Estado de vitalidad y respuesta al estrés calórico de becerras menores de 20 días de edad

Vitality status and response to heat stress in calves under 20 days of age

Karla Rodríguez-Hernández[1]* y Esmeralda Ochoa-Martínez[1].

[1]Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Blvd. Prof. José Santos Valdés 1200 Pte., Col. Centro, Matamoros, Coah., México. C.P. 27440.

*Autor para correspondencia: rodriguez.karla@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con el objetivo de identificar las respuestas al estrés calórico de becerras nacidas con buena vitalidad (normales) y de becerras nacidas con vitalidad reducida (débiles), se realizó un estudio longitudinal de cohorte en un establo comercial del sistema intensivo de producción de leche de la Región Lagunera de México. Se seleccionaron 12 becerros (tres machos y nueve hembras) contemporáneos de 3 ± 1 días de edad. Los animales fueron divididos en dos grupos según su estado de vitalidad al ser recibidos en el área de cuneros. Grupo normal: animales que se observaron activos, con el pelo aún húmedo y que tomaron calostro en biberón. Grupo débil: animales que se observaron débiles o deprimidos, con el pelo seco, o que presentaban flemas en las vías respiratorias altas y no completaron la toma de calostro en biberón, por lo que fue necesario emplear una sonda esofágica para completar la toma de calostro. Los animales del grupo normal tuvieron, en promedio, una frecuencia respiratoria menor que la de los del grupo débil (81±10.5 vs 102±10.5 rpm, respectivamente). La presentación del jadeo y su severidad variaron entre los grupos de animales ($P < 0.05$). La vitalidad de los animales observada en la recepción en cuneros sí afecta sus respuestas al estrés calórico y las hace más severas en los animales de vitalidad reducida o débil, al menos hasta los 20 días de edad.

Palabras clave: termorregulación, jadeo, becerras débiles, índice de temperatura y humedad, conducta.

ABSTRACT

A longitudinal cohort study was conducted at a commercial dairy farm in Mexico's Lagunera Region, within an intensive milk production system, to identify responses to heat stress in calves born with good vitality ("normal") versus those born with reduced vitality ("weak"). Twelve contemporary calves (three males and nine females) aged 3 ± 1 days were selected. The animals were divided into two groups based on their vitality status upon arrival at the calf housing area. The "normal" group consisted of animals observed to be active, with still-damp coats, that consumed colostrum via bottle. The "weak" group consisted of animals observed to be weak or depressed, with dry coats, or presenting with upper respiratory tract mucus; these animals failed to finish their bottle-fed colostrum and required an esophageal tube to complete feeding. On average, animals in the normal group exhibited a lower respiratory rate than those in the weak group (81 ± 10.5 vs. 102 ± 10.5 breaths per minute, respectively). The occurrence and severity of panting differed between the groups ($P < 0.05$). Vitality status observed upon arrival at the calf housing area affects responses to heat stress, resulting in greater severity among animals with reduced or weak vitality—at least up to 20 days of age.

Keywords: thermoregulation, panting, weak calves, temperature-humidity index, behavior.

INTRODUCCIÓN

A pesar de los esfuerzos mundiales para ralentizar el calentamiento global y mitigar los efectos del cambio climático, las temperaturas globales siguen aumentando. De acuerdo con información de los Centros Nacionales de Información para el Ambiente (NCEI, por sus siglas en inglés) de la Oficina

Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de Norte América (NOAA, por sus siglas en inglés), en el periodo de enero de 2025 a febrero de 2026, la temperatura global de la superficie se situó 1.15 °C por encima del promedio, lo que lo convierte en el quinto periodo más cálido registrado en los últimos 177 años. Y muy probablemente, el año 2026 figurará entre los 10 años más cálidos registrados (NOAA NCEI, 2026).

En la Región Lagunera, los efectos del cambio climático se suman al clima ya de por sí adverso de la región. De acuerdo con la modificación al sistema de clasificación climática de Köppen realizada por García, el clima predominante de la Región Lagunera es BWhw"(e´), muy árido, semicálido, con dos temporadas de sequía, una larga en el invierno y una corta en el verano, y gran oscilación de temperatura de invierno con la de verano (muy extremoso). Con una temperatura media anual entre 18 °C y 22 °C, una temperatura promedio de 31 °C en verano y de 16 °C en invierno. Con una precipitación media anual de 240 mm y porcentajes de lluvia en verano e invierno del 5 % al 10.2 % del total anual. La precipitación se concentra principalmente entre mayo y septiembre, y la evaporación anual es de 2,600 mm (Vidal, 2005; Agricultura Representación Región Lagunera, 2024; López et al., 2025). En un estudio reciente en la Región Lagunera, observaron un incremento en temperaturas extremas tanto en el día como en la noche lo que pudiera estar relacionado con la intensificación en los eventos de calor; por ejemplo, entre los periodos de 1980 a 1994 y 1996 a 2020, en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coah., observaron un incremento en el número de noches tropicales de 40 a más de 95 noches por año, lo que implica una persistencia del calor durante la noche (López, et al., 2025).

Todos los seres vivos cuentan con un sistema de adaptación fisiológica a los cambios de la temperatura ambiental, conocido como termorregulación, que permite mantener su temperatura corporal dentro de valores normales, protegiendo el funcionamiento celular y, con ello, la supervivencia del animal (Martínez-Castillo, 2010). Cuando la temperatura ambiente supera la óptima, las reacciones termorreguladoras, como la vasodilatación y los cambios conductuales para incrementar la superficie efectiva de intercambio de calor y favorecer las rutas latentes de pérdida de calor (radiación, convección y conducción), se ven limitadas. Por lo anterior, se activan las respuestas de termorregulación basadas en la pérdida de calor por evaporación, como la sudoración y el jadeo; por lo tanto, en estos casos puede considerarse que los animales están sometidos a estrés calórico (NRC, 1981).

Cuando los periodos de estrés calórico son prolongados, las respuestas de adaptación a este afectan el bienestar, la salud y la productividad de los animales, ya que estos requieren de energía adicional para mantener su temperatura corporal, lo que desvía el uso de nutrientes destinados al crecimiento y a otras funciones hacia la termorregulación, por lo que el desarrollo y el estado de salud de las becerras se ven afectados negativamente y cuando los mecanismos de termorregulación son insuficientes incluso los animales pueden morir. Al respecto, de acuerdo con un estudio retrospectivo (de 1991 a 2015) sobre el efecto de eventos de estrés calórico y la mortalidad de becerras alojadas en jaulas o casetas de madera, y en el que analizaron los datos de 46,899 animales, se encontró una probabilidad de muerte entre 3.1 y 3.5 veces mayor en becerras de cero a 14 días de edad cuando la temperatura ambiental era de 26 °C o más (Jurkovich et al., 2024). La respuesta al estrés en los animales recién nacidos y, posteriormente, durante la primera etapa de su desarrollo postnatal, no es la misma que en los animales adultos. Se ha observado que las crías de vacas estresadas durante la gestación presentan alteraciones en sus respuestas al estrés, así como una baja inmunocompetencia, lo que ocasiona que, al nacimiento, las becerras nazcan en condiciones de hipoxia o acidosis, o que, durante su desarrollo, presenten una respuesta al estrés exacerbada. Adicionalmente, el proceso del nacimiento es estresante para las crías y no todas lo afrontan de la misma manera, lo que incrementa el riesgo de muerte al nacimiento o en las 48 horas posteriores, principalmente en becerras nacidas de partos distócicos. Además, las becerras que sobreviven a un proceso de distocia tienen un mayor riesgo de enfermarse y de morir antes de su destete (Hulbert y Moisá, 2016).

Una forma de estandarizar el grado de severidad con el que el estrés calórico puede afectar a los animales es mediante índices. Para rumiantes se emplea un

índice bioclimático que combina los efectos de la temperatura ambiental y la humedad relativa, conocido como índice de temperatura y humedad (ITH), el cual puede calcularse con relativa facilidad en el establo (Ouellet et al., 2021). Algunos puntos de referencia de valores de ITH para becerras bajo estrés calórico se han establecido en condiciones experimentales por investigadores de la Universidad Estatal de Florida, en Estados Unidos de América (Dado-Senn et al., 2020). Donde observaron que cuando el ITH superaba 67 unidades, la temperatura rectal de los animales bajo estrés calórico comenzaba a incrementarse a una tasa de 0.03 °C por cada unidad de ITH. Cuando el ITH superaba 65 unidades, la frecuencia respiratoria aumentaba a una tasa de 2.57 respiraciones por minuto por cada unidad de ITH, y a partir de 82 unidades de ITH, la tasa de disminución del consumo de sustituto de leche era de -0.29 litros d-1 por cada unidad de ITH adicional. Aunque en el campo es posible calcular el ITH, para el personal de las crianzas puede volverse impráctico, ya que se requiere una aplicación en el teléfono con conexión a internet o bien contar con un termohigrómetro y una tabla de conversión para obtenerlo. Una opción podría ser medir la temperatura de la piel con un termómetro infrarrojo; de acuerdo con Dado-Senn et al. (2020), las mediciones de temperatura de la piel realizadas con un termómetro infrarrojo en áreas sin rasurar del cuello, la grupa y la oreja se correlacionan bien con las variables de temperatura ambiental e ITH; sin embargo, no se cuenta con valores de referencia.

Dado que el jadeo es la principal vía de evaporación en los bovinos (Collier et al., 2019), otra alternativa práctica para detectar el estrés calórico en las becerras podría consistir en observar su conducta de jadeo. Existe una escala de calificación de la conducta de jadeo desarrollada por Islam et al. (2023); sin embargo, es cualitativa y, por lo tanto, puede variar mucho según el grado de entrenamiento de los individuos que la utilicen y muy posiblemente se requiera más de un observador. Una opción para complementar dicha escala es la medición de la frecuencia respiratoria, dado que esta se modifica en respuesta a la carga calórica mucho más rápido que la temperatura corporal, lo que podría convertirla en un indicador temprano de estrés calórico y permitir realizar intervenciones de manejo oportunas (Tresoldi et al., 2025).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue identificar las respuestas al estrés calórico de becerras nacidas con buena vitalidad (normales) y de becerras nacidas con vitalidad reducida (débiles), mediante la observación de la conducta de jadeo complementada con la medición de la frecuencia respiratoria y de la temperatura corporal infrarroja durante sus primeros 20 días de vida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio longitudinal de cohorte del 23 de febrero al 26 de abril de 2026, en un establo comercial del sistema intensivo de producción de leche de la Región Lagunera en el municipio de Francisco I. Madero, estado de Coahuila de Zaragoza, México, la cual se encuentra localizada en la región semidesértica del norte de México a una altura sobre el nivel del mar de 1,100 metros, entre los paralelos 26° 17’ y 26° 38’ LN, y, los meridianos 103° 18’ y 103° 10’ LO (INEGI, 2009).

Este estudio se llevó a cabo de acuerdo con los procedimientos recomendados para el cuidado y uso de los animales de granja en investigación y enseñanza de la Federación de Sociedades de Ciencia Animal (FASS, 2020).

Se seleccionaron 12 becerros contemporáneos de 3 ± 1 días de edad (peso vivo 35 ± 5.4 kg), de los cuales nueve eran hembras Holstein y tres machos cruza de raza cárnica con Holstein. Los animales fueron divididos en dos grupos según su estado de vitalidad al ser recibidos en el área de cuneros. Los grupos quedaron de la siguiente forma: grupo normal, cuatro hembras y dos machos, que, a la recepción, se observaron activos, con el pelo aún húmedo, y tomaron calostro en biberón. El grupo débil, cinco hembras y un macho, animales que a la recepción se observaron débiles o deprimidos, tenían el pelo seco o presentaban flemas en las vías respiratorias altas y, debido a su condición, no completaron su toma de calostro en biberón, por lo que fue necesario emplear una sonda esofágica para completar la toma de calostro.

Después del nacimiento, a todos los animales se les desinfectó el ombligo con tintura de yodo al 7 % y, posteriormente, fueron transportados en un triciclo desde los corrales de reto hasta la zona de cuneros, la cual se encontraba techada con lámina metálica a

una altura de aproximadamente 4 m, con 5 jaulas metálicas individuales colocadas sobre arena limpia y seca, y con cuatro ventiladores fijos al techo distribuidos al inicio y a la mitad del área, y que se mantuvieron encendidos de las 9:00 hasta las 21:00 h diariamente. En el área de cuneros, los animales fueron pesados y se les desinfectó nuevamente el ombligo con tintura de yodo al 7 %. Se registraron el peso al nacimiento y el peso a la salida de los cuneros, aproximadamente 24 horas después de su recepción en los cuneros. Todos los animales recibieron dos tomas de calostro de primera calidad (densidad igual o mayor a 80 g dL-1, medida con un calostrómetro a 22 °C), pasteurizado a 60 ± 5 °C durante 60 minutos (Dairy Tech Inc., Windsor, CO) y congelado a -20 °C durante al menos 24 horas. La primera toma de calostro se ofreció en biberón, pero si el animal no consumía voluntariamente la totalidad del calostro, el resto se administró mediante sonda esofágica. La primera toma fue de 4 L en las dos primeras horas posteriores al nacimiento. Doce horas después se ofreció una segunda toma de calostro de 2 L en biberón. Después de la primera toma de calostro, se llenó un reporte de recepción de crías en el que se registraron: número de la madre, número del animal, temperatura rectal, estado de salud (normal, seca, flemas), litros de calostro consumidos por biberón y por sonda, y el nombre del calostrero. También se aplicaron, por vía subcutánea, una formulación multimineral (Multimin, Axiota) y, por vía intranasal, una vacuna para la prevención del complejo respiratorio bovino (TSV-3, Zoetis). Todos los animales tuvieron disponible una cubeta con agua limpia y fresca en todo momento.

Para evaluar la transferencia de la inmunidad pasiva por la alimentación con calostro, en el segundo día de vida (aproximadamente 24 horas después del nacimiento), se tomó a cada becerro una muestra de sangre en un tubo sin anticoagulante para medir la proteína sérica total (PST, g dL-1) mediante un refractómetro óptico clínico (modelo THC-200ATC, ATC). Para evaluar el estado de acidosis de cada hembra, se tomó una muestra de orina y se midió su pH con un potenciómetro portátil (modelo Hi98103, Hanna Instruments). Antes de las 12:00 h, los animales que nacieron el día anterior y completaron sus dos tomas de calostro fueron trasladados al área de jaulas individuales. Cada jaula individual estaba colocada sobre un piso de arena limpia y seca. Con dimensiones de 1.4 m de ancho × 2.2 m de largo (3.08 m²). Elaborada con tablas de madera. Con techo de lámina que cubría el ancho de la jaula y aproximadamente 1.6 m de su largo, a una altura de 1.50 m en el fondo y de 1.80 m en la parte frontal de la jaula. La parte frontal de la jaula tenía 2 espacios rectangulares (25 × 60 cm) a 45 cm de la base, separados entre sí por 60 cm. Cada espacio rectangular era para que la becerra pudiera sacar la cabeza y tener acceso a la cubeta de agua o leche, con capacidad de 12 litros y elaborada en plástico blanco, y a la cubeta de alimento concentrado, elaborada en acero galvanizado con capacidad de 2.5 kg de alimento concentrado. Ambas cubetas estaban sujetas a la madera de la jaula mediante un arillo de metal.

A partir del segundo día de edad, la alimentación líquida consistió en leche de línea pasteurizada (Bosio, DeLaval) a 72 °C durante 15 a 20 segundos, ofreciéndose en cubeta la cantidad asignada por día, dividida en dos tomas, una a las 08:00 h y la segunda a las 15:00 h. El esquema de alimentación líquida consistió en 8 litros d^{-1} de leche del día 2 al 14 de edad y en 10 litros d^{-1} de leche del día 15 al 62 de edad. El día 63 de edad se realizó un destete abrupto y, ese mismo día, se pesaron los animales. La alimentación sólida consistió en un concentrado iniciador pelletizado (3580, NUPLEN) ofrecido a partir del segundo día de vida, iniciando con aproximadamente 50 g por día y aumentando según criterio del jefe de crianza. Todos los días, el concentrado sobrante se retiraba y se colocaba nuevo a las 9:00 h.

La ganancia diaria de peso (GDP, kg) del nacimiento al destete se calculó con la siguiente fórmula:

GDP=(Peso al destete-Peso al nacimiento)/63

El seguimiento y registro del estado de salud de las becerras se realizaron diariamente por las mañanas. Las enfermedades se clasificaron y los tratamientos correspondientes se aplicaron de acuerdo con el protocolo autorizado por la gerencia del establo. Para la diarrea, la clasificación consideraba la consistencia de las heces y la presencia de sangre o moco. Diarrea 1 = heces sueltas que no mojaban la arena, sin moco ni sangre; fueron tratadas con electrolitos en el agua de bebida (Electrodex, PiSA Salud Animal), un suplemento prebiótico y posbiótico (Celmanax, Arm & Hamer), y un antidiarreico

protector de las mucosas (Bismu-Jet NRV, Norvet). Diarrea 2 = heces líquidas con presencia de moco o sangre, incluyó el tratamiento de Diarrea 1 más la aplicación de un antibiótico (Floxi-Jet NRV, Norvet), un fármaco con acción antiespasmódica y analgésica (Prodol-Jet Plus NRV, Norvet), un inhibidor de la bomba de protones (Bulac EV, ALPHA CHEM) y, dependiendo del grado de deshidratación de una a tres tomas en biberón de 2 L de electrolitos de especialidad (Osmofit, Trouw Nutrition) o se administraron de 1 a 2 L de solución Hartmann (HT PiSA, PiSA Salud Animal) por vía intravenosa. La clasificación de la enfermedad respiratoria fue la siguiente: cuando la becerra tenía buena actitud, pero presentaba tos sin descarga nasal, se clasificó como Respiratorio 1, la cual fue tratada con un mucolítico y expectorante (Prodesolvon, Internacional PRODE), además de la administración de electrolitos en el agua de bebida. Respiratorio 2 = becerras con tos, además de presentar estertores, dificultad para respirar y secreciones nasales; se mostraban deprimidas; fueron tratadas con un antibiótico (Resflor, MSD), un producto mucolítico y expectorante, un producto analgésico, antipirético y antiinflamatorio no esteroideo (Flunixin-Jet NRV, Norvet), y con la administración oral de 2 L de electrolitos de especialidad en biberón.

Durante los primeros 20 días de vida de los animales, se realizaron cinco muestreos de la frecuencia respiratoria (FR), de la temperatura infrarroja de la piel (IR) en la grupa y de la conducta de jadeo junto con su calificación de severidad. En cada día de muestreo, los datos se recopilaron durante dos horas cada 30 minutos entre las 12:30 y las 14:00 h. Para la calificación de la severidad de jadeo (escala de 0 a 4), se adaptó la escala presentada por Islam et al. (2023), en la que se incluyeron la posición de la becerra (echada o parada) y la frecuencia respiratoria (Cuadro 1).

Adicionalmente, en dos de las jaulas donde se colocaron las becerras después de su salida de cuneros se instalaron dos termohigrómetros (ORIA, China) en la parte inferior del techo, a 1.70 m de altura. Los sensores registraron la temperatura y la humedad relativa cada 10 minutos, y con los datos se calculó el índice de temperatura y humedad a nivel de jaula empleando la siguiente fórmula (NRC, 1971):

$$ITH=((1.8\times T+32)-(0.55-0.55\times(HR\div 100))\times(1.8\times T-26))$$

Donde:

ITH = es el índice de temperatura y humedad, expresado en grados Fahrenheit.

T = temperatura ambiente, expresada en °C.

HR = humedad relativa, expresada en porcentaje.

Cuadro 1. Descripción de la escala de calificación de la severidad de la conducta de jadeo, escala adaptada de Islam et al., 2023.

Calificación	Descripción
0	Respiración normal y frecuencia respiratoria < 90 respiraciones por minuto (rpm), sin movimientos bruscos hacia adelante ni hacia atrás
1	Frecuencia respiratoria ≥ 90 rpm, sin movimientos bruscos hacia adelante y hacia atrás, con el hocico cerrado, sin salivación o espuma saliendo del hocico, movimientos suaves del tórax y el animal se encuentra echado
2	Frecuencia respiratoria ≥ 90 rpm, con movimientos bruscos hacia adelante y hacia atrás, con el hocico cerrado pero salivando o con espuma presente, el animal se encuentra echado
3	Frecuencia respiratoria ≥ 90 rpm, con movimientos bruscos hacia adelante y hacia atrás, con el hocico abierto o abierto intermitente, salivación o espuma saliendo del hocico, lengua retraída, cuello extendido y cabeza levantada, el animal se encuentra de parado
4	Frecuencia respiratoria ≥ 90 rpm, con movimientos bruscos hacia adelante y hacia atrás, con el hocico abierto con la lengua saliendo del hocico por periodos prolongados, salivación excesiva, cuello extendido y cabeza levantada o hacia abajo, el animal se encuentra parado

Análisis estadístico. Para el análisis estadístico de la información se empleó el software R (versión 4.2.0; R Core Team, 2022). Para las variables FR y temperatura IR de la piel se realizó un análisis de

medidas repetidas en el tiempo, en el que los efectos fijos fueron el grupo y la hora, y los efectos aleatorios fueron el día de muestreo y la becerra, empleando el paquete lme4 (Bates et al., 2015). Para las variables peso al nacimiento, temperatura rectal a la recepción, tiempo entre el nacimiento y la 1.ª toma de calostro, litros de calostro consumidos en biberón, peso al día 1 de edad (a la salida de cuneros), pH de la orina al día 1 de edad, PST, GDP y días en tratamiento, se realizó una prueba t con la función base t.test. Para el análisis de la conducta de jadeo, se realizó una prueba de independencia de χ^2 con el paquete summarytools (Comtois, 2026).

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se presentan las características de los animales a la recepción y a la salida del cunero, por grupo; no se encontraron diferencias entre los grupos, excepto en las variables relacionadas con los criterios de inclusión: presencia de flemas y cantidad de calostro consumido en biberón en la primera toma ($P < 0.05$). Adicionalmente, en el grupo débil, el 100 % de los animales fueron hijos de vaquillas. En cambio, en los animales del grupo normal, el 50 % fueron hijos de vaca y el 50 % de vaquilla. En ninguno de los casos se reportaron partos distócicos.

El promedio de peso al nacimiento se encontró dentro del rango de referencia; sin embargo, en el grupo débil, dos animales pesaron menos de 30 kg (hembra: 29 kg; macho: 23 kg). Adicionalmente, algunos animales perdieron peso desde la recepción hasta la salida del cunero; en el grupo débil, una hembra y un macho perdieron 2 kg, y un macho perdió 1 kg. En el grupo normal, un macho perdió 2 kg, y una hembra perdió 200 g.

La temperatura rectal de los animales, en promedio, se encontró dentro del rango de referencia; sin embargo, en algunos animales la temperatura estuvo en el rango de hipotermia leve (38.0 a 38.4 °C): una hembra y un macho del grupo débil (38.3 °C), y tres hembras del grupo normal (38.0, 38.2 y 38.3 °C).

En cuanto al pH urinario, el promedio de los animales del grupo normal fue menor al valor inferior del rango de referencia, cuatro de las cinco hembras tuvieron valores de 5.9 y 6.0; en el grupo débil, el promedio se encontró dentro del rango de referencia, pero, tres de las cuatro hembras tuvieron valores fuera de este rango (5.8, 6.0 y 8.2).

Los valores de PST en ambos grupos se encontraron dentro del rango de referencia, y sólo una becerra del grupo débil presentó un valor de 7.4 g dL-1.

Cuadro 2. Características de los animales de los grupos normal y débil a la recepción y a la salida del cunero.

Variable	Grupo		Rango	Valor de referencia
	Normal	Débil		
Estado del pelo a la recepción				Húmedo
Húmedo	83 % (5/6)	83 % (5/6)		
Seco	17 % (1/6)	17 % (1/6)		
Flemas en el tracto respiratorio	0 % (0/6)	83 % (5/6)		Sin flemas
Primera toma de calostro				En biberón
En biberón	100 % (6/6)	50 % (3/6)		
Con sonda	0 % (0/6)	17 % (1/6)		
Biberón y sonda	0 % (0/6)	33 % (2/6)		
Peso al nacimiento, kg	36.0 ± 4.0[a]	33.0 ± 5.6[a]	23-42	30-42
Temperatura rectal a la recepción, °C	38.5 ± 0.4[a]	38.6 ± 0.2[a]	38.0-38.9	38.5-39.5
Tiempo entre nacimiento y la 1.ª toma de calostro, min	48.0 ± 24[a]	56.0 ± 48[a]	10-160	60-120
Litros de calostro consumidos en biberón	3.8 ± 0.4[a]	2.2 ± 1.1[b]	0-4	4 o 10% PV*
Peso al día 1 de edad, kg	36.0 ± 4.1[a]	32.0 ± 5.8[a]	21-42	30-42
pH orina al día 1 de edad	6.0 ± 0.2[a]	6.6 ± 1.0[a]	5.8-8.2	6.2-7.6
Proteína sérica total, g dL^{-1}	6.9 ± 0.3[a]	6.8 ± 0.5[a]	6.0-7.4	6.0-7.2

[a,b]: Distintas literales entre columnas indican diferencias entre grupos ($P < 0.05$). *PV = peso vivo.

Durante el periodo de observación, en el primer día de muestreo, de 12:30 a 13:00 h, no hubo estrés calórico (ITH < 69); posteriormente, el estrés calórico fue ligero (ITH ≥ 69 y ≤ 78), al igual que en el día cuatro de muestreo. Finalmente, en los días de muestreo dos, tres y cinco, el estrés calórico fue moderado (ITH ≥ 79 y ≤ 88) (Cuadro 3). En todos los muestreos, se observó un incremento en el ITH a

partir de las 13:00 h; sin embargo, sólo en los días uno, dos y tres se observó un incremento de una unidad cada 30 a 60 minutos. En los días de muestreo cuatro y cinco, los valores de ITH disminuyeron en una o dos unidades y se mantuvieron en esos niveles.

Cuadro 3. Valores del índice de temperatura y humedad (ITH) durante el horario de muestreo, por fecha. Por convención, el ITH se expresa en °F; entre paréntesis se presentan los valores en °C. Escala de colores: verde = sin estrés calórico (ITH < 69); amarillo = estrés calórico ligero (ITH ≥ 69 y ≤ 78); y, naranja = estrés calórico moderado (ITH ≥ 79 y ≤ 88).

Muestreo		Hora de muestreo				
Fecha	Día	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30
23/02/2026	1	66 (18.9)	67 (19.4)	68 (20.8)	69 (20.6)	68 (20.8)
27/02/2026	2	78 (25.6)	79 (26.1)	79 (26.1)	79 (26.1)	80 (26.7)
02/03/2026	3	78 (25.6)	79 (26.1)	79 (26.1)	80 (26.7)	81 (27.2)
06/03/2026	4	75 (23.9)	76 (24.4)	75 (23.9)	75 (23.9)	75 (23.9)
09/03/2026	5	78 (25.6)	77 (25.0)	76 (24.4)	75 (23.9)	75 (23.9)

En la Figura 1 se observa el comportamiento del ITH durante los cinco días de muestreo, expresado en la moda, el promedio y los valores máximos por horario de muestreo. Durante el estudio en todos los horarios de muestreo, el promedio de ITH fue de 75.5 °F, lo que se considera un estrés calórico ligero. Sin embargo, durante los horarios de muestreo de 12:30 a 13:30 h, las condiciones fueron de estrés calórico moderado, ya que la moda de ITH fue de valores entre 78 y 79 °F.

La frecuencia respiratoria, así como las condiciones de temperatura, humedad relativa e ITH a las que las becerras se vieron expuestas durante el estudio, se presentan en la Figura 2. El grupo tuvo un efecto significativo sobre FR (P = 0.0115). Los animales del grupo normal tuvieron, en promedio, una FR menor que la de los del grupo débil (81±10.5 vs 102±10.5 rpm, respectivamente).

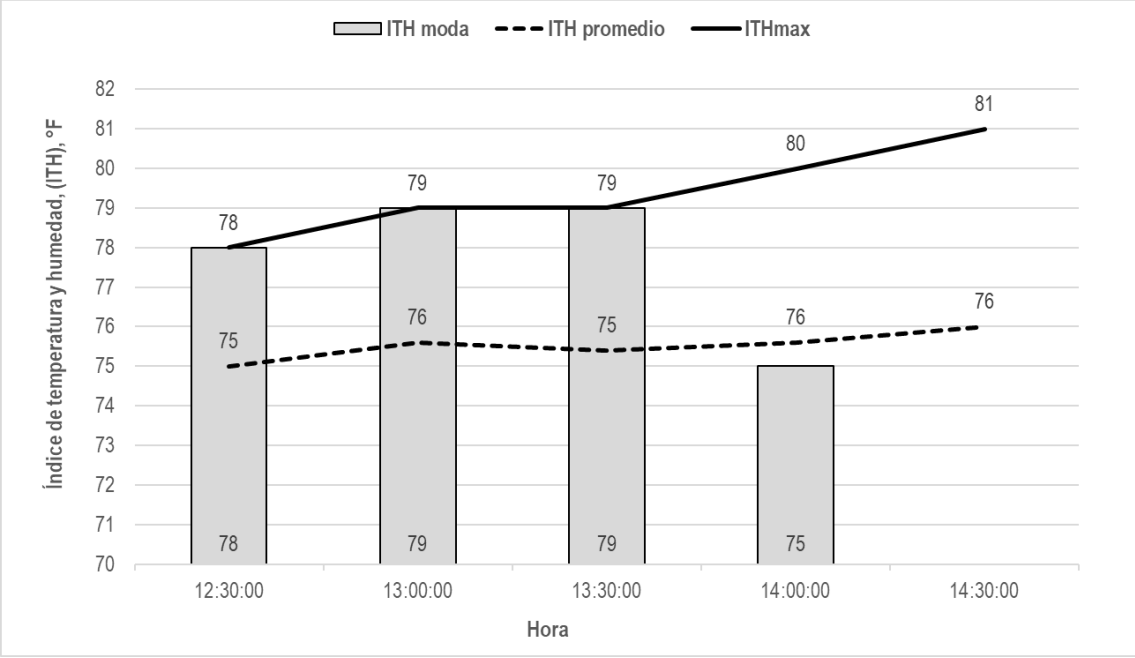


Figura 1. Comportamiento del índice de temperatura y humedad (ITH) durante el horario de observación en cinco días de muestreo de becerras clasificadas según vitalidad normal o débil, al momento de la recepción de cuneros, en condiciones de estrés calórico, durante sus primeros 20 días de vida.

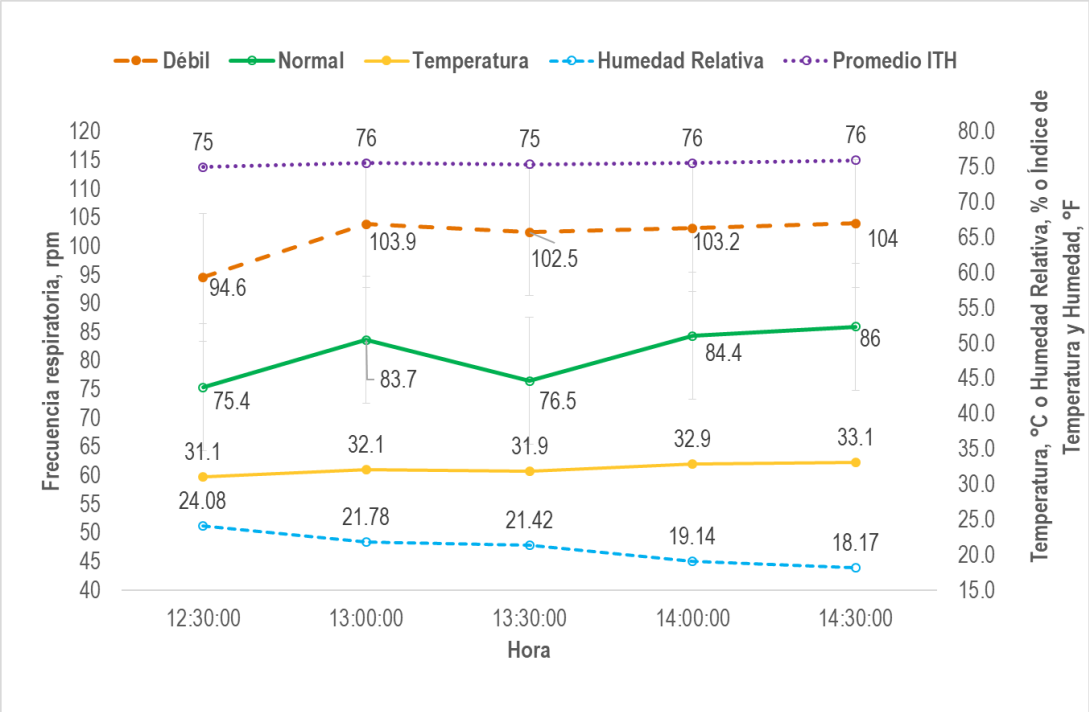


Figura 2. Promedios del índice de temperatura y humedad (ITH), de la temperatura ambiental, de la humedad relativa y de la frecuencia respiratoria (promedio ± EE) de becerras clasificadas según vitalidad normal o débil, al momento de la recepción de cuneros, en condiciones de estrés calórico, durante sus primeros 20 días de vida.

No se observaron diferencias en la temperatura IR de la piel entre el grupo normal y el grupo débil (42.5 ± 2.22 vs 41.8 ± 2.22, respectivamente). Sin embargo, sí se observó un efecto de la hora de muestreo ($P < 0.0001$; Figura 3), en la que la mayor temperatura IR de la piel (48.0 ± 2.32 °C) se registró a las 12:30 h; posteriormente disminuyó y se mantuvo similar durante el resto de los horarios de muestreo.

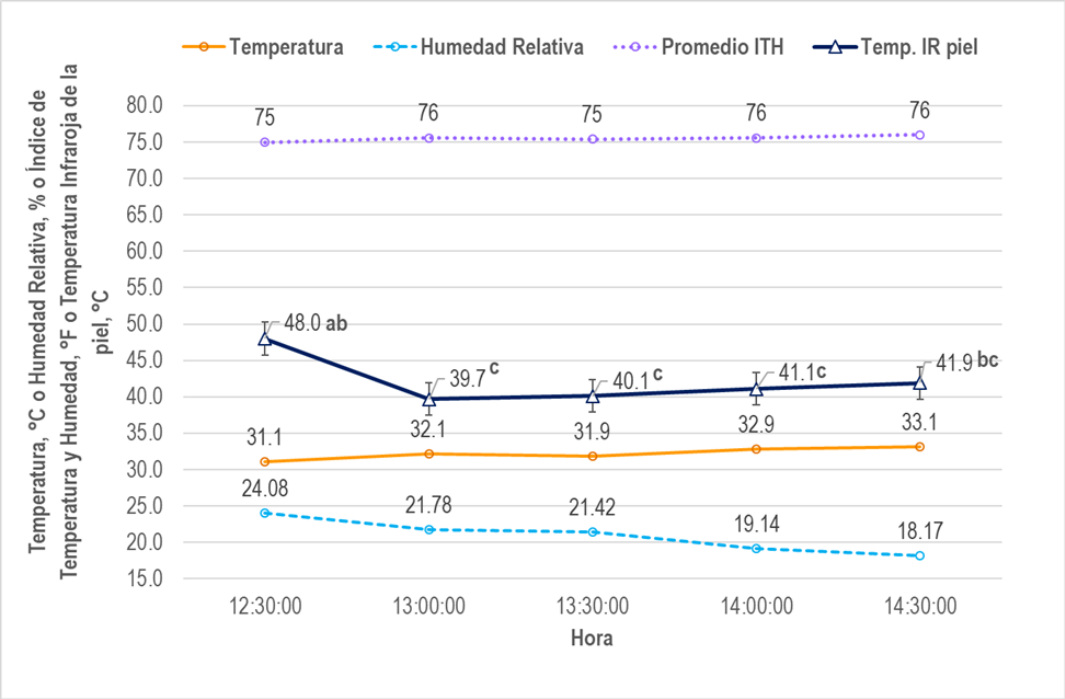


Figura 3. Promedios del índice de temperatura y humedad (ITH), temperatura ambiental, humedad relativa y temperatura IR de la piel (promedio ± EE) de becerras clasificadas según vitalidad normal o débil, al momento de la recepción de cuneros, en condiciones de estrés calórico, durante sus primeros 20 días de vida. a,b,c Distintas literales indican diferencias significativas (P < 0.05).

Durante el estudio, no se observaron animales jadeando con una calificación de severidad superior a 2. La presentación del jadeo y su severidad variaron entre los grupos de animales (χ^2 = 30.05, g. l. = 2, P < 0.05). Del total de observaciones en los animales del grupo normal, el 65.3 % fue sin jadeo; en cambio, en los animales del grupo débil, en un porcentaje similar (64.7 %) se registró jadeo de calificación 1 o 2 (Figura 4).

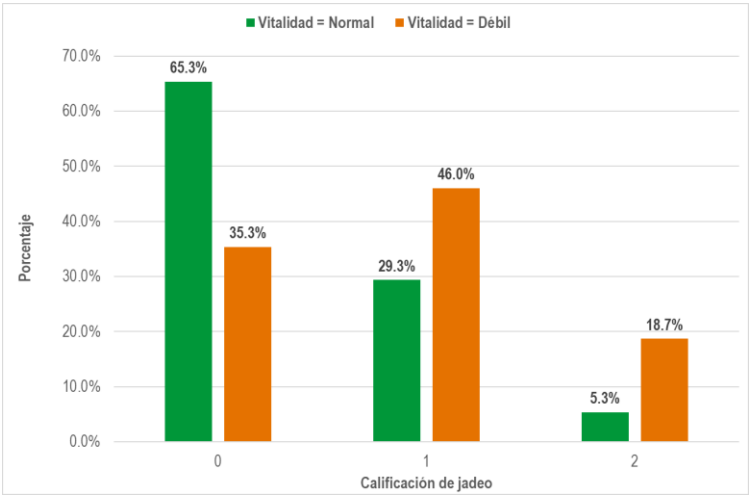


Figura 4. Presentación de conducta de jadeo, en porcentaje, de becerras clasificadas según vitalidad normal o débil, al momento de la recepción de cuneros, en condiciones de estrés calórico, durante sus primeros 20 días de vida.

No se detectaron diferencias (P > 0.05) en la GDP entre los animales del grupo normal (0.821 ± 0.141 kg) y los del grupo débil (0.794 ± 0.080 kg).

En cuanto a la presentación de enfermedades, el 100 % de los animales del estudio presentaron un primer evento de diarrea, en promedio, a los nueve días de edad (grupo normal: rango de cuatro a 10 días de edad; grupo débil: de uno a 11 días de edad), y sólo un macho del grupo débil presentó diarrea de calificación 2. Posteriormente, cuatro de los seis animales del grupo normal presentaron un segundo evento de diarrea (67 %) a los 39 días de edad en promedio (rango de 35 a 47 días de edad), de los cuales sólo una hembra presentó diarrea de calificación 2. En el grupo débil, igualmente, el 67 % de los animales presentaron un segundo evento de enfermedad; sin embargo, de esos cuatro animales, sólo un macho presentó un evento de diarrea de calificación uno, y tres presentaron un problema respiratorio: dos con calificación uno (una hembra y un macho, en promedio a los 12 días de edad) y una hembra con calificación dos a los 53 días de edad que, posteriormente, después del destete, presentó otros dos eventos, uno de geofagia (64 días de edad) y otro respiratorio de calificación uno a los 69 días de edad.

El criterio de clasificación de estado de vitalidad empleado en este estudio, apariencia de la becerra (activa o débil), estado del pelo (húmedo o seco) y capacidad para beber voluntariamente el calostro en mamila, que finalmente evalúa indirectamente si el reflejo de succión es fuerte y constante, permitió categorizar correctamente a los animales en un establo comercial, sin necesidad de emplear criterios más elaborados los cuales requieren de la observación y la medición de un mayor número de variables como la frecuencia respiratoria y tipo de respiración, estado del pelo y si se encuentra teñido con meconio, presencia de edema periférico, estado de las mucosas (color y tiempo de llenado capilar), respuesta refleja a estímulos, tono muscular, frecuencia respiratoria, temperatura rectal al nacimiento y una hora después, velocidad en la que se adquiere postura esternal, y presencia de reflejo de succión antes de 2 horas después del nacimiento (Mee, 2003).

En este estudio, en la recepción en cuneros, las únicas variables en las que se observó diferencia entre animales de los grupos normal y débil fueron las relacionadas con los criterios de inclusión y con el tipo de madre; este último no fue considerado para la inclusión en los grupos. En el grupo débil, todos los animales fueron hijos de vaquillas, pero no se reportó distocia al parto en ningún caso, que es uno de los factores relacionados con la debilidad de los becerros al nacimiento, ya que esta se asocia con traumatismos, hipoxia y desequilibrio ácido-base, los cuales reducen la vitalidad de los animales (Jung et al., 2025), perjudicando la absorción de inmunoglobulinas e incluso la termorregulación (Lombard et al., 2007). Adicionalmente, las vaquillas tienen un mayor riesgo de presentar partos distócicos debido a una desproporción entre el tamaño de la cría y el de la madre (Lombard et al., 2007); sin embargo, el peso al nacimiento de los animales del grupo débil no superó los 39 kg. Adicionalmente, el estado de vitalidad de los animales en la recepción en cuneros no se relacionó con el peso al nacimiento, la temperatura rectal, el pH urinario ni el tiempo entre el nacimiento y la primera toma de calostro, variables que podrían explicar que la vitalidad de los animales se haya visto afectada por problemas de partos prematuros o distocia, dado que las crías son muy grandes. Entonces, una posible explicación de que las becerras presentaran una condición débil en la recepción en cuneros y que, al mismo tiempo, pudiera estar relacionada con que todos los animales de ese grupo eran crías de vaquillas es la condición corporal, que, si bien en el presente estudio no se registró. Al respecto, se ha observado que particularmente en vaquillas, una condición corporal excesiva antes del parto se asocia con una reducción del apetito a medida que se acerca el parto, lo que conlleva la movilización de las reservas de grasa y también reducir la disponibilidad de magnesio, ocasionando una hipocalcemia subclínica que favorece la atonía uterina, manifestada clínicamente con lo que se conoce como “síndrome de parto lento” sin que haya un parto difícil (distocia no visible) (Mee, 2013). Otra de las posibles razones que podrían favorecer la hipocalcemia subclínica y, con ello, las distocias no visibles es el exceso de acidificación por la adición de compuestos aniónicos a la dieta (DCAD) para modificar la relación entre los cationes (Na y K) y los aniones (Cl y S), una estrategia que previene la hipocalcemia. El valor óptimo de pH urinario en vacas Holstein bajo esta estrategia es de 6.2 y 6.8, aunque se ha popularizado acidificar aún más las raciones para obtener un pH urinario en el rango de 5.5 a 6.2. Cuando la acidificación es excesiva y se observan valores de pH menores de 6.0 en la orina de las vacas, el consumo de materia

seca de los animales se reduce en 1.5 kg d-1, lo que puede ocasionar hipocalcemia subclínica (Melendez y Pook, 2017). En el establo donde se realizó el presente estudio, la ración de los 21 días previos al parto, periodo conocido como reto, incluye la adición de compuestos aniónicos tanto a la ración de vacas como a la de vaquillas, y el rango esperado de pH urinario manejado en el establo es de 5.5 a 6.2, por lo que pudiera ser que las becerras del grupo débil nacieran de partos con distocia no visible, sin embargo, esto es una hipótesis y deberá probarse posteriormente.

También se corroboró que el estrés calórico modifica las respuestas fisiológicas de los animales. Primero, en ambos grupos, la temperatura IR de la piel se incrementó en valores cercanos a 50 °C y posteriormente disminuyó manteniéndose en valores aproximados al rango de 39 a 42 °C; lo que permite sugerir que los mecanismos de termorregulación en este caso, el aumento de la FR y la presentación de conducta de jadeo, ambos relacionados con la evaporación, que es una ruta de pérdida de calor que se activa cuando las rutas latentes no son suficientes para la termorregulación, fue exitosa. Sin embargo, también se validó que el estado de vitalidad sí afectó la magnitud de dichos mecanismos de termorregulación. Al respecto, Tresoldi et al. (2023) encontraron que la probabilidad de observar FR entre 50 y 80 rpm aumentaba cuando la temperatura ambiente era de 25 a 35 °C y, a una temperatura ambiente mayor de 35 °C, era más probable observar FR entre 80 y 100 rpm. Si bien en el presente estudio se observaron FR cercanas a 80 o más respiraciones por minuto en ambos grupos, con rangos de temperatura ambiente entre 31 y 33 °C, sólo las becerras del grupo débil presentaron frecuencias respiratorias superiores a 100 rpm a partir de las 13:00 h. Aunado a lo anterior, en ambos grupos los animales respondieron con jadeo ante las condiciones de estrés calórico, pero la proporción de animales que lo presentaron y la severidad de este fueron mayores en los del grupo débil. Al respecto, Islam et al. (2023) observaron que los animales susceptibles al calor permanecían más tiempo jadeando que los resistentes.

Adicionalmente, aunque el estado de vitalidad no afectó la presentación de eventos de diarrea, es posible que sí esté relacionado con la presentación de eventos de enfermedad respiratoria; sin embargo, por el número de animales del presente estudio no se puede llegar a una conclusión al respecto.

CONCLUSIONES

La vitalidad de los animales en la recepción en cuneros sí afecta sus respuestas al estrés calórico, al menos hasta los 20 días de edad. De acuerdo con los resultados del presente estudio, el seguimiento de la frecuencia respiratoria, así como la calificación del jadeo, son buenos indicadores de estrés calórico en becerras menores de 20 días de vida. Así mismo, las becerras que nacen con vitalidad reducida son susceptibles de presentar respuestas más severas al estrés calórico durante sus primeros 20 días de vida. Lo anterior implica que, en establos comerciales, se requiere considerar estrategias de manejo que reduzcan el número de becerras que se reciben con vitalidad reducida en los cuneros, así como acciones especiales o diferenciadas para disminuir la exposición al estrés calórico en este grupo de animales.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el proyecto FONCYT COAH-2025-C25-C097 “Impacto del estrés calórico en becerras menores de 60 días de edad, estrategias de tratamiento y prevención de la mortalidad”, SIGI: 11134737355; y por el proyecto SIGI: 84907761 “Lácteos Nuevo León 2025-2026, asesoría para la mejora del proceso de crianza de becerras y vaquillas”.

LITERATURA CITADA

Agricultura Representación Región Lagunera. (2024). Boletín informativo 1. Producción agropecuaria y el clima. Región Lagunera. En: https://www.gob.mx/agricultura/regionlagunera#documentos

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software. 67(1):1-48. https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01

Collier, R.J., Baumgard, L. H., Zimbelman, R. B., & Xiao, Y. (2019). Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. Animal Frontiers. 9:12-19. https://doi.org/10.1093/af/vfy031

Comtois, D. (2026). summarytools: Tools to Quickly and Neatly Summarize Data (R package

version 1.1.5). https://github.com/dcomtois/summarytools

Dado-Senn, B., Ouellet, V., Dahl, G. E., & Laporta, J. (2020). Methods for assessing heat stress in preweaned Dairy calves exposed to chronic heat stress or continuous cooling. Journal of Dairy Science. 103:8587-8600. https://doi.org/10.3168/jds.2020-18381

FASS. (2020). Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching (Ag Guide). 4th ed. Federation of Animal Science Societies, Champaign, IL.

Hulbert, L.E. & S.J. Moisá. (2016). Stress, immunity, and the management of calves. Journal of Dairy Science. 99:3199-3216.

Islam, M.A., Lomax, S., Doughty, A. K., Islam, M. R., Thomson, P. C., & Clark, C. E. F. (2023). Revealing the diversity of internal body temperature and panting response for feedlot cattle under environmental thermal stress. Scientific Reports. 13:4879. https://doi.org/10.1038/s41598-023-31801-7

Jung, Y., Kim, B., Ku, J-Y., Kim, Y., Park, K-M., Baek, J., et al. (2025). Physiological alterations and predictors of death in neonatal calves with weak calf syndrome. Veterinary Record. e5327. https://doi.org/10.1002/vetr.5327

Jurkovich, V., Bakony, M., & Reiczigel, J. (2024). A retrospective study of thermal events on the mortality rate of hutch-reared dairy calves. Frontiers in Veterinary Science. 11:1366254. https://10.3389/fvets.2024.1366254

Lombard, J. E., Garry, F. B., Tomlinson, S. M., & Garber, L. P. (2007). Impacts of Dystocia on Health and Survival of Dairy Calves. Journal of Dairy Science. 90:1751–1760. https://doi:10.3168/jds.2006-295

López Hernández, N. A., Martínez Sifuentes, A. R., Halecki, W., Trucíos Caciano, R., & Rodríguez Moreno, V. M. (2025). An Assessment of the Impact of Climate Change on Maize Production in Northern Mexico. Atmosphere, 16(4), 455. https://doi.org/10.3390/atmos16040455

Martínez-Castillo, M. A. (2010). Homeostasis y mecanismos complementarios de regulación fisiológica. En: Fisiología veterinaria e introducción a la fisiología de los procesos productivos (pp. 21–35). Universidad Nacional Autónoma de México.

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. 3:1036-1057. https://doi:10.3390/ani3041036

Melendez, P., & Poock, J. (2017). A dairy herd case investigation with very low dietary cation–anion difference in prepartum dairy cows. Frontiers in Nutrition, 4, 26. https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00026

NOAA National Centers for Environmental Information. (2026). Monthly Global Climate Report for February 2026, published online March 2026, retrieved on July 23, from https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202602 DOI: https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C00672

NRC. (1971). A Guide to Environmental Research on Animals. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/20608

NRC. (1981). Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/4963

NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Second Ed. National Academy Press, Washington. D. C. https://doi.org/10.17226/9825

Ouellet, V., Toledo, I. M., Dado-Senn, B., Dahl, G. E., & Laporta, J. (2021). Critical Temperature-Humidity Index thresholds for dry cows in a subtropical climate. Frontiers in Animal Science. 2:706636. https://doi.org/10.3389/fanim.2021.706636

Tresoldi, G., M. Hejazi, & C.B. Tucker. (2025). A comprehensive study of respiration rates in dairy cattle in a Mediterranean climate. J. Dairy Sci. 108:6229-6243. https://doi.org/10.3168/jds.2024-26038

Vidal, Z.R. (2005). Las regiones climáticas de México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 207 p.