

Comportamiento periparto e interacción madre–cría como determinantes de la supervivencia neonatal del ternero Hereford en la Patagonia

Peripartum behavior and mother–calf interactions as determinants of neonatal survival of Hereford calves in Patagonia

Carlos Eduardo Navarro Mercado¹

eddynav10@gmail.com

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste, Sargento Cabral 2131 (W3402) Corrientes, Argentina y Facultat de Ciències Biològiques, Universitat de València, Av. Vicent Andrés Estellés, 19, (46100) Burjassot, Valencia, España.

Recibido 19/11/2025; Aceptado: 09/02/2026

Resumen. La supervivencia neonatal del ternero Hereford en la Patagonia no se explica únicamente por la severidad climática ni por rasgos productivos aislados, sino por la interacción entre estresores ambientales, fisiología periparto y la relación madre–cría en sistemas extensivos. Mediante una revisión bibliográfica sistematizada, con énfasis en la evidencia publicada entre 2015 y 2025 e integración transversal de literatura fundacional desde 1970, este trabajo articula información climatológica, neuroendocrina, comportamental y genética para proponer un marco mecanístico de la mortalidad neonatal bajo condiciones de frío, viento, humedad y oferta forrajera estacional. Estos factores elevan la demanda de energía metabolizable en la vaca gestante y el neonato, reduciendo el margen funcional para el secado, la incorporación y la ingestión efectiva de calostro. Se revisa el comportamiento periparto y los determinantes neuroendocrinos de la habilidad materna, con énfasis en la ventana de sensibilidad a la oxitocina. Sobre esta base, se plantea la hipótesis de un antagonismo entre la activación del eje hipotálamo–hipófiso–adrenal inducida por estrés y la señalización oxitocinérgica, expresado como microfallas conductuales como demoras en lamido, menor proximidad y retrasos en la mamada que amplifican la pérdida de calor y aumentan el riesgo de falla en la transferencia de inmunidad pasiva. Se discuten implicancias para mitigar el estrés mediante potreros con refugio, ajuste de la parición y suplementación estratégica. Finalmente, se propone redefinir la eficiencia reproductiva incorporando la habilidad materna y la resiliencia neuroendocrina frente al estrés ambiental como objetivos prioritarios de selección genética para optimizar el desempeño del vínculo madre–cría en ambientes extremos.

Palabras-clave: Hereford; relación madre–cría; estrés periparto; Patagonia; transferencia de inmunidad pasiva; resiliencia al estrés

Abstract. The neonatal survival of Hereford calves in Patagonia cannot be explained solely by climatic harshness or isolated productive traits, but for the interaction among environmental stressors, peripartum physiology, and the mother–calf relationship in extensive systems. Based on a systematized literature review, emphasized on evidence published between 2015 - 2025 and the integration of foundational literature since 1970, this article assembles climatological, neuroendocrine, behavioural, and genetic data to propose a mechanistic framework for neonatal mortality under conditions of cold, wind, humidity, and seasonal forage availability. These factors increase metabolizable energy demand in both the pregnant cow and the neonate, narrowing the functional window for drying, standing, and effective colostrum intake. Peripartum behavior and the neuroendocrine determinants of maternal ability are examined, with particular attention to the peripartum window of oxytocin sensitivity. On this foundation, a hypothesis of an antagonism is set between stress-induced activation of the hypothalamic–pituitary–adrenal axis and oxytocinergic signaling, manifested as a subtle behavioural disruptions such as delayed licking, reduced proximity, and delayed suckling, which intensify heat loss and increase the risk of failure of passive transfer of immunity (FPT). Implications for stress relief are discussed, including the use of sheltered calving paddocks, adjustments to calving season, and strategic supplementation. Finally, reproductive efficiency is proposed to be reframed by prioritizing maternal ability and neuroendocrine resilience among environmental stress as genetic selection targets to strengthen mother–calf bonding and in extreme environments.

Keywords: Hereford; mother-offspring relationship; peripartum stress; Patagonia; passive transfer of immunity; stress resilience

Introducción

La supervivencia neonatal del ternero en sistemas de cría bovina se reconoce de manera consistente como un punto crítico de eficiencia productiva y bienestar animal, con mortalidad que permanece en rangos relevantes incluso bajo esquemas tecnificados (Mee, 2020; Mee, 2023). En un análisis poblacional en Suiza basado en 2 122 184 partos (2005–2007), la mortalidad perinatal en las primeras 24 horas se estimó en 2,4 % y la mortalidad posnatal durante los primeros cuatro meses se describió como concentrada principalmente en ventanas tempranas, con tasas de 0,5 % entre los días 2–7, 1,3 % entre los días 8–28 y 0,7 % entre los días 29–120, además de asociaciones marcadas con distocia y gestaciones gemelares y un mayor riesgo posnatal en machos (Bleul, 2011). En un sistema lechero de gran escala seguido durante diez años en Corea, se reportó una mortalidad total de 10,7 %, con predominio de causas digestivas y respiratorias y enteritis y neumonía como diagnósticos específicos más frecuentes (Hur et al., 2013). En síntesis, revisiones focalizadas en mortalidad perinatal en terneros lecheros sitúan los reportes internacionales típicamente entre 2,4 % y 9,7 %, con variación atribuible a definiciones operativas y heterogeneidad de sistemas (Cuttance y Laven, 2019; Mee, 2020). En la etapa neonatal, además, se ha enfatizado que la mortalidad se concentra en un conjunto relativamente consistente de morbilidades dominadas por infecciones gastrointestinales y respiratorias, entre otras causas relevantes, lo que refuerza el carácter multifactorial del problema (Mee, 2023). En regiones sometidas a climas fríos y ventosos, esta problemática adquiere una dimensión particular, ya que el neonato se enfrenta desde el nacimiento a una combinación de alta demanda termogénica,

exposición a viento y humedad y una ventana estrecha para la ingestión eficaz de calostro. La literatura sobre fisiología del estrés por frío en bovinos y termorregulación en neonatos demuestra que la interacción entre bajas temperaturas, viento, suelos húmedos o nevados y reservas energéticas limitadas compromete rápidamente la homeostasis, favoreciendo la hipotermia y aumentando el riesgo de muerte durante las primeras 24–48 horas de vida (Kim et al., 2023; Kozat, 2018; Lezama-García et al., 2022; Olson et al., 1980; Rusche y Walker, 2020; Wang et al., 2023; Webster, 1970; Young, 1981). En el caso de la Patagonia, se suma un contexto climático y ecológico singular, caracterizado por fuertes gradientes de precipitación, temperaturas medias bajas, vientos persistentes y una marcada estacionalidad de la oferta forrajera, condiciones que condicionan tanto la productividad de los sistemas pastoriles como el microambiente al que se expone la vaca preñada y el ternero recién nacido (Hall y Paruelo, 2006; Paruelo, 1998; Webster, 1970; Young, 1981). En la provincia de Santa Cruz, el invierno se caracteriza por temperaturas bajas sostenidas y vientos persistentes, lo que incrementa la carga microclimática efectiva sobre la díada vaca-ternero y estrecha los márgenes conductuales para el secado, la incorporación y la primera mamada. En Río Gallegos, sobre series de varias décadas, se han reportado vientos persistentes de alta intensidad (Samela et al., 2011). En los pastizales de estepa, la vegetación nativa estructura la oferta forrajera con marcada estacionalidad, condicionando la disponibilidad efectiva de nutrientes durante el último tercio de gestación y el periparto (Marchelli et al., 2022). En términos de resultados, se han documentado pérdidas perinatales variables y, en un reporte de campo en vaquillonas Hereford de la región, se describieron pérdidas potencialmente elevadas con diferencias marcadas según el biotipo paterno utilizado (Martínez y Rodríguez, 1995). A escala de parámetros productivos utilizados para sistemas de cría en Argentina, la mortalidad de terneros se reporta típicamente en rangos del 5–7% en productores promedio y del 2–5% en establecimientos más avanzados, lo que sitúa la problemática neonatal dentro de un gradiente de desempeño asociado a manejo e infraestructura (Rearte, 2007).

En paralelo a esta perspectiva ecológica y productiva, el cuerpo de evidencia en etología y neurobiología del vínculo madre-cría ha mostrado de manera consistente que el comportamiento materno no es un componente accesorio, sino un determinante central de la supervivencia neonatal (Bleul, 2011; Cuttance y Laven, 2019; Hur et al., 2013; Mee, 2023). Descripciones detalladas del etograma del parto y del posparto inmediato en bovinos indican que la orientación rápida de la vaca hacia el ternero, el inicio precoz de un lamido intenso, la permanencia prolongada en las inmediaciones de la cría y la facilitación activa de la búsqueda de la ubre se asocian con mayor vigor neonatal, un menor tiempo transcurrido hasta la primera mamada y mejor pronóstico sanitario en las semanas subsiguientes (Buddenberg et al., 1986; Hogan et al., 2022; Lidfors, 2022; Rørvang et al., 2018; Sandelin et al., 2005; Stěhulová et al., 2013; von Keyserlingk y Weary, 2007). En razas de carne y en cruza que incluyen Hereford, se ha documentado una variación individual amplia en la calidad del cuidado materno, que abarca desde vacas altamente protectoras, con lamido intenso y vigilancia constante, hasta hembras que se separan pronto del ternero o muestran escasa motivación para permitir la mamada, diferencias que se han vinculado con el crecimiento del ternero, con la tasa de supervivencia y con la seguridad del personal de manejo (Costa, 2017; Michenet et al., 2016; Nevard et al., 2023; Pires et al., 2020). Paralelamente, la literatura sobre neurobiología del vínculo madre-joven ha puesto de relieve el papel central de la oxitocina y de otros neuromoduladores en la emergencia del estado materno, describiendo

cómo, durante el periparto, se abre una ventana de sensibilidad en la que la liberación central de oxitocina favorece el acercamiento, el lamido, la aceptación de la cría y la priorización del cuidado frente a otros impulsos motivacionales (Bienboire-Frosini et al., 2023; Coria-Avila et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2023; Sanz et al., 2024). Estos hallazgos sugieren que la denominada habilidad materna en bovinos, lejos de ser un rasgo difuso, puede describirse y, al menos parcialmente, cuantificarse a partir de patrones conductuales y de sus correlatos neuroendocrinos.

Al mismo tiempo, la evidencia procedente de la fisiología del estrés y de estudios experimentales en mamíferos revela que el sistema endocrino que sustenta el cuidado materno es sensible a la carga de estrés ambiental. Revisiones y trabajos experimentales han demostrado que los glucocorticoides poseen acciones permisivas, supresoras, estimuladoras y preparatorias sobre la respuesta al estrés; y que cuando su secreción es intensa y sostenida, pueden comprometer funciones de integración y plasticidad neuronal en áreas clave del cerebro (Champagne y Meaney, 2006; Sapolsky et al., 2000). En el contexto del parto y del posparto inmediato, se ha observado que la activación excesiva del eje hipotálamo-hipófiso-adrenal (HPA) se asocia con alteraciones en la liberación de oxitocina, con menor expresión de conductas de cuidado y con un aumento de la probabilidad de rechazo o de cuidado inconsistente hacia la cría, tanto en humanos como en modelos animales (Bienboire-Frosini et al., 2023; Coria-Avila et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2025; Nagel et al., 2022; Walter et al., 2021). En rumiantes y, en particular, en bovinos de carne, revisiones recientes en comportamiento materno y determinantes de mortalidad neonatal han comenzado a integrar esta perspectiva, proponiendo que la subnutrición gestacional, la baja condición corporal y la exposición a climas extremos influyen de manera simultánea sobre la vitalidad del ternero y sobre la capacidad de la vaca para expresar un cuidado adecuado, lo que se traduce en mayores tasas de hipotermia, fracaso en la transferencia de inmunidad pasiva y mortalidad pre-destete (Abdelfattah et al., 2025; Bleul, 2011; Cuttance y Laven, 2019; Kozat, 2018; Lezama-García et al., 2022; Mason et al., 2022; Mee, 2013; Nevard et al., 2023; Olson et al., 1980; Sanz et al., 2024; Silva et al., 2020; Van et al., 2023). En Patagonia, donde el frío, el viento y la variabilidad forrajera constituyen rasgos estructurales del sistema, esta vulnerabilidad sugiere la existencia de un mecanismo de falla específico, en el cual los estados de estrés crónico desplazan el equilibrio neuroendocrino desde un perfil pro-cuidado hacia uno dominado por la autopreservación.

Sobre esta base, la presente revisión se organiza en cuatro ejes conceptuales interdependientes. El primer eje caracteriza el contexto ecosistémico patagónico y analiza los estresores climáticos relevantes como presiones de selección activas que modulan el balance energético y la fisiología adaptativa de la vaca Hereford y del ternero en el periparto (Webster, 1970; Young, 1981; Paruelo, 1998; Hall y Paruelo, 2006; Rusche y Walker, 2020; Kim et al., 2023; Wang et al., 2023). El segundo eje aborda el perfil etológico del genotipo Hereford, integrando el etograma del parto, los tiempos de respuesta críticos y la variabilidad individual en el comportamiento materno con la fisiología del vínculo mediada por la oxitocina, a partir de la evidencia disponible en razas de carne y cruas relacionadas (Bienboire-Frosini et al., 2023; Buddenberg et al., 1986; Coria-Avila et al., 2022; Costa, 2017; Hogan et al., 2022; Lidfors, 2022; Michenet et al., 2016; Mota-Rojas et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2023; Nevard et al., 2023; Pires et al., 2020; Sandelin et al., 2005; Sanz et al., 2024; Rørvang et al., 2018; Stěhulová et al., 2013; von Keyserlingk y Weary, 2007). El tercer eje articula estos elementos en una hipótesis mecanística explícita,

según la cual la interferencia neurobiológica de los mediadores del estrés sobre las redes pro-cuidado se manifestaría en interrupciones conductuales y, a través de estas, en un incremento de la hipotermia y del fracaso en la transferencia de inmunidad pasiva como vías fisiopatológicas inmediatas hacia la mortalidad neonatal (Abdelfattah et al., 2025; Bleul, 2011; Champagne y Meaney, 2006; Cuttance y Laven, 2019; Kozat, 2018; Lezama-García et al., 2022; Mason et al., 2022; Mee, 2013; Nagel et al., 2022; Olson et al., 1980; Sapolsky et al., 2000; Silva et al., 2020; Van et al., 2023). El cuarto eje discute las implicaciones de este modelo para el manejo del periparto y para la selección genética en sistemas extensivos patagónicos, y sostiene que la eficiencia reproductiva debe redefinirse para incluir de forma explícita la habilidad materna y la resiliencia al estrés (robustez fisiológica frente a la adversidad ambiental) como rasgos de interés, a la luz de la evidencia sobre parámetros genéticos, temperamento, manejo del parto, lineamientos de buenas prácticas y códigos de bienestar vigentes (Haskell et al., 2014; Mee, 2004; Mee, 2020; Ministry for Primary Industries, 2019; NFACC, 2021; Ríos-Utrera, 2008; Ríos-Utrera et al., 2012; Ríos-Utrera et al., 2021; Roche et al., 2021; Sanchez-Salcedo et al., 2019; Szenci, 2023; Verified Beef Production Plus, 2019). En este marco, el propósito central de la revisión es integrar estos niveles de análisis en una propuesta coherente que permita comprender la mortalidad neonatal del ternero Hereford en la Patagonia no como un resultado inevitable del clima, sino como la manifestación de un sistema biológico y de manejo susceptible de ser descrito, modelado y transformado. Como limitación, se explicita la escasez relativa de estudios etológicos realizados específicamente en bovinos Hereford puros, en comparación con la evidencia disponible en cruzamientos y poblaciones compuestas, lo que condiciona la extrapolación directa de algunos patrones conductuales y de su variabilidad hacia rodeos de alta pureza racial.

Metodología de búsqueda bibliográfica

Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica sistematizada en Scopus, Google Scholar e INTA Digital, complementada con una revisión dirigida de portales institucionales y documentos técnicos citados de forma recurrente en la literatura sobre bienestar, manejo periparto y mortalidad neonatal, incluyendo fuentes como NFACC, Ministry for Primary Industries, Verified Beef Production Plus y Beef Cattle Research Council, además de repositorios académicos utilizados para localizar tesis y literatura gris estrictamente relevante. La estrategia se implementó mediante iteraciones sucesivas entre noviembre de 2025 y febrero de 2026, con el propósito de consolidar evidencia reciente y a la vez, sostener los fundamentos fisiológicos clásicos necesarios para interpretar la supervivencia neonatal en ambientes fríos y ventosos. Por esta razón, la revisión se estructuró bajo un enfoque bimodal en el que el núcleo principal se concentró en el periodo 2015–2025 para integrar avances contemporáneos en neurobiología del comportamiento materno, endocrinología del periparto, interacción funcional entre el eje hipotálamo–hipófiso–adrenal y la señalización oxitocinérgica y literatura asociada a genómica y selección de rasgos vinculados con resiliencia y vitalidad neonatal, mientras que este cuerpo de evidencia se articuló de manera transversal con literatura seminal y estudios fundacionales desde 1970, cuya inclusión fue imperativa para establecer las bases de la termorregulación neonatal, la fisiología del estrés por frío y las constantes metabólicas que condicionan la demanda energética en bovinos. Las búsquedas se realizaron en español, inglés y portugués, utilizando combinaciones de términos equivalentes y operadores booleanos, ajustados a las particularidades de cada plataforma, orientadas a

capturar de manera integrada el componente ambiental y microclimático de la parición en condiciones de frío, viento y humedad, el componente etológico del parto y el posparto inmediato en bovinos de carne con énfasis en lamido, proximidad y establecimiento oportuno de la mamada y los desenlaces fisiopatológicos inmediatos asociados a hipotermia y falla en la transferencia de inmunidad pasiva vinculada a ingesta y absorción de inmunoglobulinas desde el calostro. La selección priorizó investigaciones revisadas por pares, revisiones y meta-análisis cuando estuvieron disponibles, junto con documentos técnicos y códigos de buenas prácticas con aplicabilidad directa al manejo periparto y se otorgó preferencia a fuentes que presentaran resultados cuantitativos o síntesis consistentes sobre clima y microambiente, estado metabólico materno, comportamiento materno y resultados neonatales, con énfasis en sistemas extensivos y pertinencia regional para la Patagonia cuando existía evidencia específica. Se consideraron elegibles los trabajos que abordaran de forma sustantiva la caracterización del eje HPA y su relación con conductas maternas, la modulación oxitocinérgica del vínculo madre-cría y la consolidación del cuidado temprano, así como la transferencia de inmunidad pasiva como punto crítico de supervivencia y morbilidad predestete, incluyendo evidencia que conectara restricciones nutricionales periparto y estrés ambiental con vigor neonatal, termogénesis y conductas dependientes del tiempo. Se excluyeron duplicados, estudios no centrados en bovinos o sin relación directa con el periodo periparto y las primeras horas o días de vida, documentos cuya información disponible no permitiera evaluar métodos y resultados con suficiente rigor y referencias cuya pertinencia no se alineara con el marco mecanístico propuesto, particularmente cuando no aportaban evidencia relevante sobre estrés endocrino periparto, conducta materna temprana, termobiología neonatal o inmunidad pasiva. El proceso de selección se realizó mediante cribado por título y resumen y posterior lectura a texto completo para confirmar elegibilidad y la extracción se organizó por ejes temáticos para construir una síntesis narrativa mecanística que integrara microambiente, demanda de energía metabolizable, neuroendocrinología del vínculo, expresión del etograma materno y vías inmediatas de pérdida neonatal, con el objetivo de asegurar que las conclusiones fueran aplicables a la toma de decisiones de manejo y a la discusión de criterios de selección genética en rodeos Hereford bajo condiciones extensivas extremas.

Caracterización y sinergia de estresores climáticos sobre el periparto bovino

La Patagonia se caracteriza por un clima frío, ventoso y con marcada estacionalidad, donde la precipitación se concentra en invierno y existe una fuerte asimetría entre la estación húmeda y la estación de crecimiento de los pastizales (Paruelo, 1998). En Patagonia austral, la persistencia del viento constituye un forzante físico estructural del microambiente de parición y del balance térmico del binomio vaca ternero, con velocidades medias anuales del orden de $7,39 \text{ m.s}^{-1}$ en Río Gallegos (Samela et al., 2011). En términos térmicos, el invierno regional se asocia a temperaturas bajas sostenidas, con registros típicos de aproximadamente 5°C durante el día y cercanos a -2°C durante la noche en el área austral (Coronato et al., 2017), lo que incrementa la demanda metabólica de la vaca en gestación avanzada y del neonato y reduce el margen temporal para la termorregulación efectiva posparto. A esta presión se agrega la base trófica dominante de las estepas, donde gramíneas como *Festuca pallelescens* contribuyen a sostener la oferta forrajera, aunque con calidad y disponibilidad limitadas durante el invierno y el inicio de la primavera (Marchelli et al., 2022). En ese marco, las pérdidas neonatales no

deben interpretarse como un fenómeno exclusivamente meteorológico, sino como el producto de una sinergia entre microclima, estado metabólico materno y expresión conductual del cuidado inmediato.

Desde el punto de vista biofísico, el animal no responde sólo a la temperatura del aire, sino a una temperatura efectiva que emerge de la interacción entre temperatura, velocidad del viento, humedad y estado del pelaje, con un aumento de la pérdida de calor por convección bajo viento y una disminución marcada del aislamiento cuando el pelo se encuentra mojado. Esta combinación desplaza la temperatura crítica inferior e incrementa los requerimientos de mantenimiento por debajo del umbral, con implicancias directas sobre la demanda metabólica durante la fase final de gestación y el inicio de la lactancia (Rusche y Walker, 2020; Webster, 1970; Young, 1981). En términos aplicados, la superposición entre termorregulación, gestación avanzada, calostrogénesis e inicio de la lactancia incrementa la probabilidad de balance energético negativo, deterioro de la condición corporal y reducción funcional de la capacidad de sostener conductas maternas continuas cuando el ambiente exige conductas de autoprotección.

Estudios recientes en bovinos de carne muestran que la exposición prolongada a frío intenso se asocia con cambios consistentes en comportamiento y fisiología, incluyendo modificaciones en patrones de actividad, movilización lipídica y activación endocrina del estrés (Kim et al., 2023; Wang et al., 2023; Young, 1981). Estos ajustes representan respuestas adaptativas de conservación de calor y provisión de sustratos, pero con costos sobre el estado metabólico y sobre la disponibilidad conductual para sostener la proximidad continua al neonato en un ambiente de alta pérdida de calor. En sistemas extensivos, además, el clima condiciona la posibilidad de elegir microhábitats reparados, lo que puede inducir una tensión entre la búsqueda de abrigo y la permanencia junto al ternero en las horas críticas posparto (Rusche y Walker, 2020; Tucker et al., 2007). En conjunto, bajas temperaturas, viento persistente, precipitación y oferta forrajera estacional delimitan un régimen de estrés compuesto que afecta simultáneamente metabolismo, termorregulación neonatal y expresión del etograma de cuidado.

La respuesta neuroendocrina: el eje HPA como mediador del estrés ambiental

La respuesta al estrés inducida por frío se organiza en gran medida a través del eje HPA. Frente a estresores agudos, el incremento de glucocorticoides facilita la movilización de glucosa y lípidos y modula la respuesta inflamatoria, permitiendo afrontar demandas energéticas puntuales (Sapolsky et al., 2000). Sin embargo, cuando la exposición al frío y la restricción nutricional se vuelven sostenidas, como puede ocurrir alrededor del parto en escenarios patagónicos, la activación prolongada del eje HPA puede desplazarse desde una función adaptativa hacia efectos maladaptativos sobre metabolismo, inmunidad y conducta, en particular cuando coincide con la ventana neuroendocrina que organiza el cuidado materno (Sapolsky et al., 2000; Trzebiatowski et al., 2025).

En bovinos expuestos a estrés por frío se ha documentado una respuesta endocrino-metabólica consistente con activación del eje del estrés y movilización de reservas. En un modelo comparando condiciones umbral frente a frío extremo, la temperatura media descendió de 4,66 °C a -4,33 °C y se observó un aumento de cortisol en terneros de 8,97 a 12,60 ng·ml⁻¹, acompañado por incremento de los ácidos grasos no esterificados (NEFA, non-esterified fatty acids) de 118,37 a 177,18 µEq · L⁻¹, junto

con una reducción de glucosa de 71,00 a 61,75 mg · dl⁻¹, lo que sugiere un desplazamiento hacia lipólisis y mayor presión energética; además, la frecuencia cardíaca aumentó de 61,63 a 71,38 latidos por minuto (lpm), consistente con una respuesta simpática/termogénica bajo frío intenso (Kim et al., 2023). En estrés por frío de larga duración en bovinos en crecimiento, se reportó una disminución de la digestibilidad aparente, con caída en la fibra detergente neutro (FDN) de 57,54 a 53,03 y en la fibra detergente ácido (FDA) de 45,37 a 41,16, junto con un incremento marcado de la frecuencia cardíaca ($\approx$ 22,77 lpm); además, la digestibilidad de la energía disminuyó de 71,25 a 68,34, reforzando que el frío sostenido impone un costo fisiológico y digestivo medible más allá del desempeño productivo (Wang et al., 2023). En vacas próximas al parto, esa señal endocrina coexiste con la transición periparto, donde oxitocina, prolactina y esteroides gonadales modulan la conducta maternal y fisiología de la lactancia. La superposición entre señales de estrés y señales reproductivas puede alterar la coordinación fina necesaria para consolidar el vínculo temprano y para sostener el amamantamiento oportuno, especialmente cuando el microambiente incrementa la reactividad y reduce la permanencia junto al neonato (Nevard et al., 2023; von Keyserlingk y Weary, 2007). La evidencia en mamíferos domésticos muestra que la calidad de la unión temprana depende de la integración entre sistemas sensoriales y redes neuroendocrinas donde interactúan oxitocina, dopamina, opioides endógenos y glucocorticoides (Bienboire-Frosini et al., 2023; Mota-Rojas et al., 2022). Una activación excesiva o descoordinada del eje HPA puede interferir con la liberación de oxitocina y con la expresión de conductas de cuidado, incluyendo lamido temprano, aceptación de la mamada y vigilancia del entorno inmediato (Bienboire-Frosini et al., 2023; Coria-Avila et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2025; Walter et al., 2021).

En bovinos de carne manejados en sistemas extensivos, donde la vaca sostiene casi en exclusividad la crianza hasta el destete, la variación individual en conducta materna se asocia con diferencias en supervivencia y desempeño del ternero (Nevard et al., 2023; von Keyserlingk y Weary, 2007). En condiciones patagónicas, es plausible que el estrés térmico y nutricional desplace recursos fisiológicos desde la conducta maternal hacia la autopreservación del adulto, disminuyendo la consistencia del cuidado temprano sin requerir abandono explícito. En consecuencia, el eje HPA opera como nodo integrador que conecta estresores ambientales con fisiología periparto y con la probabilidad de expresar conductas maternas continuas y facilitadoras, lo que delimita un punto de intervención manejable mediante reducción del estrés microclimático en el periodo próximo al parto.

La plausibilidad del eje HPA como mediador no se limita a la dimensión temporal inmediata del periparto, sino que puede extenderse hacia una capa prenatal de programación que condiciona la capacidad termogénica y el umbral conductual del neonato en las primeras horas de vida. En bovinos de carne, la restricción nutricional durante el último tercio de gestación ha mostrado reducir el vigor al nacimiento y empeorar indicadores funcionales críticos como el tiempo hasta la estación y la estabilidad térmica inmediata, sugiriendo que el estrés energético tardío no sólo deprime reservas disponibles, sino que configura la competencia neonatal para activar respuestas autonómicas y motoras necesarias para la ingestión efectiva de calostro (Gai et al., 2025; Wichman et al., 2023). En términos mecanísticos, esta evidencia es coherente con un modelo en el cual la señalización endocrina materna asociada a estrés metabólico y glucocorticoides modifica la maduración de tejidos termogénicos, en particular el tejido adiposo pardo, clave para la producción rápida de calor en el neonato *Bos taurus* y por esa vía estrecha

la ventana temporal en la que pequeñas demoras en el comportamiento se vuelven letales bajo viento y humedad. En Patagonia, donde el microambiente acelera la pérdida de calor, un neonato fisiológicamente predispuesto hacia menor termogénesis y menor vigor no sólo es más susceptible a la hipotermia, sino que también puede exhibir retrasos conductuales tempranos críticos, particularmente en latencias de incorporación y estación; por ejemplo, bajo restricción nutricional materna en el último tercio de gestación se observaron demoras en el intento de ponerse de pie ($11,7 \pm 2,7$ vs $18,2 \pm 2,7$ min) y en ponerse de pie ($20,8 \pm 4,1$ vs $34,8 \pm 4,0$ min), lo que reduce la ventana funcional para alcanzar la ubre y concretar una mamada oportuna en ambientes fríos y ventosos (Wichman et al., 2023).

El perfil etológico: Comportamiento materno-filial en el genotipo Hereford

En bovinos de carne, el comportamiento materno constituye un determinante central de la supervivencia neonatal y presenta componentes ambientales y genéticos. Se ha descrito que rasgos como intensidad de lamido, cercanía al ternero, vocalizaciones y defensa pueden mostrar consistencia intra individuo entre lactancias, lo que permite considerarlos como fenotipos potenciales en programas de mejora, siempre que exista un protocolo de medición aplicable a condiciones de campo (Michenet et al., 2016; Nevard et al., 2023; Stěhulová et al., 2013). En razas británicas y cruzamientos que incluyen Hereford se ha reportado variación individual amplia en la calidad del cuidado, desde vacas con proximidad sostenida y estimulación intensa del neonato hasta hembras con separación temprana o facilitación limitada del amamantamiento, con asociaciones reportadas con supervivencia y desempeño predestete (Buddenberg et al., 1986; Costa, 2017; Nevard et al., 2023; Pires et al., 2020; Sandelin et al., 2005).

En este marco, el perfil etológico del Hereford puede definirse como la organización estable del cuidado neonatal y de la respuesta de protección frente a perturbaciones, modulada por la capacidad de ajustar conducta y uso de microhábitats según el ambiente. Bajo condiciones templadas, ese repertorio suele ser suficiente para sostener una supervivencia neonatal aceptable. En la Patagonia, el incremento de la pérdida de calor por viento y la restricción de la oferta forrajera invernal vuelven funcionalmente críticos los tiempos rápidos de respuesta y la continuidad del cuidado durante las primeras horas posparto; por ello, demoras en el lamido, la proximidad o la mamada incrementan el riesgo de hipotermia y de fracaso en la transferencia de inmunidad pasiva (Nevard et al., 2023; Orihuela y Galina, 2021; von Keyserlingk y Weary, 2007).

El etograma del parto en *Bos taurus*

El parto y el posparto inmediato en vacas de carne siguen una secuencia conductual estereotipada que se ha descrito en distintas razas y sistemas. En las horas previas al parto se observa incremento de la actividad exploratoria, cambios de postura y tendencia a apartarse del grupo para parir en un sitio más tranquilo cuando el ambiente lo permite, lo que se interpreta como una estrategia para reducir perturbaciones y facilitar el establecimiento del vínculo temprano (Lidfors, 2022; Rørvang et al., 2018). Tras la expulsión del ternero, el patrón típico incluye incorporación, orientación hacia la cría e inicio de lamido intenso, con funciones termorreguladoras y circulatorias y con un rol central en el reconocimiento sensorial específico entre madre y cría (Lidfors, 2022; von Keyserlingk y Weary, 2007).

En este etograma destacan varios intervalos de tiempo que se asocian con el vigor neonatal y el pronóstico sanitario, en particular la latencia desde el nacimiento hasta el decúbito esternal, la estación, el inicio del lamido y la primera mamada efectiva ya que su prolongación incrementa la probabilidad de hipotermia, de fracaso en la transferencia de inmunidad pasiva y de mortalidad neonatal, especialmente en ambientes fríos (Hogan et al., 2022; Lidfors, 2022; Orihuela y Galina, 2021; von Keyserlingk y Weary, 2007;). En condiciones de campo, además, el desempeño temprano puede operacionalizarse mediante la necesidad de asistencia humana y la capacidad de mamar dentro de una ventana temprana; en vacas de cría evaluadas por Pires et al. (2020), el 27,4 % de los terneros requirió asistencia humana y, entre esos, el 72,6 % logró un desempeño adecuado y fue capaz de mamar dentro de las primeras 4 horas posparto, lo que ilustra la relevancia funcional de esa ventana crítica. Cuando la mamada se establece, su calidad también puede describirse con métricas conductuales: en observaciones intensivas durante los primeros cinco días posparto, las interacciones de amamantamiento tuvieron una duración promedio de 7 minutos, con la succión representando el 54 % del tiempo total, una tasa aproximada de 2 succiones por segundo y en 67 % de las interacciones, los terneros utilizaron los cuatro pezones, evidenciando variación individual medible en la mamada efectiva (Hogan et al., 2022). La variabilidad de los tiempos y patrones de respuesta se relaciona con condición corporal materna, peso del ternero y consistencia conductual, con evidencia de repetibilidad intraindividuo a lo largo de lactancias (Buddenberg et al., 1986; Sandelin et al., 2005; Stěhulová et al., 2013). En poblaciones Hereford y cruzamientos, se ha descrito que vacas que combinan proximidad sostenida, lamido temprano y protección moderada tienden a asociarse con mejores desempeños predestete del ternero, siempre que la defensa no interfiera con el amamantamiento ni con las prácticas de manejo (Costa, 2017; Pires et al., 2020).

La fisiología del vínculo: el rol de la oxitocina en la expresión de la habilidad materna

El repertorio conductual periparto refleja una organización neuroendocrina compleja. En el final de la gestación, cambios relativos en esteroides gonadales y señales fetales contribuyen a preparar al sistema nervioso para responder a oxitocina, liberada periférica y centralmente en áreas implicadas en motivación y conducta social. Se ha descrito que esta ventana periparto de sensibilidad oxitocinérgica facilita la emergencia del cuidado materno, promoviendo acercamiento, lamido y aceptación de la cría, además de contribuir a la eyección láctea (Coria-Avila et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2023; von Keyserlingk y Weary, 2007).

La oxitocina interactúa con el eje HPA: elevaciones transitorias de cortisol alrededor del parto forman parte de la cascada fisiológica, pero cuando el estrés ambiental es intenso y sostenido, la activación prolongada del eje HPA puede modular negativamente la liberación y acción central de la oxitocina, alterando el equilibrio entre alerta y conducta de cuidado (Bienboire-Frosini et al., 2023; Coria-Avila et al., 2022; Sanz et al., 2024; Walter et al., 2021). Esta interdependencia cuenta además con evidencia funcional en bovinos bajo estresores agudos: en terneros destetados, la administración intranasal de oxitocina se asoció con menores concentraciones plasmáticas de ácidos grasos no esterificados, con valores de $0,42 \pm 0,06$ frente a $0,64 \pm 0,06$ mmol · L⁻¹ al día uno en comparación con controles, mientras que el cortisol mostró un aumento temprano medible ($12,7 \pm 0,68$ ng · ml⁻¹ al día

uno), lo que indica que la señalización oxitocinérgica puede modular componentes metabólicos ligados a la respuesta al estrés en rumiantes (Nickles et al., 2021). En el periparto, donde la oxitocina participa en la organización neuroendocrina del cuidado materno, esta evidencia apoya la plausibilidad de que cambios sostenidos en la activación del eje HPA alteren el estado funcional oxitocinérgico y, con ello, la continuidad del cuidado temprano; en esta perspectiva, la habilidad materna en vacas Hereford no depende sólo de rasgos observables, sino de la capacidad de sostener un perfil oxitocinérgico compatible con cuidado continuo bajo condiciones que incrementan la reactividad.

Interferencia del estrés en el vínculo madre-cría: una perspectiva neuroendocrina

En los apartados anteriores se describió cómo el ambiente patagónico impone estrés térmico y nutricional significativo y cómo la expresión del cuidado materno depende de una organización neuroendocrina finamente regulada. En ese contexto, el mecanismo de falla propuesto se conceptualiza como un desajuste entre la activación del eje HPA y la cascada oxitocinérgica que sostiene conducta maternal y lactancia. Cuando la activación del eje HPA se intensifica y sostiene alrededor del parto, por frío, viento, déficit energético o manejo, el aumento de cortisol y mediadores del estrés puede antagonizar la acción oxitocinérgica y comprometer conductas maternas clave. Este antagonismo se expresaría como microfallas conductuales, incluyendo orientación menos oportuna hacia el neonato, lamido demorado o insuficiente, menor permanencia junto al ternero y facilitación limitada de la mamada, con consecuencias inmediatas sobre termorregulación y transferencia de inmunidad pasiva (Abdelfattah et al., 2025; Bleul, 2011; Champagne y Meaney, 2006; Cuttance y Laven, 2019; Kozat, 2018; Lezama-García et al., 2022; Mason et al., 2022; Mee, 2013; Nagel et al., 2022; Nevard et al., 2023; Olson et al., 1980; Sanz et al., 2024; Sapolsky et al., 2000; Silva et al., 2020; Van et al., 2023).

La hipótesis del antagonismo endocrino: inhibición del comportamiento materno por estrés periparto

En mamíferos domésticos, la oxitocina actúa como hormona periférica y neuromodulador central, participando en la eyección láctea y en la emergencia del estado materno, con efectos sobre motivación de cuidado, lamido y aceptación de la mamada (Bienboire-Frosini et al., 2023; Coria-Avila et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2023). El parto y el posparto temprano se acompañan de activación fisiológica del eje HPA, pero cuando sobre esa activación se superponen estresores intensos, las concentraciones de cortisol pueden asociarse con hipervigilancia y conductas de evitación, en detrimento de la continuidad del cuidado (Nevard et al., 2023; Walter et al., 2021).

En modelos experimentales se ha reportado que estrés gestacional y periparto se asocia con cambios en receptores y circuitos relacionados con conducta maternal, con disminución de conductas de lamido, acicalamiento y aumento de reactividad, lo que sustenta la plausibilidad general de que glucocorticoides sostenidos regulan negativamente componentes pro-cuidado (Champagne y Meaney, 2006; Sapolsky et al., 2000). En bovinos de carne, aunque la evidencia mecanística directa es más limitada, revisiones disponibles indican sensibilidad del comportamiento materno al estado metabólico y al estrés periparto, con mayor probabilidad de conductas subóptimas en baja condición corporal y climas extremos (Nevard et al., 2023; Sanz et al., 2024).

Aplicado al Hereford en Patagonia, esta hipótesis plantea que eventos de frío y viento, junto con oferta forrajera limitada, sostienen un estado de estrés crónico durante las últimas semanas de gestación y el parto, elevando cortisol basal, reduciendo sensibilidad funcional oxitocinérgica y aumentando el umbral para iniciar y mantener conductas de cuidado. En la práctica, esto se expresaría como demoras en orientación y lamido, separación temprana o interacciones breves con menor facilitación del amamantamiento. Estas fallas no requieren abandono para modificar sustantivamente el riesgo de supervivencia neonatal en un ambiente donde la pérdida de calor es rápida y la ventana para ingestión de calostro eficaz es restringida.

Consecuencias directas de disrupciones conductuales: hipotermia y fracaso en la transferencia de inmunidad pasiva

Las disrupciones conductuales descritas tienen dos consecuencias fisiológicas directas e interrelacionadas: hipotermia y falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP), ambas asociadas a mortalidad y morbilidad temprana en terneros (Bleul, 2011; Mee, 2023). En Patagonia austral se han documentado contrastes marcados de mortalidad perinatal asociados al contexto biológico y de manejo, con registros locales que oscilaron entre 0% y 28,6% en vaquillonas Hereford, según el biotipo paterno utilizado, en el área de El Calafate, Santa Cruz (Martínez y Rodríguez, 1995). Este rango es consistente con la idea de que el componente neonatal puede variar ampliamente cuando confluyen distocia, baja vitalidad y un microambiente que incrementa la pérdida de calor y refuerza la necesidad de interpretar la mortalidad como resultado de mecanismos combinados más que como un atributo fijo del sistema.

La hipotermia es central en climas fríos y ventosos. Revisiones específicas señalan que una proporción importante de pérdidas tempranas se asocia con la combinación de temperatura ambiental baja, viento, neonato mojado tras el parto y termorregulación inmadura (Olson et al., 1980; Young, 1981; Kozat, 2018; Lezama-García et al., 2022). En estas condiciones, la supervivencia depende de la rapidez de secado, activación postural, estación y primera mamada. El lamido materno acelera el secado, reduce las pérdidas por evaporación, estimula la circulación y respiración y consolida el reconocimiento sensorial específico, además de contribuir al mantenimiento de proximidad protectora (Bienboire-Frosini et al., 2023; Mota-Rojas et al., 2023; von Keyserlingk y Weary, 2007). Cuando el lamido es tardío o insuficiente, el ternero permanece más tiempo frío y húmedo, desciende su temperatura central, reduce actividad motora y puede entrar en un circuito de letargia y enfriamiento, con colapso metabólico si no se produce ingestión de calostro o intervención oportuna (Jung et al., 2025; Lezama-García et al., 2022; Olson et al., 1980).

La segunda vía crítica es la transferencia de inmunidad pasiva. El ternero nace prácticamente sin inmunoglobulinas circulantes y depende de la ingestión y absorción de IgG presentes en el calostro durante un periodo limitado, con disminución marcada de la permeabilidad intestinal en el primer día posparto (Mason et al., 2022; Silva et al., 2022). En sistemas extensivos, la probabilidad de ingestión de calostro suficiente depende de la vitalidad del ternero y de la facilitación conductual de la vaca, de modo que demoras asociadas a frío, hipotermia o conductas de baja facilitación incrementan la probabilidad de FTIP. Metaanálisis recientes reportan prevalencias relevantes de FTIP en terneros y asociaciones

consistentes con mayor riesgo de diarrea, neumonía y mortalidad predestete (Mason et al., 2022; Silva et al., 2020; Van et al., 2023). Además, el frío intenso puede retrasar la primera mamada al disminuir vitalidad y puede reducir la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas, por lo que terneros hipotérmicos requieren mayor volumen de calostro para alcanzar concentraciones séricas adecuadas de IgG (Olson et al., 1980). En conjunto, hipotermia y FTIP constituyen vías inmediatas de aumento del riesgo de mortalidad neonatal y de morbilidad posterior en los sobrevivientes, con impacto sobre tratamientos sanitarios y desempeño del sistema (Bleul, 2011; Cuttance y Laven, 2019; Hur et al., 2013; Jung et al., 2025; Mee, 2023; Trzebiatowski et al., 2025).

Integrando estos elementos, el mecanismo de falla propuesto puede describirse como una cascada continua en la que el estrés ambiental crónico incrementa la activación del eje HPA y eleva cortisol materno, estado que antagoniza la cascada oxitocinérgica periparto y reduce la probabilidad de expresar plenamente conductas de cuidado temprano. En consecuencia, el ternero permanece más tiempo expuesto a viento y humedad, acelera la pérdida de calor, incrementa la probabilidad de hipotermia y reduce la vitalidad, mientras que la primera ingesta de calostro se retrasa o es insuficiente, comprometiendo termogénesis e inmunidad. En este marco, la hipótesis se utiliza como lente integradora de la evidencia disponible y como base para discutir intervenciones de manejo orientadas a reducir el estrés microclimático y a sostener continuidad del cuidado en vacas Hereford.

Discusión y perspectivas: Reevaluación de las estrategias de manejo del periparto en sistemas extensivos

Antagonismo HPA–oxitocina y microambiente de parición: ¿Cómo se explica la mortalidad neonatal por fallas del cuidado temprano más que por un determinismo climático aislado?

La evidencia revisada sugiere que en sistemas extensivos patagónicos, la mortalidad neonatal no se explica por un determinismo climático aislado, sino por la convergencia entre microambiente de parición, estado metabólico materno y continuidad del cuidado temprano. Esta lógica es consistente con evidencia en sistemas intensivos, donde la mortalidad se concentra en ventanas tempranas y se asocia a procesos sanitarios prevenibles: en un sistema lechero de gran escala seguido durante diez años en Corea se registró una mortalidad total de 10,7 %, con alta variabilidad interanual (2,8–19,2 %) y una marcada concentración de muertes antes de las 4 semanas (41,1 %) y de las 8 semanas (70,0 %); las causas predominantes fueron digestivas (53,4 %); enteritis (43,2 %), respiratorias (17,1 %) y neumonía (14,4 %), con mayor ocurrencia en invierno (48,6 %) (Hur et al., 2013). El modelo de antagonismo HPA–oxitocina permite jerarquizar intervenciones: primero reducir la carga microclimática efectiva, luego sostener la condición corporal y finalmente, optimizar el monitoreo del posparto inmediato para acortar los intervalos de tiempo críticos (Bleul, 2011; Cuttance y Laven, 2019; Mee, 2013; Mee, 2023; Roche et al., 2021). El modelo de antagonismo endocrino propuesto ofrece un marco interpretativo para rediseñar el manejo del parto en sistemas extensivos, al vincular microambiente, estado metabólico materno, activación del eje HPA y probabilidad de cuidado temprano eficaz. En regiones templadas, recomendaciones tradicionales se han centrado en reducción de distocias y atención de partos problemáticos, asumiendo que en partos no complicados, vaca y ternero resuelven termorregulación y establecimiento del vínculo sin restricciones mayores (Mee, 2004; Mee, 2013). En Patagonia, la

combinación de viento, precipitación, suelos húmedos o nevados y pasturas de baja altura convierte al escenario basal de parición en un contexto de alta pérdida de calor, donde demoras relativamente pequeñas en secado y primera mamada incrementan el riesgo de hipotermia y complicaciones metabólicas (Young, 1981; Kozat, 2018; Sanchez-Salcedo et al., 2019; Mota-Rojas et al., 2023).

En este contexto, los potreros de parición adquieren relevancia funcional como herramienta para modificar el microambiente y facilitar continuidad conductual del cuidado. Experiencias en climas fríos destacan la importancia de ofrecer áreas con reparo natural o estructuras simples de abrigo, suelo con drenaje efectivo y camas secas, así como densidades que eviten la perturbación social excesiva durante el establecimiento del vínculo (Beef Cattle Research Council, 2024; Ministry for Primary Industries, 2019; NFACC, 2021; Verified Beef Production Plus, 2019). La combinación de abrigo y superficie seca reduce la velocidad de enfriamiento del neonato y puede disminuir cambios de sitio de la vaca, favoreciendo proximidad y facilitación del amamantamiento en las horas críticas.

Vigilancia objetiva del vínculo vaca–ternero: ¿Cómo operacionalizar “disrupciones conductuales subclínicas” antes de hipotermia o FTIP?

Sobre la base del rediseño microclimático mediante potreros de parición, la siguiente frontera operativa para sistemas extensivos es transformar el monitoreo del vínculo temprano en una medición objetiva y escalable, capaz de detectar desviaciones conductuales tempranas antes de que se manifiesten como hipotermia o FTIP. En ese marco, la evidencia reciente en ganadería extensiva muestra que la combinación de collares de geolocalización con etiquetas auriculares de proximidad Bluetooth de baja energía permite reconstruir relaciones vaca–ternero y cuantificar patrones de cercanía-separación en campo; sin embargo, también documenta limitaciones operativas propias del ambiente, como tasas de fijación de GPS bajas en configuraciones de registro extensivo, con valores máximos reportados cercanos a 22% y periodos promedio de 14–15 días sin detección del ternero entre escenarios, lo que refuerza la necesidad de interpretar estas señales bajo un enfoque probabilístico y basado en riesgo, más que como trazabilidad perfecta (Vidal-Cardos et al., 2024). Complementariamente, la acelerometría combinada con modelos de aprendizaje automático mostró un desempeño alto para clasificar conductas en terneros en sistemas vaca–cría. Para los eventos de mamada se informó un área bajo la curva de 0,999, lo que indica una capacidad de discriminación prácticamente perfecta. Para los estados posturales también se observó un desempeño elevado, con un puntaje F1 cercano a 0,978, con valores aproximados de 0,985 para decúbito (ternero echado) y de 0,971 para la bipedestación. Estos resultados respaldan la operacionalización de disrupciones conductuales subclínicas como señales detectables sin requerir observación humana continua (Kim et al., 2024).

Estacionalidad reproductiva y soporte nutricional: ¿En qué medida el ajuste del calendario reproductivo y la suplementación estratégica atenúan la activación del eje HPA y el riesgo neonatal?

La estacionalidad de parición constituye otra palanca de intervención. Análisis de riesgo de mortalidad perinatal muestran que desplazar la concentración de partos hacia periodos de menor frecuencia de eventos climáticos de alta severidad puede reducir pérdidas, aun sin cambios mayores en

otras prácticas (Cuttance y Laven, 2019; Roche et al., 2021). En Patagonia, ello implica revisar el calendario de servicios desde la perspectiva del microclima de parición y del momento de mayor restricción forrajera, evaluando el costo de oportunidad productivo en relación con la reducción esperable del riesgo neonatal. La suplementación pre y posparto se integra en el mismo marco causal. El estado nutricional en el último tramo de gestación condiciona vitalidad neonatal y la capacidad materna de sostener un perfil endocrino compatible con cuidado continuo, de modo que vacas con condición corporal marginal bajo frío y viento pueden presentar mayor activación del eje HPA y mayor probabilidad de cuidado subóptimo (Mee, 2013; Cuttance y Laven, 2019; Nevard et al., 2023). En consecuencia, la suplementación estratégica debe conceptualizarse no sólo como intervención sobre peso al nacer, sino como medida orientada a sostener homeostasis bajo estrés neuroendocrino y conductual en el periodo próximo al parto. Manuales y códigos de buenas prácticas en países con climas fríos convergen en recomendaciones sobre abrigo, nutrición y monitoreo del periparto como pilares para reducir mortalidad perinatal, con atención diferenciada de categorías de mayor riesgo y protocolos de supervisión temprana orientados a minimizar demoras en lamido y mamada (Ministry for Primary Industries, 2019; Verified Beef Production Plus, 2019; NFACC, 2021).

Selección genética hacia resiliencia etológica y termobiológica: ¿Qué rasgos medibles permiten sostener supervivencia neonatal en Hereford bajo ambientes patagónicos?

Más allá del manejo, la revisión obliga a replantear el objetivo de selección en la raza Hereford bajo ambientes patagónicos, dado que el cuello de botella productivo no siempre reside en el crecimiento, sino en la supervivencia neonatal y en la continuidad del cuidado temprano. Históricamente, los programas de mejora han priorizado rasgos de crecimiento y rendimiento carnicero, incorporando de manera marginal aquellos vinculados a la habilidad materna o la respuesta al estrés. No obstante, existe una base conceptual y metodológica robusta para incluir rasgos conductuales y temperamento cuando se dispone de registros fenotípicos sistemáticos e información genómica (Ríos-Utrera, 2008; Ríos-Utrera et al., 2012; Haskell et al., 2014; Ríos-Utrera et al., 2021). En bovinos de carne, el desempeño materno posparto puede definirse y medirse con precisión: bajo un esquema estandarizado durante la primera hora posparto, la puntuación de conducta materna ha presentado heredabilidad (h^2) baja pero utilizable (0,108 a 0,135), mientras que rasgos funcionales como la producción de leche y la conformación de la ubre exhiben heredabilidad moderada a alta (0,33–0,64) y correlaciones genéticas positivas con la conducta de cuidado (Michenet et al., 2016).

La consistencia individual del vínculo madre-cría también cuenta con respaldo empírico mediante variables operativas de repetibilidad. Una síntesis basada en meta-análisis reporta una repetibilidad de 0,25 para la conducta parental, mientras que estudios longitudinales reportan correlaciones medias intra y entre lactancias de 0,27, con magnitudes moderadas para indicadores específicos como la distancia vaca-ternero menor a 5 metros ($r = 0,558$) y la frecuencia de amamantamiento ($r = 0,613$) (Stěhulová et al., 2013). Si se definen con lógica funcional, estos fenotipos son candidatos para una integración gradual en la evaluación genética. En paralelo, la convergencia entre genética cuantitativa y neurobiología sugiere la viabilidad de ponderar rasgos vinculados con la reactividad del eje HPA y la sensibilidad oxitocinérgica para sostener la homeostasis peripartal,

considerando la interacción crítica entre el entorno térmico y el estado fisiológico del binomio (Mota-Rojas et al., 2024; Szenci, 2023).

La resiliencia neonatal puede operacionalizarse con fenotipos simples de desempeño temprano y salud. Para el vigor neonatal, se estimó una heredabilidad de hasta 0,14 al emplear clases binarias, lo que respalda su incorporación cuando la supervivencia temprana limita la productividad (Condon et al., 2021). Asimismo, la neumonía temprana ha mostrado una señal genética baja pero detectable ($h^2 \approx 0,06 - 0,08$), con incidencias reportadas en campo del 6,4 %, lo que justifica su vigilancia sistemática junto con otros eventos sanitarios como la diarrea neonatal (Condon et al., 2021). En ambientes de restricción térmica, el componente termobiológico es igualmente medible. El puntaje de muda del pelaje, utilizado como indicador de retención de pelo (es decir, a mayor puntaje, mayor retención del pelaje y menor muda), presenta en Hereford una heredabilidad moderada ($h^2 = 0,321$) y una repetibilidad de 0,402, y muestra sensibilidad directa a señales ambientales, ya que cada hora adicional de luz se asocia con una disminución significativa de dicho puntaje (Durbin et al., 2024).

Finalmente, la ruta metodológica más sólida sigue siendo el fenotipado estandarizado en campo. Debido a la ausencia de un ensayo hormonal único que prediga el comportamiento de manera fiable en condiciones comerciales (Nevard et al., 2023), cualquier propuesta de selección en Hereford patagónico requiere escalas comparables de conducta al parto, registros consistentes de intervenciones y una tipificación rigurosa de las causas de pérdida neonatal (Mee, 2013). Esto permitiría generar datos utilizables en evaluaciones regionales bajo marcos normativos de bienestar animal (NFACC, 2021). El diseño de estos registros debe respetar el periodo sensible entre las 4 y 12 horas posparto, ventana crítica para consolidar el reconocimiento y la aceptación del neonato (Bienboire-Frosini et al., 2023), alineando así la selección y el manejo con los mecanismos biológicos reales del sistema extensivo.

Conclusión

La evidencia revisada indica que la supervivencia neonatal del ternero Hereford en Patagonia se define por la interacción entre el microambiente de parición, la fisiología periparto y la expresión oportuna del etograma materno, más que por un determinismo climático aislado. En ambientes con frío, viento y humedad persistentes, el costo térmico inmediato del neonato y el incremento concomitante de la demanda metabólica materna alrededor del parto acortan la ventana funcional para el secado, la incorporación y la ingestión eficaz de calostro, de modo que variaciones pequeñas en los tiempos de las conductas iniciales pueden amplificarse en desenlaces sanitarios y productivos. En este marco, la mortalidad neonatal observada localmente se ha reportado con amplitud marcada entre establecimientos y categorías, con registros que evidencian una amplia brecha de supervivencia al parto bajo condiciones de campo en Patagonia austral, lo que es consistente con un fenómeno sensible a la combinación de biotipo, manejo y microclima (Martínez y Rodríguez, 1995).

Desde la fisiología, el periodo periparto constituye una ventana de integración endocrina en la que coexisten, por un lado, señales asociadas a termorregulación y estrés mediadas por el eje HPA y por otro, la señalización oxitocinérgica que organiza el cuidado temprano y el establecimiento del vínculo madre-cría (Bienboire-Frosini et al., 2023; Champagne y Meaney, 2006; Coria-Avila et al., 2022; Mota-

Rojas et al., 2023; Sapolsky et al., 2000). Bajo estrés sostenido, este acoplamiento puede desplazarse hacia estados de alerta y autopreservación que reducen la continuidad del cuidado temprano, expresándose como interrupciones del etograma en el posparto inmediato, sin requerir abandono manifiesto para incrementar el riesgo de hipotermia y de falla en la transferencia de inmunidad pasiva. En consecuencia, el fenómeno no debe interpretarse como interrupciones del etograma atribuidas a un rasgo moral, sino como un resultado funcional de un desajuste entre los sistemas de estrés, los circuitos de vinculación materna y restricciones ambientales en una ventana temporal crítica (Bienboire-Frosini et al., 2023; Champagne y Meaney, 2006; Mota-Rojas et al., 2025; Nagel et al., 2022; Sapolsky et al., 2000; Walter et al., 2021).

En términos aplicados, la reorganización del manejo periparto se sustenta en reducir la carga microclimática efectiva sobre la diada vaca-ternero mediante refugio, condiciones de suelo seco, densidades compatibles con aislamiento conductual y supervisión temprana orientada a disminuir los tiempos de espera para el lamido y mamada, así como en sostener el estado nutricional del último tercio de gestación para preservar umbrales conductuales de cuidado y estabilidad metabólica. En paralelo, la selección genética puede reorientarse hacia la incorporación gradual de fenotipos de habilidad materna, temperamento y resiliencia al estrés medibles en campo, con el objetivo de sostener la homeostasis bajo estrés periparto sin deteriorar la operatividad del sistema (Haskell et al., 2014; Ríos-Utrera, 2008; Ríos-Utrera et al., 2012; Ríos-Utrera et al., 2021). En conjunto, la priorización escalonada de microambiente de parición, soporte nutricional periparto y vigilancia temprana del vínculo madre-cría emerge como la estrategia más coherente con el mecanismo causal propuesto, mientras que la selección genética aporta una vía complementaria de resiliencia bajo estrés en el mediano plazo.

Como limitación, la interpretación específica para Hereford puro se encuentra condicionada por la disponibilidad relativamente menor de estudios etológicos diseñados en poblaciones Hereford de alta pureza racial, en comparación con la evidencia en cruzamientos y poblaciones compuestas. Esta restricción obliga a considerar parte de la evidencia como indirecta y refuerza la necesidad de estudios regionales que discriminen efectos de biotipo, heterosis, microclima y manejo sobre el vínculo madre-cría y los desenlaces neonatales.

Referencias bibliográficas

- Abdelfattah, E., Fausak, E. y Maier, G. (2025). Failure of Passive Immune Transfer in Neonatal Beef Calves: A Scoping Review. *Animals*, 15(14), 2072. <https://doi.org/10.3390/ani15142072>
- Beef Cattle Research Council. (2024, 12 de diciembre). Winter management of beef cattle. <https://www.beefresearch.ca/topics/winter-management-of-beef-cattle/>
- Bienboire-Frosini, C., Marcet-Rius, M., Orihuela, A., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., Olmos-Hernández, A., Casas-Alvarado, A. y Mota-Rojas, D. (2023). Mother–young bonding: Neurobiological aspects and maternal biochemical signaling in altricial domesticated mammals. *Animals*, 13(3), 532. <https://doi.org/10.3390/ani13030532>
- Bleul, U. (2011). Risk factors and rates of perinatal and postnatal mortality in cattle in Switzerland. *Livestock Science*, 135(2-3), 257-264. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.07.022>

- Buddenberg, B. J., Brown, C. J., Johnson, Z. B. y Honea, R. S. (1986). Maternal behavior of beef cows at parturition. *Journal of Animal Science*, 62(1), 42-46. <https://doi.org/10.2527/jas1986.62142x>
- Champagne, F. A. y Meaney, M. J. (2006). Stress during gestation alters postpartum maternal care and the development of the offspring in a rodent model. *Biological Psychiatry*, 59(12), 1227-1235. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.10.016>
- Condon, T., Murphy, C., Sleator, R. D., Judge, M. M., Ring, S. y Berry, D. P. (2021). Genetic and non-genetic factors associated with health and vitality traits in beef calves. *Journal of Animal Science*, 99(7), skab154. <https://doi.org/10.1093/jas/skab154>
- Coria-Avila, G. A., Herrera-Covarrubias, D., García, L. I., Toledo, R., Hernández, M. E., Paredes-Ramos, P., Corona-Morales, A. A. y Manzo, J. (2022). Neurobiology of maternal behavior in nonhuman mammals: Acceptance, recognition, motivation, and rejection. *Animals*, 12(24), 3589. <https://doi.org/10.3390/ani12243589>
- Coronato, A., Mazzoni, E., Vázquez, M. y Coronato, F. (2017). Patagonia: una síntesis de su geografía física. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. <http://hdl.handle.net/11336/167783>
- Costa, F. de O. (2017). Avaliação do comportamento de proteção materna de vacas Nelore e Hereford e seus potenciais efeitos no ganho de peso dos bezerros (Tesis doctoral). Universidade Estadual Paulista(UNESP). https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151946/costa_fo_dr_jabo_par.pdf?sequence=3
- Cuttance, E. y Laven, R. (2019). Perinatal mortality risk factors in dairy calves. *The Veterinary Journal*, 253, 105394. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.105394>
- Durbin, H. J., Yampara-Iquise, H., Rowan, T. N., Schnabel, R. D., Koltes, J. E., Powell, J. G. y Decker, J. E. (2024). Genomic loci involved in sensing environmental cues and metabolism affect seasonal coat shedding in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 14(2), jkad279. <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkad279>
- Gai, Y., Ma, G., Yang, S., Hu, Z., Ma, Y., He, R., Zhang, Y., Huang, S., Azzaz, H. H., Gu, Z., Mao, S., Ghaffari, M. H. y Chen, Y. (2025). Effects of maternal blood beta-hydroxybutyrate on brown adipose tissue functions and thermogenic and metabolic health in neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 108(6), 6439-6454. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26123>
- Hall, S. A. y Paruelo, J. M. (2006). Environmental controls on lambing rate in Patagonia (Argentina): A regional approach. *Journal of Arid Environments*, 64(4), 713-735. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.06.024>
- Haskell, M. J., Simm, G. y Turner, S. P. (2014). Genetic selection for temperament traits in dairy and beef cattle. *Frontiers in Genetics*, 5, 368. <https://doi.org/10.3389/fgene.2014.00368>
- Hogan, L. A., McGowan, M. R., Johnston, S. D., Lisle, A. T. y Schooley, K. (2022). Suckling Behaviour of Beef Calves during the First Five Days Postpartum. *Ruminants*, 2(3), 321-340. <https://doi.org/10.3390/ruminants2030022>
- Hur, T. Y., Jung, Y. H., Choe, C. Y., Cho, Y. I., Kang, S. J., Lee, H. J., Ki, K. S., Baek, K. S. y Suh, G. H. (2013). The dairy calf mortality: the causes of calf death during ten years at a large dairy farm in Korea. *Korean Journal of Veterinary Research*, 53(2), 103-108. <https://doi.org/10.14405/kjvr.2013.53.2.103>

- Jung, Y., Kim, B., Ku, J. Y., Kim, Y., Park, K. M., Baek, J., Lee, M. J. y Park, J. (2025). Physiological alterations and predictors of death in neonatal calves with weak calf syndrome. *Vet Record*, 197(3), e5327. <https://doi.org/10.1002/vetr.5327>
- Kim, S.-J., Jin, X.-C., Bharanidharan, R. y Kim, N.-Y. (2024). Monitoring multiple behaviors in beef calves raised in cow-calf contact systems using a machine learning approach. *Animals*, 14(22), 3278. <https://doi.org/10.3390/ani14223278>
- Kim, W.-S., Ghassemi Nejad, J. y Lee, H.-G. (2023). Impact of cold stress on physiological, endocrinological, immunological, metabolic, and behavioral changes of beef cattle at different stages of growth. *Animals*, 13(6), 1073. <https://doi.org/10.3390/ani13061073>
- Kozat, S. (2018). Hypothermia in newborn calves. *Journal of Istanbul Veterinary Sciences*, 2(1), 30–37. <https://doi.org/10.30704/http-www-jivs-net.409147>
- Lezama-García, K., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Villanueva-García, D., Domínguez-Oliva, A., Gómez-Prado, J., Mora-Medina, P., Casas-Alvarado, A., Olmos-Hernández, A., Soto, P. y Muns, R. (2022). Strategies for hypothermia compensation in altricial and precocial newborn mammals and their monitoring by infrared thermography. *Veterinary Sciences*, 9(5), 246. <https://doi.org/10.3390/vetsci9050246>
- Lidfors, L. (2022). Parental behavior in bovines. En G. González-Mariscal (Ed.), *Patterns of parental behavior: From animal science to comparative ethology and neuroscience (Advances in Neurobiology, Vol. 27, pp. 177–212)*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97762-7_6
- Marchelli, P. I., López, A. S., Azpilicueta, M. M., Guidalevich, V. I., Nagahama, N., Ángeli, J. P., Martín-Albarracín, V. L., Easdale, M. H., Ugarte, C. y Aparicio, A. G. (2022). Domesticación de *Festuca pallelescens*, una especie nativa con potencial para recuperar e incrementar la productividad de los pastizales patagónicos. *Revista Argentina de Producción Animal*, 42(2), 55–66.
- Martínez, R. D. y Rodríguez, C. A. (1995). Avances en la conservación y estudio del bovino criollo argentino patagónico. *Animal Genetic Resources*, 15, 49–57.
- Mason, W. A., Cuttance, E. L. y Laven, R. A. (2022). The transfer of passive immunity in calves born at pasture. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 6271–6289. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21460>
- Mee, J. F. (2004). Managing the dairy cow at calving time. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20(3), 521–546. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.001>
- Mee, J. F. (2013). Why do so many calves die on modern dairy farms and what can we do about calf welfare in the future? *Animals*, 3(4), 1036–1057. <https://doi.org/10.3390/ani3041036>
- Mee, J. F. (2020). Investigation of bovine abortion and stillbirth/perinatal mortality: Similar diagnostic challenges, different approaches. *Irish Veterinary Journal*, 73, 20. <https://doi.org/10.1186/s13620-020-00171-4>
- Mee, J. F. (2023). Invited review: Bovine neonatal morbidity and mortality—Causes, risk factors, incidences, sequelae and prevention. *Reproduction in Domestic Animals*, 58(Suppl. 2), 15–22. <https://doi.org/10.1111/rda.14369>
- Michenet, A., Saintilan, R., Venot, E., Phocas, F. (2016). Insights into the genetic variation of maternal behavior and suckling performance of continental beef cows. *Genetics Selection Evolution*, 48, 45. <https://doi.org/10.1186/s12711-016-0223-z>

- Ministry for Primary Industries. (2019). Code of welfare: Dairy cattle. <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/46024-Code-of-Welfare-Dairy-cattle>
- Mota-Rojas, D., Bienboire-Frosini, C., Marcet-Rius, M., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., Lezama-García, K. y Orihuela, A. (2022). Mother-young bond in non-human mammals: Neonatal communication pathways and neurobiological basis. *Frontiers in Psychology*, 13, 1064444. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1064444>
- Mota-Rojas, D., Marcet-Rius, M., Domínguez-Oliva, A., Martínez-Burnes, J., Lezama-García, K., Hernández-Ávalos, I., Rodríguez-González, D. y Bienboire-Frosini, C. (2023). The role of oxytocin in domestic animal's maternal care: Parturition, bonding, and lactation. *Animals*, 13(7), 1207. <https://doi.org/10.3390/ani13071207>
- Mota-Rojas, D., Ghezzi, M. D., Hernández-Ávalos, I., Domínguez-Oliva, A., Casas-Alvarado, A., Lendez, P. A., Ceriani, M. C. y Wang, D. (2024). Hypothalamic neuromodulation of hypothermia in domestic animals. *Animals*, 14(3), 513. <https://doi.org/10.3390/ani14030513>
- Mota-Rojas, D., Bienboire-Frosini, C., Bettencourt, A. F., Villanueva-García, D., Domínguez-Oliva, A., Álvarez-Macías, A., Fischer, V., Mora-Medina, P., Olmos-Hernández, A., Hernández-Avalos, I., Martínez-Burnes, J., Abd El-Aziz, A. H., Orihuela, A. y Grandin, T. (2025). Failure in the mother–young communication in domestic mammals: Endocrine and behavioral aspects. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1589916. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1589916>
- Nagel, E. M., O'Reilly, M., McGuinness, C., Fallon, M. (2022). Maternal psychological distress and lactation and breastfeeding outcomes: A systematic review. *Clinical Therapeutics*, 44(2), 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2021.12.012>
- Nevard, R. P., Pant, S. D., Broster, J. C., Norman, S. T., Stephen, C. P. (2023). Maternal behavior in beef cattle: The physiology, assessment and future directions—A review. *Veterinary Sciences*, 10(1), 10. <https://doi.org/10.3390/vetsci10010010>
- Nickles, K. R., Relling, A. E., & Parker, A. J. (2021). Intranasal oxytocin treatment on the day of weaning does not decrease walking behavior or improve plasma metabolites in beef calves placed on pasture. *Translational Animal Science*, 5(4), txab191. <https://doi.org/10.1093/tas/txab191>
- NFACC, National Farm Animal Care Council. (2021). Perinatal mortality: A summary of current literature prepared for the dairy cattle Code Development Committee. <https://www.nfacc.ca/pdfs/documents/The%20Science%20on%20Perinatal%20Mortality%20Final%20February%202021.pdf>
- Olson, D. P., Papasian, C. J., Ritter, R. C. (1980). The effects of cold stress on neonatal calves. II. Absorption of colostral immunoglobulins. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 44(1), 19–23. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1320030/>
- Orihuela, A. y Galina, C. S. (2021). The Effect of Maternal Behavior around Calving on Reproduction and Wellbeing of Zebu Type Cows and Calves. *Animals*, 11(11), 3164. <https://doi.org/10.3390/ani11113164>
- Paruelo, J. M. (1998). El clima de la Patagonia: patrones generales y controles sobre los procesos bióticos. *Ecología Austral*, 8(2), 85–101.
- Pires, B. V., Freitas, L. A. D., Silva, G. V., Mendonça, G. G., Savegnago, R. P., Lima, M. L. P., El Faro, L., Cyrillo, J. N. S. G. y Paz, C. C. P. (2020). Maternal-offspring behavior of Guzarat beef cattle.

- Pesquisa Agropecuária Brasileira, 55, e01504. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01504>
- Rearte, D. H. (Coord.). (2007). La producción de carne en Argentina. Programa Nacional de Carnes, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/origenes_evolucion_y_estadisticas_de_la_ganaderia/4_8-ProdCarneArg_esp.pdf
- Ríos-Utrera, A. (2008). Estimadores de parámetros genéticos para características de crecimiento predestete de bovinos: Revisión. Técnica Pecuaria en México, 46, 37–67. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1821>
- Ríos-Utrera, A., Martínez-Velázquez, G., Vega-Murillo, V. E., Montañó-Bermúdez, M. (2012). Genetic effects for growth traits of Mexican Charolais and Charbray cattle estimated with alternative models. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 3(2), 141–158. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242012000300001&script=sci_arttext
- Ríos-Utrera, A., Martínez-Velázquez, G., Calderón Chagoya, R., Montañó Bermúdez, M., Vega Murillo, V. E. (2021). Beef cattle genetic improvement research at the INIFAP: Accomplishments, challenges and perspective. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 12(Supl. 3), 1–22. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5883>
- Roche, S., Genore-Roche, R., Renaud, D. (2021, febrero). Perinatal mortality: A summary of current literature prepared for the dairy cattle Code Development Committee. National Farm Animal Care Council. <https://www.nfacc.ca/pdfs/documents/The%20Science%20on%20Perinatal%20Mortality%20Final%20February%202021.pdf>
- Rørvang, M. V., Nielsen, B. L., Herskin, M. S., Jensen, M. B. (2018). Prepartum maternal behavior of domesticated cattle: A comparison with managed, feral, and wild ungulates. Frontiers in Veterinary Science, 5, 45. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00045>
- Rusche, W., Walker, J. (2020). Chapter 8: Cold stress impacts on cattle. En Beef Cattle Manual. South Dakota State University Extension. <https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2021-05/S-0013-08.pdf>
- Sanchez-Salcedo, J., Bonilla-Jaime, H., Gonzalez-Lozano, M., Hernandez-Arteaga, S., Greenwell-Beare, V., Vega-Manriquez, X., Gonzalez-Hernandez, M., Orozco-Gregorio, H. (2019). Therapeutics of neonatal asphyxia in production animals: A review. Veterinarní medicína, 64(5), 191–203. <https://doi.org/10.17221/86/2018-VETMED>
- Sandelin, B. A., Brown, A. H., Jr., Johnson, Z. B., Hornsby, J. A., Baublits, R. T., Kutz, B. R. (2005). Case study: Postpartum maternal behavior score in six breed groups of beef cattle over twenty-five years. The Professional Animal Scientist, 21(1), 13–16. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31160-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31160-8)
- Sanz, A., Blanco-Penedo, I., Quintans, G., Álvarez-Rodríguez, J. (2024). Mother-offspring bonding revisited: A blueprint for the future of beef cattle farming. Applied Animal Behaviour Science, 277, 106346. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106346>
- Samela, A. M., Bahamonde, P. J., Naguil, J. L., Nández, E. R., Sánchez, H. R., Calafiore, C. A., Queipul, J. A., García, D. J. (2011). Relevamiento eoloeléctrico de la localidad de Río Gallegos. En Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía (HYFUSEN 2011) (Trabajo 10-168).

<https://ria.utn.edu.ar/server/api/core/bitstreams/5ae0a293-99e4-4452-ba35-792d530d3535/content>

- Sapolsky, R. M., Romero, L. M., Munck, A. U. (2000). How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocrine Reviews*, 21(1), 55–89. <https://doi.org/10.1210/edrv.21.1.0389>
- Silva, C. B., Costa, L., Santos, R., Pereira, L., Pinto, H., Waap, H. (2020). Assessing the failure in transfer of passive immunity in beef calves: Two case reports. *Millenium - Journal of Education, Technologies, and Health*, 2(12), 97–103. <https://doi.org/10.29352/mill0212.09.00270>
- Silva, L. F. P., Muller, J., Cavalieri, J., Fordyce, G. (2022). Immediate prepartum supplementation accelerates progesterone decline, boosting passive immunity transfer in tropically adapted beef cattle. *Animal Production Science*, 62(11), 983–992. <https://doi.org/10.1071/AN21504>
- Stěhulová, I., Špinka, M., Šárová, R., Máchová, L., Kněž, R., Firla, P. (2013). Maternal behaviour in beef cows is individually consistent and sensitive to cow body condition, calf sex and weight. *Applied Animal Behaviour Science*, 144(3–4), 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.01.003>
- Szenci, O. (2023). Importance of monitoring fetal and neonatal vitality in bovine practice. *Animals*, 13(6), 1081. <https://doi.org/10.3390/ani13061081>
- Trzebiatowski, L., Wehrle, F., Freick, M., Donat, K., Wehrend, A. (2025). Prenatal factors influencing calf morbidity and mortality in dairy cattle: A systematic review of the literature (2000–2024). *Animals*, 15(12), 1772. <https://doi.org/10.3390/ani15121772>
- Tucker, C. B., Rogers, A. R., Verkerk, G. A., Kendall, P. E., Webster, J. R., Matthews, L. R. (2007). Effects of shelter and body condition on the behaviour and physiology of dairy cattle in winter. *Applied Animal Behaviour Science*, 105(1–3), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.06.009>
- Van, T. D., Hue, D. T., Bottema, C. D. K., Werid, G. M., Skirving, R., Petrovski, K. R. (2023). Meta-analysis on the prevalence of failed transfer of passive immunity in calves from pasture-based dairy farms in Australasia. *Animals*, 13(11), 1792. <https://doi.org/10.3390/ani13111792>
- Verified Beef Production Plus. (2019). *Producer manual: Animal care, biosecurity and environmental stewardship* (Versión 1.6). <https://verifiedbeef.ca/producer-resources/verified-beef-producer-reference-manual/>
- Vidal-Cardos, R., Fàbrega, E., Dalmau, A. (2024). Determining calf traceability and cow–calf relationships in extensive farming using geolocation collars and BLE ear tags. *Frontiers in Animal Science*, 5, 1435729. <https://doi.org/10.3389/fanim.2024.1435729>
- von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M. (2007). Maternal behavior in cattle. *Hormones and Behavior*, 52(1), 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.015>
- Walter, M. H., Abele, H., Plappert, C. F. (2021). The role of oxytocin and the effect of stress during childbirth: Neurobiological basics and implications for mother and child. *Frontiers in Endocrinology*, 12, 742236. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.742236>
- Wang, S., Li, Q., Peng, J., Niu, H. (2023). Effects of long-term cold stress on growth performance, behavior, physiological parameters and energy metabolism in growing beef cattle. *Animals*, 13(10), 1619. <https://doi.org/10.3390/ani13101619>

- Webster, A. J. F. (1970). Direct effects of cold weather on the energetic efficiency of beef production in different regions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science*, 50(3), 563–573. <https://doi.org/10.4141/cjas70-077>
- Wichman, L. G., Redifer, C. A., Meyer, A. M. (2023). Maternal nutrient restriction during late gestation reduces vigor and alters blood chemistry and hematology in neonatal beef calves. *Journal of Animal Science*, 101, skad342. <https://doi.org/10.1093/jas/skad342>
- Young, B. A. (1981). Cold stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*, 52(1), 154–163. <https://doi.org/10.2527/jas1981.521154x>