



Efecto del periodo de recuperación de la pastura sobre la materia seca presente, ganancia de peso y la presencia de *Rhipicephalus microplus* en becerras Holstein x Cebú y Brahman en el trópico húmedo †

[Effect of pasture recovery period on dry matter present, weight gain and the presence of *Rhipicephalus microplus* in Holstein x Zebu and Brahman calves in the humid tropics]

Epigmenio Castillo-Gallegos¹, Miguel Ángel Alonso-Díaz¹, Agustín Fernández-Salas¹, Gabriel Cruz-González² and Jesús Jarillo-Rodríguez^{1*}

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería tropical. Km. 5.5 carretera federal Martínez-Tlapacoyan. CP 93650, México. Email: pime11302002@yahoo.com.mx, alonsodm@unam.mx, mvz_salasuv@hotmail.com, jjarillo@fmvz.unam.mx *

² Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. Tantoyuca, Veracruz, México. C.P. 92100. Email: cruz20uv@hotmail.com.

*Corresponding author

SUMMARY

Background. High temperatures, humidity, dietary changes, pests, and diseases affect animal performance, but intensive rotational grazing (RG) optimizes livestock profitability. **Objective:** To evaluate the effect of RG on dry matter present (DMP), pasture height and cover, average daily gain (ADG), and the presence of *Rhipicephalus microplus* in F1 Holstein × Zebu and Brahman calves. **Methodology.** The study was conducted from March 2021 to March 2023 in Tlapacoyan, Veracruz, and evaluated three grazing treatments on 2 ha each: C00 (continuous grazing), R30, and R45, both with 3 days of grazing and 30 or 45 days of recovery. In each treatment, ten F1 heifers (170.33±40.98 kg, 4-7 months) grazed in the first year and ten Brahman heifers (143.7±33.6 kg) in the second. Measurements: Dry matter storage (DMS), pasture height, and cover were determined every 28 days in C00; in R30 and R45, measurements were taken before and after three days of grazing. The animals were weighed monthly, and ticks were counted every 14 days. Analysis: A mixed model was used with treatment as the fixed effect and season as the repeated measure. The least squares means were compared using a student's t-test. **Results.** There was no difference between treatments in MSP ($P>0.05$). Height and cover differed between treatments ($P<0.05$). Average daily gain (ADG) was similar between treatments (0.435±0.18, 0.415±0.15, and 0.471±0.07 kg for C00, R30, and R45, respectively). The average accumulated weight over the two years was 156.8±51.7, 149.7±49.2, and 169.8±55.2 kg for C00, R30, and R45, respectively. Stocking rate, MSP present, and season were determinants of live weight accumulation and tick population. Treatment, season, and their interaction were significant ($P<0.0001$, $P<0.0001$, $P<0.0002$) for tick counts. **Implications:** The amount of MSP allowed for modest and similar GDP across treatments, implying that recovery can increase pasture yield. **Conclusion:** Management and environment affected tick counts but did not impact animal performance. Animals in R45 accumulated fewer ticks, demonstrating that long recovery periods affect ticks by reducing the number of hosts.

Key words: Grasslands; tropics; ectoparasites; intensive grazing; integrated management.

RESUMEN

Antecedentes. Las altas temperaturas, humedad, cambios en dieta, plagas y enfermedades afectan el desempeño animal, pero con pastoreo rotacional (PR) intensivo se optimiza la rentabilidad ganadera. **Objetivo.** Evaluar el efecto del PR sobre la materia seca presente (MSP), altura y cobertura del pasto, ganancia diaria de peso (GDP) y presencia

† Submitted June 16, 2025 – Accepted May 21, 2026. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6409>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = E. Castillo-Gallegos: <https://orcid.org/0000-0002-2850-9795>; M.A. Alonso-Díaz: <https://orcid.org/0000-0003-4912-8403>; A. Fernández-Salas: <https://orcid.org/0000-0003-0557-4540>; G. Cruz-González: <https://orcid.org/0000-0002-6009-3670>; J. Jarillo-Rodríguez: <https://orcid.org/0000-0001-6010-5865>

de *Rhipicephalus microplus* en becerras F1 Holstein $\times$ Cebú y Brahman. **Metodología.** El estudio se realizó de marzo 2021 a marzo 2023 en Tlapacoyan, Veracruz, y evaluó tres tratamientos de pastoreo en 2 ha cada uno: C00 (pastoreo continuo), R30 y R45, ambos con 3 días de pastoreo y 30 ó 45 días de recuperación. En cada tratamiento pastaron diez becerras F1 (170.33 $\pm$ 40.98 kg, 4-7 meses) el primer año y 10 Brahman (143.7 $\pm$ 33.6 kg) el segundo. Mediciones: La MSP, altura y cobertura de pasto se determinó cada 28 días en C00; en R30 y R45 fueron antes y después de tres días de pastoreo. Los animales se pesaron mensualmente y se contaron las garrapatas cada 14 días. Análisis: Se empleó un modelo mixto con tratamiento como efecto fijo, y la época como medida repetida; las medias de cuadrados mínimos se compararon mediante una prueba t de Student. **Resultados.** No hubo diferencia entre tratamientos en MSP ($P>0.05$). La altura y cobertura fueron diferentes entre tratamientos ($P<0.05$). La GDP fue similar entre tratamientos (0.435 $\pm$ 0.18, 0.415 $\pm$ 0.15 y 0.471 $\pm$ 0.07 kg para C00, R30 y R45, respectivamente). El peso acumulado promedio en los dos años fue 156.8 $\pm$ 51.7, 149.7 $\pm$ 49.2 y 169.8 $\pm$ 55.2 kg para C00, R30 y R45. La carga animal, la MSP presente y las épocas fueron determinantes en la acumulación del peso vivo y población de garrapatas. El tratamiento, la época y su interacción fueron significativos ($P<0.0001$, $P<0.0001$, $P<0.0002$) sobre la carga de garrapatas. **Implicaciones.** La cantidad de MSP permitió GDP modestas y similares entre tratamientos, implicando que la recuperación puede incrementar el rendimiento de la pastura. **Conclusión.** El manejo y el ambiente afectaron el conteo de garrapatas, pero no incidieron sobre el desempeño animal. Los animales del R45 acumularon menos garrapatas, demostrando que periodos de recuperación largos afectan las garrapatas por reducción de hospederos.

Palabras clave: Pastizales; trópico; ectoparásitos; pastoreo intensivo; manejo integrado.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción bajo pastoreo en regiones tropicales y subtropicales, el desempeño del ganado se ve afectado por las altas temperaturas, humedad, variabilidad en la composición de la dieta y alta exposición a plagas y enfermedades infecciosas (Vargas-Leitón *et al.*, 2023). Para disminuir el efecto de estos factores en la producción de bovinos, se han propuesto diversas alternativas que buscan optimizar y rentabilizar la ganadería. Entre estas alternativas, el sistema de manejo de pastizales a través del pastoreo rotacional puede influir sobre factores ambientales como temperatura y humedad, mejorar las características nutricionales de los pastos y, además, alterar la fase no parasitaria de garrapatas importantes como *R. microplus* (González-Sáenz *et al.*, 2012; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). El éxito de estos sistemas depende de la adaptación del manejo del pastizal de acuerdo a cada región climática, del periodo de recuperación, que es el que determina la cantidad y calidad del forraje acumulado y del periodo de pastoreo. El objetivo principal de los sistemas rotacionales es la mejor optimización del pastoreo como recurso alimenticio, permitiendo la regeneración después del pastoreo, mayor disponibilidad de materia seca y, por consecuencia, más animales por hectárea. Pereira *et al.*, (2020), mencionan que un manejo adecuado de los pastos mediante periodos de recuperación puede aumentar la eficiencia del pastoreo en los bovinos, propiciando el consumo de un forraje de mejor calidad. Los bovinos tienen la habilidad de seleccionar el material consumible más nutritivo, así como implementar estrategias compensatorias cuando la estructura del dosel vegetal lo permita (Pereira *et al.*, 2020). Periodos de recuperación más largos, acumularán más materia seca, siempre y cuando la calidad nutricional actual satisfaga el requerimiento animal para una buena ganancia de peso a través de una calidad nutritiva aceptable. Por otro lado, también se

ha reportado que el tiempo de recuperación de la pastura, manejado adecuadamente, puede limitar la migración de las garrapatas al animal en pastoreo (Abbas *et al.*, 2014), lo que mejoraría la producción de los animales. En este respecto, Cruz-González *et al.* (2023 y 2024) encontraron que el pastoreo rotacional con 45 días de recuperación de la pradera fue una estrategia eficiente para el control de *R. microplus* en el trópico húmedo de México. Castañeda-Arriola *et al.* (2021) mencionan que el número de garrapatas y la ganancia de peso tienen una relación negativa, es decir, animales con infestaciones altas de garrapatas (≥ 61) ganaron menos peso que aquellos con niveles medios (31 a 60 garrapatas) y bajos (0 a 30 garrapatas). La pérdida de peso de un bovino parasitado por estas garrapatas se calculó en 0.26 kg/garrapata/año, ya que los animales infestados comen menos (4.37 kg) en comparación con animales no expuestos a garrapatas (5.66 kg). Con base en estos antecedentes, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres periodos de recuperación de la pastura bajo pastoreo rotacional sobre la materia seca presente, ganancia de peso y la presencia de *R. microplus* en becerras Holstein $\times$ Cebú y Brahman en el trópico húmedo de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y clima

El experimento uno se realizó de marzo de 2021 a marzo de 2022 y el experimento dos se llevó a cabo de abril de 2022 a marzo de 2023 en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. El CEIEGT se localiza en Tlapacoyan, Veracruz, México (20°02' N, 97°06' 0) (INEGI, 2017).

En la región el clima es cálido y húmedo con tres temporadas definidas: junio-septiembre (lluvias), octubre-enero (invierno) y febrero-mayo (seca). En lluvias la temperatura (T) es de 15 a 27 °C, la precipitación pluvial (Pp) es de 715 mm y la humedad relativa (HR) es de 90-95%. En nortes la T va de 9 a 23 °C, la Pp es de 190 mm y la HR va de 30-90%. En el periodo seco la T varía de 11 a 29 °C, Pp de 150 mm y HR de 20 a 80%. (Estación meteorológica CEIEGT; INEGI 2017). El suelo en el sitio es del tipo de los ultisoles; ácidos de baja fertilidad, estos suelos presentan una capa subterránea semipermeable que provoca encharcamientos temporales

Los datos climáticos del sitio de estudio se obtuvieron de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional (2022), durante todo el experimento. Se registraron mediciones diarias de temperatura ambiental (TA) (°C) y precipitación pluvial (PP) (mm). Los datos de humedad relativa (HR) fueron obtenidos a través de la aplicación móvil Weather Channel, considerando las coordenadas del área de estudio. De acuerdo con los registros de las estaciones meteorológicas del CEIEGT e INEGI, los parámetros climáticos de cada temporada para los dos años de estudio se presentan en la tabla 1.

Animales

Durante el experimento, cada becerro recibió diariamente 1 kg de alimento concentrado y agua a libre acceso. Los tratamientos establecidos se realizaron en áreas completamente separadas, donde cada grupo contaba con bebederos y comederos móviles exclusivos, evitando la interacción entre los animales de diferentes grupos. Los animales estuvieron expuestos a garrapatas desde su nacimiento y tratados regularmente con piretroides y organofosforados hasta 15 días antes del experimento.

Para garantizar que las becerros estuvieran libres de parásitos internos y externos se trataron 15 días antes de iniciar (día 0) con albendazol® para parásitos gastrointestinales y con coumafós® para eliminar garrapatas y moscas. A lo largo del estudio, los

animales no recibieron ningún tratamiento acaricida, sin embargo, estuvieron bajo supervisión médica veterinaria constante para monitorear la carga de garrapatas y signos clínicos de enfermedad. El manejo de los animales fue aprobado por la Comisión de Bioética y Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana (UV-FMVZ), bajo el número de registro 015/21.

Los animales de todos los grupos fueron pesados cada mes en una manga de manejo y con la ayuda de una báscula digital (Tru-Test S3®). Previo al pesaje, los animales fueron dietados de agua y alimento por ocho horas.

La ganancia diaria de peso (GDP) se calculó dividiendo el aumento de peso de cada animal entre el número de días en los que se produjo ese aumento (30-31 días para este estudio) ($GDP = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Número de días}$).

Para evaluar la carga parasitaria en las becerros sometidas a los tratamientos, se realizaron conteos de garrapatas cada 14 días, en un horario de 7:00 a 9:00 am, empleando una rampa de compresión. Se registraron garrapatas *R. microplus* con una longitud mayor a 4.5 mm sin desprenderlas del animal y de acuerdo con la metodología validada por Miravalles *et al.*, 2022. Se realizaron un total de 26 conteos en el año, los cuales fueron hechos a la misma hora y por el mismo evaluador.

Pastura

La MSP (hojas, tallos y materia muerta), la altura y la cobertura del pasto se registraron cada 28 días en C00, y antes y después del pastoreo en R30 y R45. Se seleccionaron al azar tres potreros de R30 y tres de R45 para obtener la altura y la biomasa. En cada potrero se tomaron tres puntos de muestreo representativos y seleccionados aleatoriamente (inicio, medio y final del potrero) usando un cuadrante con dimensiones de 0,5 × 0,5 m². Para C00, con el mismo cuadrante, se tomaron 9 puntos de muestreo ubicados en zig-zag

Tabla 1. Mediciones climáticas (temperatura, precipitación pluvial (PP) y humedad relativa) por año de estudio y temporada.

Año	Temporada	Temperatura (°C)	PP (mm)	Humedad (%)
1 (2021)	Lluvias	15 - 27	714.7	90-95
	Norte	8 - 29.5	190.2	30-90
	Seca	11 - 29	150.1	20-80
2 (2022)	Lluvias	23.2 - 31.2	675	80-90
	Norte	9 - 23	470.6	76-81
	Seca	15.5 - 32	209.5	71-75

sobre todo el potrero de 2 ha. Para evaluar la altura del pasto, se eligieron cinco puntos dentro de cada cuadrante, los cuales se midieron desde la base hasta la parte más alta del pasto, sin estirar, con la ayuda de una regla graduada de 100 cm. Posteriormente, el pasto se cortó a ras de suelo con una hoz, se colocó en bolsas de plástico identificadas y se transportó al laboratorio para separar los componentes morfológicos (hoja, tallo y materia muerta) y posteriormente pesarlos en una balanza digital Braunker modelo YP200 (Nakagami, 2019).

Las muestras de forraje se secaron a 60°C durante 72 h, y el porcentaje de materia seca se calculó por diferencia. Al mismo tiempo se registró la cobertura de pastos (%) en cada tratamiento. Para ello se distribuyó aleatoriamente un cuadrante de 1 m² en cada potrero y se realizó una estimación visual de la superficie ocupada por el pasto estrella africana, otros pastos y el suelo desnudo.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se implementaron tres estrategias de pastoreo: (1) R30; pastoreo rotacional con 3 días de pastoreo y 30 días de recuperación, utilizando 2 ha divididas en 11 potreros de 0.181 ha cada uno; (2) R45; pastoreo rotacional con 3 días de pastoreo y 45 días de recuperación, con 2 ha divididas en 16 potreros de 0.125 ha cada uno; y (3) C00; pastoreo continuo en 2 ha sin divisiones internas ni periodos de recuperación para las pasturas. Las tres estrategias se realizaron bajo las mismas condiciones de latitud, topografía y con pasto estrella santo domingo (*Cynodon nlemfuensis*) (70 %), gramíneas nativas de los géneros *Axonopus* y *Paspalum* (27 %) y leguminosas nativas (3 %). El área experimental se ha utilizado para pastoreo de ganado durante los últimos cuarenta años.

Para el primer año se seleccionaron 30 becerras F1 (Holstein x Cebú) con peso inicial promedio de 170.33±40.98 y para el segundo año, 30 becerras Brahman, con un peso inicial promedio de 143.7±33.6 kg. La edad de los animales en ambos grupos fue de entre 4 y 7 meses. Los animales se distribuyeron de acuerdo con su peso en tres grupos de 10 individuos cada uno y se asignaron al azar a los tratamientos. El estudio inició con una carga animal promedio de 2.1 unidades animales por hectárea (UA = 450 kg de peso vivo (PV)) en cada tratamiento.

Las variables de respuesta en los animales fueron el número de garrapatas contadas en los muestreos y el peso vivo en cada pesaje. Se usó un modelo mixto para el análisis de varianza con el tratamiento de pastoreo como efecto fijo, la temporada como mediciones repetidas en los sujetos experimentales y, estos últimos, como efecto aleatorio. Se empleó el procedimiento PROC MIXED del SAS (SAS,

<https://documentation.sas.com/doc/en/statcdc/14.2/statug/titlepage.htm>) para este análisis. se estimaron las medias de cuadrados mínimos y se compararon mediante pruebas de t.

Asimismo, número de garrapatas y peso vivo se expresaron como valores acumulados al transcurrir el número de muestreos, lo que permite estimar con baja variabilidad los parámetros de la curva resultante. Para esto se utilizó el software GraphPad Prism ®.

En las pasturas, las variables de respuesta fueron la altura del pasto (ALT, cm), la cobertura del suelo (COB, %) y la MSP, (kg/ha), las cuales se realizaron siguiendo los procedimientos descritos por Toledo y Schultze-Kraft (1982). El modelo experimental fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + (\tau\alpha)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} : observación en tratamiento i, temporada, altura del pasto y cobertura del suelo j, unidad experimental k.

μ : media general.

τ_i : efecto fijo del tratamiento i.

α_j : efecto fijo de la temporada.

$\tau\alpha_{ij}$: interacción tratamientos × temporada.

e_{ijk} : error residual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia seca presente

Una baja disponibilidad de materia seca contribuye sustancialmente a pérdida de peso del animal rumiante. En el presente estudio la MSP promedio total no mostró diferencia estadística ($P > 0.05$), sin embargo, en C00 (151.27±7.84 g MS/0.25m²) fue menor a R30 (193.91±9.22 g MS/0.25m²) y R45 (184.32 ±11.46 g MS/0.25m²). La MSP fue menor en los tres tratamientos en el primer año con respecto al segundo, lo que puede explicarse debido a la mayor PP durante el segundo año (Ver Tabla 1). En cuanto a la época, la MSP de secas fue significativamente ($P < 0.0001$) menor (154.15±11.82 g MS/0.25 m²) a nortes (190.03±7.92 gMS/0.25 m²) y lluvias (185.32±8.67 g MS/0.25 m²).

La materia seca de hoja mostró un comportamiento similar entre tratamientos ($P > 0.05$), pero fue diferente significativamente para fechas de muestreo ($P < 0.001$), que se relaciona con las condiciones de las épocas (Tabla 1).

Altura del pasto

Los promedios de la altura del pasto para C00, R30 y R45 fueron diferentes ($P < 0.0001$), 21.2±1.75, 37.8±1.66 y 57.7±1.93 cm, respectivamente. El R45

mostró una mayor altura. Entre épocas, la altura entre norte (29.15 ± 1.78) y seca (31.84 ± 1.84) fue similar ($P > 0.05$), pero ambas diferentes ($P < 0.0001$) a lluvia (47.46 ± 1.92). Entre cada año de evaluación la altura fue diferente ($P < 0.0001$), siendo el valor del primero menor (35.63 ± 1.42) al segundo año (42.21 ± 1.45), sin embargo, en 2022 se registraron 1055 mm de PP, mientras que en 2023 fueron 1355 mm, siendo este el factor que llevó a tal diferencia.

Cobertura vegetal

La cobertura por el efecto del año fue diferente ($P < 0.0001$). En el primer año la media $\pm$ EE fue de 73.34 ± 1.23 y en el segundo año 81.89 ± 1.25 %. Entre tratamientos la diferencia fue altamente significativa ($P < 0.05$), con 64.48 ± 1.51 , 87.46 ± 1.44 y 80.91 ± 1.66 %, para C00, R30 y R45, respectivamente. La altura y la cobertura de pasto podrían influir en el ciclo de la garrapata por cambios en las condiciones microclimáticas por la exposición del suelo, y perjudicar la supervivencia y desarrollo de la garrapata (Cruz-González *et al.*, 2024). El R45, mostró la mayor altura del pasto y menor cobertura vegetal. En el R45 las larvas asciendan a mayor altura en las plantas para buscar a su hospedero, sin embargo, esta posición durante mucho tiempo produce deshidratación a las larvas ante condiciones ambientales adversas (temperaturas extremas y baja humedad), las obliga a descender, lo que implicaría además un mayor gasto energético (Leal *et al.*, 2020; Estrada-Peña *et al.*, 2022). Además, una baja cobertura tiende a aumentar estos efectos durante las horas de fuerte exposición a rayos UV, pues reduce la longevidad de las larvas en el ambiente. Campos-Pereira y Labruna (2008) señalan que temperaturas superiores a 30°C aumentan la mortalidad de garrapatas, huevos y larvas en el ambiente. En este sentido, la cobertura vegetal es crucial para la supervivencia de los huevos en las pasturas, ya que proporciona el microclima necesario para el desarrollo del estadio más vulnerable del ciclo de *R. microplus*: los huevos (Labruna, 2008), lo que refuerza la hipótesis de que el manejo en el R45 resulta en una menor acumulación de garrapatas en el ganado.

Ganancia diaria de peso y peso acumulado

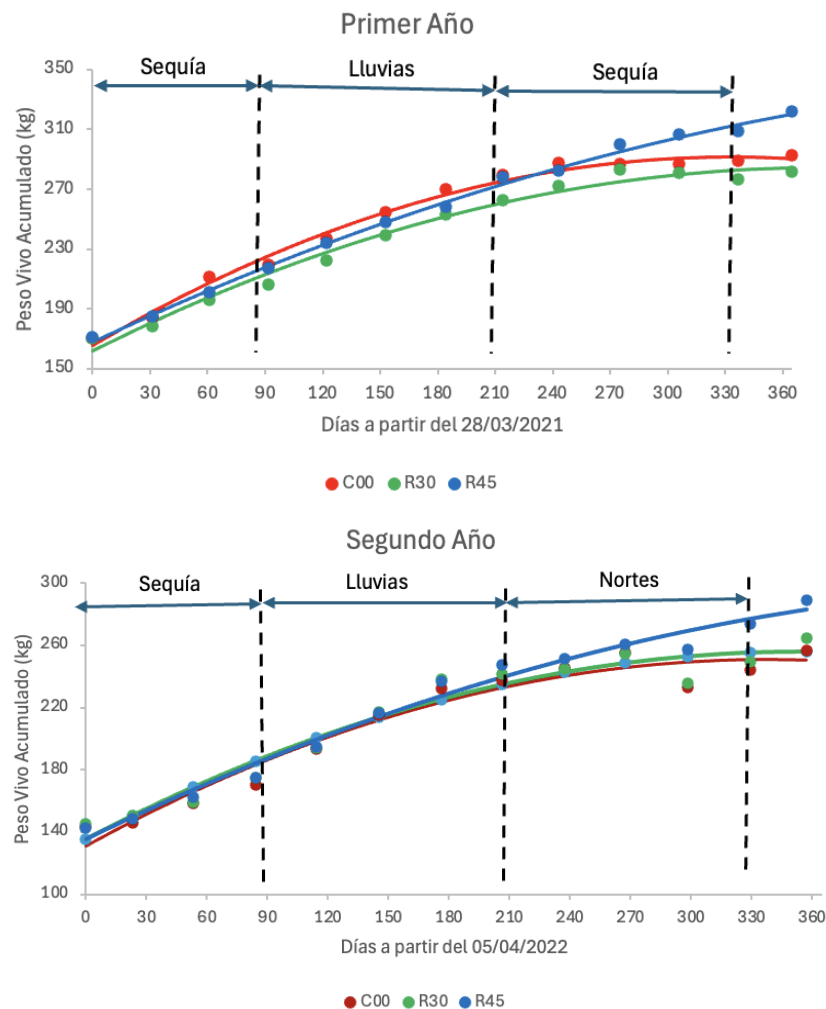
La ganancia diaria de peso promedio de dos años de las becerras fue de 0.435 ± 0.18 , 0.415 ± 0.15 y 0.471 ± 0.07 kg para C00, R30 y R45, respectivamente y similar entre tratamientos ($P > 0.05$). Este aspecto puede relacionarse con la materia seca presente en ambos años, la cual no mostró diferencia estadística. En consecuencia, el peso acumulado promedio de los dos años fue de 156.77 ± 51.68 , 149.67 ± 49.16 y

169.78 ± 55.23 kg para C00, R30 y R45, respectivamente ($P > 0.05$). No obstante, el PV acumulado mostró efecto cuadrático ($P < 0.0001$; Figura 1) en todos los tratamientos a medida que avanzaron los muestreos, esto podría relacionarse más con la disponibilidad de MS presente que se asoció a las condiciones climáticas propias de cada época (sequía, lluvias y nortes).

Al inicio de la evaluación se observó un crecimiento en peso acumulado que desaceleró a finales de septiembre, con el final de la época de lluvias. En R45 la cantidad de materia seca presente tendió a ser mayor y tuvo una tendencia a mayor acumulación de peso vivo. Sin embargo, el PV acumulado se mantuvo similar en los tres tratamientos durante todo el periodo de evaluación. La biomasa aérea presente y su calidad nutritiva son factores que determinan la ganancia de peso de los animales (Islam *et al.*, 2023), aunque cabe señalar la posibilidad de la disminución de la calidad nutritiva por efecto de la edad de rebrote al aumentar el periodo de recuperación de 30 a 45 días (Islam *et al.*, 2023). En el presente ensayo R45, R30 y C00 mostraron a la entrada del pastoreo 11.4, 10.1 y 8.9 % de proteína cruda, respectivamente y los valores de FDN (74.01 ± 0.64 %) y FDA (34.67 ± 0.62 %) fueron similares.

Aun cuando la biomasa aérea presente fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$), las becerras aparentemente ajustaron su comportamiento de pastoreo de acuerdo a los diferentes tiempos de recuperación de la pastura, lo cual podría ser por la adecuada disponibilidad de MS consumible y su calidad (Jarillo-Rodríguez y Ramírez-Avilés, 1997). Por lo tanto, un manejo adecuado de los pastos y periodos de recuperación variables puede aumentar la eficiencia del pastoreo de los animales, debido a la capacidad de las becerras para seleccionar el pasto con base en sus propias estrategias compensatorias para adaptarse a una estructura variable de los pastos (Pereira *et al.*, 2020). El mayor peso acumulado de R45 en ambos años y en C00 durante el segundo año coincide con lo reportado por Castañeda-Arriola *et al.*, (2021).

Otro factor a considerar es la densidad animal (cabezas/potrero/día) que varió de 73.3 a 106.5 becerras durante 3 días en R30 y R45, respectivamente. En el mismo sentido, se incrementó de 25.38% para R30 y 34.30% para R45 el grado de utilización de tallos + hojas, esto implicaría un mayor aprovechamiento de la materia seca presente. Por otro lado, la época de lluvias sobresale en materia seca presente ($P = 0.0001$).



No. de pesaje de animales y temporadas de muestreo

Figura 1. Peso vivo acumulado por becerras, primer año, en pastoreo continuo, (C00), cuyo comportamiento es descrito por la ecuación: $Y_{C00} = 165.8 + 0.756X - 0.01134X^2$, $R^2 = 0.99$ y pastoreo rotacional a 30 (R30), $Y_{R30} = 161.9 + 0.6418X - 0.00008416X^2$, $R^2 = 0.98$ y 45 (R45), $Y_{R45} = 168.0 + 0.5978X - 0.0004981X^2$, $R^2 = 0.99$ días en recuperación. Para el segundo año, las ecuaciones cuadráticas fueron en pastoreo continuo: $Y_{C00} = 131.3 + 0.7075X - 0.001047X^2$, $R^2 = 0.95$ y pastoreo rotacional a 30 (R30; $Y_{R30} = 135.3 + 0.6798X - 0.0009581X^2$, $R^2 = 0.94$ y 45 (R45), $Y_{R45} = 135.6 + 0.6278X - 0.0006033X^2$, $R^2 = 0.98$, días de recuperación.

Conteo de garrapatas y ganancia de peso

La prueba de efectos fijos tipo 3 del análisis de varianza, mostró que los efectos del tratamiento, la época y la interacción tratamiento×época fueron altamente significativos ($P < 0.0001$, $P < 0.0001$, $P < 0.0002$) en los conteos de garrapatas. Los efectos de la interacción raza y tratamiento×raza también fueron significativos ($P = 0.0119$ y $P = 0.0071$, respectivamente). Las interacciones entre época×raza ($P = 0.2359$) y tratamiento×época×raza ($P = 0.1923$) no fueron significativas en los conteos.

La época del año, es uno de los factores más importantes que influyen en la dinámica poblacional de las garrapatas. En cuanto a raza el primer año de

estudio se evaluó con becerras F1 (Holstein X Brahman) y en el segundo año becerras Brahman, esto se debió a que son dos de los fenotipos más usadas en las zonas ganaderas tropicales y fueron los tipos de animales disponible cada año.

En la figura 2 se observa la relación que existe entre el peso vivo acumulado de las becerras y el número de garrapatas presentes en el animal. Si bien la ganancia diaria de peso depende en gran medida de la disponibilidad de materia seca presente y a las épocas del año, se puede observar cómo tiende a disminuir la acumulación del peso vivo a medida que aumentan las garrapatas en el animal (Castañeda-Arriola *et al.*, 2021). Esto se observa claramente en el tratamiento C00 y R30 del año 1, donde a partir de

aproximadamente 30 garrapatas, la curva muestra un desacelere. En el caso de R45, también se puede observar la tendencia, pero por el menor número de garrapatas no es tan claro. En el caso de C00 y R30 del segundo año, la raza podría ser la causa de una acumulación de peso menos afectada, ya que se ha reportado que el ganado cebú es más resistente a las garrapatas y la ganancia de peso no se ve afectada (Andreotti *et al.*, 2018). Estos resultados son consistentes con estudios que han demostrado que las infestaciones severas de garrapatas pueden reducir la ganancia de peso (Jonsson *et al.*, 1998; Castañeda-Arriola *et al.*, 2021; Jonsson, 2006; Barros *et al.*, 2024).

Los resultados en el presente estudio destacan la interacción entre periodo de recuperación, la disponibilidad de materia seca presente y las condiciones climáticas como factores clave en el peso vivo acumulado y la población de *R. microplus*. El C00 presentó un incremento sigmoide en el número de *R.*

microplus durante el primer año, alcanzando un máximo de 469.0 garrapatas al final del periodo. Sin embargo, en el segundo año, la población de garrapatas disminuyó drásticamente a 94.1. La existencia de lluvias fuertes en terrenos de fácil inundación puede generar dificultades para las teleoginas, pues disminuye la capacidad de sobrevivencia y por lo tanto la capacidad de ovipositar y permitir el desarrollo de una nueva generación (Salazar *et al.*, 2015). Además, el pisoteo constante del ganado en periodos prolongados puede compactar el suelo, reducir su porosidad y disminuir los niveles de humedad (Pietola *et al.*, 2005), lo que podría crear un ambiente desfavorable (seco) para las larvas de *R. microplus*, limitando así su actividad de búsqueda (Leal *et al.*, 2020). Esto último sería reforzado por los bajos niveles de disponibilidad de biomasa en el sistema C00 durante todo el año, contribuyendo a la menor acumulación de garrapatas por exposición constante a la luz solar, resultando en la deshidratación larvaria y afectando su capacidad para infestar al ganado.

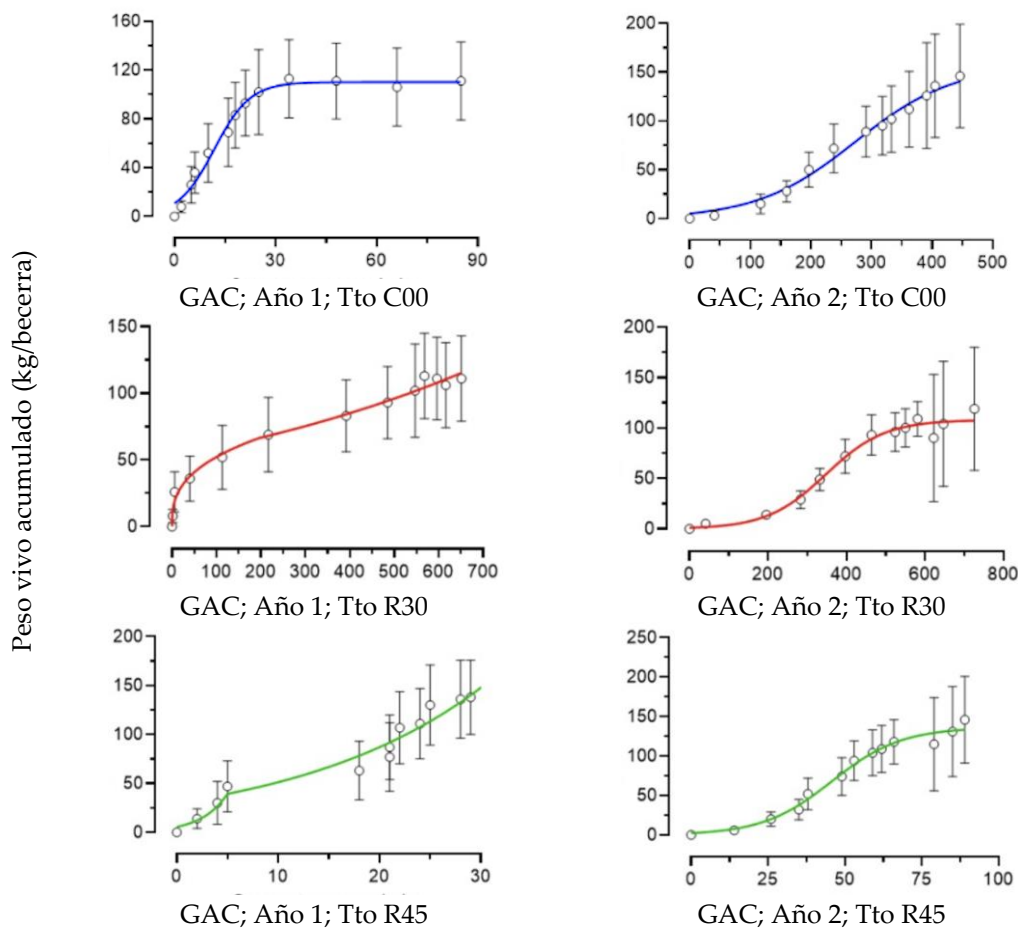


Figura 2. Relación entre peso vivo acumulado por becerras en pastoreo continuo (C00) y pastoreo rotacional a 30 (R30) y 45 (R45) días de recuperación y garrapatas acumuladas (GAC) de dos años en el trópico húmedo. Barras sobre línea indican desviación estándar

En R30 se mantuvo una alta acumulación de garrapatas en ambos años (Figura 3). Si bien el Brahman es más resistente, el alto número de garrapatas en ambos grupos indica que la carga parasitaria habría superado los mecanismos de resistencia del hospedador, lo que podría estar asociado a la alta presión de infestación en sistemas de periodos cortos de pastoreo. Estos hallazgos son consistentes con estudios que indican que periodos menores a treinta días favorecen la mayor presencia de garrapatas en el ganado (Nicaretta *et al.*, 2020; Nava *et al.*, 2024), y se atribuye a una alta densidad de animales en áreas reducidas. Adicionalmente, la interacción entre el aumento de la temperatura ambiente y la mayor bio-masa forrajera en R30 parece proporcionar microhábitats más favorables para el acortamiento en el desarrollo de larvas de *R. microplus*. Estos resultados coinciden con estudios en el neotrópico que han documentado que altas

temperaturas y humedad relativa, crean condiciones óptimas para acelerar las etapas de vida libre (oviposición de las hembras, la eclosión de los huevos, maduración de las larvas) de *R. microplus* (Sales *et al.*, 2024; Cruz *et al.*, 2020), influenciadas por el microclima de la cubierta vegetal (Estrada-Peña *et al.*, 2022). En contraste, el R45 presentó un menor número de garrapatas acumuladas en ambos años, lo que sugiere que un periodo de recuperación más largo puede interferir en el ciclo de vida de las garrapatas al reducir la disponibilidad de hospederos. Esto concuerda con Andreotti *et al.* (2024), quienes implementaron un sistema de pastoreo rotacional con periodos de recuperación de 84 días de las praderas (*Brachiaria brizanta* vs. *marandu*), observando la disminución, pero no la eliminación de la población de garrapatas *R. microplus* en bovinos.

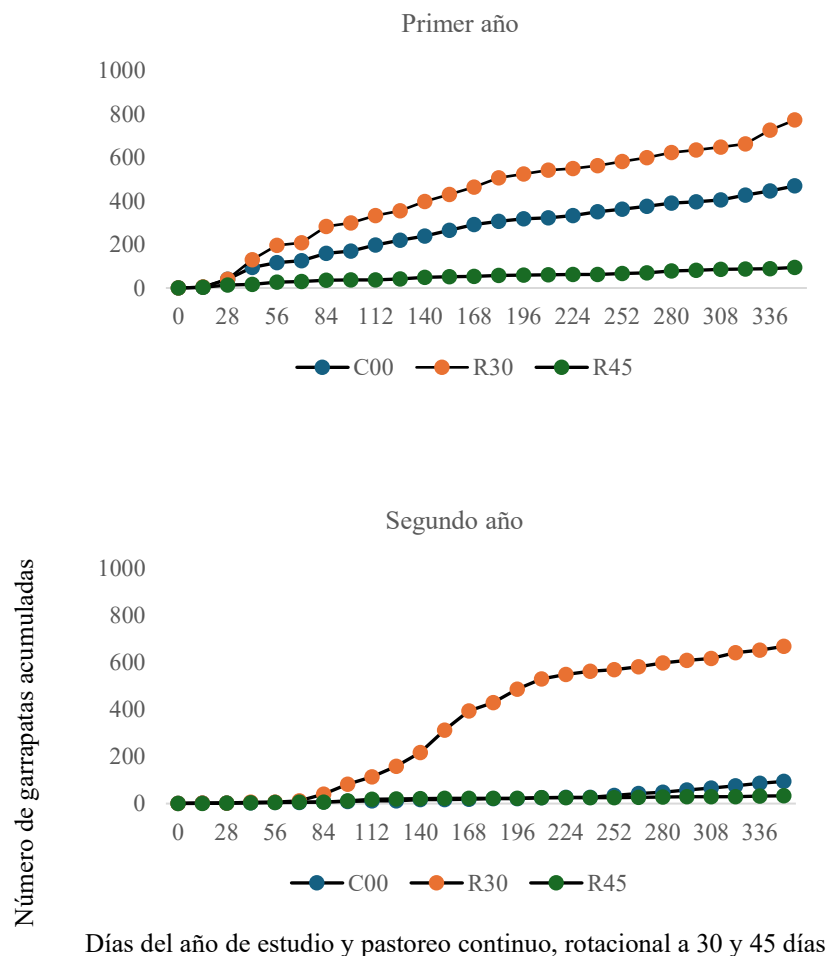


Figura 3. Número de garrapatas acumuladas vs. días en pastoreo continuo (C00), pastoreo con 30 (R30) y 45 (R45) días de recuperación en el primer y segundo año de evaluación.

Es importante destacar que la dinámica poblacional de *R. microplus* no puede explicarse por una única variable, sino por la combinación de factores bióticos y abióticos que influyen en su ciclo de vida. La interacción entre el sistema de pastoreo, la densidad animal, la biomasa forrajera y las condiciones climáticas desempeña un papel crucial en la regulación de las poblaciones de garrapatas en sistemas ganaderos tropicales. Estos hallazgos resaltan la importancia de diseñar estrategias de manejo integradas que consideren no solo el control químico, sino también el ajuste de la carga animal, los periodos de recuperación de las praderas y la gestión de la biomasa forrajera para reducir la incidencia de infestaciones por *R. microplus* en el ganado bovinos.

CONCLUSIONES

La MS presente fue similar entre tratamientos, menor en el primer año con respecto al segundo y en la época de seca fue menor. La altura del pasto fue diferente, siendo más alta en R45 y favorecida por la época de lluvia.

La cobertura del suelo fue similar entre tratamientos, pero mayor en el segundo año. La ganancia diaria de peso promedio y el peso acumulado de dos años de las becerras fue similar entre tratamientos. Sin embargo, el peso vivo acumulado mostró efecto cuadrático en los tres tratamientos conforme el desarrollo de muestreos. El tratamiento, la temporada y la interacción tratamiento x temporada influyen en las infestaciones por garrapatas. Los efectos de la interacción temporada y tratamiento x temporada fueron significativos para la carga de garrapatas. El PR45 mostró un bajo número de garrapatas presentes en los animales en los dos años evaluados.

Agradecimientos

Se agradece al Proyecto IT200822 del PAPIIT de la DGAPA de la UNAM por su contribución en la evaluación de la disponibilidad de forraje y la ganancia diaria de peso.

Funding. PAPIIT-DGAPA-UNAM; PROYECTO IT200822.

Conflict of interests. Nothing to declare.

Data availability. The data are available from Epigmenio Castillo Gallegos, (pime11302002@yahoo.com.mx) upon reasonable request.

Compliance with ethical standards. The animals handling of the was approved by the Bioethics and Animal Welfare Commission of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the Veracruz University, under registration number 015/21.

Author contribution statement (CRediT). E. Castillo-Gallegos – Methodology, Data curation, Statistical analysis, Visualization, review & editing. M.A. Alonso Díaz – Conceptualization, Formal analysis, and Writing. A. Fernández-Salas – Conceptualization, Investigation, and Writing – review & editing. G. Cruz-González – Investigation, Methodology, Writing. J. Jarillo-Rodríguez – Methodology, Data curation, Supervision, Visualization, Writing – original draft, review & editing.

REFERENCES

- Abbas, R.Z., Zaman, M.A., Colwell, D.D., Gilleard, J. and Iqbal, Z., 2014. Acaricide resistance in cattle ticks and approaches to its management: the state of play. *Veterinary Parasitology*, 203(1-2), pp. 6-20. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.03.006>
- Andreotti, R., Barros, J.C., Zimmermann, N.P., Garcia, M.V., Souza, H.L.O. and Martins, K.R., 2024. Control of *Rhipicephalus microplus* tick larvae in the field based on distancing from the host-Lone tick system. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 47, p. 100950. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2023.100950>
- Andreotti, R., Cavalcante, B.J., Valerio, G.M., da Silva, R.V., de Oliveira, S.H.L., Oliveira, D.P., Zaidan, B.I.M. and Bonatte-Junior, P., 2018. Cattle tick infestation in Brangus cattle raised with Nelore in central Brazil Infestação de carrapatos em bovinos Brangus criados com Nelore no Brasil central. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 39 (3), pp. 1099-1114. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p1099>
- Barros, J.C., Garcia, M.V., Souza, H.L.O., da Silva, S.A. and Andreotti, R., 2024. Profile of cattle breed sensitivity to the tick *Rhipicephalus microplus*. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 15(5), p. 102363. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2024.102363>
- Campos-Pereira, M. and Labruna, M.B., 2008. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. En: Campos-Pereira M, Labruna M.B., Szabó M.P.J., y Klafke G.M. (eds.) *Rhipicephalus (Boophilus) microplus: Biología, Control y Resistencia. Medicina Veterinaria*, Sao Paulo, Brazil. pp. 15-55
- Castañeda-Arriola, R.O., Alvarez-Martinez, J.A., Rojas-Martinez, C., Lira-Amaya, J.J., Rios-

- Utrera, A. and Martínez-Ibanez, F., 2021. *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), pp. 273-285. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5392>
- Cruz-González, G., Pinos-Rodríguez, J.M., Alonso-Díaz, M.Á., Romero-Salas, D., Vicente-Martínez, J.G., Fernández-Salas, A., Jarillo-Rodríguez, J. and Castillo-Gallegos, E., 2024. Efficacy of Rotational Grazing on the Control of *Rhipicephalus microplus* Infesting Calves in Humid Tropical Conditions. *Journal of Parasitology Research*, 2024, pp.7558428. <http://doi.org/10.1155/2024/7558428>.
- Cruz-González, G., Pinos-Rodríguez, J.M., Alonso-Díaz, M.Á., Romero-Salas, D., Vicente-Martínez, J.G., Fernández-Salas, A., Jarillo-Rodríguez, J. and Castillo-Gallegos, E., 2023. Rotational Grazing Modifies *Rhipicephalus microplus* Infestation in Cattle in the Humid Tropics. *Animals*, 13, p. 915. <https://doi.org/10.3390/ani13050915>
- Cruz, B.C., de Lima-Mendes, A.F., Maciel, W.G., Dos Santos, I.B., Gomes, L.V.C., Felippelli, G., Pires, T.W.F., Lopes, F.L., Soares V.E., Zanetti, L.W.D., da Costa y de Oliveira, A.J. and Pereira de Oliveira, G.P., 2020. Biological parameters for *Rhipicephalus microplus* in the field and laboratory and estimation of its annual number of generations in a tropical region. *Parasitology Research*, 119, pp. 2421-2430. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06758-5>
- Estrada-Peña, A., Mallón, A.R., Bermúdez, S., de la Fuente, J., Domingos, A., García, M.P.E., Labruna, M.B., Merino, O., Mosqueda, J., Nava, S., Cruz, R.L., Szabó, M., Tarragona, E. and Venzal, J.M., 2022. One health approach to identify research needs on *Rhipicephalus microplus* ticks in the Americas. *Pathogens*, 11(10), p. 1180. <https://doi.org/10.3390/pathogens11101180>
- González-Sáenz, P.J.R. and Hernández-Ortiz, R., 2012. *Boophilus microplus*: estado actual de la resistencia a los acaricidas en la frontera México Estados Unidos y su impacto en la relación comercial. *Revista mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3 (Supl. 1), pp. 1-8. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000500003&lng=es&tlng=es.
- Islam, M.R., Garcia, S.C., Sarker, N.R., Islam, M.d.A. and Cameron, E.F.C., 2023. Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum) management strategies for dairy and meat production in the tropics and subtropics: yield and nutritive value. *Frontiers in Plant Science*, 14, pp. 1-15. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1269976>. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1269976>.
- Jarillo-Rodríguez, J. y Ramírez-Avilés, L., 1997. Pastoreo intensivo y tradicional: su influencia sobre el sistema suelo-planta-animal en el sureste de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5 (Supl. 1): pp. 72-75
- Jonsson, N.N., 2006. The productivity effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on cattle, with particular reference to *Bos indicus* cattle and their crosses. *Veterinary parasitology*, 137(1-2), pp. 1-10.
- Jonsson, N.N., Mayer, D.G., Matschoss, A.L., Green, P.E. and Ansell, J., 1998. Production effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation of high yielding dairy cows. *Veterinary parasitology*, 78(1), pp. 65-77.
- Labruna, M.B., 2008. Las generaciones anuales. En: Campos-Pereira, M., Labruna, M.B., Szabó, M.P.J., y Klafke, G.M. (eds.) *Rhipicephalus (Boophilus) microplus: Biología, Control y Resistencia*. Medicina Veterinaria, Sao Paulo, Brazil. pp. 57–63.
- Leal, B., Zamora, E., Fuentes, A., Thomas, D.B. and Dearth, R.K., 2020. Questing by tick larvae (Acari: Ixodidae): a review of the influences that affect off-host survival. *Annals of the Entomological Society of America*, 113(6), pp. 425-438.
- Miraballes, C., Taño, M. and Riet-Correa, F., 2022. Evaluation of the one-side tick counting technique and of the level of infestation of bovines with *Rhipicephalus microplus*. *Experimental & Applied Acarology*, 86(3), pp. 443-453. <https://doi.org/10.1007/s10493-022-00691-1>
- Nakagami, K., 2019. A simple variance estimation of herbage mass based on two assessments per pasture. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 53(3), pp. 207–214.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2017. Available online:

- https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094980.pdf accessed on 26 May 2022.
- Salazar B.R., Barahona R.R., Chará O.J., Solange S.P.M. 2015. Productividad y carga de parasitaria de bovinos *Bos Indicus* X *B. taurus* en un sistema silvopastoril intensivo en bosque seco tropical. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18 (1), pp. 103-112. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2100>
- Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.). 2022. Available online: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica> accessed on 5 May 2022.
- Nava, S., Rossner, M.V., Toffaletti, J.R., Da Luz, M., Rossner, M.B., Signorini, M. and Morel, N., 2024. Strategic control of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* applied to rotational and silvopastoral grazing systems in subtropical areas. *Parasitology Research*, 123(6), p. 232. <https://doi.org/10.1007/s00436-024-08256-4>
- Nicaretta, J.E., Dos Santos, J.B., Couto, L.F.M., Heller, L.M., Cruvinel, L.B., de Melo Júnior, R.D. and Lopes, W.D.Z., 2020. Evaluation of rotational grazing as a control strategy for *Rhipicephalus microplus* in a tropical region. *Research in Veterinary Science*, 131, pp. 92-97. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.04.006>
- Pereira, F.C., Machado Filho, L.C.P., Kazama, D.C.S., Guimarães Júnior, R., Pereira, L.G.R. and Enríquez-Hidalgo, D., 2020. Effect of recovery period of mixture pasture on cattle behaviour, pasture biomass production and pasture nutritional value. *Animal*, 14(9), pp. 1961-1968, <https://doi.org/10.1017/S1751731120000701>.
- Pietola, L., Horn, R. and Yli-Halla, M., 2005. Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. *Soil and Tillage Research*, 82(1), pp. 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.004>
- Rodríguez-Vivas, R.I., Rosado-Aguilar, J.A., Ojeda-Chi, M.M., Pérez-Cogollo, L.C., Trinidad-Martínez, I. and Bolio-González, M.E. 2014. Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(3), pp. 295-308. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000300009&lng=es&tlng=es.
- Sales, D.P., Silva-Junior, M.H., Tavares, C.P., Sousa, I.C., Sousa, D.M., Brito, D.R. and Costa-Junior, L.M., 2024. Biology of the non-parasitic phase of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in an area of Amazon influence. *Parasites and Vectors*, 17(1), p. 129. <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06220-w>
- Toledo, J.M., Schultze-Kraft, R., 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En: Toledo J, editor. Manual para la evaluación agronómica: Red internacional de evaluación de pastos tropicales. Cali (CO): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). pp. 91-110.
- Vargas-Leitón, B., Romero-Zúñiga, J.J., Castillo-Badilla, G. and Saborío-Montero, A., 2023. Optimal age at first calving in pasture-based dairy systems. *Dairy*, 4, pp. 581–593. <https://doi.org/10.3390/dairy4040040>