the control group and 6 cases (15.0%) in the treatment group; this difference was not statistically significant (P = 0.169).

Conclusions

The administration of a bolus containing calcium, live yeast and electrolytes at calving was associated with increased milk yield during the first 11 weeks of lactation compared with a calcium-only bolus. Although the incidence of clinical mastitis was numerically lower in treated cows, this difference was not significant. These findings suggest that combining calcium with live yeast and electrolytes may help support milk production during the transition period.

CO-318 | Reproducción

EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA VAGINAL, CERVICAL Y RECTAL Y EL TAMAÑO DEL CUERPO LÚTEO EN EL DÍA 7 POST-INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN VAGINAL, CERVICAL, AND RECTAL TEMPERATURE AND CORPUS LUTEUM SIZE ON DAY 7 POST-ARTIFICIAL INSEMINATION

Mònica Llobera Balcells[1], Mònica Pando Jaén[1], Ángela Martínez Alfaro[1], Irina Garcia Ispierto[1]

(1)-Universidad de Lleida

Introducción:

La temperatura del tracto reproductivo de la hembra desempeña un papel fundamental en la fisiología ovárica y en el éxito reproductivo de la vaca lechera. Diversos estudios han demostrado que los folículos ovulatorios presentan temperaturas inferiores a las de los tejidos circundantes, lo que favorece la maduración ovocitaria y la ovulación y se asocia con mayor fertilidad (López Gatius & Hunter, 2017). El cuerpo lúteo (CL) es clave para el establecimiento y mantenimiento de la gestación, ya que produce progesterona durante la fase luteal. Dado que el CL se origina del folículo ovulatorio, es posible que su desarrollo también esté influenciado por el entorno térmico del tracto reproductivo. Además, las elevadas temperaturas ambientales derivadas del estrés por calor pueden alterar la termorregulación y comprometer la fertilidad, por lo que resulta de interés analizar la relación entre la temperatura del tracto reproductivo y el desarrollo del CL.

Objetivos:

Evaluar la relación entre la temperatura vaginal, cervical y rectal y el tamaño del cuerpo lúteo el día 7 post- inseminación artificial en vacas lecheras de alta producción.

Material y Métodos:

Este estudio se realizó en una explotación comercial de 200 vacas Holstein-frisona en lactación en Lleida entre diciembre de 2018 y diciembre de 2019, con una producción media anual de 9.550 kg por vaca. Solo se incluyeron vacas sanas, sin trastornos reproductivos ni enfermedades clínicas durante el período de estudio (días –5 a 7 de la inseminación). Las vacas fueron sincronizadas mediante un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). La sincronización se realizó mediante un dispositivo intravaginal liberador de progesterona combinado con GnRH (Deferelina, 100 µg de acetato de gonadoreli-

na [6-DPhe] i.m.; Gonavet Veyx Forte, Ecuphar, Barcelona, España) en el momento de la inserción del dispositivo liberador de progesterona (CIDR, 1,38 g de progesterona; Zoetis España SL, Alcobendas, Madrid, España). El dispositivo liberador de progesterona se mantuvo colocado durante 5 días, y al momento de su retirada recibieron una dosis de cloprostenol (500 µg de cloprostenol i.m.; Virbac España SA, Barcelona, España). Veinticuatro horas y treinta y seis horas después recibieron una segunda dosis de cloprostenol y GnRH, respectivamente, y fueron inseminadas artificialmente (IA) 12 horas después.

Se utilizó una combinación de ecografía y palpación rectal manual para confirmar que una vaca se encontraba en estro y determinar el tamaño del folículo preovulatorio. Siete días post-IA se registraron el número y el tamaño de los cuerpos lúteos mediante ecografía. Se midieron las temperaturas vaginal, cervical y rectal con un termómetro digital portátil. El día 28 post-IA se diagnosticó la gestación mediante ecografía.

Antes de las mediciones de temperatura se lavaron la vulva, la región perineal y el transductor con una solución desinfectante. El transductor se introdujo en la vagina aproximadamente 10 cm, posteriormente en el canal cervical, insertándolo entre 2 y 3 cm, y finalmente se introdujo la sonda a unos 10 cm en el recto.

Para cada animal se registraron: fecha IA; paridad (primípara vs. multípara); tamaño folicular y luteal (mm) determinado mediante ecografía en el momento de la IA y 7 días después; temperaturas vaginal, cervical y rectal (°C) siete días post-IA; THI máximo (índice temperatura-humedad, indicador del grado de estrés térmico ambiental) al día de la IA.

El tamaño del CL se categorizó como mayor o menor que la media (24 mm). Se realizaron modelos de regresión logística binaria para evaluar la asociación entre las variables de temperatura y el tamaño del CL. En los modelos se incluyeron como variables independientes las temperaturas vaginal, cervical y rectal, la paridad y el THI máximo al día de la IA. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete informático SPSS, versión 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.).

Resultados:

La población final del estudio consistió en 88 vacas lactantes monovulares (33 primíparas vs. 55 multíparas). La temperatura cervical y rectal media (± DE) a los siete días post-IA fue de 38,6 °C (±1,3) y 38,5 °C (±0,5), respectivamente. El tamaño medio (± DE) del cuerpo lúteo (CL) a los 7 días post-IA fue de 24 mm (±5,6).

El análisis estadístico mostró que las vacas con temperatura cervical y rectal elevada el día 7 post-IA presentaron mayor probabilidad de desarrollar un CL de mayor tamaño. Según la odds ratio, las vacas con una temperatura cervical elevada tenían 55,2 veces (IC 95%: 9,4–323,1) más probabilidades de presentar un CL de mayor tamaño el día 7 post-IA ($p < 0,001$). Asimismo, las vacas con una temperatura rectal elevada tenían 22,5 veces (IC 95%: 3,9–130,2) más probabilidades de presentar un CL de mayor tamaño el día 7 post-IA ($p = 0,001$). La temperatura vaginal no mostró asociación significativa con el tamaño del CL.

Conclusiones:

La temperatura cervical y rectal elevada el día 7 post-IA se relaciona con un mayor desarrollo del tamaño del cuerpo lúteo. La temperatura vaginal no tuvo ningún impacto sobre el tamaño del CL.

Referencias bibliográficas

López-Gatius F and Hunter R. 2017. Clinical relevance of pre-ovulatory follicular temperature in heat-stressed lactating dairy cows. Reprod Domest Anim 52:366–370.

CO-319 | Cirugía y Podología

RESOLUCIÓN DE UNA LACERACIÓN PROFUNDA EN EL EXTREMO DISTAL DEL PEZÓN PREVIO AL SECADO EN UNA VACA HOLSTEIN.

RESOLUTION OF A DEEP LACERATION IN THE DISTAL END OF A TEAT NEAR TO THE DRYING PERIOD IN A HOLSTEIN COW.

Coral Melchor González Melchor González[1]

(1)-Veterinaria clínica de bovino

Introducción

La ubre y los pezones son susceptibles de sufrir diferentes lesiones traumáticas debido a su conformación y localización anatómica, en especial laceraciones. Estas se producen a menudo y, en casos graves, pueden llevar a la pérdida del cuarterón, la ubre e incluso el animal, dando lugar a elevadas pérdidas económicas (Abd-El-Hady, 2015; Hendrickson et al., 2007).

El pezón es la parte más distal de la ubre, a través de la cual se produce la eyección láctea. La leche pasa desde la cisterna glandular, o seno de la glándula, a la cisterna del pezón a través de un pliegue mucoso, y posteriormente sale de la ubre a través del esfínter del pezón pasando por el conducto papilar (König & Liebich, 2020).

Descripción del caso

Vaca Holstein de 6ª lactación con una gestación de alrededor de 240 días, que iba a iniciar el secado esa misma semana. Tuvo un accidente durante la salida de la sala de ordeño, cayendo parcialmente al foso de esta, y provocando así una laceración transversal profunda del pezón del cuarterón delantero derecho, a unos 3 cm del extremo distal, cortando así la cisterna del pezón.

Procedimiento

Se inmoviliza el animal en estación, y se realiza la sedación mediante el uso de xilacina (20 mg/ml) vía intramuscular, para así valorar y limpiar la lesión. Tras desinfectar con povidona yodada, se administra anestesia local con procaína (20mg/ml) utilizando una aguja de 25G en la base del pezón alrededor de la circunferencia de este (Hendrickson et al., 2007). Tras esto, se sutura la laceración con una hebra de ácido poliglicólico absorbible del número 3-4 con una aguja de 1/2 traumática en un patrón de puntos simples, intentando dejar como máximo de 3 a 5 mm de separación entre cada punto, y sin atra-

vesar la mucosa para no llegar a la cisterna del pezón. Posteriormente se comprueba si hay fugas de leche por algún orificio que haya podido quedar. Para terminar, se administra una cánula intramamaria de bencilpenicilina procaína monohidrato (600 mg) y, se coloca una cánula mamaria de 5 cm con tapón para mantener abierta la cisterna del pezón. Se aplica además un antiinflamatorio no esteroideo por vía intramuscular, ketoprofeno (150 mg/ml), para reducir la inflamación y el dolor.

Tratamiento postquirúrgico

Se pautó la limpieza y desinfección dos veces al día de la herida durante los 5 días posteriores. Se instauró un tratamiento con antibioterapia que consistió en 1 cánula de bencilpenicilina procaína monohidrato (600 mg) a las 12 horas de la primera, después de la cual se colocó una nueva cánula intramamaria con tapón para mantener abierta la cisterna del pezón; 12 horas después de la segunda cánula, se aplica un secado compuesto por penetamato iohidrato y framitecina (100 mg) y bencipenicilina benetamina (280 mg), y un tapón intramamario (bismuto 2,6 g) para evitar infecciones durante el secado. Además de bencilpenicilina procaína (200 mg) con dihidroestreptomicina (250 mg) intramuscular durante 3 días.

La idea de mantener las primeras 24 horas la cánula intramamaria con tapón y el uso de las cánulas de bencilpenicilina cada 12 horas, es para poder vaciar el cuarterón sin el uso de la ordeñadora y mantener abierta la cisterna del pezón, evitando así posibles estenosis, además de prevenir infecciones en las primeras 24 horas.

Evolución

Durante el periodo seco, se fueron haciendo chequeos periódicos para ver la evolución del pezón y comprobar el estado de la ubre. La laceración evolucionaba favorablemente, sin infecciones y sin canales secundarios visibles. Para el momento del parto, las suturas ya se habían reabsorbido y la laceración estaba completamente curada.

Durante el primer ordeño se observó una pequeña fuga en un extremo de la cicatriz, pero no supuso ningún problema a la hora de colocar la pezonera ni el ordeño. En las semanas posteriores se fue observando la evolución de la ubre para comprobar que no había infecciones ni otros problemas.

Actualmente, a pesar de que existe ese pequeño canal que evacua algo de leche cuando la ubre esta muy llena, los ordeños se llevan a cabo sin ningún problema, la ubre es totalmente funcional y no ha sufrido ningún tipo de infección.

Referencias

Hendrickson, D. A., McIlwraith, C. W., & Turner, A. S. (2007). *Techniques in large animal surgery*

(3rd ed.). Wiley-Blackwell

König, H. E., & Liebich, H.-G. (Eds.). (2020). *Veterinary anatomy of domestic animals: Textbook and colour atlas* (7th ed.). Thieme.

Abd-El-Hady, A. A. A. (2015). Clinical observations on some surgical udder and teat affections in cattle and buffaloes. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences, 2*(4A), 270-281.

CO-322 | Reproducción

PREVALENCIA DE ENDOMETRITIS EN VACAS DE MATADERO EN EL NOROESTE DE ESPAÑA: EVALUACIÓN MACROSCÓPICA Y CITOLÓGICA

PREVALENCE OF ENDOMETRITIS IN SLAUGHTERHOUSE COWS IN NORTHWESTERN SPAIN: MACROSCOPIC AND CYTOLOGICAL EVALUATION

Antía Acción Carro[1], Jacobo Álvarez[2], Renato Barrionuevo[3], Juan José Becerra[2], Ana Isabel Peña[3], Luis Ángel Quintela[2], Uxía Yáñez[3]

(1)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain; 2 Instituto de (2)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain; 2 Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER), Universidade de Santiago de Compostela, Lug (3)-1 Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002 Lugo, Spain;

Las enfermedades uterinas postparto son alteraciones reproductivas frecuentes en el ganado vacuno y tienen un impacto negativo sobre la eficiencia productiva y el bienestar animal (Quintela et al., 2017). Generalmente, las vacas son capaces de restaurar la microbiota uterina durante las primeras cinco semanas tras el parto; sin embargo, la persistencia de una disbiosis puede provocar inflamación endometrial prolongada y retraso en la reanudación de la actividad ovárica (Tobolski et al., 2025).

La endometritis, definida como inflamación del endometrio, puede presentarse en diversas formas. La forma clínica se caracteriza por la presencia de exudado purulento o mucopurulento detectable mediante exploración (LeBlanc et al., 2002). Por otra parte, la endometritis citológica, en la que la citología endometrial muestra un porcentaje elevado de neutrófilos polimorfonucleares (PMN) (&gte;15 %, >30 días postparto), indica inflamación persistente (Kasimanickam et al., 2004; Sheldon et al., 2006). Estas alteraciones disminuyen las tasas de concepción, alargan los intervalos entre partos, incrementan el número de servicios por gestación y, en última instancia, pueden derivar en descarte económico de los animales (Tobolski et al., 2025).

Desde la perspectiva productiva, estas consecuencias se traducen en pérdidas económicas significativas, asociadas a días abiertos prolongados, mayor gasto veterinario, reducción de la producción de leche e incremento de la tasa de eliminación (Barrio et al., 2015). Diversos estudios han demostrado que la endometritis incrementa el riesgo de descarte. Dubuc y Denis-Robichaud (2017) describieron una mayor proporción de vacas eliminadas antes de los 60 días en leche entre aquellas diagnosticadas con endometritis clínica (17,8 %) frente a vacas sanas (9,2 %). Resultados similares obtuvieron Valdmann et al.

(2022), que describieron una tasa de eliminación del 65 % en vacas con endometritis clínica frente a 7,4 % en sanas. En base a estos hallazgos, el objetivo de este trabajo ha sido determinar la prevalencia de endometritis en vacas de descarte y evaluar su asociación con la fase del ciclo estral.

En este estudio se analizaron 212 aparatos reproductores completos procedentes de dos mataderos de la provincia de Lugo. Los aparatos reproductores fueron evaluados macroscópicamente y clasificados según los hallazgos macroscópicos y citológicos. Se establecieron tres grupos: el Grupo 1 incluyó úteros sin alteraciones macroscópicas evidentes, pero con endometritis citológica, definida por un porcentaje de PMN superior al 5 % en la citología endometrial realizada en la parte media del cuerno uterino mediante la técnica de "cytobrush". El Grupo 2 estuvo constituido por aparatos reproductores con contenido uterino anormal compatible con endometritis clínica, pero con un porcentaje de PMN inferior al 5 %. El Grupo 3 incluyó aquellos aparatos reproductores sin alteraciones macroscópicas ni citológicas, considerados sanos. También se clasificaron en base a su estado reproductivo, definiendo fase lútea cuando existía un cuerpo lúteo y fase folicular cuando los ovarios presentaban un folículo dominante (>1cm) en ausencia de cuerpo lúteo. La asociación entre el tipo de endometritis y el estado reproductivo se analizó mediante la prueba de chi-cuadrado, considerando significación estadística cuando $p < 0,05$ y tendencia cuando $p < 0,10$.

De los 212 aparatos reproductores evaluados, 163 (76,9 %) fueron clasificados como sanos, 36 (17,0 %) presentaron endometritis citológica y 13 (6,1 %) mostraron contenido uterino anormal asociado con endometritis clínica. Aunque no se detectaron asociaciones estadísticamente significativas ($p = 0,069$), se observó una tendencia: los animales con endometritis citológica se encontraban con mayor frecuencia en fase folicular (60 %), mientras que los casos de endometritis clínica se asociaron principalmente a fase lútea (69,2%). En el grupo sano, el 40,5 % de los animales se encontraba en fase folicular y el 59,5 % en fase lútea.

La posible asociación entre el tipo de endometritis y la fase del ciclo estral podría relacionarse con variaciones hormonales que modulan la respuesta inmune uterina, aunque estos resultados deben interpretarse con cautela, ya que no alcanzaron significación estadística. Por otro lado, debido al carácter descriptivo del estudio y la ausencia de información sobre el motivo de eliminación de los animales, estos resultados deben considerarse con precaución. No obstante, teniendo en cuenta la relevancia de la endometritis sobre la eficiencia reproductiva, la elevada prevalencia detectada podría indicar que esta patología contribuye al descarte de una proporción relevante de animales, especialmente en aquellos casos asociados a problemas reproductivos persistentes.

Bibliografía:

Barrio, M., et al. (2015). Span. J. Agric. Res., 13, e05SC02.

Dubuc, J., & Denis-Robichaud, J. (2017). J. Dairy Sci., 100, 3363-3370. Kasimanickam, R., et al. (2004). Theriogenology, 62, 9-23.

LeBlanc, S. J., et al. (2002). J. Dairy Sci., 85, 2223-2236. Quintela, L. A., et al. (2017). Inf. Téc. Econ. Agrar., 113, 278-292. Sheldon, I. M., et al. (2006). Theriogenology, 65, 1516-1530.

Tobolski, J., et al. (2025). BMC Vet. Res., 21, 276. Valdmann, M., et al. (2022). Animals, 12, 2913.

CO-328 | Sanidad

CARACTERIZACIÓN DEL INFILTRADO INFLAMATORIO EN LA INFECCIÓN NATURAL POR MYCOPLASMA BOVIS: ESTUDIO PRELIMINAR

CHARACTERIZATION OF THE INFLAMMATORY INFILTRATE IN NATURAL INFECTION BY MYCOPLASMA BOVIS: A PRELIMINARY STUDY

Ester Párraga-Ros[1], Ana García-Galán[1], Christian De la Fe[1], Joaquín Amores-Iniesta[1], Juan Carlos Corrales-

Romero[1], Xochitl Hernández Martínez[1], Carlos Manuel Martínez-Cáceres[1], Elena Goyena[1], Juan Seva[1]

(1)-Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia

Mycoplasma bovis (MB) está presente en los cebaderos de ganado bovino, donde participa junto con otros agentes víricos y bacterianos en el complejo respiratorio bovino (CRB). La elevada variabilidad genética y antigénica de MB explica la diversidad de situaciones clínico-epidemiológicas asociadas a la infección y contribuye a la capacidad del patógeno de evadir una respuesta inmune eficaz del hospedador. MB produce neumonía en bovinos jóvenes, causando lesiones histopatológicas diversas que van desde una neumonía broncointersticial e hiperplasia del tejido linfoide asociado a los bronquios (BALT), a una bronconeumonía supurativa y neumonía necrotizante o caseoneocrótica, asociadas fundamentalmente a una respuesta inmune de base celular. Sin embargo, los mecanismos que inducen un tipo de infiltración celular u otro, así como las distintas lesiones, no están suficientemente estudiados. Por ello, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la respuesta inmune celular a nivel respiratorio en terneros de cebo infectados de forma natural con MB considerando distintos momentos de infección.

Para la realización de este estudio se utilizaron animales que pertenecían a 3 cebaderos nacionales (n= 42). Se monitorizaron clínicamente durante un mes, contemplando 5 tiempos (T) en períodos de 7 días, desde su entrada al cebadero (T1) con 6-9 meses de edad hasta los 28 días de cebo (T5). En cada tiempo se tomaron muestras de hisopos nasales para cultivo y PCR frente a MB. También se obtuvo suero para el estudio serológico con el fin de detectar la presencia de otros agentes virales como el virus sincitial, diarrea vírica bovina, rinotraqueitis bovina, parainfluenza y coronavirus. Al finalizar el período de engorde, se llevó a cabo un último muestreo *post mortem* en matadero donde, además de hisopos traqueobronquiales para PCR, se tomaron muestras de pulmón para el estudio histopatológico e inmunohistoquímico. Se diagnosticó el tipo de neumonía y se usó un anticuerpo frente a CD3 para la detección de linfocitos T (Polyclonal Rabbit Anti-Human CD3, DAKO A0452). Las muestras se digitalizaron a una resolución de 0,172 píxeles/mm (Pan-

noramic MIDI II scanner3D Histech®) para el análisis de imagen con el software Qupath®. El número de células T CD3⁺ se contabilizó evaluando 5 unidades bronquiales y bronquiolares completas por animal, determinando el porcentaje de infiltrado T-CD3⁺ en 3 regiones distintas de cada vía respiratoria (epitelio, lámina propia, BALT).

El 69% de los animales fueron positivos a MB por PCR. En ellos se observó un predominio de neumonías intersticiales y/o patrones broncointersticiales a nivel histopatológico, siendo menos frecuentes los CRB. El 6.8% mostraron lesiones caseonecróticas propias de MB en combinación con una respuesta broncointersticial moderada-grave. Todos los animales, incluidos los negativos a MB, fueron positivos también a alguno de los otros agentes virales respiratorios analizados (sincitial/parainfluenza/coronavirus). En relación con el infiltrado linfocitario, los resultados preliminares sugieren una respuesta distinta en función del tiempo en que se infectan con MB. Así, los animales positivos a MB en T1 presentaron mayor porcentaje de linfocitos T-CD3⁺, particularmente en las regiones de BALT. Sin embargo, en los animales infectados en tiempos posteriores (de T2 en adelante) se evidenció un porcentaje menor de T-CD3⁺, obteniendo resultados similares a los hallados en los animales negativos a MB.

En conclusión, la neumonía intersticial y/o broncointersticial es la patología respiratoria que afecta a la mayoría de los terneros de cebo en condiciones de campo a su llegada a matadero. El agente etiológico implicado y el momento de la infección parece condicionar la inmunidad celular local que se desarrolla, pues la presencia de MB en origen incrementa la inflamación peribronquial mediante una respuesta tipo celular T-CD3⁺ .

CO-329 | Cebo

CARACTERIZACIÓN DE LA MICROBIOTA RUMINAL DEL GANADO VACUNO DE CARNE

CHARACTERIZATION OF THE RUMINAL MICROBIOTA OF BEEF CATTLE

JUAN JOSÉ GARCÍA GARCIA[1], Alberto Benito Díaz[1], Patricia González García[1], Jerson Garita Cambronero[1]

(1)-INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRARIO DE CASTILLA Y LEON

Las herramientas de secuenciación masiva han revolucionado el estudio de la microbiota ruminal, revelando su influencia sobre la salud, el bienestar y el rendimiento productivo. El objetivo del presente trabajo consiste en describir la composición y diversidad microbiana del rumen del vacuno de carne. Para ello, se obtuvieron muestras de contenido ruminal mediante sondaje oral de 10 animales de razas cárnicas especializadas en el Centro de Testaje de Aia (Guipúzcoa), siguiendo protocolos estandarizados para minimizar el estrés y la contaminación cruzada entre animales. Los animales seleccionados tenían edades comprendidas entre 15 y 18 meses y estaban alimentados con dietas idénticas, compuestas por piensos comerciales y forrajes de alta calidad.

Una vez obtenidas las muestras, la biomasa microbiana se concentró mediante centrifugación a 24.000 rpm durante 30 minutos a 4 °C para eliminar los residuos sólidos y aumentar la concentración de células microbianas. El pellet resultante se utilizó para la extracción de ADN con el DNeasy PowerFood Microbial Kit (Qiagen, Alemania), siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante para asegurar la integridad y pureza del ADN. La concentración de ADN se midió mediante un Fluorímetro Qubit 4 (Invitrogen). La diversidad microbiana se evaluó mediante la amplificación de la región V3-V4 del gen 16S rRNA, utilizando los cebadores y condiciones de PCR explicados por Klindworth y col. (2013), los cuales han demostrado alta cobertura y especificidad para bacterias ruminales. El desarrollo de las librerías de secuenciación, el multiplexado y el proceso de secuenciación se realizaron siguiendo los protocolos de Illumina para la plataforma MiSeq utilizando el 2×300 cycle V3 Kit. Una vez realizado el análisis de calidad de las secuencias obtenidas, se procedió a la identificación de ASVs (Amplicon Sequence Variants) mediante DADA2 y su correspondiente asignación taxonómica utilizando el software QIIME 2, haciendo uso de la base de datos SILVA v138 como referencia.

El análisis metataxonómico mostró una alta abundancia y diversidad de taxones en los animales estudiados, probablemente relacionadas mayoritariamente con su alimentación.

A nivel de filos, se identificaron 22 filos bacterianos, dominados por Firmicutes (41,10%), Bacteroidota (39,53%) y Proteobacteria (13,39%), lo que coincide con la composición típica de rumiantes alimentados con dietas mixtas de alta calidad.

Entre las 116 familias identificadas, destacaron Prevotellaceae (26,33%), Succinivibrionaceae (12,72%), Lachnospiraceae (11,70%) y Ruminococcaceae (10,25%). A nivel de género, Prevotella destacó, por encima de los 217 géneros identificados, con una abundancia relativa media de 23,09%.

En otros trabajos sobre microbiota ruminal en bovinos se observó que Firmicutes y Bacteroidetes se presentaban como filos bacterianos dominantes, representando gran parte del microbioma ruminal total (Indugu *et al*., 2017), están implicados principalmente en la degradación de polisacáridos complejos y proteínas presentes en el contenido ruminal. Estos resultados fueron reportados bajo distintas condiciones dietéticas, lo que sugiere que esta composición bacteriana es relativamente estable independientemente de la localización y el manejo de los animales. Asimismo, en un análisis profundo del microbioma ruminal también se encontró que Firmicutes y Bacteroidetes dominan en la mayoría de las muestras (Pinnell *et al*., 2022).

Los estudios más recientes a cerca de metagenómica en bovinos corroboran que Prevotella es comúnmente el género más abundante en el rumen, destacando su papel central en la degradación de carbohidratos no estructurales y proteínas vegetales. (Yoshiaki *et al*., 2021).

Aunque la mayoría de estudios coinciden en los filos dominantes, las proporciones relativas pueden variar según la dieta, manejo, edad de los animales y método de muestreo. En este sentido, algunas investigaciones han reportado diferencias importantes en la abundancia

de Proteobacteria, que suele estar presente en menor proporción en rumiantes alimentados con forrajes más fibrosos, pero aumenta cuando la dieta es rica en concentrados fácilmente fermentables (Indugu *et al*., 2017).

En conclusión, la microbiota ruminal del ganado bovino de carne presenta un perfil bacteriano dominado por Firmicutes y Bacteroidota, con un papel predominante de Prevotella, reafirmando la importancia de estos grupos en la fermentación ruminal y la eficiencia productiva

Referencias bibliográficas:

Klindworth A., Pruesse E., Schweer T. et al. (2013). Evaluation of general 16S

ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing- based diversity studies, Nucleic Acids Research, Volume 41(1), 1, Page e1. https://doi.org/10.1093/nar/gks808

Indugu, N., Vecchiarelli, B., Baker, L.D. et al. (2017). Comparison of rumen bacterial communities in dairy herds of different production. BMC Microbiol 17,

190. https://doi.org/10.1186/s12866-017-1098-z

Pinnell LJ, Reyes AA, Wolfe CA et al. (2022). Bacteroidetes and Firmicutes Drive Differing Microbial Diversity and Community Composition Among Micro- Environments in the Bovine Rumen. Front. Vet. Sci. 9:897996. doi: 10.3389/fvets.2022.897996

Yoshiaki Sato, Hiroaki Takebe, Kento Tominaga et al. (2021). Taxonomic and functional characterization of the rumen microbiome of Japanese Black cattle revealed by 16S rRNA gene amplicon and metagenome shotgun sequencing, FEMS Microbiology Ecology, Volume 97 (12), fiab152, https://doi.org/10.1093/femsec/fiab152

CO-330 | Sanidad

MEDICIÓN DE ACEITES ESENCIALES NANO-EMULSIONADOS CON EL OBJETIVO DE PREVENIR Y/O REDUCIR DIARREAS NEONATALES EN TERNEROS DURANTE LA FASE DE LACTACIÓN

MEASUREMENT OF NANO-EMULSIFIED ESSENTIAL OILS WITH THE AIM OF PREVENTING AND/OR REDUCING NEONATAL DIARRHOEA IN CALVES DURING THE LACTATION PHASE.

Amalia Espejo Aguilar Espejo Aguilar[1], Román González Sanmartin[2], Jenny Ríos Caamaño[2]

(1)-Animal Health Concepts BV (2)-Prolesa SAT

Introducción

Una de las principales causas de muerte y enfermedad en los terneros lactantes son las diarreas neonatales, un problema de origen multifactorial que puede estar causado por virus, bacterias o protozoos. Se trata de un proceso que preocupa especialmente al sector ganadero debido a su difícil control y a las graves pérdidas económicas que ocasiona

Métodos y material. Se evaluaron 190 animales en una granja comercial de vacuno lechero en el Noroeste de España, en la provincia de Lugo. El estudio tuvo lugar entre los meses de septiembre 2025 hasta enero 2026. A medida que los animales iban naciendo, aleatoriamente se dividieron en 4 lotes de animales en orden de nacimiento. Lote machos control (n=73), lote machos tratamiento (n=73), lote hembras control (n=23) y lote hembras tratamiento (n=21). La duración de la lactación de los grupos machos fue de un mes, dónde se administraba dos tomas diarias de lactoreemplazante. En los grupos de las hembras, la duración de la lactación fue de dos meses y medio y se administraban dos tomas de lactoreemplazante diarias.

A los grupos tratamientos se le administran una combinación de extractos de plantas con mono-di-triglicéridos de ácido butírico nanoemulsionados, vía oral con una jeringa durante el periodo de encalostramiento. Así como, en el lactoreemplazante durante todo el periodo de estudio, a razón de 2ml por litro.A mayores, se le añadió en el pienso de arranque 2kg/tn de fitogénicos nanoemulsionados. Durante todo el periodo del estudio, los animales tuvieron agua a libre disposición y pienso ad líbitum en los cuatro lotes.

Durante el estudio, la administración de los productos se ha realizado de manera uniforme y se han registrado individualmente todos los datos requeridos para una evaluación objetiva de los resultados finales.

Resultados

Trascurridos los primeros 30 días, en el lote machos tratamiento se observa un incremento de un 2% más de peso medio con respecto al grupo control. Finalizado el periodo de lactación, en el grupo tratamiento de las hembras se observa un incremento de un 1% más de peso medio con respecto al grupo control.

GMD en el grupo tratamiento de machos es un 10% superior en comparación con el grupo control.En el grupo de las hembras con tratamiento, se obtiene un 11% más de GMD con respecto al grupo control. Tras evaluar el % de diarreas en el grupo control machos, se aprecian un 58% de diarreas (35 casos), frente a un 42% de diarreas en el grupo tratamiento (25 casos). En el grupo control hembras, la frecuencia de diarreas es de un 60% (15 casos) frente a un 40% (10 casos) de diarreas en el grupo tratamiento.

Otros de los parámetros evaluados es la gravedad de las diarreas, clasificándose en leve, moderada y grave. Ambos grupos tratamiento, presentan menor gravedad en el tipo de diarrea.

El porcentaje de bajas en el grupo control de las terneras es un 17% frente al 5% en el grupo tratamiento. El porcentaje de bajas en el grupo control de los machos es de un 14% frente al 7% en el grupo tratamiento.

Realizamos el análisis unidireccional con el test exacto de Fisher, agrupando ambos sexos para obtener mayor potencia estadística (pooled) ($p_{control} > p_{tratamiento}$). Con este análisis queremos evidenciar que el tratamiento reduce las diarreas neonatales. Resultado del test Fisher unidireccional $p = 0{,}0278$. Significativo con $\alpha = 0{,}05$.

Conclusión

Los resultados obtenidos en esta prueba de campo evidencian que la combinación de ambos aditivos de origen fitogénico mejora de forma notable la ganancia media diaria, además de reducir la mortalidad y la incidencia de diarreas neonatales en los terneros.

Estos datos se encuentran respaldados por un contraste unidireccional exacto, el cual confirma que el tratamiento disminuye significativamente la incidencia de diarreas, mostrando valores estadísticamente relevantes.

Estos resultados posicionan a los aditivos fitogénicos como una herramienta eficaz y sostenible para la mejora de las diarreas neonatales en terneros lactantes.

CO-337 | Sanidad

CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA PARASITARIA EN GANADERÍAS DE VACUNO DE CARNE DE CASTILLA Y LEÓN.

CHARACTERIZATION OF PARASITIC LOAD IN BEEF CATTLE FARMS IN CASTILE AND LEÓN.

Alberto Benito Díaz[1], Mónica Montañés Foz[1], Juan José García García[1]

(1)-Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Línea de investigación en rumiantes.

Las parasitosis continúan siendo un factor limitante para la eficiencia productiva en las explotaciones de vacuno de carne, especialmente en sistemas extensivos, donde los animales están más expuestos a formas infectantes presentes en el medio. El objetivo de este estudio fue caracterizar el perfil parasitario presente en explotaciones de vacas nodrizas en Castilla y León.

Se seleccionaron 18 ganaderías de extensivo ubicadas en Castilla y León y sin antecedentes recientes de ninguna patología. Los animales muestreados fueron vacas nodrizas de segundo parto, de explotaciones constituidas principalmente por vacas de fenotipo conjunto mestizo, cubiertas por machos de razas cárnicas mejorantes. En cada ganadería se recogió un pool de 10 muestras fecales individuales durante el otoño. Todos los animales presentaban una condición corporal media (BCS ≈ 3) y una consistencia fecal media (score 3), sin signos clínicos compatibles con parasitosis. Los animales habían recibido tratamiento antiparasitario a base de ivermectina en primavera. Las muestras se analizaron en el laboratorio Zootecnia. Análisis Clínicos Veterinarios, mediante técnicas de flotación, coprocultivo y sedimentación.

El análisis coprológico permitió identificar principalmente nematodos gastrointestinales del género Trichostrongylus spp., detectados en el 100 % de las explotaciones, con cargas de 75–350 h.g.h., observándose elevada variabilidad entre ganaderías. Además, en tres explotaciones (16,7 %) se detectó *Paramphistomum cervi*, asociado a cargas moderadas de nematodos gastrointestinales. En cuanto a trematodos hepáticos, se identificó *Fasciola hepatica*en una explotación y *Dicrocoelium dendriticum*en otra, por el contrario, no se observaron parásitos pulmonares en ninguna muestra.

Los resultados muestran coincidencias con estudios que resaltan que los nematodos gastrointestinales son los helmintos predominantes en bovinos de sistemas extensivos, siendo la presencia de strongílidos un patrón epidemiológico común (Income, *et al*. 2021). En distintos estudios, las nematodosis en ganado bovino han mostrado altas prevalencias cuando se emplean técnicas coprológicas de flotación y coprocultivo, reflejando que este grupo parasitario constituye el principal desafío en sistemas de pastoreo. Estudios internacionales también identifican a géneros como Trichostrongylus entre los nematodos frecuentes en bovinos cuando se realiza identificación larvaria (coprocultivo), lo que concuerda con la elevada prevalencia observada en este trabajo y apoya la importancia de incluir coprocultivos para una caracterización precisa (Motta-Delgado *et al*., 2025; Nouri *et al*., 2022).

En cuanto a los trematodos ruminales (Paramphistomum spp.), la presencia puntual en este estudio contrasta con investigaciones realizadas en el noroeste de España (Galicia y Asturias), donde se han reportado prevalencias mucho más elevadas, alcanzando aproximadamente 81,8 % a nivel de explotación y 51,2 % a nivel individual en bovinos analizados mediante sedimentación coprológica, con *Calicophoron daubneyi*como especie dominante (García-Dios *et al*, 2025). Estos hallazgos sugieren un efecto geográfico y ambiental que

favorece la transmisión de paramphistomosis en regiones con mayor humedad y presencia del caracol intermediario, lo que puede explicar las diferencias observadas con Castilla y León.

La presencia de *Fasciola hepatica*y *Dicrocoelium dendriticum*en un número reducido de explotaciones coincide con la distribución focalizada de trematodos hepáticos en condiciones ambientales específicas, como áreas con microambientes húmedos o presencia de hospedadores intermediarios (caracoles u hormigas), lo cual ha sido documentado en estudios epidemiológicos de fasciolosis y de dicroceliosis en bovinos de otras regiones (Fernández-Novo *et al* 2020).

Estos resultados refuerzan la necesidad de instaurar programas de control que integren diagnósticos coprológicos periódicos (flotación, coprocultivo y sedimentación) y estrategias adaptadas a las condiciones epidemiológicas locales. Aunque muchas ganaderías en sistemas extensivos aplican tratamientos antiparasitarios periódicos, la alta prevalencia de nematodos gastrointestinales observada subraya que los tratamientos no siempre eliminan completamente las infecciones y que el control debe ajustarse según la dinámica parasitaria local, la edad de los animales y el sistema de manejo.

Bibliografía:

Income, N., Tongshoob, J., Taksinoros, S., Adisakwattana, P., Rotejanaprasert, C., Maneekan, P., & Kosoltanapiwat, N. (2021). Helminth Infections in Cattle and Goats in Kanchanaburi, Thailand, with Focus on Strongyle Nematode Infections. Veterinary Sciences, 8(12), 324. https://doi.org/10.3390/vetsci8120324

Motta-Delgado PA, Muñoz Murcia AL, Rojas Vargas EP,

Herrera Valencia W. (2025). Prevalence of Gastrointestinal Parasites in Grazing Adult Cattle from the Caquetá State, Colombia. Journal Facultad de Ciencias Agropecuarias-FAGROPEC, vol. 17(2). pp. 73-90. https://doi.org/10.47847/fagropec.v17n2a5

Nouri NV, Rahmatian R, Salehi A. (2022). Prevalence of Helminthic Infections in the Gastrointestinal Tract of Cattle in Mazandaran Province (Northern Iran). Journal of Parasitology Research, vol june, (1-2), p.p. 1-7. https://doi.org/10.1155/2022/7424647

García-Dios, D., Díaz, P., Remesar, S. et al. (2025). Beyond stabilization: prevalence, risk factors and molecular identification of rumen flukes in cattle from Northwestern Spain. BMC Veterinary Research 21, 561. https://doi.org/10.1186/s12917-025-05009-y

Fernández-Novo, A., Lomillos-Pérez, J. y García-García, J. (2020). Prevalencia de "Fasciola hepatica" en ganado bovino de Lidia. Abanico Veterinario, vol. 10, n. 1 (15 feb.), pp. 1-10. http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.3

CO-341 | Sanidad

EVALUACIÓN A CAMPO DE ESTRATEGIAS VACUNALES FRENTE A LA QUERATOCONJUNTIVITIS INFECCIOSA BOVINA EN URUGUAY

FIELD EVALUATION OF VACCINATION STRATEGIES AGAINST INFECTIOUS BOVINE KERATOCONJUNCTIVITIS IN URUGUAY

Sebastián Rossi Hernández[1], Valentina Skuras[1], Eliana Rodriguez[1], José Betancurt[1], Laureana De Brun[1]

(1)-Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Uruguay

La queratoconjuntivitis infecciosa bovina (QIB) es una enfermedad ocular altamente contagiosa del ganado vacuno, con importante impacto económico, cuyos principales agentes en Uruguay son *Moraxella bovis*y *Moraxella bovoculi*(1). Su incidencia aumenta en primavera y verano, asociada a la radiación ultravioleta y a factores de manejo que afectan la respuesta inmunitaria (2). Si bien existen vacunas comerciales, su eficacia a campo es variable y estudios previos no evidencian reducción del riesgo de infección ni mejoras productivas

(3). Esta limitación se atribuye a la diversidad antigénica y capacidad de mutación de *M. bovis*, así como a la falta de concordancia entre cepas vacunales y circulantes (4). Por ello, el objetivo de este trabajo fue comparar la protección a campo de una autovacuna elaborada con aislamientos del establecimiento afectado frente a una vacuna comercial.

El estudio contó con la aprobación de la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (CEUA, protocolo N.º 1921). Se utilizaron 57 terneros y terneras Hereford, criados a campo natural al pie de la madre, pertenecientes a un establecimiento con antecedentes de QIB y sin inmunización previa. Los animales se distribuyeron en tres grupos: vacuna comercial (VC; n=19), que contenía *M. bovis*inactivada (serotipos C, D y E), *M. bovoculi*y *Moraxella ovis*; autovacuna (AV; n=19), elaborada a partir de aislamientos de *M. bovis*del establecimiento, inactivados y formulados con adyuvante oleoso por un laboratorio comercial; y un grupo control sin vacunar (CL; n=19). La inmunización se realizó en diciembre a los tres meses de edad (D0) con revacunación a los 30 días (D30). Se efectuaron evaluaciones clínicas en los días 0, 30, 60, 106 y 147, registrándose al inicio el grado de pigmentación ocular. Durante cada muestreo se realizó un examen oftalmológico bilateral, utilizando un score clínico de 1 a 4 según severidad y pronóstico, donde los grados 1 a 3 se establecen según la gravedad de la lesión y el 4 corresponde a la cicatrización (5). En los animales con lesiones se realizaron hisopados conjuntivales para aislamiento e identificación bacteriana en agar sangre ovina al 4%. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y prueba de Chi2.

Se analizó la frecuencia y severidad de lesiones clínicas por grupo en los distintos muestreos. Al D30, se observaron pocos animales afectados: 2/19 en el grupo VC (1 grado 1, 1 grado 2), 1/19 en AV (grado 1) y 1/19 en CL (grado 1). Al D60, se registró un aumento de casos en todos los grupos: 4/19 en VC (3 grado 2, 1 grado 4), 5/19 en AV (4 grado 2, 1 grado 1) y 6/19 en CL (1 grado 3, 2 grado 2, 3 grado 1). La mayor frecuencia de

casos se observó al D106: 7/19 en VC (2 grado 4, 2 grado 2, 3 grado 1), 8/19 en AV (2 grado 4, 6 grado 1) y 8/19 en CL (2 grado 4, 2 grado 2, 4 grado 1). Hacia el final del ensayo (D147), la frecuencia de lesiones disminuyó en todos los grupos: 3/19 en VC (1 grado 4, 2 grado 1), 2/19 en AV (grado 1) y 1/19 en CL (grado 1).

A lo largo del ensayo, todos los grupos presentaron signos clínicos de QIB con variabilidad en la severidad de las lesiones, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos en el número total de animales afectados ni en la distribución de los grados clínicos. No se detectaron diferencias entre la autovacuna y la vacuna comercial, lo que sugiere la necesidad de considerar el uso de nuevos aislamientos para la elaboración de vacunas. El análisis microbiológico de hisopados subconjuntivales permitió aislar colonias compatibles con

Moraxella spp., confirmando la presencia del agente en el rodeo. En relación con la pigmentación ocular, los animales con pigmentación completa presentaron una menor proporción de lesiones clínicas en comparación con aquellos con pigmentación parcial o ausente, lo que sugiere una menor susceptibilidad a la enfermedad en animales con mayor pigmentación ocular.

En conclusión, no se observaron diferencias en la incidencia de QIB entre los animales vacunados y el grupo control, ni entre aquellos inmunizados con autovacuna o vacuna comercial.

1. 1-Sosa et al., (2015). DOI:10.3855/jidc.6222
2. Arnold, M. (2012). University of Kentucky Cooperative Extension Service, ID-135
3. O'Connor et al., (2019). DOI:10.1111/jvim.15633
4. Lepper et al., (1992). DOI:10.1016/0378-1135(92)90104-2
5. Cardozo, E. (2007). 5° Jornadas Técnicas Veterinarias, Montevideo, Uruguay, p 56

CO-342 | Reproducción

EFECTO DE INDICADORES DE ESTRÉS TÉRMICO EN EL DÍA DE LA INSEMINACIÓN SOBRE LA FERTILIDAD Y LAS PÉRDIDAS EMBRIONARIAS EN VACAS LECHERAS DE ALTA PRODUCCIÓN

EFFECT OF HEAT STRESS INDICATORS ON THE DAY OF INSEMINATION ON FERTILITY AND EMBRYONIC LOSSES IN HIGH-PRODUCING DAIRY COWS

Ángela Martínez Alfaro [1], Mònica Pando Jaén [1], Mònica Llobera Balcells [1], Irina Garcia Ispierto [1]

(1)-Universidad de Lleida

Introducción: El estrés por calor representa uno de los principales factores ambientales que comprometen el rendimiento productivo y reproductivo de la vaca lechera de alta producción. La capacidad del animal para mantener la normotermia depende tanto de las condiciones ambientales como de su elevada producción metabólica de calor, especialmente durante la lactación. Cuando la temperatura y la humedad ambiental superan los límites de la zona termoneutra, se dificulta la disipación del calor corporal, generándose alteraciones fisiológicas que pueden afectar negativamente a la función reproductiva.

El índice temperatura-humedad (THI) se utiliza como indicador del grado de estrés térmico, especialmente cuando supera las 72 unidades, y valores elevados se han asociado con una disminución de la fertilidad, alteraciones de la dinámica folicular, cambios hormonales y un mayor riesgo de fallo reproductivo. Además, se ha descrito que los efectos de estrés térmico no se limitan al momento de la exposición, sino que pueden prolongarse en el tiempo y afectar al desarrollo embrionario temprano y a la supervivencia gestacional.

Objetivo: Evaluar el efecto de distintos indicadores de estrés térmico en el día de la inseminación artificial sobre la fertilidad y la pérdida embrionaria en una explotación comercial de vacuno lechero de alta producción.

Las variables climáticas se analizaron tanto como continuas como categorizadas en función de la media específica de la granja.

Material y Métodos: Se realizó un estudio observacional retrospectivo en una granja comercial, analizando un total de 2.777 inseminaciones artificiales efectuadas durante periodos de estrés por calor. Las condiciones ambientales del día de la inseminación se caracterizaron mediante el índice temperatura-humedad (THI) máximo, categorizado como <72 o ≥72, así como por el número de horas diarias con THI ≥72 y ≥80.

El diagnóstico de gestación, la presencia de gestación gemelar y la pérdida gestacional se registraron como variables binarias. La pérdida gestacional incluyó la pérdida embrionaria temprana (28 634 días de gestación) y el aborto (42 655 días), evaluándose únicamente en animales previamente diagnosticados como gestantes. La asociación entre los indicadores de estrés térmico y los resultados reproductivos se analizó mediante modelos de regresión logística univariantes, expresándose los resultados como odds ratio (OR) con intervalos de confianza del 95%.

Resultados: Ninguno de los indicadores de estrés térmico evaluados en el día de la inseminación se asoció de forma significativa con la probabilidad de diagnóstico positivo de gestación. Tampoco se observaron asociaciones significativas entre las variables climáticas y la presencia de gestación gemelar ni con la pérdida gestacional en las vacas gestantes. Los resultados fueron consistentes independientemente de que las

variables ambientales se analizaran como continuas o categorizadas ($p > 0,05$ en todos los casos).

Conclusiones: En las condiciones de esta explotación comercial de vacuno lechero de alta producción, los indicadores de estrés térmico en el día de la inseminación no se asociaron con una reducción de la fertilidad ni con un aumento de las pérdidas embrionarias. Estos resultados sugieren que un manejo adecuado de los animales, junto con protocolos reproductivos eficaces y medidas de mitigación del estrés por calor, puede contrarrestar los efectos potencialmente adversos del estrés térmico en sistemas productivos comerciales. El estudio subraya la importancia del control ambiental y del manejo integral para mantener el rendimiento reproductivo bajo condiciones de estrés térmico.

CO-345 | Sanidad

VIREMIA PROLONGADA EN GANADO BOVINO INFECTADOS POR EL VIRUS DE LA ENFERMEDAD HEMORRÁGICA EPIZOÓTICA

PROLONGED VIRAEMIA IN CATTLE INFECTED WITH EPIZOOTIC HAEMORRHAGIC DISEASE VIRUS

María Belén Hernández Garabal[1], Laura Junquera[1], Gonzalo López-Lorenzo[1], Ana Saldaña [1], Carlota Fernández-González[1], Néstor Martínez-Calabuig[1], David García-Dios [1], Pablo Díaz[1], Alberto Prieto[1], Gonzalo Fernández[1],

José Manuel Díaz-Cao[1]

(1)-Universidad de Santiago de Compostela

La Enfermedad Hemorrágica Epizoótica (EHE) es una enfermedad vírica emergente transmitida por *Culicoides* spp. con una presentación estacional (final de primavera a inicios de otoño) (1). En España, la enfermedad emergió en 2022, registrándose brotes en las temporadas subsiguientes (2023-2025) coincidentes con la época de mayor actividad del vector (2). Dado que la transmisión ocurre mediante un vector biológico, la persistencia de la viremia es un factor crítico para la transmisibilidad. Aunque se estima que la viremia puede ser extensa, existe escasa información sobre su duración real en condiciones naturales y, en particular, para el serotipo 8 circulante en España (3, 4). Asimismo, el mantenimiento de una viremia extensa durante el invierno facilitaría la transmisión en ciclos posteriores, donde los bovinos infectados actuarían como reservorio viral hasta la reactivación del vector. Considerando estas premisas, el objetivo de este trabajo fue estimar la duración de la viremia en vacas naturalmente infectadas.

Para este estudio se contactó con veterinarios colaboradores de vacuno lechero (Holstein-Friesian) para que comunicasen la presencia de animales con casos EHE confirmados por los Servicios Veterinarios Oficiales (SVO) en agosto-octubre 2024. En total se obtuvieron 30 animales procedentes de 12 granjas diferentes. Para cada animal se registró la fecha de confirmación por los SVO y se realizó un seguimiento de la viremia (octubre-2024 a mayo-2025), tomando muestras de sangre cada 21 días hasta resultado negativo. Adicionalmente, se recogieron datos del mes, número de lactación y días en leche de cada animal en su fecha de confirmación. Las muestras de sangre de cada animal se analizaron mediante un kit comercial de qPCR. La relación entre la duración de la viremia y las variables anteriores se estudió mediante regresión de Cox.

De los 30 animales, 2 causaron baja durante el seguimiento. La duración media de la viremia observada fue 152 días (108 – 195); más del 90 % de los animales presentaron una duración superior a cuatro meses y coincide con los cuatro meses de duración media observados en Israel en animales con infección de campo (4), pero con el serotipo 6. Esto señala la larga viremia producida por diferentes serotipos de este virus en condiciones de campo. Además, al tratarse de infecciones de campo, nuestro estudio podría subestimar la duración real de la viremia, ya que la fecha de infección es anterior a la fecha de confirmación por los SVO y el cese se consideró en la última muestra positiva a qPCR. No obstante, estos resultados indican que las vacas infectadas pueden establecerse como reservorios del virus durante largas temporadas. Asimismo, debe considerarse, que la cantidad de virus detectada descendió progresivamente, por lo que las últimas muestras detectadas podrían presentar Ct demasiados bajos para producir una infección.

El análisis estadístico mostró que la duración de la viremia fue significativamente menor en los animales confirmados en octubre en comparación con los confirmados en agosto y septiembre ($p < 0,05$), con una reducción observada de aproximadamente 15 días que los confirmados en los otros meses; pero no hubo diferencias entre los infectados en septiembre respecto a los de agosto. Las diferencias observadas podrían

deberse al comportamiento de *Culicoides* spp., los cuáles presentan su pico máximo de actividad y abundancia entre abril y octubre (5). Una menor actividad y abundancia de vector a mediados-finales de otoño podría indicar que los animales infectados en esta época reciben una dosis infectiva menor, reduciendo la duración de la viremia (6). En cambio, no se encontraron diferencias significativas en la duración de la viremia en función de los días en leche o el número de lactación en el momento de la infección.

En conclusión, se demuestra que en condiciones de campo el virus de la EHE puede producir viremias de muy larga duración, que pueden tener impacto en la transmisión prolongada del virus. El mes en el que se produce la infección podría ser un modulador de la duración de la viremia.

1. Jiménez-Cabello, L. et al., 2023. Microorganisms, 11(5), 1339. https://doi.org/10.3390/microorganisms11051339
2. RASVE, 2026. https://servicio.mapa.gob.es/rasve/Publico/Publico/BuscadorFocos.aspx
3. Aradaib, I.E. et al., 1997. Comp Immunol Microbiol Infect Dis, 20(3), 281–283.
4. Golender, N. et al., 2019. J Dairy Res Technol, 2(1), 1–6. https://doi.org/10.24966/DRT-9315/100007
5. Barceló, C. et al., 2020. Res Vet Sci, 129, 154–163. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.01.017
6. Wittmann, E.J. et al., 2002. Med Vet Entomol, 16(2), 147–156. https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2002.00357.x

---

CO-346 | Sanidad

COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DIAGNÓSTICO DE LA QPCR Y CULTIVO MICROBIOLÓGICO PARA LA DETECCIÓN DE PROTOTHECA SPP. EN MUESTRAS DE LECHE.

COMPARISON OF THE DIAGNOSTIC PERFORMANCE OF QPCR AND MICROBIOLOGICAL CULTURE FOR THE DETECTION OF PROTOTHECA SPP. IN MILK SAMPLES

JOSE MANUEL DIAZ CAO[1], Gonzalo López-Lorenzo[1], María Belén Hernández-Garabal[1], Laura Junquera[1], Alberto Rodríguez-Lozano[1], Cynthia López-Novo[1], Susana Remesar-Alonso[1], Néstor Martínez-Calabuig[1], Ceferino Manuel López[1], Gonzalo Fernández[1], Alberto Prieto-Lago[1]

(1)-Universidade de Santiago de Compostela

En la última década, la epidemiología de la mamitis bovina ha evolucionado significativamente [1]. Patógenos clásicos com Staphylococcus aureus o Streptococcus agalactiae están bajo relativo control, la prevalencia de otros patógenos como las algas del género Prototheca han aumentado [2]. La mamitis prototecal está causada principalmente por Prototheca bovis (anteriormente P. zopfii genotipo 2), Prototheca blaschkeae y Prototheca ciferri; y puede tener un elevado impacto económico y clínico produciendo una reducción drástica de la producción lechera, un aumento sostenido de las células somáticas (RCS), y a menudo la pérdida funcional del cuartón afectado [3].

Prototheca spp. son algas unicelulares saprófitas, no fotosintéticas que colonizan nichos húmedos como suelos, camas, lodos y sistemas de efluentes [4]. Su comportamiento epidemiológico es dual: son patógenos ambientales donde el entorno es el reservorio primario, pero son contagiosos durante el ordeño. Sin tratamiento eficaz, el control se centra en la detección precoz, la vigilancia proactiva y el sacrificio selectivo. Esto hace que sea muy necesario contar con medios de diagnóstico capaces de detectar correctamente a los animales portadores.

El cultivo microbiológico es el Gold Standard, pero presenta limitaciones debidas al sobrecrecimiento bacteria-

no que enmascara la presencia de Prototheca spp. o por baja sensibilidad en infecciones subclínicas. En este sentido, la PCR cuantitativa (qPCR) es una alternativa diagnóstica más rápida pero pocas veces ha sido validada en condiciones de campo. Por tanto, en este estudio, nuestro objetivo fue evaluar la aplicación de una qPCR comercial en comparación con el cultivo microbiológico para la detección de Prototheca spp. en muestras de leche.

Se analizó un panel de 88 muestras de leche de cuartones individuales suministradas por el Laboratorio Interprofesional Galego de Analise de Leite (LIGAL) (60 positivas y 28 negativas; procedentes de explotaciones con historial conocido a infecciones con Prototheca spp.). Asimismo, se analizaron 29 muestras de tanques de leche negativas a Prototheca spp. en cultivo, pero procedentes de granjas con historial de infección con vacas positivas. Todas las muestras habían sido previamente identificadas mediante cultivo microbiológico e identificación mediante MALDI-TOF. Para la qPCR, se empleó un kit comercial. Se calculó la sensibilidad, especificidad y concordancia (índice Kappa de Cohen.)

En muestras individuales, la qPCR mostró una sensibilidad y especificidad del 100 % respecto a la identificación confirmada por MALDI-TOF, con un acuerdo perfecto con la qPCR (kappa = 1). En las muestras de tanque, la qPCR detectó la presencia de ADN de Prototheca spp. en el 75,86% (22/29) de ellas. Los

resultados de este estudio señalan un mejor rendimiento de la qPCR frente al cultivo en muestras de leche. Pese a la concordancia absoluta en muestras individuales, la qPCR mejoró mucho la detección en tanque, detectando al patógeno en granjas con cultivo negativo al tanque. Esta discrepancia podría explicarse por la presencia de cargas genómicas bajo el umbral de detección microbiológico, situación característica de escenarios de baja prevalencia, infecciones incipientes o niveles bajos de contaminación ambiental donde el efecto de dilución en tanque enmascara la presencia del alga.

Debe considerarse que un positivo en tanque no implica necesariamente infección intramamaria en el rebaño, dada la posible presencia del alga en numerosos lugares de la explotación [2,4]. No obstante, sirve como un screening para realizar una investigación individualizada. La mayor sensibilidad de la qPCR en esta muestra facilita la detección precoz, un factor determinante para el control de la prototecosis bovina, que junto a la segregación estricta de las vacas positivas a Prototheca spp., y a cambios en el manejo higio-sanitarios, son estrategias clave para el control y erradicación [5]. En conclusión, la aplicación de la qPCR en muestras de leche para detección de Prototheca spp. es una herramienta con buen rendimiento diagóstico y con mayor capacidad para detectar positivos en tanque de leche que el cultivo microbiológico. Su aplicación en el diagnóstico de mamitis debería mejorar la capacidad de control precoz y así reducir la diseminación del patógeno, minimizando su impacto económico y evitando el sacrificio innecesario de animales, mientras garantiza que la circulación del patógeno no pase desapercibida.

1. Fernández, G. et al., 2013. Vet Res Commun. https://doi.org/10.1007/s11259-013-9570-1
2. Jagielski, T. et al., 2019. J Dairy Sci. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15495
3. Janosi, S. et al., 2000. Vet. Q. https://doi.org/10.1080/01652176.2001.9695082
4. Marques, S. et al., 2006. J. Dairy Sci. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72465-1
5. Beinhauerová, M. et al., 2023. Animals. https://doi.org/10.3390/microbiolres14030091

CO-354 | Reproducción

INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO Y LA ESTACIONALIDAD DEL PARTO SOBRE LA SALUD POSPARTO Y LOS TRASTORNOS METABÓLICOS EN VACAS LECHERAS DE ALTA PRODUCCIÓN

INFLUENCE OF PHOTOPERIOD AND CALVING SEASON ON POSTPARTUM HEALTH AND METABOLIC DISORDERS IN HIGH-PRODUCING DAIRY COWS

Mònica Pando Jaén [2,3], Ángela Martínez Alfaro [3], Mònica Llobera Balcells [3], Irina García Ispierto [1,3]

(1) Agrotecnio Centro- Universidad de Lleida (2) JMD Allué S.L (3) Universidad de Lleida-Dpto Salud Animal

Objetivo

Evaluar la influencia del fotoperiodo y de la época estacional del parto sobre la salud posparto y la aparición de trastornos metabólicos en vacas lecheras de alta producción.

Material y métodos

Se realizó un estudio observacional retrospectivo en una explotación comercial de vacuno lechero Holstein- Friesian situada en la provincia de Lleida. La granja cuenta con un censo medio de 1.530 vacas en lactación y dispone de un área específica para el manejo del posparto inmediato. En esta zona, los animales reciben una ración menos energética y de mayor contenido en fibra (menor cantidad de pienso y mayor proporción de forraje como silo de maíz, ray-grass y paja picada, con acceso libre a ray-grass o festuca), para favorecer el llenado ruminal y reducir el riesgo de alteraciones metabólicas. Además, durante los primeros 8–10 días posparto se administra propilenglicol como fuente de energía adicional.

Se incluyeron en el estudio un total de 1.002 vacas que parieron a lo largo de un periodo de 18 meses. Se recopilaron datos productivos y sanitarios registrados en el programa de gestión de la explotación (AFIFarm 5.3).

Se analizaron los principales trastornos metabólicos y alteraciones de la salud posparto diagnosticados hasta los 50 días tras el parto. Las variables metabólicas evaluadas fueron: cetosis subclínica (tiras reactivas de orina Ketostix-Bayer con valores >0,5 mmol/L o tiras de sangre FreeStyle Optium β-ketone >1 mmol/L), hipocalcemia clínica, retención de placenta (no expulsión de membranas fetales >24 horas) y desplazamiento de cuajar. Todas estas variables se consideraron de naturaleza dicotómica (presencia/ausencia).

La salud uterina se evaluó mediante ecografía transrectal realizada a los días 20 y 30 posparto, registrándose la presencia o ausencia de contenido uterino como indicador indirecto de involución uterina. Adicionalmente, a los 30 días posparto se valoró la posición uterina mediante palpación rectal, clasificándose en tres categorías:

1. (útero y cuernos uterinos en cavidad pélvica),
2. (cérvix en cavidad pélvica y cuernos en cavidad abdominal) y
3. (cérvix y cuernos en cavidad abdominal).

Para su análisis como variable dicotómica, se agruparon las categorías 2 y 3 como "posición abdominal", y la categoría 1 como "posición pélvica".

El fotoperiodo se definió como variable binaria: fotoperiodo decreciente (del 22 de junio al 20 de diciembre) y fotoperiodo creciente (del 21 de diciembre al 21 de junio). De igual modo, la estacionalidad se clasificó como verano/calor (mayo–septiembre) e invierno/frío (octubre–abril).

El análisis estadístico se realizó mediante regresión logística binaria para evaluar la asociación entre fotoperiodo, estacionalidad del parto y las diferentes variables de salud posparto. Los resultados se expresaron como odds ratio (OR) con intervalos de confianza del 95%. El análisis de la posición uterina como variable categórica se efectuó mediante la prueba de chi-cuadrado. Todos los análisis se llevaron a cabo con el software SPSS versión 11.5, estableciéndose un nivel de significación estadística de $p < 0,05$.

Resultados

La prevalencia global de los trastornos metabólicos en la población estudiada fue del 14,1% para cetosis, 1,1% para hipocalcemia clínica, 5,7% para retención de placenta y 0,3% para desplazamiento de cuajar. En relación con los indicadores de salud uterina, el 8,4% de las vacas presentaron contenido uterino detectable mediante ecografía a los 20 días posparto, reduciéndose al 2,9% a los 30 días posparto.

No se observaron asociaciones significativas entre el fotoperiodo y la mayoría de las variables de salud posparto evaluadas. Sin embargo, sí se detectó una asociación significativa entre fotoperiodo y aparición de cetosis. En comparación con el fotoperiodo creciente (categoría de referencia), el fotoperiodo decreciente se asoció con una menor probabilidad de presentar cetosis (OR = 0,67; IC 95%: 0,46–0,95; p = 0,032). La prevalencia observada de cetosis fue del 16,3% (85/520) durante el fotoperiodo creciente y del 11,6% (56/482) durante el fotoperiodo decreciente.

La época del año del parto no mostró asociación significativa con la aparición de trastornos metabólicos ni con la presencia de contenido uterino a los días 20 y 30 posparto. No obstante, sí se observó una asociación significativa entre la estacionalidad y la posición uterina evaluada a los 30 días posparto. En comparación con el invierno (categoría de referencia), los partos ocurridos en verano se asociaron con una mayor probabilidad de presentar posiciones uterinas abdominales (categorías 2 y 3) (OR = 1,60; IC 95%: 1,18–2,18; p = 0,003). La prevalencia de posiciones uterinas abdominales fue del 71,8% (450/627) en invierno y del 80,3% (301/375) en verano.

El análisis de interacción entre fotoperiodo y época del parto no mostró asociaciones significativas con ninguna de las variables de salud posparto ni con los trastornos metabólicos analizados.

Conclusiones

La estacionalidad del parto no influyó en la incidencia de los trastornos metabólicos ni en la salud posparto, aunque sí se asoció con la posición uterina a los 30 días posparto, siendo más frecuente la localización uterina abdominal en vacas que parieron durante el verano.

Bajo las condiciones de manejo de la explotación estudiada, el fotoperiodo se asoció únicamente con la aparición de cetosis, observándose una menor probabilidad durante el fotoperiodo decreciente. El fotoperiodo no se relacionó con otros trastornos metabólicos ni con los indicadores de salud uterina evaluados.

CO-356 | Nutrición

EFECTO DE LA SUBNUTRICIÓN Y DEL HIDROXITIROSOL DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DE GESTACIÓN DE VACAS NODRIZAS SOBRE LA METILACIÓN DEL ADN DE LA DESCENDENCIA

IMPACT OF MATERNAL UNDERNUTRITION AND HYDROXYTYROSOL SUPPLEMENTATION DURING LATE GESTATION ON DNA METHYLATION PATTERNS IN THE OFFSPRING OF SUCKLER COWS

Melissa Carvajal Serna[1], Albina Sanz[2], Olaia Akesolo-Atutxa[2], Leire López de Armentia[2], Agustí Noya[3], Jorge Hugo Calvo[2]

(1)-Departamento de Ciencia Animal, CITA de Aragón-IUCA
(2)-Departamento de Ciencia Animal, CITA de Aragón- IA2
(3)-Departament de Ciència Animal, UdL (Universitat de Lleida)

La subnutrición materna es frecuente en sistemas extensivos de producción de vacuno de carne debido a la variabilidad en la disponibilidad y calidad del forraje. Durante el último tercio de gestación, un balance energético negativo puede inducir estrés metabólico en la madre y el feto, comprometiendo la adaptación a las elevadas demandas del crecimiento fetal, el parto y el inicio de la lactación. Factores ambientales como la nutrición materna pueden inducir fenotipos heredables en la descendencia de forma no genética. Por ejemplo, el metabolismo materno puede dejar una "memoria" en las células sanguíneas fetales (Zhang et al., 2023). Dado que la programación metabólica fetal comienza en las últimas etapas de la gestación, la aplicación de estrategias nutricionales preparto, como la suplementación con hidroxitirosol, podría mejorar el estado metabólico y el bienestar de las vacas subnutridas y de su descendencia. El análisis de marcas epigenéticas permite evaluar cómo la subnutrición y la suplementación materna con hidroxitirosol afectan a la programación fetal y al rendimiento de la descendencia, así como identificar posibles biomarca-

dores de eficiencia productiva y adaptación metabólica. En el marco de un estudio más amplio (Proyecto FETALNUT), el objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de la subnutrición y la suplementación con hidroxitirosol en la dieta de vacas nodrizas durante el último tercio de la gestación sobre los patrones de metilación del ADN genómico de la progenie macho.

Para ello, 57 vacas Pardas de Montaña, desde la semana 28 de gestación hasta el parto (semana 40), fueron asignadas a tres grupos experimentales según el nivel de alimentación (100 % vs. 60 % de los requerimientos nutricionales) y la suplementación con hidroxitirosol (HT; 180 mg HT/kg de unifeed): 100-Control, 60-Control y 60-HT. Tras el parto, en los descendientes macho (n = 25) procedentes de estas madres se registró la ganancia media diaria (GMD) durante la lactancia (0–4 meses) y el cebo (4–12 meses) (Akesolo-Atutxa et al., 2024), así como el rendimiento de la canal al sacrificio a los 12 meses de vida. De estos machos, se seleccionaron 9 para el análisis epigenómico (tres por grupo), elegidos entre aquellos que mostraban las mayores diferencias en crecimiento y rendimiento de canal. Esta comparación se realizó mediante una prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis ($p < 0,05$), dado el pequeño tamaño muestral.

Para el estudio epigenómico, se recogieron muestras de sangre en tubos con EDTA durante los primeros 10 días de vida, de las que se extrajo el ADN genómico utilizando un kit estándar. El análisis epigenómico fue realizado por Novogene (Reino Unido) mediante secuenciación masiva del epigenoma basada en tratamiento con bisulfito, una técnica que permite identificar las regiones del ADN que presentan metilación. A partir de los perfiles de metilación obtenidos, se identificaron regiones diferencialmente metiladas (DMRs) con diferencias

consistentes entre los grupos, potencialmente relacionadas con la regulación génica y la programación metabólica de la descendencia.

Entre los terneros seleccionados no se observaron diferencias estadísticas entre grupos en la GMD durante la lactancia ni en el rendimiento de la canal. Sin embargo, la GMD durante el cebo fue mayor en el grupo 60-HT que en el grupo 60-Control (1,79 ± 0,16 vs. 1,50 ± 0,05 kg; $p < 0,05$). La secuenciación del epigenoma generó una media de 357 ± 122 millones de lecturas por muestra (107,1 ± 16,8 Gb), indicando una profundidad y calidad adecuadas para el análisis de metilación del ADN. El análisis comparativo entre los tres tratamientos experimentales permitió identificar múltiples DMRs distribuidas a lo largo del genoma. No obstante, al aplicar criterios estrictos de significación estadística, se identificaron tres DMRs consistentes localizadas en el cromosoma 1 (NC_037328.1), que incluyen la región 5'UTR del exón 1 y la región promotora de los genes *CLIC6*y *SMIM1*, ambos genes asociados en bovino con el crecimiento y la eficiencia energética, el marmoleado de la carne y, en el caso de *SMIM1*, con el contenido de grasa en leche (Londoño-Gil et al., 2021). Asimismo, se identificaron tres regiones distintas dentro del gen *LOC112447011*. Estos resultados sugieren que los tratamientos podrían estar modulando vías biológicas relevantes para la programación metabólica de la descendencia, aunque la información funcional directa en bovino es todavía limitada.

Como siguiente paso, será necesario evaluar la expresión de estos genes en una población mayor, incluyendo hembras nacidas de vacas subnutridas o suplementadas con hidroxitirosol, para determinar si el sexo influye en la respuesta epigenética observada.

Bibliografía

Akesolo-Atutxa et al., 2024. 75th Annual Meeting EAAP, pág. 897. http://hdl.handle.net/10532/7234. Londoño-Gil et al., 2021. Livestock Science, 243 (2021) 104366. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104366.

Zhang et al., 2023. International Journal of Molecular Sciences, 24, 11882.

https://doi.org/10.3390/ijms241511882.

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). Contrato Juan de la Cierva de M. Carvajal-Serna (AEI, JDC2023-052057-I).

CO-361 | Sanidad

EXPERIENCIA EN CAMPO: PRIMEROS RESULTADOS DEL CONTROL DE LA DERMATOFITOSIS BOVINA MEDIANTE INMUNIZACIÓN AUTÓGENA

FIELD EXPERIENCE: PRELIMINARY RESULTS OF BOVINE DERMATOPHYTOSIS CONTROL BY AUTOGENOUS IMMUNIZATION

Cristina Baselga[1], Celia Sanz[1], Arola Rovira[1], Silvia Anía[1], Ana Pérez[1], Ana Fernández[1]

(1)-Exopol SL

La tiña o dermatofitosis es una patología de distribución mundial que causa grandes pérdidas económicas en la ganadería bovina. Está causada principalmente por el hongo dermatofito Trichophyton verrucosum que provoca lesiones alopécicas circulares y secas de coloración blanca-grisácea, localizadas mayoritariamente en cabeza y cuello. En casos avanzados las lesiones llegan a cubrir grandes extensiones de la piel y frecuentemente hay prurito asociado, produciendo malestar en el animal. (2)

La tiña suele presentarse en animales jóvenes criados en sistemas intensivos, que favorecen la presencia de factores predisponentes de la enfermedad: estado inmunitario deficiente o poco desarrollado, alta densidad de animales o manejos inadecuados. Las temperaturas cálidas y la humedad relativa elevada también favorecen la supervivencia y crecimiento de los dermatofitos, por ello suele haber brotes en los periodos más cálidos de otoño e invierno (1). La transmisión principal es el contacto directo, aunque también se vehiculiza mediante fómites contaminados (4).

Para limitar la aparición de lesiones es necesario controlar los factores de riesgo y mejorar la inmunidad espe-

cífica mediante inmunoprofilaxis. Se han descrito experiencias de vacunación exitosa en países como la Unión Soviética, donde se vacunaron todos los rebaños entre 1970 y 1985, disminuyendo significativamente la incidencia de la dermatofitosis hasta el 1% (3). En Noruega, mediante la vacunación entre 1979 y 1985, se redujo la prevalencia en los rebaños de un 70% a un 14% y la incidencia de nuevos rebaños afectados pasó de un 1,7% en los años 70 a un 0.043% en 2004 (3).

Aunque existen vacunas comercializadas en algunos países, a día de hoy en España no hay ninguna vacuna registrada para esta patología. Por esta razón, se plantea el uso de autovacunas para controlar la dermatofitosis bovina, siendo éstas medicamentos inmunológicos inactivados elaborados específicamente para un rebaño o unidad epidemiológica a partir del patógeno aislado de muestras clínicas de animales de esa unidad epidemiológica.

Material y métodos

Durante el año 2025 se seleccionaron 6 ganaderías afectadas: una de bovino de carne con dermatofitosis en casi todos animales menores de 3 años y 5 de bovino lechero con casi la totalidad de la recría afectada. De éstas últimas, 2 ganaderías mantenían la recría en el mismo

espacio que las reproductoras y las otras 3 hacían la recría en instalaciones localizadas en otro lugar.

De cada rebaño se seleccionaron animales con lesiones iniciales y se recogieron muestras mediante raspados cutáneos. En el laboratorio, se confirmó la presencia de T. verrucosum mediante qPCR y se realizó el cultivo individualizado de cada muestra para obtener el aislamiento del hongo.

Tras obtener la cepa de T. verrucosum de cada ganadería, se evaluaron las características de cada rebaño para decidir el protocolo vacunal más adecuado y se elaboraron las dosis necesarias de autovacuna para cada granja.

El protocolo de aplicación recomendado fue la primovacunación con dos dosis aplicadas en un intervalo de 3-4 semanas y recuerdos cada 4-6 meses para mantener una inmunidad homogénea y estable.

En ganaderías con jóvenes y adultos afectados se recomendó aplicar esta pauta vacunal a todo el efectivo a partir de los dos meses de vida, mientras que en rebaños con terneras afectadas solo en la instalación de recría se valoraron distintos momentos de vacunación: primovacunación en sábana a todos los animales de la recría y vacunación con dos dosis a las terneras antes de entrar en esa instalación o solo vacunación de las terneras antes de llevarlas a la recría.

Resultados y discusión

Se observó que la inmunización en sábana de todo el rebaño o grupo de animales susceptibles mejoró, el cuadro clínico evitando la aparición de nuevos animales afectados y reduciendo el avance de las lesiones en animales enfermos. En el caso de las ganaderías con movimiento de terneras a otro sitio de recría, los mejores resultados se obtuvieron en las que se aplicó la vacunación a toda la recría y además las terneras más jóvenes ya entraban con dos dosis aplicadas en origen. La vacunación del grupo de animales susceptibles permitió establecer una inmunidad homogénea en todos los animales al mismo tiempo, por lo que las terneras que llegaban bien inmunizadas a ese grupo se enfrentaban a una menor presión de infección lo cual evitaba la aparición de tiña.

Conclusiones

El estudio no ha concluido todavía y por ello los resultados deben considerarse preliminares. No obstante, se ha observado una clara disminución de dermatofitosis en las ganaderías tras el uso de la autovacuna con un correcto protocolo de aplicación, lo que confirma que esta herramienta puede ser una solución a largo plazo para controlar dicha enfermedad.

Bibliografía

1. Agnetti et al. 2014 Jul. Mycoses 57(7): 400-5.
2. Cardona-Álvarez et al. 2018. Rev Inv Vet Perú 29(3): 980-986.
3. Lund et al. 2014. Vet Immunol and Immunopathol 158: 37–45.
4. Pal M. 2017. Anim Husb Dairy Vet Sci Vol. 1(1): 1-3.

CO-363 | Seguridad Alimentaria y Bienestar Animal

EVALUACIÓN DEL BIENESTAR DE VACAS LECHERAS EN EXPLOTACIONES DEL MUNICIPIO DE BARCELOS (NORTE DE PORTUGAL) MEDIANTE INDICADORES BASADOS EN EL ANIMAL

EVALUATION OF DAIRY COW WELFARE IN FARMS OF THE MUNICIPALITY OF BARCELOS (NORTHERN PORTUGAL) THROUGH ANIMAL-BASED INDICATORS

Cátia Lemos [1], Luís Ángel Quintela [1,2], Renato Barrionuevo [1], Adriana Pereira [3] y Joaquim Oliveira Lima Cerqueira [4,5,6]

(1)-Departamento de Patología Animal. Universidad de Santiago de Compostela. (2)-Instituto de Biodiversidad Agraria y Desarrollo Rural (IBADER) (3)-Asociación Nacional para la Mejora del Ganado Bovino Lechero (ANABLE). (4)-Departamento de Ciencia Animal. Instituto Politécnico de Viana do Castelo. (5)-Centro de Investigación y Desarrollo para Sistemas Agroalimentarios y Sostenibilidad (CISAS). (6)-Centro de Investigación en Ciencia Animal y Medicina Veterinaria y Laboratorio Asociado para la Ciencia Animal y la Medicina Veterinaria (AL4AnimalS).

El bienestar animal en los sistemas lecheros es un concepto multidimensional y un pilar de la sostenibilidad productiva (Mellor et al., 2020). Los indicadores basados en el animal reflejan directamente el estado del animal; sin embargo, persisten lagunas sobre la influencia del manejo y de las instalaciones en sistemas intensivos (Verdes et al., 2022).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la distribución de indicadores basados en el animal asociados al bienestar de vacas lecheras del municipio de Barcelos (Norte de Portugal) y analizar la influencia de la explotación en los niveles observados.

La recogida de datos se realizó entre 2022 y 2023 en ex-

plotaciones lecheras localizadas en el municipio de Barcelos, en el Norte de Portugal. El estudio incluyó veinte explotaciones en sistema de producción intensivo con vacas Holstein-Friesian, totalizando 1322 vacas en producción, de las cuales se evaluaron 947 animales.

La evaluación del bienestar animal se llevó a cabo mediante un cuestionario específico que permitió el registro de indicadores basados en el animal. Los parámetros evaluados incluyeron la condición corporal, la higiene del corvejón y el flanco, la higiene de la ubre y la claudicación. Las evaluaciones fueron realizadas por un único observador previamente entrenado en los protocolos de puntuación para garantizar la consistencia de las evaluaciones.

Con base en la metodología descrita por Thomsen et al. (2008), la condición corporal se evaluó mediante un sistema de puntuación validado, clasificándose los animales en tres categorías (<2,5; 2,5–3,5; >3,5). La higiene del corvejón y flanco y de la ubre se evaluó mediante escalas ordinales (Cook, 2020), posteriormente recodificadas en categorías binarias (1 y 2: "Limpia" y 3 y 4: "Sucia"). La claudicación se evaluó mediante una escala

ordinal de cinco niveles (Sprecher et al., 1997), posteriormente agrupada en tres categorías: categoría 1 "Sana", categoría 2 "Subclínica" y categorías 3, 4 y 5 "Coja".

Para cada parámetro se determinó la distribución global, y por explotación, de las diferentes categorías. La influencia de la explotación en la distribución de los animales entre las categorías evaluadas se analizó mediante tablas de contingencia y la prueba de Chi-cuadrado, considerando significativos niveles de $p < 0,05$.

El análisis reveló una elevada prevalencia de clasificaciones desfavorables para varios indicadores de bienestar, considerando como tales la baja condición corporal, la higiene deficiente y la presencia de claudicación. El 27% de los animales presentaron una condición corporal inferior a 2,5, mientras que el 11% mostraron valores superiores a 3,5. En relación con la higiene, el 53% de los animales presentaron corvejón y flanco sucios y el 44% ubres sucias. En cuanto a la claudicación, el 22% de los animales fueron clasificados como sanos, el 47% presentaron claudicación subclínica y el 32% fueron clasificados como cojos.

El análisis por explotación evidenció diferencias estadísticamente significativas en la distribución de los animales entre las categorías evaluadas para todos los parámetros analizados ($p < 0,001$), demostrando una fuerte influencia de la explotación en los niveles observados. Globalmente, una elevada proporción de animales presentó simultáneamente clasificaciones desfavorables en diferentes indicadores basados en el animal, lo que sugiere áreas potenciales de mejora en distintos aspectos del bienestar.

Los resultados evidencian niveles de bienestar inferiores a los valores recomendados en la literatura, particularmente en claudicación, higiene y condición corporal. Resultados similares han sido descritos en estudios realizados en sistemas lecheros intensivos de la Península Ibérica (Verdes et al., 2022). La influencia estadísticamente significativa de la explotación refuerza el papel determinante de las condiciones específicas de cada sistema productivo, en consonancia con estudios previos que muestran la sensibilidad de estos indicadores a las condiciones de manejo e instalaciones.

La variabilidad observada entre explotaciones sugiere la existencia de factores de manejo potencialmente modificables, reforzando la utilidad de los indicadores basados en el animal para orientar prioridades de intervención y estrategias de mejora del bienestar en sistemas de producción intensivos (Cook, 2020).

Referencias bibliográficas:

Cook, N. B. (2020). The role of management and housing in dairy cow welfare. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 36.

Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., et al. (2020). The 2020 Five Domains Model: Including human–animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals*, 10.

Sprecher, D. J., Hostetler, D. E., & Kaneene, J. B. (1997). A lameness scoring system that

uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*, 47.

Thomsen, P. T., Munksgaard, L., & Tøgersen, F. A. (2008). Evaluation of a lameness scoring system for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91.

Verdes, M., Rodríguez, P., Barreiro, A., et al. (2022). Animal-based indicators as tools for welfare assessment in intensive dairy systems. *Animal Welfare,* 31.

CO-365 | Seguridad Alimentaria y Bienestar Animal

CIRCULACIÓN EMERGENTE DE BLACTX-M-65 EN E. COLI DE ORIGEN BOVINO EN ESPAÑA MEDIADA POR PLÁSMIDOS MULTIRRESISTENTES INCHI2

EMERGING CIRCULATION OF BLACTX-M-65 IN BOVINE E. COLI IN SPAIN MEDIATED BY MULTI-RESISTANT INCHI2 PLASMIDS

Medelin Ocejo[1], Beatriz Oporto[1], Ana Hurtado[1]

(1)-Departamento de Ciencia Animal, NEIKER - Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. Basque Research and Technology Alliance (BRTA)

Los animales de producción constituyen un reservorio relevante de bacterias resistentes que pueden transmitirse a los humanos a través del contacto directo, la cadena alimentaria o el medio ambiente. En bovino, el uso de antimicrobianos genera presión selectiva que puede favorecer la persistencia y diseminación de bacterias portadoras de genes de resistencia a antimicrobianos (ARGs) clínicamente relevantes. Entre ellos, la resistencia a cefalosporinas de tercera y cuarta generación, mediada principalmente por β-lactamasas de espectro extendido (ESBL) y AmpC, es motivo de preocupación, ya que estos antibióticos en ocasiones representan la única opción terapeútica disponible.

En este estudio, se llevó a cabo la caracterización genómica completa de una selección de *E. coli*resistentes a cefalosporinas de tercera generación aislados de ganado bovino sano (n=12) y enfermo (n=26). Los genomas completos obtenidos mediante secuenciación con tecnología de lecturas largas Oxford Nanopore (ONT) se sometieron a un análisis genómico de alta resolución para investigar su diversidad genómica, relaciones filogenéticas, resistoma (conjunto de genes de resistencia) y el entorno genético de los ARGs, con especial atención a los plásmidos implicados en su diseminación.

El análisis del resistoma de los 38 aislados identificó 71 determinantes genéticos de resistencia distintos (51 ARGs y 10 SNPs) asociados con resistencia a nueve clases de antimicrobianos. Los mecanismos más frecuentes y diversos fueron los relacionados con β-lactámicos, aminoglucósidos y antagonistas de la vía del folato, lo que refleja la presencia habitual de perfiles multirresistentes. La resistencia a β-lactámicos estuvo mediada principalmente por variantes de los genes bla_{TEM}, bla_{CTX-M}y bla $_{OXA}$, además de hallazgos puntuales de bla_{CMY-2} (n=1), bla_{SHV-12} (n=1) y una mutación puntual en el promotor de *ampC* (n=5).

Los genes que codifican enzimas CTX-M fueron el tipo de ESBL más prevalente, detectándose seis variantes diferentes. Un hallazgo clave fue la alta frecuencia del gen $bla_{CTX-M-65}$(n=13), detectado en aislados bovinos pertenecientes a múltiples filogrupos (A, B1, C, D, G) y tipos MLST (11 ST), tanto en ganado sano como enfermo. Esta variante ESBL no había sido descrita previamente en otros estudios realizados en España y sigue siendo relativamente poco reportada a nivel mundial, lo que sugiere una introducción y expansión recientes.

El gen $bla_{CTX-M-65}$se localizó siempre en grandes plásmidos conjugativos del grupo IncHI2 (tamaño medio ca. 250 kb), que además portaban entre 8 y 20 ARGs adicionales, codificando resistencia simultánea a 6-9 clases de antimicrobianos. Entre ellos se incluían determinantes de resistencia frente a tetraciclinas, fenicoles, sulfonamidas/trimetoprim, aminoglucósidos y fluoroquinolonas, además de otros β-lactámicos. Estos plásmidos IncHI2 portadores gen $bla_{CTX-M-65}$mostraron una alta similitud estructural entre sí, y contenían regiones de multirresistencia (MDRI) asociadas a integrones, transposones y secuencias de inserción, elementos que facilitan la captura y reorganización de genes de resistencia. En conjunto, estos plásmidos actúan como

verdaderos “paquetes de multirresistencia”. Esto implica que el uso de cualquiera de estas familias de antimicrobianos podría favorecer indirectamente la persistencia y diseminación del plásmido, incluso en ausencia de uso de cefalosporinas.

El patrón de distribución de $bla_{CTX-M-65}$en un mismo tipo de plásmido presente en cepas de *E. coli* pertenecientes a múltiples genotipos sugiere que la propagación de este gen no se debe a la expansión de un único clon bacteriano dominante, sino a la diseminación de plásmidos multirresistentes con gran capacidad de transferencia horizontal entre clones distintos. Por otra parte, la presencia de $bla_{CTX-M-65}$en *E. coli* pertenecientes a clones descritos previamente en infecciones humanas (como ST10, ST69, ST88, ST101 y ST117) refuerza su posible relevancia zoonótica. Además, su detección tanto en animales clínicamente enfermos como en portadores sanos sugiere que estos plásmidos pueden mantenerse de forma silenciosa en las explotaciones y diseminarse independientemente de la presencia de enfermedad.

En conclusión, este estudio revela la circulación emergente de $bla_{CTX-M-65}$en *E. coli*de origen bovino en España, asociado a plásmidos IncHI2 altamente móviles y multirresistentes. Su presencia en clones potencialmente zoonóticos, junto con la transferibilidad de los plásmidos IncHI2 entre especies bacterianas y hospedadores, incrementa su relevancia para la salud pública, especialmente al considerar el uso de antimicrobianos en el ganado y el riesgo de transmisión a través de la cadena alimentaria.

Financiación: Departamento de Alimentación, Desarrollo Rural, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco (Proyecto URAGAN 25-00032).

CO-369 | Sanidad

INFECCIONES POR PIROPLASMAS EN GANADO VACUNO EN PASTOREO DE LA PROVINCIA DE OURENSE

PIROPLASM INFECTIONS IN GRAZING CATTLE FROM OURENSE

Pablo Diaz Fernandez[1], Carlota Fernández González[1], Pablo Rodríguez Rodríguez[1], Susana Remesar Alonso[1], David Fentes Diéguez[2], David García Dios[1], Néstor Martínez Calabuig[1], Ana Saldaña Ruiz[1], Gonzalo López Lorenzo[1], María Belén Hernández Garabal[1], Laura Junquera Vázquez[1]

(1)-Universidade de Santiago de Compostela (2)-Adsg Macizo Central Ourensán

La piroplasmosis bovina es una enfermedad parasitaria transmitida por garrapatas y causada por protozoos de los géneros *Babesia*y *Theileria*. Aunque estas infecciones son generalmente subclínicas, algunas especies pueden causar cuadros clínicos asociados a notables mermas productivas. Tras la fase aguda, muchos animales se recuperan, permaneciendo infectados subclínicamente durante largos períodos, contribuyendo a la persistencia y transmisión del protozoo en el rebaño. Las granjas de vacuno de la provincia de Ourense se caracterizan por una elevada interacción entre el ganado, el medio natural y los vectores artrópodos, lo que favorece la transmisión de enfermedades vectoriales. Como la información disponible sobre piroplasmosis bovina en Galicia es muy limitada, se recogieron 214 muestras de sangre procedentes de 11 rebaños localizados en los municipios de Castro Caldelas, Chandrexa de Queixa, Montederramo y A Pobra de Trives. La selección de las explotaciones se realizó intentando abarcar la mayor parte del territorio, incluyendo rebaños con historial de sospechas clínicas de estas parasitosis. Las granjas fueron fundamentalmente pequeñas (10-50 reproductoras) y de orientación cárnica, predominando las semi-extensivas (81,8%) sobre las extensivas (18,2%). El número de animales muestreados por explotación se calculó considerando un nivel de confianza del 95 %, una precisión del 90% y una prevalencia

esperada del 50%, seleccionándose los individuos aleatoriamente; ningún animal presentaba signos de enfermedad. La edad de los animales muestreados osciló entre los 6 meses y los 19 años, predominando adultos de entre 2 y 8 años (53,3%). Las muestras de cada explotación se agruparon en *pooles*integrados por sangre de 4-5 animales, considerando su edad. La presencia de piroplasmas se detectó en 44 *pooles*mediante una PCR del gen 18S ARNr de *Babesia*y *Theileria*. La identificación específica se realizó mediante el análisis de las secuencias. La prevalencia individual se estimó mediante el índice mínimo de infección (MIR), que asume que cada *pool*positivo contiene un único animal positivo. Se detectó ADN de piroplasmas en el 13,6 % de los *pooles*analizados, procedentes de 3 de las 11 explotaciones. La prevalencia individual fue muy baja, con un MIR del 2,8 %; estos resultados pueden deberse al empleo de *pooles*. Aunque este procedimiento es económico y muy útil cuando se desconoce la prevalencia y distribución del agente, puede infravalorar el porcentaje real de infección. Además, al analizar varios bovinos conjuntamente, se emplea un menor volumen de sangre de cada animal, que podría repercutir negativamente en la detección de portadores con baja parasitemia. El MIR subestima la prevalencia real cando la proporción de animales positivos dentro de los rebaños es elevada; el hecho de que las explotaciones positivas presentasen porcentajes de *pooles*positivos superiores al 40% sugiere que la prevalencia individual real es mayor a la estimada.

La identificación molecular reveló la presencia de *T. orientalis*en cinco *pooles*pertenecientes a dos explotaciones, y de *B. divergens*en un único pool de una tercera explotación, representando la primera cita de estas dos especies en bovinos de Galicia. No se detectaron coinfecciones. Aunque el valor del MIR fue bajo para *T. orientalis*, se detectó en más del 50% de los *pooles*de las granjas positivas, sugiriendo una elevada prevalencia intrarrebaño. Su presencia está ligada a la presencia de sus vectores, garrapatas del género *Haemaphysalis*cuya presencia en Galicia es minoritaria en comparación con otras especies de garrapatas. Esta baja abundancia podría explicar la reducida presencia de *T. orientalis*en el ganado bovino de Ourense. En los rebaños positivos, el veterinario indicó no haber observado animales con signos compatibles con piroplasmosis, lo que concuerda con el hecho de que esta especie es poco patógenay asociada a infecciones subclínicas o cuadros leves, con numerosos portadores crónicos asintomáticos. Por el contrario, en la explotación donde se detectó *B. divergens*, el veterinario refirió la aparición recurrente de animales con clínica compatible con babesiosis bovina. La detección puntual de *B. divergens* coincidecon el patrón descrito en vacuno de España, donde las prevalencias no superaron el 3% y contrasta con la abundancia de su principal vector*, I. ricinus*, en la zona de estudio. Esto no implica necesariamente una baja circulación, pues la parasitemia en animales crónicos puede ser baja y fluctuante, favoreciendo la aparición de falsos negativos. Nuestros resultados son epidemiológicamente significativos, pues la presencia de portadores constituye una fuente de infección para animales susceptibles y, potencialmente, un riesgo para la salud pública, ya que esta especie es zoonósica.

Los resultados obtenidos revelan una baja circulación de piroplasmas en los bovinos del interior de Ourense, pero también sugieren la presencia de portadores con bajas parasitemias. Para reducir el riesgo de piroplasmosis en animales y en personas se deben optimizar las estrategias de prevención y control, centradas especialmente en el vector, incluyendo la administración de acaricidas especialmente en los periodos de mayor actividad de garrapatas, rotación de pastos y limpieza de zonas de maleza donde prospera el vector.

CO-371 | Cebo

¿AFECTA LA SUBNUTRICIÓN MATERNA Y EL HIDROXITIROSOL A FIN DE GESTACIÓN AL ESPESOR DE GRASA SUBCUTÁNEA Y AL DIÁMETRO DE ADIPOCITOS EN TOROS DE CEBO?

DOES UNDERNUTRITION AND HYDROXYTYROSOL IN LATE GESTATION AFFECT SUBCUTANEOUS FAT THICKNESS AND ADIPOCYTE DIAMETER IN FATTENING BULLS?

Olaia Akesolo-Atutxa[1], Eva Monleón[2], José Antonio Mendizabal[3], Guillermo Ripoll[1], Beatriz Soret[3], Iker Fernández-Durá[3], Carmen Garza[2], Leire López de Armentia[1], Agustí Noya[4], Albina Sanz[1]

(1) Dpto. Ciencia Animal, CITA de Aragón - IA2 (UNIZAR), (2) Dpto. Anatomía e Histología Humanas, Universidad de Zaragoza, (3) Dpto. Agronomía, Biotecnología y Alimentación, Universidad Pública de Navarra (UPNA), (4) Dpto. Ciència Animal, Universitat de Lleida

En la producción de vacuno de carne, el engrasamiento de la canal es clave para la calidad del producto. La nutrición materna a fin de gestación puede condicionar el desarrollo del tejido adiposo de la descendencia. En este contexto, la suplementación con hidroxitirosol (HT) podría ser una estrategia para mitigar los efectos de la subnutrición. En este estudio se evalúa el efecto de la subnutrición materna y la suplementación con HT durante el último tercio de gestación sobre el espesor de la grasa subcutánea y el diámetro de los adipocitos del tejido adiposo subcutáneo en terneros de cebo.

Para ello, se realizó un ensayo con 46 vacas nodrizas (Parda de Montaña y Pirenaica). Durante las semanas 28–40 de gestación, las vacas se dividieron en cuatro grupos, según nivel de alimentación (100 vs. 60% necesidades nutricionales) y suplementación con HT (Control vs. HT; 0 vs. 180 mg HT/kg mezcla completa). Tras el parto y hasta el destete de los terneros (4 meses), todas las vacas recibieron una dieta para cubrir el 100% de sus necesidades y sin HT, y los terneros tomaron leche materna (doble tetada, 30 min, dos veces/día). Después, los terneros se cebaron con pienso y paja ad libitum, hasta el sacrificio (a los 12 meses).

Justo antes del sacrificio, se determinó mediante ecografía el espesor de grasa subcutánea en la vértebra torácica 13 (VT13) y en el punto P8. Tras el sacrificio, las canales se clasificaron según el sistema europeo de conformación y engrasamiento, transformando el grado de engrasamiento a una escala de 15 puntos. Además, se tomaron muestras de tejido adiposo subcutáneo del cuello de la canal para el aislamiento de los adipocitos,

que se realizó mediante digestión con colagenasa. Se determinó el diámetro de aproximadamente 200 adipocitos por animal mediante análisis de imagen utilizando el software ImageJ. Este diámetro presentó una distribución bimodal y se describió mediante las dos modas, el nadir, el porcentaje de adipocitos por encima del nadir y la relación entre adipocitos pequeños y grandes (Alfonso y Mendizabal, 2016). El análisis estadístico se realizó con el software R.

No se detectaron efectos de la subnutrición materna, del HT o de su interacción sobre el espesor de grasa subcutánea, ni sobre los parámetros relacionados con el diámetro de los adipocitos. Tampoco se observaron efectos significativos sobre las características de la canal. Únicamente, el grado de engrasamiento de los terneros de vacas 60-HT tendió a ser mayor que el resto de tratamientos (7,12 vs. 6,65; 6,66 y 6,88 puntos para 60-HT, 60-CONTROL, 100-HT y 100-CONTROL; P = 0,062). Sin embargo, el espesor de grasa fue mayor en la raza Parda que en la Pirenaica, tanto en VT13 (5,27 vs. 4,53 mm; P < 0,05) como en P8 (5,19 vs. 4,28 mm; P

< 0,05). Asimismo, la Parda presentó un mayor diámetro máximo de adipocitos (153,24 vs. 133,94 µm; P < 0,05) y una mayor segunda moda (98,93 vs. 85,89 µm; P < 0,05). El diámetro máximo de los adipocitos se correlacionó positivamente con el espesor de grasa en VT13 (r = 0,33; P < 0,05) y en P8 (r = 0,50; P < 0,001).

A pesar de la ausencia de efectos descrita de la subnutrición y del HT, la tendencia a incrementarse el grado de engrasamiento de la canal de los toros 60-HT podría indicar la existencia de mecanismos compensatorios en fases tardías del desarrollo o una redistribución del depósito lipídico que no se detecta mediante las medidas morfológicas directas del tejido adiposo subcutáneo. En este sentido, la programación fetal inducida por la nutrición materna podría afectar de forma más sutil a la dinámica de deposición grasa durante el cebo que a la cantidad de grasa subcutánea medida ecográficamente, lo que concuerda con la complejidad de los procesos de desarrollo adiposo descritos en rumiantes. Por otro lado, la distribución bimodal del diámetro de los adipocitos confirma la coexistencia de procesos de hiperplasia e hipertrofia. Asimismo, los efectos observados de la raza ponen de manifiesto la importancia del componente genético en el patrón de engrasamiento, en concordancia con la asociación observada entre el diámetro máximo de los adipocitos y el grado de engrasamiento subcutáneo.

En conjunto, estos resultados preliminares sugieren que, en condiciones de cebo convencional, el patrón de engrasamiento subcutáneo de la descendencia al año de vida está determinado principalmente por el componente genético. No obstante, la tendencia observada hacia un mayor grado de engrasamiento de la canal en toros de vacas subnutridas suplementadas con HT apunta a posibles efectos compensatorios o a una modulación sutil de la deposición lipídica asociada a la programación fetal. Además, el análisis del tamaño de los adipocitos aportó información complementaria para interpretar las diferencias de precocidad grasa entre razas en vacuno de carne.

Alfonso y Mendizabal (2016). Información Técnica Económica Agraria, 112(2), 147–161. (https://doi.org/10.12706/itea.2016.010)

Proyecto financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 (FETALNUT), Gobierno de Aragón (Grupo de investigación INPASS A25_23R). Contrato FPI-AEI L. López de Armentia.

CO-372 | Sanidad

PATÓGENOS ASOCIADOS A MAMITIS BOVINA EN LECHE DE TANQUE: DETECCIÓN EN REBAÑOS DEL PAÍS VASCO Y NAVARRA MEDIANTE PCR A TIEMPO REAL

BOVINE MASTITIS PATHOGENS IN BULK TANK MILK: DETECTION IN HERDS IN THE BASQUE COUNTRY AND NAVARRE USING REAL-TIME PCR

Medelin Ocejo[1], Beatriz Oporto[1], Nekane Kortabarria[1], Gorka Aduriz[1], Ana Hurtado[1]

(1)-Departamento de Ciencia Animal, NEIKER - Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. Basque Research and Technology Alliance (BRTA)

La mamitis bovina sigue siendo una de las enfermedades más comunes y costosas en la industria láctea. Compromete el bienestar de las vacas, la productividad, la calidad de la leche y la rentabilidad de las explotaciones; además, su tratamiento representa una gran parte de los antimicrobianos administrados al ganado lechero adulto. Los estafilococos, estreptococos y enterobacterias son los patógenos más importantes, pero muchas otras especies bacterianas se asocian también con casos de mamitis. El análisis de la leche de tanque bovina es un método práctico y económico para monitorizar la calidad de la leche y la presencia de patógenos, y los procedimientos de PCR a tiempo real ofrecen alta sensibilidad y capacidad de multiplexación para detectar simultáneamente varios patógenos.

Para investigar la presencia y la distribución de los principales patógenos asociados a la mamitis en ganado bovino de leche en el País Vasco y Navarra, se ha llevado a cabo un estudio transversal en 219 explotaciones. Se recogió una muestra de leche de tanque en cada explotación y se analizó mediante una PCR múltiple a tiempo real (RealPCR MilQ-ID, IDEXX) que detecta los principales patógenos de mamitis en cuatro reacciones 4plex. Los resultados se clasificaron como positivo fuerte (+++), positivo moderado (++), positivo débil (+) o negativo, en función de los valores de ciclo umbral (Ct) indicados por el fabricante (valores Ct bajos corresponden a una mayor cantidad de ADN bacteriano).

La proporción de rebaños positivos varió según los patógenos. Considerando todos los resultados positivos (+/++/+++) independientemente del valor Ct, *Streptococcus uberis*fue el patógeno detectado con mayor frecuencia (71,2%), seguido de *Streptococcus dysgalactiae*(47,5%) y *E. coli*(40,2%). *Corynebacterium bovis*(30,6%) y *Enterococcus*spp. (29,7%) se detectaron en una proporción similar de muestras, mientras que el 25,1% de las muestras fueron positivas para

Staphylococcus aureus. Otras detecciones menos comunes incluyeron *Trueperella pyogenes*(16,4%), *Klebsiella*spp. (11,9%), *Pseudomonas aeruginosa*(7,3%) y *Prototheca*spp. (6,4%). Solo unas pocas explotaciones fueron positivas en leche de tanque a *Streptococcus agalactiae*(9/219) y *Mycoplasma bovis*(2/219). La mayoría de las detecciones se asociaron a resultados de positividad débil, con solo unas pocas muestras con positividad fuerte. La coexistencia de más de un patógeno por muestra de leche de tanque (generalmente dos o tres) fue frecuente. Entre las combinaciones más comunes se encontraron *S. uberis*con, *S. dysgalactiae*, y *S. uberis*con *E. coli*. Los análisis preliminares mostraron diferencias entre provincias tanto en positividad como en valores Ct para varios patógenos. Los estudios de asociación entre cada uno de los patógenos detectados (presencia y valores Ct) y el recuento de células somáticas en leche de tanque están en curso.

Los resultados de este estudio subrayan la utilidad del análisis de leche de tanque como método de cribado para obtener una imagen global de la situación de la mamitis a nivel de rebaño. Cuando se utiliza dentro de programas de muestreo repetido, la PCR en leche de tanque puede ser una herramienta valiosa para monitorizar tendencias en la presencia de patógenos asociados a mamitis, ayudar en la interpretación de riesgos utilizando los valores Ct y priorizar el seguimiento de rebaños específicos.

Financiación: Proyecto PID2024-160766OR-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y por FEDER, UE.

CO-380 | Extensivo

SEGUIMIENTO DE LA VACUNACIÓN FRENTE A CRIPTOSPORIDIOSIS EN VACUNO DE CARNE: IMPACTO SOBRE LA SALUD, CONSUMO DE PAROMOMICINA Y CRECIMIENTO DE LOS TERNEROS

MEDIUM TERM FOLLOW UP OF NEONATAL CRYPTOSPORIDIOSIS CONTROL IN BEEF CATTLE THROUGH DAM VACCINATION: IMPACT ON CALF HEALTH, PAROMOMYCIN USE AND GROWTH

Laura Elvira Partida[1], Pablo Iglesias Santiago[2], Marcos Moreno[3]

(1)-MSD AH (2)-Responsable de Reproducción Bovina. INSAVET-Investigacion y Sanidad Veterinaria. Salamanca (3)-Equipo Técnico Rumiantes, MSD Animal Health

Introducción

La criptosporidiosis neonatal es una causa relevante de diarrea, pérdidas económicas y uso de antimicrobianos en explotaciones de vacuno de carne (1). Tradicionalmente, el control se ha basado en tratamientos antimicrobianos terapéuticos o metafilácticos de los terneros nacidos. Recientemente, la vacunación de las vacas preparto frente a *Cryptosporidium parvum*se ha propuesto como una alternativa más sostenible (2). Sin embargo, aún contamos con escasos estudios de seguimiento a medio plazo en condiciones de campo.

Objetivos

El objetivo de estudio fue evaluar el impacto a medio plazo de la vacunación frente a *C. parvum*en una explotación de vacuno de carne sobre la salud neonatal, el uso de paromomicina y el crecimiento posterior de los terneros.

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 ubicada en Zamora que padecía una elevada prevalencia de criptosporidiosis que había sido confirmada en el laboratorio.

Para el estudio longitudinal de seguimiento, se compararon los resultados de esta explotación en dos periodos:

1) Periodo prevacunación: parideras de primavera e invierno de 2022, 2023 y primavera de 2024, durante las cuales el control de la criptosporidiosis se basaba en tratamiento terapéutico con paromomicina (50 g/día de paromomicina oral durante 5 días) a medida que iban enfermando; 2) Periodo tras vacunación: tres parideras consecutivas con vacas vacunadas frente a *C. parvum*: invierno de 2024 (1ª paridera vacunada), primavera e invierno de 2025.

Para el análisis comparativo, se compararon los resultados sanitarios de ambos periodos: nacimientos, tratamientos por diarrea neonatal y bajas asociadas a diarrea. Además, se evaluó el crecimiento a través de las pesadas individuales de los terneros al nacimiento, a los 120 y a los 210 días de vida, realizándose el análisis estadístico con Jasp 0.13.1.

Resultados

Durante el periodo prevacunación, la criptosporidiosis neonatal fue un problema recurrente, con diagnóstico de diarrea neonatal por criptosporidios en un elevado porcentaje de terneros, lo que conllevó el tratamiento de entre el 81-100% de los terneros nacidos en cada paridera. La explotación mostraba una dependencia alta de este antimicrobiano para el control de la enfermedad.

Posteriormente, siendo el único cambio de manejo realizado entre uno y otro periodo la ampliación del plan vacunal, incluyendo la vacunación frente a criptosporidiosis. En las tres parideras vacunadas, tan solo 2 de los 60 terneros nacidos (3,3%) necesitaron ser tratados por criptosporidiosis, y no se produjo ninguna baja. La vacunación de las vacas frente a *C. parvum*fue una herramienta que ayudó, por tanto, a reducir el uso de paromomicina de forma drástica y mantenida, sin comprometer el control clínico de la criptosporidiosis. Además, los terneros nacidos en las parideras vacunadas presentaron mayores pesos vivos: tanto a los 120 días como a los 210 días. El peso a 210 días (P210) fue superior en vacunados (329,6±33,9 kg) respecto a controles (312,3±38,4 kg), con una diferencia media de +17,3 kg (t de Welch: p=0,032; Mann–Whitney: p=0,028).

La mejor ganancia de peso podría deberse principalmente a que los anticuerpos frente a Gp40 de *C. parvum*

presentes en la luz intestinal de los terneros de madres vacunadas, a fin de evitar que los terneros presenten síntomas de criptosporidiosis, van a reducir la entrada y multiplicación de los criptosporidios en los enterocitos, lo que además de mejorar la salud intestinal, se traducirá también en una menor destrucción de los mismos y un impacto positivo sobre la absorción de nutrientes en la luz intestinal (1 y 2).

Los resultados del seguimiento apuntan a que la mejora sanitaria obtenida a partir de la vacunación se acompaña también de un mejor crecimiento, lo que supone un impacto positivo en el control de la criptosporidiosis tanto en el corto como en el medio-largo plazo.

Conclusiones

Los resultados de seguimiento de esta explotación respaldan la vacunación preparto de las vacas de carne frente a *C. parvum*como una alternativa eficaz y sostenible al uso sistemático de paromomicina para el control de la criptosporidiosis neonatal, siendo una herramienta práctica que ayudó a mejorar la salud y el peso a destete de los terneros; al tiempo que permitió alcanzar el objetivo de reducción del uso de antimicrobianos en la explotación.

1- Shaw et al., 2020. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2020.03.002

2- Timmermans et al., 2024. Doi: https://doi.org/10.1016/j.vetvac.2024.100054

CO-389 | Medicina

CAMBIOS EN ANALITOS DE LECHE EN VACAS CON MAMITIS CLÍNICA Y SUBCLÍNICA: UN ESTUDIO PILOTO

CHANGES IN MILK ANALYTES IN COWS WITH CLINIC AND SUBCLINIC MASTITIS: A PILOT STUDY

PEDRO JAVIER VALLEJO MATEO[1], Anelise Salina[2], Camila Peres Rubio[3], Lorena Franco Martínez[4], Jose Joaquín Cerón Madrigal[5], María Dolores Contreras Aguilar[5]

(1)-Department of Animal Medicine and Surgery, Veterinary School, Regional Campus of International Excellence Campus Mare Nostrum, University of Murcia, Campus de Espinardo, Espinardo, Murcia 30100, Spain (2)-Departamento de produção animal e medicina veterinária preventive, FMVZ-UNESP Botucatu, Brasil (3)-Interdisciplinary Laboratory of Clinical Analysis of the University of Murcia (Interlab-UMU), Department of Animal Medicine & Surgery, Veterinary School, Campus Mare Nostrum, University of Murcia, Murcia 30100, Spain

(4)-Interdisciplinary Laboratory of Clinical Analysis of the University of Murcia (Interlab-UMU), Department of Animal Medicine & Surgery, Veterinary School, Campus Mae Nostrum, University of Murcia,Murcia 30100, Spain. Laboratory of Proteomics, Clinic for Internal Diseases, Faculty of Veterinary Medici (5)-Department of Animal Medicine and Surgery, Veterinary School, Regional Campus of International Excellence Campus Mare Nostrum, University of Murcia, Campus de Espinardo, Espinardo, Murcia 30100, Spain. Interdisciplinary Laboratory of Clinical Analysis of the University of Murcia (Interlab-UMU), Depa

Early and reliable mastitis detection in dairy herds requires diagnostic approaches that are simple, low-cost, and analytically robust. From a welfare perspective, there is additional value in techniques based on minimally invasive sampling and low-stress handling, ideally using routinely obtainable fluids. Building on the concept of adapting routine biochemical panels to alternative matrices (e.g., “sialochemistry”), milk may provide a practical source of biomarkers for both clinical and subclinical mastitis.

We hypothesised that biochemical changes in bovine milk could serve as diagnostic biomarkers for bovine mastitis. Therefore, this study aims (1) to analytically validate, using spectrophotometric techniques, a 17-analyte panel integrating enzymes, metabolites, and proteins in bovine milk whey; (2) to evaluate potential changes in these analytes in dairy cows with clinical or subclinical mastitis.

For this purpose, 18 dairy cows were enrolled as healthy (H group, n=6), clinical mastitis (C-M group, n=6) and subclinical mastitis (SC-M group, n=6), defined as clinical vs. subclinical mastitis when a somatic cell count

>200,000 cells/mL and positive PCR and microbiological culture for Mollicutes spp. and/or Mycoplasma bovis results in milk were observed with or without sick signs and/or milk changes compatible with mastitis, respectively; and as healthy when no sick signs and milk changes compatible with mastitis were observed. The milk was collected and stored at −20 °C. Then, milk serum was obtained by collecting the supernatant after centrifugation at 10,000g and 4 °C for 30 min, and stored at -80 °C until analysis. The analytes measured were creatinine, albumin, calcium, amylase, aspartate aminotransferase (AST), lipase, triglycerides, γ-glutamyl transferase (GGT), lactate, uric acid, creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH), total proteins, adenosine deaminase (ADA), total esterase activity (TEA), ferritin and unsaturated iron-binding capacity (UIBC), using spectrophotometric colorimetric assays adapted to an automated clinical chemistry analyser.

The proposed analytes measured in serum milk showed adequate intra-assay precision and a high correlation coefficient (mean R2 = 0.994 ± 0.0108) during the dilution study. In addition, in this pilot cohort study, 10 analytes showed significant differences between groups. Compared with healthy cows, the C-M group showed increases in amylase (median [interquartile ranges (IQR)] = 1.77 [1.61-8.39] vs. 0.00 [0.00-0.00] UI/L; P = 0.002), AST (mean ± Standard deviation [SD] = 280.6 ± 201.70 vs. 7.4 ± 2.65 UI/L; P = 0.007), triglycerides (median [IQR] = 163.6 [44.72-334.63] vs. 36.0 [30.55-41.01] mg/dL; P = 0.039), lactate (median [IQR] = 3.36 [1.19-5.88] vs. 0.04 [0.03-0.04] mmol/L; P < 0.001), CK (mean ± SD = 186.8 ± 148.19 vs. 0.7 ± 1.67 UI/L; P = 0.014), LDH (median [IQR] = 3,942.0 [2,705.60-4,662.90] vs. 115.8 [93.5-105.10] UI/L; P < 0.001), ADA (median [IQR] = 34.20 [7.68-66.28] vs. 0.00 [0.00-0.00] UI/L; P < 0.001) and ferritin (median [IQR] = 1,155.0

[260.25-2,880.00] vs. 65.0 [2.00-263.00] µg/L; P = 0.009). Decreases between the C-M vs. H groups were observed in creatinine (mean ± SD = 1.39 ± 0.31 vs. 1.79 ± 0.16 mg/dL; P = 0.036) and lipase (mean ± SD = 49.6 ± 42.18 vs.

173.8 ± 76.65 mg/dL; P = 0.005). Finally, similar changes to those observed in the H group were also observed between the C-M vs. SC-M groups in AST (mean ± Standard deviation [SD] = 280.6 ± 201.70 vs. 28.2 ± 24.42 UI/L; P = 0.012), lactate (median [IQR] = 3.36 [1.19-5.88] vs. 0.06 [0.04-0.17] mmol/L; P = 0.003), CK (mean ± SD = 186.8 ± 148.19 vs. 5.6 ± 5.47 UI/L; P = 0.015), LDH (median [IQR] = 3,942.0 [2,705.60-4,662.90] vs. 182.3 [103.03-210.73] UI/L; P < 0.001), ADA (median [IQR] = 34.20 [7.68-66.28] vs.

0.00 [0.00-0.00] UI/L; P < 0.001) and ferritin (median [IQR] = 1,155.0 [260.25-2,880.00] vs. 00.0 [00.0-00.0] µg/L; P < 0.001).

In conclusion, in this pilot study, all 17 evaluated analytes demonstrated to be able to be measured in bovine milk serum using economical spectrophotometric methods on an automated analyser. In addition, at least 10 analytes in serum milk showed differences between healthy cows and cows with clinical mastitis, with potential diagnostic value for mastitis of AST, lactate, CK, LDH, ADA, and ferritin. Nevertheless, these findings warrant confirmation in a larger population.

CO-393 | Extensivo

LA SUBNUTRICIÓN Y LA SUPLEMENTACIÓN CON HIDROXITIROSOL AL FINAL DE LA GESTACIÓN DE VACAS DE CARNE AFECTA EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA DESCENDENCIA

UNDERNUTRITION AND HYDROXYTYROSOL SUPPLEMENTATION IN LATE- PREGNANCY OF BEEF COWS AFFECTS THE FATTY ACID PROFILE OF THE PROGENY

Nieves Escalera-Moreno[1], Javier Álvarez Rodríguez[2], Bernat Villalba-Blanch[1], Daniel Villalba Mata[1], María José Martín-Alonso[1], Ester Molina Ureste[1], Olaia Akesolo-Atutxa[3], Albina Sanz Pascua[3], Beatriz Serrano-Pérez[1]

(1)-Universidad de Lleida (2)-Universidad de Zaragoza-IA2 (3)-CITA de Aragón-IA2

La composición de ácidos grasos (AG) del tejido adiposo varía con la dieta del animal, además de estar modulada por la edad, la localización anatómica, el sexo y el genotipo (Urrutia et al., 2020). Sin embargo, el tejido adiposo puede sufrir cambios funcionales y epigenéticos cuando el embrión se expone a ambientes subóptimos al inicio de la gestación (Noya et al., 2021). Recientemente, se ha observado como la suplementación con hidroxitirosol (HT), compuesto fenólico derivado de los productos del olivo, disminuye los efectos deletéreos de la subnutrición materna durante el último tercio de gestación (Escalera et al., 2025). El objetivo de este estudio fue determinar en qué medida la subnutrición materna y la suplementación con HT durante el último tercio de gestación afectan los perfiles lipídicos de tejido adiposo subcutáneo en la progenie macho de un año de edad.

Se llevó a cabo un ensayo con 110 vacas de aptitud cárnica a fin de gestación (semanas 28-40), asignadas a cuatro tratamientos experimentales según un diseño factorial 2×2, combinando dos niveles de alimentación (T100%, 10,5 kg/día; T60%, 7 kg/día) y suplementación con HT (Control y HT; 0 y 180 mg HT/kg de unifeed, respectivamente). Tras el parto, se seleccionaron 37 pares de vacas y terneros machos (T100%-CONTROL, n = 10; T100%-HT, n = 9; T60%-CONTROL, n = 10; T60%-HT, n = 8). Las vacas en lactación fueron alimentadas para cubrir sus necesidades al 100% y no recibieron HT. Los terneros siguieron una dieta de leche materna hasta la semana 17 y después recibieron una dieta a base de pienso en harina y paja *ad libitum*hasta el sacrificio (12 meses). Tras el sacrificio, se tomaron muestras de tejido adiposo subcutáneo asociado al músculo masetero para la determinación de AG. Las muestras se liofilizaron y metilaron directamente con metóxido de sodio, utilizando ácido undecanoico (C11:0) como patrón interno. Los ésteres metílicos de AG se analizaron mediante cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID). La identificación se realizó mediante patrones de referencia y los resultados se expresaron como porcentajes relativos de AG (g/100 g de AG detectados). Los resultados se analizaron estadísticamente mediante un modelo de mínimos cuadrados estándar con los efectos de la subnutrición, el HT y su interacción con una separación de medias mediante la prueba de Tukey.

No se observó interacción entre la subnutrición y el suplemento con HT materno sobre la composición de AG del tejido subcutáneo de la descendencia (p > 0,10), por lo que ambos efectos se presentan de forma independiente. La subnutrición materna redujo el contenido total de AG poliinsaturados (AGPI) y AGPI n-6 (p < 0,05), y tendió a disminuir el contenido de AGPI n-3 (p = 0,09) con respecto al T100% en el tejido adiposo de terneros de un año de edad. La proliferación, diferenciación e hipertrofia de los adipocitos tiene lugar durante

la etapa fetal y postnacimiento (Urrutia et al., 2020), por lo que la menor disponibilidad materna de nutrientes durante el último tercio de la gestación podría alterar la deposición de tejido adiposo en la descendencia. En animales con la misma dieta de engorde, la menor deposición de AGPI en terneros subnutridos “in utero” podría relacionarse con una menor ingestión voluntaria postnatal, ya que los AGPI mayoritarios (C18:2 n-6 y C18:3 n-3) son de origen dietario.

La suplementación materna con HT redujo el contenido total de AG en el tejido adiposo subcutáneo (p < 0,05) y tendió a disminuir el contenido de AG monoinsaturados (AGMI) (p

= 0,06) y el índice de AG Δ9-desaturasa (p = 0,08), respecto al grupo Control. Por el contrario, el grupo HT mostró un incremento del contenido de AG saturados (AGS) (p = 0,05) y una tendencia al aumento de la relación de AGPI n-6/n-3 (p = 0,08). Los AG de la dieta son modificados mediante mecanismos de desaturación y elongación por enzimas como la desaturasa Δ9 (gen SCD), responsable de la producción de AGMI. En estudios previos se ha observado como la suplementación con HT modula la expresión de genes relacionados con el metabolismo lipídico (Escalera-Moreno et al. 2025). La reducción en AGMI podría estar relacionada con una menor actividad desaturasa Δ9, responsable de convertir los AGS en AGMI, lo que explicaría el aumento de AGS, mientras la

mayor proporción de AGPI n-6/n-3 podría reflejar un mayor consumo de pienso.

Para concluir, la subnutrición materna durante el último tercio de la gestación altera la deposición de tejido adiposo de la progenie macho al año de vida. La suplementación materna con HT modularía la deposición y el perfil de ácidos grasos de la descendencia.

Proyecto financiado por:

MCIN/AEI/10.13039/501100011033 (FETALNUT). Contrato predoctoral de la Universitat de Lleida N. Escalera-Moreno.

Escalera-Moreno et al. 2025. Antioxidants.14:1097

Noya A et al. 2021. Res. Vet. Sci. 142:1-11.

Urrutia et al. 2020. J. Mol. Sci. 30; 21:3183.

CO-394 | Extensivo

¿PUEDE LA PULPA DE ALGARROBO FACILITAR EL DESTETE DE LOS TERNEROS PASTEROS?

¿CAN CAROB PULP FACILITATE THE WEANING PROCESS OF SUCKLER CALVES?

Javier Álvarez Rodríguez[1], Albina Sanz Pascua[2], F. Javier Miana-Mena[1], Thania Gamarra[3], César Torres[3], Paula Casado[3], María Ángeles Latorre Górriz[1]

(1)-Universidad de Zaragoza-IA2 (2)-CITA de Aragón-IA2 (3)-GEPISA

La hipótesis de este trabajo fue que la pulpa de algarrobo, un ingrediente fibroso, también rico en azúcares y polifenoles, podía estimular la palatabilidad del pienso y la salud digestiva en terneros pasteros. Un total de 36 terneros de las razas Pirenaica y Parda de Montaña, procedentes de la paridera de invierno, se repartieron en cuatro grupos (dos de cada raza), homogéneos en edad y sexo. La mitad de los terneros se suplementaron, desde el día 23 hasta el día 140 de edad, con un pienso control y la otra mitad con un pienso que incluía un 10% de pulpa de algarrobo, ambos en forma de gránulo. Los ingredientes principales en el pienso control fueron cebada en grano y harina de extracción de soja, mientras que en el pienso experimental fueron grano de maíz, grano de trigo y harina de extracción de soja, además de la pulpa de algarrobo. Los terneros se mantuvieron con acceso restringido a sus madres hasta el día 60 de edad y después con acceso libre al amamantamiento. El destete se realizó a los 113 días de edad. Se registró el peso vivo y se tomaron muestras individuales de heces rectales para análisis de ooquistes de coccidios (Eimeria spp.), consistencia fecal (materia seca) y sangre para análisis de metabolitos sanguíneos, indicadores del balance energético (glucosa, lactato y urea), en tres momentos (al inicio, destete y final del estudio). Un total de 30 terneros, 15 por tratamiento, se sometieron a un test de preferencia de pienso antes y después del destete. Cada ternero se introdujo en un box individual durante 6 horas (08:00-14:00 h) y se le ofreció agua y dos cubos con pienso ad libitum, uno control y otro con algarrobo, cuyo orden fue modificado al azar entre controles sucesivos. La oferta individual de pienso fue de 1 kg en pre-destete y 3 kg en post-destete. Se pesó la oferta y el rehusado de cada pienso al inicio y fin del intervalo de 6 horas, respectivamente, para calcular la ratio de preferencia.

Los datos se analizaron considerando los efectos fijos del tipo de pienso, el sexo, la raza y las interacciones entre ellos. Los datos de coccidios y metabolitos incluyeron, además, el efecto fijo de la edad y el efecto aleatorio del animal. La cantidad consumida de cada pienso en el test de preferencia incluyó también el efecto fijo del tipo de pienso que estaban recibiendo (control vs. algarrobo) y el pienso preferido durante el test (control vs. algarrobo). La separación de medias se realizó con un test t-Student.

La inclusión de algarrobo no afectó a los resultados productivos de los terneros ($P>0,10$). En el test de preferencia, no se observaron diferencias entre tratamientos en el consumo de pienso de los terneros en la fase previa al destete ($P>0,10$). Sin embargo, en la fase posterior al destete, los terneros que habían comido pienso con algarrobo en lactación prefirieron consumir pienso control, mientras que los terneros que habían consumido pienso control en lactación prefirieron consumir pienso con algarrobo ($P<0,05$). El pienso preferido durante el test no difirió entre sexos ($P>0,10$).

La consistencia fecal antes del destete fue similar entre tratamientos ($P>0,10$) pero después del destete fue menor en los animales del control que los del algarrobo, cuyas heces mostraron un mayor contenido de materia seca ($P<0,05$). Los recuentos de ooquistes de coccidios no se diferenciaron entre tratamientos ($P>0,10$), pero fueron mayores a los 23 días de edad que posteriormente ($P<0,05$), estabilizándose con valores similares en el momento del destete (113 días) y al final de estudio (140 días) ($P>0,10$).

La inclusión de pulpa de algarrobo no alteró la concentración de glucosa, lactato y urea sanguínea antes ni tampoco después del destete ($P>0,10$). Sin embargo, todos los metabolitos sanguíneos se vieron afectados por la edad del ternero ($P<0,05$); la glucosa se redujo linealmente, mientras la urea aumentó linealmente entre el día 23 y 140 de edad ($P<0,05$) mientras el lactato mostró un pico, en ambos tratamientos, en el momento del destete ($P<0,05$).

La inclusión del 10% de pulpa de algarrobo en el pienso de terneros pasteros no modificó el crecimiento, los recuentos fecales de coccidios ni los metabolitos sanguíneos, pero sí mejoró la consistencia fecal tras el destete. El test de preferencia mostró una clara respuesta a la novedad orosensorial: los terneros mostraron preferencia por el pienso diferente al que habían recibido previamente, especialmente después del destete. Este comportamiento sugiere que ciertos compuestos secundarios presentes en los ingredientes de cada formulación pueden modular el consumo voluntario cuando los piensos se ofrecen de forma secuencial. Estos resultados abren la posibilidad de utilizar ingredientes como la pulpa de algarrobo para facilitar el cambio de dieta en el destete, una fase crítica en la que el apetito y el rendimiento suelen verse comprometidos.

Financiado por el CDTI y FEDER 2021–27 (contrato OTRI GEPISA-UZ 2025/0008).

CO-395 | Sanidad

MUERTES REPENTINAS EN TERNEROS JÓVENES POR HEPATITIS VÍRICA AGUDA.

SUDDEN DEATHS DUE TO ACUTE VIRAL HEPATITIS IN YOUNG CALVES

Juan Francisco García Marín[1], C. Fernández Rodríguez[2], L. Quevedo Sánchez[3], J. González Fernández[4], C. Pérez Martinez[1], JM. San Miguel[5]

(1)-Facultad de Veterinaria, Universidad de León (2)-JANDA-VET, S.L (3)-COREN (4)-Micros León (5)-Zoetis Spain S.L.U.

Se describen casos de muerte súbita por hepatitis aguda en terneros de cebo jóvenes, localizados en Andalucia (Cádiz) y Galicia (Orense). En el caso de Andalucía se trataba de una explotación de 150 nodrizas produciendo terneros cruce con Azul Belga. Las nodrizas son vacunadas anualmente frente a enterotoxemia y a IBR (vacuna atenuada) y revacunadas posteriormente con inactivada, los terneros para venta a cebo no se vacunan. Entre estos últimos murieron dos animales de 41 y 53 días de edad de forma súbita, no observándose signos clínicos previos. El segundo caso (Galicia) se presentó en un cebadero en un grupo de 123 terneros cruce Frisón y Azul Belga. Los mismos habían recibido un programa vacunal normalizado frente a BRSV, PI3, BVD y Clostridios, antes de aparecer las muertes, que afectaron a 8 terneros entre 60 y 75 días de edad. Los mismos presentaron debilidad del tercio posterior y signos clínicos nerviosos, pero no respiratorios, horas antes de su muerte aguda. Ambos casos se presentaron en noviembre y diciembre de 2025. Todos los terneros tenían buena condición corporal.

Se realizó la necropsia de tres animales (uno del primer caso y dos del segundo) enviando muestras de tejidos para su estudio histopatológico. Las lesiones macroscópicas más evidentes fue la presencia de hepatomegalia manifiesta y la observación en la superficie hepática y a la sección de este de un marcado dibujo lobulillar representativo de una grave lesión. Otras lesiones macroscópicas observadas fueron hemorragias pulmonares en un ternero y posible neumonía proliferativa en otro, así como ictericia muy evidente en todos ellos. Microscópicamente, se observó tumefacción y disociación hepatocitaria difusa, con presencia de numerosos hepatocitos con hipercromatosis parietal, cariorexis, lisis de numerosos de ellos llegando a formar pequeños focos necróticos. También se observó intensa colestasis. Un número apreciable de hepatocitos mostraron cuerpos de inclusión intranucleares. Estas alteraciones se corresponden con infección aguda-sobreaguda por herpesvirus. Mediante el empleo de IHQ se confirmó la presencia de este virus.

La presentación de la forma hepática aguda o sobreaguda de hepatitis por herpesvirus, como lesión principal y causa de la muerte, es una presentación infrecuente de IBR, la cual debería ser considerada en los casos de muerte súbita en terneros jóvenes.