

Desarrollo de vaquillas doble propósito en pastoreo y estabulado, durante época de sequía y lluvias

Development of dual-purpose heifers under grazing and captivity, during drought and rainy seasons

Barrón-Bravo, O. G.¹ , López-Guzmán, J. A.² , Ruiz-Albarrán, M.³ ,
Gutiérrez-Chávez, A. J.⁴ , Alcalá-Rico, J. S. G. J.¹ , Avilés-Ruiz R.^{1*} 

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Noreste, Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante Km 55, C.P. 89610, Altamira, Tamaulipas, México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Noroeste, Campo Experimental Valle de Culiacán, Carretera Culiacán-El dorado Km 17.5, C.P.80000. Culiacán, Sinaloa, México.

³ Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Cd. Victoria - Mante Km 9, C.P. 87000, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

⁴ Departamento de Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guanajuato, Carretera Irapuato-Silao Km 9, C.P. 36824, Irapuato, Guanajuato, México.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Barrón-Bravo, O. G., López-Guzmán, J. A., Ruiz-Albarrán, M., Gutiérrez-Chávez, A. J., Alcalá-Rico, J. S. G. J., Avilés-Ruiz, R. (2025) Development of dual-purpose heifers under grazing and captivity, during drought and rainy seasons. *Revista Bio Ciencias*, 12, e1771. <https://doi.org/10.15741/revbio.12.e1771>.

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: October 08th 2024.

Accepted/Aceptado: February 24th 2025.

Available on line/Publicado: March 12th 2025.

RESUMEN

La ganadería se enfrenta a diversos factores que afectan el desarrollo de las vaquillas como la temporada de estiaje. El propósito de este estudio fue comparar los parámetros anatómo-fisiológicos, sanitarios y económicos de vaquillas doble propósito post-destete criadas en estabulación y pastoreo, alimentadas con la misma especie de pasto durante periodos de sequía y lluvia. Se usaron nueve vaquillas de cruce Girolando Pardo Suizo divididas en dos grupos, el grupo de pastoreo (GG; n = 4) y el grupo estabulado (CG; n = 5). Se implementó un modelo lineal de efectos fijos con diseño factorial. Se observó que la ganancia diaria promedio (ADG) durante la temporada de sequía fue de 419 ± 95 g/día y 310 ± 15 g/día para GG y CG, respectivamente. Sin embargo, durante la temporada de lluvias, GG mostró un aumento y fue superior al CG. Durante la temporada de lluvias, el manejo en pastoreo (GG; \$ 0.88 ± 0.09 USD/día/vaquilla) es 30 % menos costoso que el manejo en establo (CG; \$ 1.25 ± 0.07 USD/día/vaquilla). Sin embargo, durante el periodo de sequía, el manejo del pastoreo es sólo un 5.7 % más barato. Se concluye que las vaquillas en confinamiento tienen la misma tasa de crecimiento después del destete cuando se les proporciona el mismo pasto, alimentadas con la misma especie, en comparación con las que se pastorean. Sin embargo, esto no es así durante el periodo de lluvia, siendo en este último más alto. Además, el sistema de pastoreo fue más económico que el sistema en confinamiento. De la misma manera, el periodo de lluvias fue más económico que el periodo de sequía.

PALABRAS CLAVE: Estiaje, Crianza de bovinos; betahidroxitiratos; becerras de reemplazo; crecimiento.

*Corresponding Author:

Ricardo Avilés-Ruiz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Noreste, Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante Km 55, Z.C. 89610, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas, México. E-mail: aviles.ricardo@inifap.gob.mx and aviles7900aviles@hotmail.com, Phone: (553) 871-8700-ext. (83317). <https://www.gob.mx/inifap>

ABSTRACT

Livestock farming faces several factors that affect the development of heifers, such as the dry season. This study aimed to compare the anatomical-physiological, sanitary, and economical parameters of dual-purpose post-weaning heifers raised in stalls and on grazing, fed the same grass species during the drought and rain periods. Nine Giroland-Brown Swiss cross heifers were used, divided into the grazing group (GG; n = 4) and the captivity group (CG; n = 5). A linear fixed effects model with a factorial design was implemented. The average daily gain (ADG) during the dry season was observed to be 419 ± 95 g/day/heifer and 310 ± 15 g/day/heifer for GG and CG, respectively. However, during the rainy season, GG increased while CG decreased body weight (790 ± 131 and -110 ± 63 g/day/heifer, respectively). During the rainy season, grazing management (GG; \$0.88 \pm 0.09 USD/day/heifer) is 30 % less expensive than captivity management (CG; \$1.25 \pm 0.07 USD/day/heifer). However, grazing management is only 5.7 % cheaper during the drought period. It is concluded that heifers in confinement have the same growth rate after weaning when provided with the same pasture, and fed the same species, compared to those grazed. However, this is not the case during the rainy season, being higher in the latter. In addition, the grazing system was more economical than the captive system. Likewise, the rainy period was more economical than the dry period.

KEY WORDS: Dry season, Bovine raising; Beta-hidroxybutirates; Replacement calves; Growth.

Introducción

En México, los sistemas pecuarios multipropósito están localizados en los climas tropicales húmedo y seco, con 33.4 % de estos sistemas dedicados a esta actividad (González-Padilla *et al.*, 2019). Sin embargo, uno de los problemas de los sistemas doble-propósito en el trópico mexicano es la edad avanzada de los animales al primer parto (Arellano *et al.*, 2006). En este tipo de sistemas, la edad al primer parto fue de 40.3 ± 6.6 meses en La Región Huasteca al principio de este siglo (Arellano *et al.*, 2006). En la actualidad, lo anterior fue reducido a 36.1 ± 2.0 meses (Ríos-Utrera *et al.*, 2020). Por lo que el primer servicio tiene lugar a la edad de dos o más años. No obstante, la poca investigación en el desarrollo de las vaquillas y su comportamiento productivo, lo cual presenta un dilema en el manejo, para tomar la decisión de crianza en pastoreo o estabulado después del destete de dichas vaquillas, y basándose en la información de investigaciones enfocadas en estudios del desempeño productivo de las vaquillas durante la época de sequía y lluvias ha propiciado a que este parámetro no sea óptimo. Estas

decisiones son complicadas para los ganaderos debido a las variaciones en las condiciones climáticas (periodo de sequía y lluvias). Con respecto a esto, existen pocos estudios enfocados sobre parámetros fisiológicos, anatómicos y sanitarios. Además, los productores ganaderos a escala pequeña a menudo carecen de conocimiento financiero para decidir cual sistema de manejo es más barato en términos económicos (Lassala *et al.*, 2020). La prioridad de estos ganaderos es obtener un ingreso por venta de leche y las vaquillas son usualmente consideradas una carga económica extra (Silva *et al.*, 2021). Realizar alternativas que beneficien a los países subdesarrollados, mejorando la productividad y la eficiencia reproductiva es de ayuda (Tao *et al.*, 2018; Orihuela & Galina, 2019). Por lo que el gobierno mexicano proporcionó fondos para la creación de un programa, donde se tomó la decisión de apoyar a los ganaderos con un fondo monetario destinado a la alimentación de las vaquillas de reemplazo (SAGARPA, 2017). En efecto, muchos factores influyen en el desarrollo y peso al destete de las becerras, por ejemplo, el tipo de destete (Orihuela & Galina, 2019), manejo durante el amamantamiento (Lassala *et al.*, 2020), carga parasitaria (Castañeda *et al.*, 2021), estrés por calor y frío (Roland *et al.*, 2016; Montevecchio *et al.*, 2022) y tipo de sistema de alimentación (Carballo, 2009; Ferrufino & Arias, 2015). Bajo condiciones tropicales, los sistemas en confinamiento (terminación en engorda) previamente mostraron una Gancia diaria de peso (ADG) mayor que en pastoreo. La abundante cantidad de estudios realizados con dietas costosas comparado con pastoreo (Gomes & Piva, 2002; Casagrande *et al.*, 2013; Ferrari *et al.*, 2022). Por lo que se planteó la siguiente hipótesis: si las vaquillas son alimentadas con las mismas especies de pasto, tanto en pastoreo como estabuladas tendrían la misma ADG después del destete. En base a esto, el objetivo del presente estudio fue comparar los parámetros fisiológico, anatómico, sanitarios y económicos de vaquillas multipropósito después del destete en dos periodos: sequía y lluvia, en pastoreo y estabulado y comiendo la misma especie de pasto.

Material y Métodos

Nota ética

Este estudio fue conducido de acuerdo al Comité de Bioética y Bienestar Animal (CBBA) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. El número de certificado fue CBBA_13_2021 y con fecha 15 de junio del 2021.

Actualmente, es común usar las tres “R” (reducir, reemplazar y refinar), si es posible usar un mínimo número de animales para investigación (Comisión Nacional de Bioética, 2022). En segundo, este estudio fue conceptualizado tomando como referencia estudios previos en el área (Barrón *et al.*, 2023), debido al que el objetivo de fondo del presente estudio, es generar información e innovación con productores cooperantes, donde el promedio del hato es de 19 cabezas y el número promedio de ganado en desarrollo (vaquillas de reemplazo) es 5.3 y, 33 % de los sistemas en el área son manejados bajo el sistema doble-propósito, los cuales se están haciendo más complejos debido a las sequías. Por último, se suma que las investigaciones hechas con bovinos son más costosas en comparación con especies domésticas más pequeñas.

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la región de Las Huastecas, área ubicada a lo largo del Golfo de México. Esta región cálida alberga el 19 % del hato nacional (Carballo, 2009; SIAP, 2018) y se maneja principalmente en sistemas en pastoreo (González-Padilla *et al.*, 2019). El estudio se realizó de junio a septiembre, durante la época de lluvias. Cabe señalar que en los últimos años esta región se ha visto afectada por sequía (NADC, 2022). El estudio se ubicó en el municipio de Altamira, Tamaulipas, México, que se encuentra entre los paralelos 22° 20' y 22° 49' de latitud norte y los meridianos 98° 21' y 97° 50' de longitud oeste, con una altitud entre 50 y 300 metros sobre el nivel del mar. El rango de temperatura es de 22 a 26 °C y la precipitación anual de 900 a 1,100 mm. El clima es de cálido subhúmedo a semicálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI 2010).

Condiciones generales y tratamientos

Los animales del estudio fueron nueve vaquillas de cruce de razas Girholando X Pardo Suizo, las cuales estaban con baja condición corporal previo al estudio. Tenían una edad y un peso vivo promedio de 294 días y 96.4 kg, respectivamente. El estudio se dividió en tres periodos: un periodo de adaptación de mayo a junio (60 días), un periodo seco de julio a agosto (58 días) y un periodo lluvioso en septiembre (24 días). Durante el periodo de adaptación, los animales fueron vacunados contra la rabia paralítica y se utilizó la vacuna polivalente de 8 vías contra clostridiosis y pasteurelisis. Además, fueron tratadas contra nematodos gastrointestinales y parásitos externos, con lactonas macrocíclicas y fenilpirazolonas. Posteriormente, al inicio del estudio durante el periodo de sequía, se dividieron dos grupos según la edad, el peso y la condición corporal (BCS; escala 1-5; Tabla 1): el grupo confinado (CG; n = 5) y el grupo en pastoreo (GG; n = 5; Tabla 1). Estos grupos duraron durante toda la temporada de lluvias.

Las vaquillas del grupo confinado se mantuvieron en un corral individual (2 x 6 m) con techo sobre el área de comederos y el resto sin sombra, donde tenían un depósito de agua. No fue posible mantener limpios los corrales durante el periodo lluvioso, porque no tenían piso de concreto el corral, aunque se retiró el estiércol durante este periodo. Por otro lado, las vaquillas del grupo en pastoreo se mantuvieron en un potrero de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) de 400 x 400 m durante todo el estudio sin rotación. Estas vaquillas pastaron día y noche. Sin embargo, estas vaquillas bebieron agua de una pequeña presa.

Tabla 1. Edad, características fisiológicas y corporales (media \pm SEM) de vaquillas doble propósito posdestete en ambos grupos experimentales al inicio.

PARÁMETROS	GRUPOS EXPERIMENTALES		PROMEDIO
	CG	GG	
Edad (d)	273 \pm 39	315 \pm 51	294
Peso vivo (kg)	94.9 \pm 9.7	98.0 \pm 9.7	96.4
Betahidroxibutiratos (mmol/L)	0.3 \pm 0.03	0.3 \pm 0.04	0.3
MEDIDAS ZOOMÉTRICAS			
Circunferencia del torácica (cm)	105.1 \pm 3.6	109.5 \pm 4.7	107.3
Largo del cuerpo (cm)	97.2 \pm 2.0	101.9 \pm 4.5	99.5
Condición corporal	2.8 \pm 0.18	2.56 \pm 0.06	2.68

Ambos grupos fueron alimentados con pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) conteniendo de 6.5 a 12.4 % de proteína cruda durante las épocas de sequía y lluvia, respectivamente (Carballo, 2009). Lo anterior, *ad libitum*, se logró de la siguiente manera: Para las vaquillas CG, pasto fresco y succulento fue cortado a nivel del suelo del potrero, donde GG estaba pastando, usando un machete por la mañana y proporcionado a libre acceso en un comedero. Los comederos fueron rellenos cuando se vaciaban durante el día. GG estaban pastoreando en un potrero, donde fue cortado el pasto para el grupo CG y, podían comer los rebrotes durante la época de lluvias. Además, cada vaquilla fue alimentada con 0.5 kg de concentrado comercial (17.5 % de proteína cruda y 1, 881 Mcal/kg de energía neta) a las 10:00 h cada día. Sales minerales y agua fueron proporcionadas a libre acceso a ambos grupos. Durante la época de sequía y lluvia fue la misma suplementación.

Variables evaluadas

Peso corporal y ganancia diaria de peso (ADG). Las vaquillas fueron pesadas dos veces al mes a las 07:00 h utilizando una balanza electrónica (capacidad de 500 kg) con precisión de 0.05 kg y la ADG para ambos grupos se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Peso en la medición 10} - \text{Peso en la medición 0}}{82 \text{ d}}$$

La ADG para ambos grupos en la época de sequía se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Peso en la medición 6} - \text{Peso en la medición 0}}{58 \text{ d}}$$

La ADG para ambos grupos en la época de lluvias se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Peso en la medición 10} - \text{Peso en la medición 6}}{24 \text{ d}}$$

Condición corporal (BCS). Un técnico de campo experto estimó este parámetro para ambos grupos dos veces al mes durante todo el estudio. La escala fue de 1 a 5 para las vaquillas lecheras jóvenes (< 421 días de edad; Archbold *et al.*, 2012).

Medidas zoométricas. La circunferencia torácica y el largo del cuerpo se midieron dos veces al mes utilizando una cinta métrica flexible (Salazar *et al.*, 2010). La circunferencia total ganada se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Circunf. torácica en la medición 10} - \text{Circunf. torácica en la medición 0}$$

El largo de cuerpo total ganado se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Largo de cuerpo en la medición 10} - \text{Largo de cuerpo en la medición 0}$$

La concentración sanguínea de betahidroxibutiratos. La concentración de betahidroxibutiratos en sangre se tomó de cada novilla una vez al mes, 2 h antes de la alimentación o el pastoreo (CG y GG, respectivamente), mediante venupunción de la yugular, utilizando una jeringa de insulina estéril. La concentración de betahidroxibutiratos en sangre se calcularon utilizando una tira reactiva (Freestyle Optium Neo, Witney, Reino Unido).

Consumo diario de pasto. El consumo diario de pasto se midió tres veces durante todo el estudio (una vez durante la época sequía y dos veces durante la época de lluvias). En cada una de las mediciones en CG, pasto succulento y recién cortado se pesó y luego se proporcionó a las vaquillas en corrales separados a las 08:00 h. La cantidad de pasto rechazado (no consumido) se pesó al final del día y la diferencia entre los pesos se tomó como el consumo diario de pasto. Cabe mencionar que las vaquillas se alimentaron individualmente y rellenado el comedero cada 2 h hasta el final del día (20:00 h). Un día antes de medición de consumo de pasto en el GG, las vaquillas se mantuvieron la noche en el corral. El día de la medición, las vaquillas se pesaron a las 7:00 h. y posteriormente se pastorearon. Si la vaquilla defecaba, las heces se recolectaban inmediatamente en una bolsa de plástico. Esto se hizo tantas veces como la vaquilla defecaba. Así, al final del día, se pesaron todas las heces. Se pesó el agua fresca en un balde antes de ofrecerla en el potrero. Se pesó la cantidad de agua restante y la diferencia entre los pesajes se tomó como la ingesta diaria de agua. Finalmente, las vaquillas del GG se pesaron al final del día, cuando dejaron de comer en el potrero. La cantidad de pasto consumido diariamente se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo diario de peso} = \text{Peso final de la vaquilla} - \text{Peso inicial de la vaquilla} - \text{Consumo total de agua} + \text{Heces totales defecadas}$$

En este estudio la pérdida de agua por transpiración no fue considerada.

Conteo de garrapatas. Para evaluar qué grupo de novillas presentó mayor parasitismo afectando el desempeño productivo en áreas tropicales durante las épocas de sequía y lluvias, se realizó conteo de garrapatas y conteo de huevos fecales. Por lo tanto, el conteo de garrapatas de *Rhipicephalus microplus* en las vaquillas se evaluó contando todas las garrapatas ninfas y adultas (3.0 a 8.0 mm de diámetro) encontradas en ellas. Las muestras se recolectaron en las últimas tres mediciones del estudio (una medición en el periodo de sequía y dos en el periodo de lluvias) para ambos grupos. El mismo técnico de campo realizó la recolección y conteo de garrapatas. Las recolecciones se realizaron en la mañana (08:00 h) colocando una vaquilla en un corral de manejo con tejado e inspeccionando desde su cabeza hasta la base de la cola, incluyendo las extremidades anteriores y posteriores y la región ventral (Castañeda *et al.*, 2021).

Conteo de huevos fecales. Las muestras de heces de las vaquillas se recolectaron inmediatamente después de la defecación en las últimas tres mediciones quincenales del estudio. Se almacenaron a temperatura ambiente en la hielera de policarbonato. En el laboratorio, se realizó el análisis coproparasitoscópico con 3 g de muestra que se homogeneizaron en 20 mL de solución de glucosa, posteriormente se homogeneizaron en un vórtex y se filtraron. Se centrifugaron a 1,500 rpm durante 10 minutos, para luego observarlas al microscopio a 4 y 10X, con las muestras positivas. Se realizó la técnica de McMaster para obtener el conteo de huevos por gramo de heces. Las cámaras McMaster se dejaron reposar por 5 min, se colocaron en el microscopio. Se contaron los huevos de nematodos a 10x y, el número total de huevos encontrados fue la suma en ambas cámaras. Para el cálculo de huevos por gramo de heces, se utilizó la fórmula de McMaster (Alonso-Díaz *et al.*, 2015).

Costo del sistema de alimentación. El costo del sistema de alimentación se calculó considerando aspectos como concentrado comercial, consumo diario de pasto, sal mineral, vacunas, desparasitantes, vitaminas, productos para descornar, mortalidad (se calculó específicamente para este hato), jornal eventual, jornal fijo, depreciación de las instalaciones, herramientas adquiridas, combustible e identificadores. Este parámetro se calculó en dólares estadounidenses y el tipo de cambio fue de 20.11 pesos mexicanos (MXN) por dólar estadounidense (USD) el día en que se calculó.

Análisis estadísticos

Todas las variables dependientes excepto la BCS y el conteo de huevos en heces tuvieron distribución normal. En la variable conteo de huevos en heces se logró una distribución normal mediante la transformación de la variable al elevarla al cuadrado. Sin embargo, los resultados se presentan en forma aritmética (sin transformación) para entender la interpretación de esta variable. Los datos de peso vivo, mediciones zoométricas, concentraciones sanguíneas de betahidroxibutiratos, consumo diario de pasto, conteo de garrapatas, conteo de huevos en heces y costo del sistema de alimentación en vaquillas se analizaron utilizando un diseño factorial con un modelo lineal de efectos fijos en el paquete estadístico Statgraphics Centurion v18 (2017). El factor tratamiento tuvo dos niveles (grupos GG y CG), el factor periodo tuvo dos niveles (sequía

y lluvia) y sus interacciones. La edad y el peso inicial de las vaquillas se consideraron como covariables. Además, se consideró el efecto aleatorio: error residual asociado a vaquilla.

$$Y_{ij} = \mu + \text{Tratamiento}_i + \text{Época}_j + \text{Tratamiento} \times \text{Época}_{ij} + \beta (x_i - \bar{X}) + \Delta(x_i - \bar{X}) + e_{ij}, \text{ donde:}$$

Y_{ij} fue la i -ésima observación de la variable medida (peso vivo, mediciones zoométricas, concentraciones sanguíneas de betahidroxibutiratos, consumo diario de pasto, conteo de garrapatas, conteo de huevos de parásitos en heces y costo del sistema de alimentación).

μ fue la media general.

Tratamiento_i fue el efecto del i -ésimo tratamiento.

Época_j fue el efecto de la j -ésima medición.

$\text{Tratamiento} \times \text{Época}_{ij}$ fue la interacción entre tratamiento y época.

$\beta (x_i - \bar{X})$ fue el efecto de la covariable de peso inicial de la vaquilla.

$\Delta (x_i - \bar{X})$ fue el efecto de la covariable de edad de la vaquilla.

e_{ij} representó el error aleatorio asociado con cada observación.

También se realizó la prueba t-student independiente individual separadamente para comparar punto por punto (medición) todas las variables dependientes. Sin embargo, la variable BCS se comparó mediante la prueba U de Mann-Whitney. La ADG en la época de sequía, la ADG en la época de lluvias, la circunferencia torácica total ganada y el largo de cuerpo total ganado se compararon mediante la prueba t-student. El nivel de significancia se estableció en $p < 0.05$.

Resultados

Peso vivo, BCS, y ADG

Durante la época de sequía, el promedio de peso vivo no fue diferente entre las vaquillas CG y GG y aumentó en ambos grupos (Figura 1, efecto de tratamiento $p = 0.0008$). El efecto de tratamiento no se mantuvo durante la época de lluvias ($p = 0.0001$), época durante la cual el peso vivo aumentó para las vaquillas GG ($p = 0.0001$). Se detectó una interacción (tratamiento \times época) sobre el peso vivo de las vaquillas ($p = 0.0006$). El análisis de covariables reveló que el peso inicial y la edad de las vaquillas tuvieron un efecto ($p = 0.0001$ y $p = 0.0216$) sobre el peso vivo a lo largo del estudio. Asimismo, la BCS mostró un comportamiento similar. Sin embargo, la mediana de BCS no fue estadísticamente diferente entre las vaquillas CG y GG en

ninguna medición (Figura 1). La ADG fue mayor para las vaquillas GG que para las vaquillas CG, considerando ambos periodos (Figura 1; $p = 0.0040$).

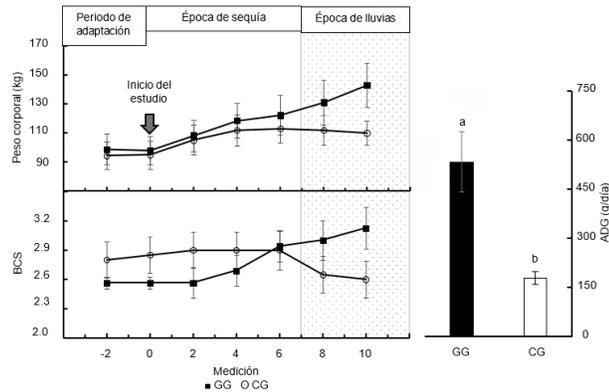


Figura 1. Patrón de medias de mínimos cuadrados de (\pm SEM) peso vivo y BCS de vaquillas que pastorearon (GG; ■) durante las épocas de sequía y lluvias. El segundo grupo se mantuvo en confinamiento (CG; ○), se alimentaron con pasto recién cortado diariamente donde GG pastoreaba. En el panel derecho se muestra la ADG. Los literales denotan diferencias estadísticas ($p < 0.01$).

ADG por épocas

Durante la época de sequía, la ADG no fue diferente entre las vaquillas de CG y GG ($p = 0.3200$). Por el contrario, durante la época de lluvias la ADG fue mayor para las vaquillas GG que para las CG ($p = 0.0001$; Figura 2).

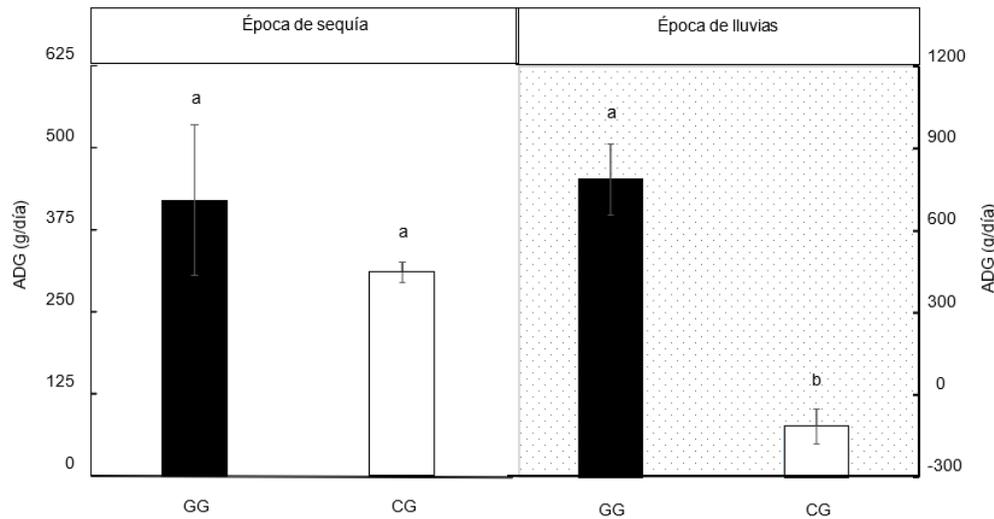


Figura 2. Medias (\pm SEM) de la ADG durante la época de sequía y durante la época de lluvias de vaquillas que pastorearon (GG; barra negra). El segundo grupo se mantuvo en confinamiento (CG; barra blanca), se alimentaron con pasto recién cortado diariamente donde GG pastoreaba. Las literales denotan diferencias estadísticas ($p < 0.01$).

Mediciones Zoométricas

El largo del cuerpo y la circunferencia torácica se muestran en los paneles superior e inferior izquierdo de la Figura 3, respectivamente. Hubo un efecto del tratamiento y de la época sobre los animales estos parámetros ($p = 0.0001$). Se detectó una interacción (tratamiento \times época; $p = 0.008$) para ambos parámetros. El análisis reveló que las covariables, peso inicial y edad de las vaquillas tuvieron un efecto ($p = 0.0001$ y $p = 0.0101$, respectivamente). El largo del cuerpo y la circunferencia torácica (Figura 3) mostraron diferencias en comparación con la última medición entre grupos ($p = 0.0527$ y $p = 0.0525$, respectivamente). Asimismo, la circunferencia total ganada y el largo de cuerpo total ganado durante el estudio fue mayor en las vaquillas GG que en las vaquillas CG (Figura 3; $p = 0.0046$ y $p = 0.0341$, respectivamente).

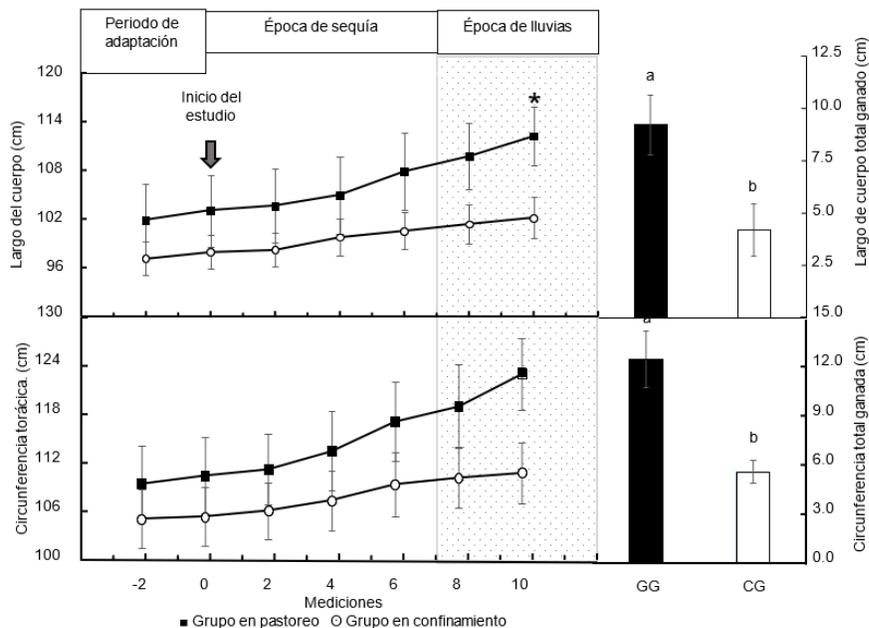


Figura 3. Patrón de medias de mínimos cuadrados en (\pm SEM) del largo del cuerpo y la circunferencia torácica de vaquillas que pastorearon (GG; ■) durante las épocas de sequía y de lluvias. El segundo grupo se mantuvo en confinamiento (CG; ○), fueron alimentados con pasto recién cortado diariamente donde pastoreaba GG. En los paneles de la derecha se muestran el largo de cuerpo total ganado y la circunferencia torácica total ganada. Las literales denotan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) y el asterisco denota diferencias estadísticas punto por punto ($p < 0.05$).

Concentraciones sanguíneas de betahidroxibutiratos

Las mediciones de las concentraciones de betahidroxibutiratos en sangre fueron similares al inicio y al mes y medio antes de iniciar el estudio en ambos grupos (Figura 4). Sin embargo, un mes después de iniciado el estudio, las concentraciones de betahidroxibutiratos en sangre fueron mayores en las vaquillas GG que en las CG ($p = 0.0042$). En el periodo lluvioso fueron iguales para ambos grupos. No obstante, hubo un efecto principal del grupo ($p = 0.0502$). Se detectó una interacción (Tratamiento \times época) sobre la concentración de los betahidroxibutiratos en sangre de las vaquillas ($p = 0.0404$).

Consumo diario de pasto

El consumo diario de pasto fue diferente para ambos grupos durante ambos periodos ($P = 0.0001$); sin embargo, no fue diferente entre periodos (Figura 4; $p = 0.1681$).

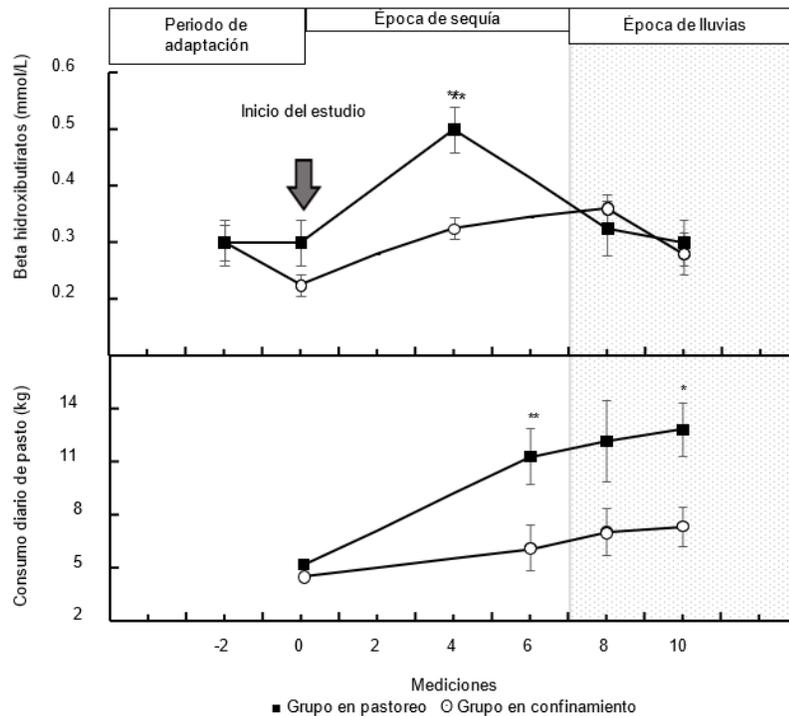


Figura 4. Patrón de medias de mínimos cuadrados (\pm SEM) de las concentraciones de betahidroxibutiratos y el consumo diario de pasto de vaquillas que pastorearon (GG; ■) durante las épocas de sequía y lluvias. El segundo grupo se mantuvo en confinamiento (CG; ○), fueron alimentados con pasto recién cortado diariamente donde GG pastoreaba. En la medición del panel inferior, 0 es únicamente referencia para ambos grupos. Los asteriscos denotan diferencias estadísticas punto por punto ($p <= 0.05$).

Análisis de parásitos internos, externos y costo del sistema de alimentación

En el conteo de garrapatas se observó una diferencia entre los tratamientos y las épocas. Lo mismo ocurrió con el conteo de huevos fecales, pero sólo entre las épocas. El sistema de alimentación más económico fue en el grupo GG durante la época de lluvias (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del análisis de parásitos y costo del sistema de alimentación (media \pm SEM) de vaquillas doble propósito postdestete que pastorearon (GG) durante las épocas de sequía y lluvias. El segundo grupo se mantuvo en confinamiento (CG) y se alimentaron con pasto fresco cortado diariamente donde pastorearon las del GG.

Parámetro	Grupo Experimental	Época		Valor de P
		Sequía	Lluvias	
Sanitarios	CG	10.60 \pm 1.99	2.10 \pm 0.43	0.0001
	GG	42.00 \pm 10.53	65.12 \pm 9.93	0.08683
	Valor de P	0.0131	0.0003	
	CG	61.60 \pm 35.60	810.10 \pm 120.52	0.0001
	GG	64.25 \pm 12.75	996.75 \pm 190.05	0.0005
	Valor de P	0.6927	0.3640	
* Costo del Sistema de alimentación (US\$/d/vaquilla)	CG	1.38 \pm 0.07	1.25 \pm 0.07	0.2440
	GG	1.30 \pm 0.12	0.88 \pm 0.09	0.0007
	Valor de P	0.4350	0.0021	

*Tipo de cambio: 20.11 peso mexicano (MXN)/dólar americano (USD)

Discusión

Los grupos GG y CG tuvieron una ADG de 534 g/d y 179 g/d, respectivamente (Figura 1). El peso vivo de las vaquillas GG fue mayor que el de las vaquillas CG. En primer lugar, esto podría deberse a la humedad en los corrales durante la época de lluvias. Los animales en lugares húmedos prefieren estar de pie en lugar de comer porque el suelo no está seco y no tienen dónde echarse y descansar. En segundo lugar, el grupo GG tuvo la posibilidad de elegir el pasto de brotes donde se cortó con un machete para alimentar al CG, esto también durante el periodo lluvioso. Ambas situaciones pueden explicar por qué GG ganó más peso que CG. Velázquez-Martínez *et al.* (2010) encontraron que el comportamiento de las vaquillas al iniciar el pastoreo en la pradera no afectó el hecho de que estuvieran con o sin modelos grupales. Además, en el presente estudio ambos grupos (GG y CG) tuvieron una ADG por debajo del peso ideal sugerido para una vaquilla al primer servicio. En relación a esto, las vaquillas deberían ganar un 24 % más para llegar al servicio a los 20 meses de edad. (Carballo, 2009; Alonso-Díaz *et al.*, 2015). Previamente, Carballo (2009) reportaron una ADG de 460 g/d durante la temporada de lluvia para una población y ambiente similares al presente estudio. Esas vaquillas nacieron cuando había poca lluvia. No obstante, fueron suplementadas con caña de azúcar y leguminosas. Las vaquillas GG en este estudio tuvieron mayor ADG durante el estudio. En el presente estudio, encontramos que durante la época de sequía la ADG de las vaquillas fue igual entre el CG y el GG (Figura 2). Sin embargo, durante la época de lluvias, el GG mostró mayor ADG que el CG. Nuestros resultados fueron similares a Gomes & Piva (2002), quienes afirmaron que era posible lograr una adecuada ADG de vaquillas brasileñas de carne y que esas vaquillas

pueden ser apareadas a los 14/15 meses de edad, utilizando diferentes sistemas de alimentación postdestete en su primer otoño/invierno. Encontraron una ADG y una BCS similares de novillas pastoreando o recibiendo alimento en el comedero (Feedlot). El periodo de transición de estos sistemas afecta el desempeño de los animales, favoreciendo a los animales en un régimen de pastoreo exclusivo. Por lo tanto, ellos sugirieron que las novillas deberían ser pastoreadas inmediatamente después del destete. En el presente estudio, encontramos que el largo del cuerpo (Figura 3) y la circunferencia torácica (Figura 3) fueron mayores para las vaquillas GG que para las vaquillas CG. Asimismo, el largo de cuerpo total ganado y la circunferencia torácica total ganada fueron mayores. Mientras tanto, las vaquillas crecieron durante todo el experimento, esas medidas zoométricas fueron mayores durante la época de lluvias. Por lo tanto, las medidas zoométricas de las vaquillas GG fueron mayores durante la época de lluvias. Utilizando una ecuación de regresión, el peso vivo de las vaquillas lecheras podría predecirse indirectamente mediante la medición zoométrica (circunferencia torácica) cuando las instalaciones limitadas no permitían el uso de una báscula (Heinrichs *et al.*, 1992). De la misma manera, Salazar *et al.* (2010) obtuvieron una ecuación cuadrática específicamente para vaquillas doble propósito tropicales. Señalaron que las curvas de crecimiento son útiles para predecir el desempeño productivo y reproductivo de las vaquillas.

Con respecto a las concentraciones sanguíneas de betahidroxibutiratos, los hallazgos en vacas lecheras en lactación temprana mostraron que el incrementar el tiempo de acceso a la pastura permite una reducción en las concentraciones de betahidroxibutiratos en plasma y, en consecuencia, una mejora en las ganancias de peso vivo (Ruiz-Albarrán *et al.*, 2012; Morales *et al.*, 2016). Asimismo, Avilés *et al.* (2022) señalaron una correlación negativa entre las concentraciones de betahidroxibutiratos en plasma y la BCS en vaquillas doble propósito. El presente estudio demostró que las concentraciones de betahidroxibutiratos en plasma aumentaron cuando las vaquillas iniciaron el pastoreo. Esto probablemente se debió al estrés por calor durante el periodo seco, como lo fue mencionado en vacas lecheras por Méndez *et al.* (2023). En el presente estudio, a medida que el experimento continuó, la concentración disminuyó inversamente al peso, la BCS y el consumo diario de pasto (Figura 1 y Figura 4, respectivamente). En el pastoreo, el bocado, junto con las características del potrero como la masa, la altura y la desaparición del forraje, factores que median el consumo, explicaron el 78 % de las variaciones en la ADG en un estudio con ganado bovino (Carvalho *et al.*, 2015). En concordancia con esta afirmación, Jiménez & Améndola, (2022) en su revisión publicada actualmente señalan que el bocado es un componente fundamental de la conducta de ingestión en pastoreo. Por lo que en este estudio, pudo ser que los animales confinados no hayan elegido que masa de bocado morder. Sería interesante realizar estudios sobre la conducta alimentaria cuando las vaquillas son alimentadas con la misma hierba, pero un grupo está confinado y otro en pastoreo.

A lo que se refiere a parásitos, vaquillas Nellore destetadas en pastoreo en Brasil fueron infectadas por nematodos durante todo el año y el periodo de mayor riesgo fue durante la época de lluvias con más de 800 huevos por gramo de heces (Lima, 1998). Este resultado fue similar al encontrado en el presente estudio, con mayores conteos de huevos fecales durante la época de lluvias. Con respecto al conteo de garrapatas, González-Cerón *et al.* (2009) señalaron que la infestación natural por *Amblyomma cajennense* y *Rhipicephalus microplus* en el ganado lechero

criollo tropical es durante la época de lluvias como lo demostró nuestro estudio. Se reportó que esta infestación tiene efectos negativos sobre la ADG (Castañeda *et al.*, 2021).

Finalmente, el sistema de alimentación de las vaquillas GG durante la época de lluvias presentó el menor costo (0.88 US\$/d/vaquilla) en este estudio (Tabla 2). Sin embargo, no es posible mantener a las vaquillas en comedero durante todo el año con pasto fresco, debido a que las sequías han sido frecuentes en esta región durante la última década y hasta ahora (NADC, 2022), lo que ha resultado en un aumento de los costos de crianza. En consecuencia, las vaquillas de reemplazo han presentado una ADG menor. Carballo (2009) reportó un costo de alimentación en pastoreo de US\$ 479 para vaquillas de reemplazo desde el nacimiento hasta el primer parto (30 meses) en la misma región que el presente estudio. Con base en el año de análisis económico (2007) y el tiempo promedio hasta el parto, el costo de alimentación ascendió a US\$ 1.16 por día por vaquilla, incluyendo una excelente suplementación. En contraste, Ferrufino & Arias (2015) reportaron un costo de US\$ 1.34 por día por bovino para vaquillas hondureñas en pastoreo y US\$ 2.02 por día por bovino para vaquillas estabuladas. Por lo tanto, los costos del presente estudio fueron menores para ambos sistemas de alimentación. A pesar de los mayores costos actuales de crianza de animales, el análisis de costos se vio afectado por la inflación global en el presente estudio. Al respecto, ¿qué medidas ha implementado el gobierno mexicano para aumentar su hato ganadero (cantidad de reemplazos)? El gobierno federal en México desarrolló unas estrategias para impulsar el número de vaquillas de reemplazo. Identificando que el sector ganadero los productores tenían el problema, sistemas lecheros de traspatio y de doble propósito, el cual fue baja producción de su propio alimento y forraje (pastura) para alimentar a sus animales. Esto se reflejó en una baja productividad y, en consecuencia, en un bajo inventario de vacas y vaquillas de reemplazo en los hatos bovinos. Así, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018 se estableció con el objetivo de incrementar la producción de los principales alimentos y forrajes en los sistemas de producción pecuaria mediante apoyos monetarios (subsidios) a los productores pecuarios. Esto conduciría a un mayor inventario de vacas y vaquillas de reemplazo en los hatos bovinos (SAGARPA, 2017). Sin embargo, el programa de apoyo ya ha concluido. Por lo tanto, sería necesario realizar más investigaciones para identificar estrategias de manejo nutricional rentables que promuevan la ganancia diaria de peso en el ganado de reemplazo. Esto podría acortar potencialmente el intervalo entre el nacimiento y el primer parto de las vaquillas.

Conclusiones

Se concluye que, durante la época de sequía, en el confinamiento y en el pastoreo de las vaquillas de reemplazo se tiene el mismo desempeño productivo cuando se alimentan con la misma especie de pasto; sin embargo, es diferente durante la época de lluvias, con un mejor desempeño productivo. El sistema de pastoreo fue más económico en comparación con el confinamiento. De igual forma en este último grupo, en la época de lluvias fue más económica la manutención de los animales que en la época de sequía.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo: ARR, BBOG, LGJA, RAM, GCAJ, ARJSGJ; desarrollo de la metodología: ARR, BBOG, RAM; manejo de software: ARR, BBOG; validación experimental: ARR, BBOG, ARJSGJ; análisis de resultados: ARR, BBOG, LGJA, GCAJ; Manejo de datos: BBOG, ARR; escritura y preparación del manuscrito: BBOG, ARR, LGJA; redacción, revisión y edición: ARR, BBOG, LGJA, RAM, GCAJ, ARJSGJ; administrador de proyectos: ARR, BBOG; adquisición de fondos: ARR, BBOG.

“Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo”.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), a la Universidad de Guanajuato y al productor pecuario Profesor Juan Villafuerte Castillo y su hijo Juan Villafuerte Rivera por prestar las instalaciones de la granja “El Paraíso”, así como a los estudiantes: Irineo Badillo Cárdenas, Leonardo Escobar Martínez, Claudia Alonso Aguirre, Brenda Robles Ramírez, Antonio Galván León, José Fidencio Mata Cruz, Andrea Torres Cifuentes, Cristian Alexis Morato Hernández, Jesús Manuel Santos Francisco, Misael Benito Arrieta, María Teresa Barona Ríos, Aridahi Melchor Díaz, and Ulises Barrera Durán.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

References

- Alonso-Díaz, M., Arnaud-Ochoa, R., Becerra-Nava, R., Torres-Acosta, J., Rodríguez-Vivas, R., & Quiroz-Romero, R. (2015). Frequency of cattle farms with ivermectin resistant gastrointestinal nematodes in Veracruz, Mexico. *Veterinary Parasitology*, 212(3-4), 439-443. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.07.023>
- Archbold, H., Shallo, L., Kennedy, E., Pierce, K.M., & Buckley, F. (2012). Influence of age, body weight and body condition score before mating start date on the pubertal rate of maiden Holstein–Friesian heifers and implications for subsequent cow performance and profitability. *Animal*, 6(7), 1143–1151. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002692>
- Arellano, S., Martínez, J., Romero, E., Briones, F., Domínguez, M., & de la Garza F. (2006). Genetic-environmental factors affecting calving intervals and first age calving in double

- purpose cattle in North Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 10(1), 29-41. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83710104>
- Avilés, R., Barrón, O.G., Galván, A., & Ruiz, M. (2022). Efecto de la transición de un sistema intensivo a un sistema doble propósito sobre la química sanguínea en becerras. p. 46. In: Congreso veterinario Universidad de Guanajuato COVEUG Memorias 2022, León. <https://www3.ugto.mx/campusirapuatosalamanca/images/CongresoVeterinaria2022/MemoriasCOVEUG22.pdf>
- Barrón-Bravo, O., Avilés-Ruiz, R., Ángel-Sahagún, C., Alcalá-Rico, J., Arispe-Vázquez, J., & Garza-Cedillo, R. (2023). Caracterización de unidades de producción familiar de bovinos, Llera, Tamaulipas, México. *Abanico Boletín Técnico*, 2, e2023-23. <https://abanicoacademico.com/abanicoboletintecnico/article/view/115>
- Carballo, O.C. (2009). Management of heifer growth in dual-purpose cattle systems in the low Huasteca region of Veracruz, Mexico. Dissertation (M. Sc.). Cornell University, New York. <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/13758/Cristobal%20Carballo%2C%20Omar.pdf?sequence=1>
- Carvalho, P.C.F., Bremm, C., Mezzalira, J.C., Fonseca, L., da Trindade, J.K., Bonnet, O.J., Tischler, M., Genro, T.C.M., Nabinger, & Laca, E.A. (2015). Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? *Animal Production Science*, 55(3), 319-327. <https://doi.org/10.1071/AN14546>
- Casagrande, D.R., Azenha, M.V., Vieira, B.R., Resende, F.D., de Faria, M.H., Berchielli, T.T., Ruggierill, A.C., & Reis, R.A. (2013). Performance and carcass quality of feedlot-or pasture-finished Nellore heifers according to feeding managements in the postweaning phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(12), 899-908. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013001200010>
- Castañeda, R.O., Álvarez, J.A., Rojas, C., Lira, J.J., Ríos, Á., & Martínez, F. (2021). Technical note: *Rhipicephalus microplus* infestation level and its association with climatological factors and weight gain in *Bos taurus* x *Bos indicus* cattle. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(1), 273-285. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5392>
- Comisión Nacional de Bioética. (2022). Principios bioéticos en la experimentación animal. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/780417/Infografia_principio_bioeticos_exp_carta.pdf
- Ferrari, A.C., Berça, A.S., Curvêlo, M.L., Gonçalves, R., Escobar, E., Prates, E., Pavezzi, R., da Silva, A., Fonseca, J., Orlindo, L., & Andrade R. (2022). Effects of supplement type during the pre-finishing growth phase on subsequent performance of Nellore bulls finished in confinement or on tropical pasture. *Applied Animal Science*, 38(5), 474-486. <https://doi.org/10.15232/aas.2022-02284>
- Ferrufino, A.J., & Arias, C.M. (2015). Comparación técnico-económica del desempeño de vaquillas lecheras en sistemas estabulado, semiestabulado y pastoreo. Disertación (Bs.). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d8d17054-7f0f-42af-b221-7b9096008f38/content>
- Gomes, M., & Piva, J.F. (2002). Sistemas de Alimentação pós-desmama de bezerras de corte para acasalamento com 14/15 meses de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(4), 1814-1822. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000700025>
- González-Cerón, F., Becerril-Pérez, C.M., Torres-Hernández, G., Díaz-Rivera, P., Santellano-

- Estrada, E., & Rosendo-Ponce A. (2009). Infestación natural por *Amblyomma cajennense* y *Boophilus microplus* en bovinos Criollo Lechero Tropical durante la época de lluvias. *Agrociencia*, 43(6), 577-584. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30215549003>
- González-Padilla, E., Lassala, A., Pedernera, M., & Gutiérrez, C.G. (2019). Cow-calf management practices in Mexico: Farm organization and infrastructure. *Veterinaria México AO*, 60(3), 1-17. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2019.3.677>
- Heinrichs, A.J., Rogers, G.W., & Cooper, J.B. (1992). Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. *Journal of Dairy Science*. 75, 3576–3581. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78134-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78134-X)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2010). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Altamira, Tamaulipas. Clave geoestadística 28003.
- Jiménez, R.J.D., & Améndola, M.R.D. (2022). Revisión bibliográfica. Comportamiento de ingestión y consumo de forraje por vacas en pastoreo en clima templado. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(3), 743-762. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i3.6103>
- Lassala, A., Hernández-Cerón, J., Pedernera, M., González-Padilla, E., & Gutiérrez, C.G. (2020). Cow-calf management practices in Mexico: Reproduction and breeding. *Veterinaria México AO*, 70(3), 1-15. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2019.3.677>
- Lima, W.S. (1998). Seasonal infection pattern of gastrointestinal nematodes of beef cattle in Minas Gerais State-Brazil. *Veterinary Parasitology*, 74(2-4), 203-214. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(97\)00164-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(97)00164-7)
- Méndez, M.N., Grille, L., Mendina, G.R., Robinson, P.H., Adrien, M.L., Meikle, A., & Chilbroste, P. (2023). Performance of autumn and spring calving Holstein dairy cows with different levels of environmental exposure and feeding strategies, *Animals* 13(7), 1211. <https://doi.org/10.3390/ani13071211>
- Morales, Á., Grob, D., Wittwer, F., Müller, A., Balocchi, Ó.A., & Pulido, R. (2016). Evaluation of blood metabolites in dairy cows grazing under two pasture allowances and supplemented with corn silage under restricted grazing conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(11), 686-692. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001100007>
- Montevecchio, A.B., Frota, W., Merenda, V.R., Jones, K.L., Martin, J.G., Ballou, M.A., & Chabel R.C. (2022). At abatement during the pre weaning period: effects on growth, feed efficiency, metabolites, and insulin of male Holstein calves. *International Journal of Biometeorology*, 66 (11), 2169–2181. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02358-3>
- National Drought Mitigation Center [NADC]. (2022). University of Nebraska-Lincoln. <https://droughtmonitor.unl.edu/nadm/home/NADMBByArea.aspx?MX28>
- Orihuela, A., & Galina, C.S. (2019). Effects of separation of cows and calves on reproductive performance and animal welfare in tropical beef cattle. *Animals*, 9 (5), 223-236. <https://doi.org/10.3390/ani9050223>
- Ríos-Utrera, Á., Villagómez-Amezcuca, E., Zárate-Martínez, J.P., Calderón-Robles, R.C., & Vega-Murillo, V.E. (2020). Análisis reproductivo de vacas Suizo Pardo x Cebú y Simmental x Cebú en condiciones tropicales. *Revista MVZ Córdoba*, 25(1), e1637. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1637>
- Roland, L., Drillic, M., Klein-Jöbstl, D., & Iwersen, M. (2016). Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. *Journal of Dairy Sciences*,

99 (4), 1-15. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9901>

- Ruiz-Albarrán, M., Balocchi, Ó., Noro, M., Wittwer, F., & Pulido, R. (2012). Effect of increasing pasture allowance and grass silage on animal performance, grazing behaviour and rumen fermentation parameters of dairy cows in early lactation during autumn. *Livestock Science*, 150 (1-3), 407-413. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.09.023>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2017). Memoria y prospectiva de las Secretarías de Estado. Secretaría de Cultura Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México. ISBN: 978-607-8507-63-04. <https://www.inehrm.gob.mx/recursos/Libros/SAGARPA.pdf>
- Salazar, N., Machado, L., & Araujo-Febres, O. (2010). Estimation of liveweight from chest circumference in double purpose crossbred calves during growth as a function of sex and racial group in the Maracaibo Lake basin. *Latin American Archives of Animal Production*, 18(3-4), 81-86. https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/893
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. Aplicación Siacon-setup.exe. (2018). <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Silva, J.T., Miqueo, E., Torrezan, T.M., Rocha, N.B., Slanzon, G.S., Virginio, G.F., & Machado, B.C. (2021). Supplementation of lysine and methionine in milk replacer or starter concentrate for dairy calves in step-up/step-down feeding program. *Animals*, 11(10), e2854. <https://doi.org/10.3390/ani11102854>
- Statgraphics XVIII (2017). Statpoint Technologies. INC. Version 18
- Tao, H., Guo, F., Tu, Y., Si, B.W., Xing, Y.C., Huang, D.J., & Diao, Q.Y. (2018). Effect of weaning age on growth performance, feed efficiency, nutrient digestibility and blood-biochemical parameters in Droughtmaster crossbred beef calves. *Asian-Australas Journal of Animal Science*, 31 (6), 864-872. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0539>
- Velázquez-Martínez, M., López-Ortiz, S., Hernández-Mendo, O., Díaz-Rivera, P., Pérez-Elizalde, S., & Gallegos-Sánchez, J. (2010). Foraging behavior of heifers with or without social models in an unfamiliar site containing high plant diversity. *Livestock Science*, 131 (1), 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.03.001>