

CIENCIAS Veterinarias — y Producción Animal



VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD



P. 5

Células somáticas en leche de hatos doble propósito

P. 11

Alteración en constantes fisiológicas en bovinos

P. 18

Pesquisa de *T. foetus* en bovinos de Tamaulipas, México

P. 27

Grasa de sobrepeso y eCG en sincronización de ovejas

P. 40

Efecto del bagazo cervecero en terneras de Chile

P. 51

Conducta alimentaria de bovinos suplementados

DIRECTORIO

M.V.Z. M.C. Dámaso Leonardo Anaya Alvarado
Rector de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. María Concepción Placencia Valadez
Secretaria General

Dra. Rosa Issel Acosta González
Secretaria Académica

Dr. Fernando Leal Ríos
Secretario de Investigación y Posgrado

Dr. Flaviano Benavides González
Director de la Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata"

Ciencias Veterinarias y Producción Animal. Año: 2025, Volumen: 2, Número: 2, enero a junio. Publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, a través de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, "Dr. Norberto Treviño Zapata", Km. 5 carretera Victoria-Mante, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P; 87274 Tels. (834) 3181800 y 3181700, ext. 2506. Página web: <https://cienciasveterinariasyproduccionanimal.uat.edu.mx/> y correo electrónico: cvpafmvz@uat.edu.mx. Editor responsable: Dr. Roberto Pérez Castañeda. Reserva de Derechos al Uso exclusivo No. 04-2023-022713322900-102, ISSN electrónico: 2992 - 7501; ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Fecha de publicación de este número: 31 de enero de 2025.

Se permite la reproducción del contenido para actividades no comerciales dando los créditos correspondientes a la revista Ciencias Veterinarias y Producción Animal. Los artículos e investigaciones son responsabilidad de los autores. Todo el material publicado se almacena en el reservorio institucional.

PRÓLOGO

Es un placer presentar el cuarto número de "Ciencias Veterinarias y Producción Animal". Esta revista, impulsada por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Dr. Norberto Treviño Zapata de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, reafirma su compromiso de acercar información científica y de calidad a investigadores, estudiantes y productores contribuyendo así al fortalecimiento del sector.

En esta edición recibimos investigaciones que reflejan el trabajo y compromiso de los científicos con el desarrollo del conocimiento animal. Se incluyen tres comunicaciones cortas y tres artículos científicos que nos muestran la diversidad de saberes, tanto en ciencias veterinarias como en la producción animal. Los temas abordados en esta edición incluyen: el conteo de células somáticas en leche de hatos bovinos doble propósito en Colima, México; las variables que influyen en las constantes fisiológicas en bovinos Simmental y Simbrah en el occidente de México; la búsqueda de *Tritrichomonas foetus* en bovinos sementales por PCR en Tamaulipas, México; la inclusión de grasa de sobrepaso y uso de eCG sobre las variables reproductivas de ovejas de pelo subnutridas; el efecto de la inclusión del bagazo cervecero en la alimentación de terneras en la Patagonia Chilena y la conducta alimentaria de bovinos en pastoreo restringido suplementados con ensilado en estrés calórico.

Los invitamos a revisar este número. La investigación es el gran camino hacia el conocimiento, donde la verdad y la probidad se erigen como cimientos fundamentales para el progreso científico y social.

"Verdad, Belleza, Probidad"



MVZ MC
Dámaso Leonardo Anaya Alvarado
Rector
Universidad Autónoma de Tamaulipas

COMITÉ EDITORIAL

Editor responsable

Dr. Roberto Pérez Castañeda (SNI II)
Universidad Autónoma de Tamaulipas
roperez@docentes.uat.mx

Diseño Editorial

Dr. Gerardo Noé Rosales Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Lic. Jennifer Liliann Sustaita Alvarez
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Lic. Yesica Selene Zúñiga Pérez
Universidad Autónoma de Tamaulipas

CIENCIAS VETERINARIAS

Dr. Jorge Alva Pérez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Hugo Brígido Barrios García
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Flaviano Benavides González
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Zeferino Blanco Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Verónica Carvajal de la Fuente
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Ivonne Ceballos Olvera
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Ned Iván de la Cruz Hernández
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Griselda Gaona García
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. José Octavio Merino Charrez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Fabián Eliseo Olazarán Santibáñez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Madai Rosas Mejía
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Jesús Genaro Sánchez Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Leroy Soria Díaz
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Venancio Vanoye Eligio
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. María de la Luz Vázquez Saucedo
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. José Vázquez Villanueva
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
MS. Cecilia Rosales
Universidad de Tucson, Arizona
PhD. Frank Von Hippel
Universidad de Tucson, Arizona

PRODUCCIÓN ANIMAL

Dr. Gabriel Aguirre Guzmán
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Yuridia Bautista Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Fidel Infante Rodríguez,
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Jorge Loredó Osti
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Luz Yosahandy Peña Avelino
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Libia Ivonne Pérez Torres
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Francisco Reyes Zepeda
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Miguel Ruiz Albarrán
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Jaime Salinas Chavira
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Cecilia Carmela Zapata Campos
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Gaspar Manuel Parra Bracamonte
Instituto Politécnico Nacional, México
Dr. Fernando Sánchez Dávila
Universidad Autónoma de Nuevo León, México
Dr. Paulino Sánchez Santillán
Universidad Autónoma de Guerrero, México

COMUNICACIÓN CORTA



5 **Conteo de células somáticas en leche producida en hatos bovinos doble propósito de la región costera del estado de Colima, México**

Somatic cells count in milk produced in dual-purpose bovine herds in the coastal region of the state of Colima, Mexico

Carlos Ramón Moctezuma-Hernández, Jorge Pineda-Lucatero, Daniel Figueroa-Chávez, Rafael Julio Macedo-Barragán, Jorge Luis García-Valle



11 **Variables que influyen en las constantes fisiológicas en bovinos Simmental y Simbrah en el occidente de México**

Factors affecting physiological constants in Simmental and Simbrah cattle in western Mexico

Angelica Torres-Heredia, Vicente Eliezer Vega-Murillo, Fernando Villaseñor-González, José Antonio Palacios-Fránquez, Guillermo Martínez-Velázquez, Luis Felipe Guzmán-Rodríguez, Hugo Ernesto Flores-López, Moisés Montaña-Bermúdez

18 **Pesquisa de *Tritrichomonas foetus* en bovinos sementales por PCR en Tamaulipas, México**

Tritrichomonas foetus screening in breeding cattle by PCR in Tamaulipas, Mexico

Jose Carlos Mujica-García, Verónica Carvajal-de la Fuente, Raúl Saucedo-Becerra, Jorge Alva-Pérez, José Vázquez-Villanueva, Hugo Brígido Barrios-García

ARTÍCULO CIENTÍFICO



27 **Inclusión de grasa de sobrepaso y uso de eCG sobre las variables reproductivas en un protocolo de sincronización en ovejas de pelo subnutridas**

Inclusion of fat by pass and use of eCG on reproductive variables in a synchronization protocol in undernourished hair sheep

Elizabeth Pérez Ruiz, Miguel Paul Conde Hinojosa, Jaime Gallegos Sánchez, Glafiro Torres Hernández, Yolanda Osorio Marín

40 **Efecto de la inclusión del bagazo cervecero sobre el rendimiento productivo y parámetros económicos de terneras en la Patagonia Chilena**

Effects of brewer's spent grain inclusion in the diet on heifer performance and economic indicators in Chilean Patagonia

Jose I. Daza, Ignacio E. Beltrán, Verónica González, Daniel Estroz, Camila Reyes, José L. Urrejola, Rodrigo Moldenhauer



51 **Conducta alimentaria de bovinos en pastoreo restringido suplementados con ensilado en estrés calórico durante periodo de sequía**

Feeding behavior of cattle on restricted grazing supplemented with silage under heat stress during a drought period

Mirelly V. Mireles-Villanueva, Dámaso L. Anaya-Alvarado, Flaviano Benavides-González, María de la Luz Vázquez-Sauceda, Ana L. Urbizu-González, Jesús H. Reyna-Fuentes



Conteo de células somáticas en leche producida en hatos bovinos doble propósito de la región costera del estado de Colima, México

Somatic cells count in milk produced in dual-purpose bovine herds in the coastal region of the state of Colima, Mexico

Carlos Ramón Moctezuma-Hernández¹, Jorge Pineda-Lucatero¹, Daniel Figueroa-Chávez¹, Rafael Julio Macedo-Barragán^{2*}, Jorge Luis García-Valle^{1,3}

RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de determinar la cantidad de células somáticas presentes en la leche producida en hatos de doble propósito ubicados en la región costera del estado de Colima, México. El conteo de células somáticas (CCS) se realizó usando el kit comercial PortaSCC®. La información se analizó por medio de estadística descriptiva y por análisis de varianza. El CCS promedio fue de 284,280 células/mL. La leche producida en el municipio de Armería mostró un CCS mayor que aquella producida en el municipio de Manzanillo. Un 58% de la leche producida en la región costera del estado mostró un contenido de entre 200,000 y 400,000 células/mL mientras que la leche producida en tres hatos (16.7%) localizados en el municipio de Armería presentó valores superiores a 400,000 células/mL. Se concluye que la leche producida en un 94% de los hatos estudiados cumple con los criterios de calidad establecidos por la Norma Mexicana correspondiente y se considera apta para el consumo humano.

ABSTRACT

A study was conducted with the aim of determining the quantity of somatic cells present in milk produced in dual-purpose herds located in the coastal region of the state of Colima, Mexico. Somatic cells count (SCC) was performed using the commercial kit PortaSCC®. The information was analyzed using descriptive statistics and analysis of variance. The average SCC was 284,280 cells/mL. Milk produced in the municipality of Armería showed a higher SCC than that produced in the municipality of Manzanillo. Fifty-eight percent of the milk produced in the coastal region of the state showed a content of between 200,000 and 400,000 cells/mL while the milk produced in three herds (16.7%) located in the municipality of Armería presented values higher than 400,000 cells/mL. It is concluded that the milk produced in 94% of the herds studied meets the quality criteria established by the corresponding Mexican Standard and is considered fit for human consumption.

Palabras clave: calidad de la leche, manejo de la ordeña, mastitis.

Keywords: milk quality, milking handling, mastitis.

*Autor para correspondencia: macedo@ucol.mx

Fecha de aceptación: 24 de septiembre de 2024

Fecha de recepción: 22 de agosto de 2024

Fecha de publicación: 31 de enero de 2025

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, Tecomán, Colima, México.

²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima, Tecomán, Colima, México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Tecomán, Colima, México.

INTRODUCCIÓN

La mastitis es una de las enfermedades más comunes y costosas en México y el mundo que afecta al ganado bovino porque provoca una disminución en la producción y la calidad de la leche (Pineda-Burgos et al., 2024). Los animales afectados por esta enfermedad pueden presentar signos clínicos (mastitis clínica) o no manifestarlos (mastitis subclínica), esta última es la forma más común y la que genera más pérdidas económicas, ya que, al no ser diagnosticada, no solo disminuye la cantidad y la calidad de la leche producida por el animal, sino que este, se convierte en un foco de infección para todo el hato (Pérez-Morales et al., 2022).

Las células somáticas de la leche están constituidas por una asociación de células epiteliales y de leucocitos. Las células epiteliales son aquellas que se desprenden del revestimiento del tejido de la ubre mientras que, los leucocitos llegan a la leche en respuesta a un proceso inflamatorio causado generalmente por una enfermedad como la mastitis (Blowey y Edmondson, 1995). Por lo anterior, el conteo de células somáticas (CCS) es un método simple, económico y rápido para diagnosticar la presencia de mastitis y puede realizarse a nivel individual analizando la leche de cada vaca o a nivel de hato, analizando la leche proveniente de los tanques de almacenamiento, esto último, proporciona un reflejo del estado de salud y de la calidad de la leche cruda del hato (Schukken et al., 2003). En este sentido, se considera que la leche proveniente de una ubre sana debe tener menos de 200,000 células/mL (Quevedo, 2018).

Por otra parte, en el estado de Colima como en el resto de la región tropical de México, la ganadería bovina de leche se desarrolla principalmente bajo el sistema de producción de doble propósito (Macedo et al., 2003; Macedo et al., 2008). Un 76% de los ganaderos que practican este sistema productivo presentan un bajo nivel tecnológico caracterizado entre otras cosas, por mostrar un bajo índice de higiene en la ordeña, una deficiente sanidad durante la realización de esta práctica y la falta de aplicación de pruebas de diagnóstico para mastitis (Espinosa et al., 2018).

Para el año 2023, la producción estatal de leche fue de 46.6 millones de litros (SIAP, 2023a) con un valor de 388.9 millones de pesos (SIAP, 2023b). De este volumen producido, los tres municipios costeros del estado, Armería, Manzanillo y Tecmán contribuyeron con el 21.4% con 747 mil, 3.9 millones y 5.3 millones de litros respectivamente (SIAP, 2023a). Bajo este contexto, dada la ausencia de estudios que indiquen la calidad higiénica de la leche y de la importancia económica y social que el sistema de producción de doble propósito tiene para la ganadería del estado, el objetivo del presente estudio fue determinar la cantidad de células somáticas presentes en la leche producida en hatos de doble propósito ubicados en la región costera del estado de Colima.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se realizó durante los meses de marzo y abril del 2021 en 50 unidades de producción de leche bajo el sistema de doble propósito, ubicados en los municipios de Armería, Manzanillo y Tecmán los cuales conforman la región costera del estado de Colima.

Procedimiento experimental

Las muestras de leche se recolectaron directamente de los tanques de los productores después de su homogenización mediante agitación mecánica. La determinación del número de células somáticas

se realizó en la unidad de producción usando el kit para contabilización de células somáticas en leche PortaSCC® (DCNDX, USA). Este kit ofrece resultados en 60 min de manera visual y cuenta con un rango de lectura desde 75,000 hasta 3 000,000 de células somáticas (Hisira et al., 2023).

Análisis estadístico

La información se analizó por medio estadística descriptiva y para evaluar el efecto del municipio de localización de los hatos sobre el CCS se sometió a un análisis de varianza con un diseño completamente al azar y a una comparación múltiple de medias de Tukey. Se declaró significancia estadística si $p < 0.05$. Previamente la normalidad de los datos se analizaron por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y al no cumplir el supuesto de normalidad se transformaron con la función logarítmica (Dagnino, 2014). Los análisis se realizaron con el software SPSS 25.0.

RESULTADOS

El CCS promedio de la leche producida en las 50 unidades de producción fue de 284,280 células/mL. La leche producida en los hatos ubicados en el municipio de Armería mostró un mayor CCS que aquella producida en los hatos localizados en el municipio de Manzanillo y similares, a la producida en las unidades de producción de Tecomán. Cabe señalar que en el municipio de Armería se presentó la mayor variación (CV = 149.4) en el número de células somáticas presentes en la leche ubicándose los hatos con el menor y el mayor CCS con un rango de 100,000 a 3 000,000 células/mL (Tabla 1).

Un 58% de la leche producida en la región costera del estado mostró un contenido de entre 200,000

■ Tabla 1. Conteo de células somáticas (células/mL) en leche de 50 hatos bovinos doble propósito de tres municipios de la región costera de estado de Colima, México.

Municipio	n	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV
Armería	18	469,444 a	701,504	100,000	3 000,000	149.4
Manzanillo	16	156,668 b	17,315	125,000	201,200	11.1
Tecomán	16	226,667 ab	24,683	150,000	259,600	10.9
Región	50	284,280	435,832	100,000	3 000,000	148.5

DE: Desviación estándar. Medias con distinta literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

y 400,000 células/mL. Un 93.8% de los hatos ubicados en el municipio de Manzanillo produjo leche con un CCS menor a 200,000 células/mL mientras que, la leche proveniente de un 72.2 y un 93.8% de los hatos ubicados en los municipios de Armería y Tecomán respectivamente, mostró un CCS de entre 200,000 y 400,000 células/mL. La leche producida en tres de los hatos localizados en el municipio de Armería (16.7%) presentó valores superiores a 400,000 células/mL (Tabla 2).

DISCUSIÓN

El CCS promedio observado en la leche producida en las 50 unidades de producción, en el presente estudio (284,280 células/mL) fue similar al indicado por Kelly et al. (2009) en tanques de almacenamiento de leche en Irlanda con 282,887 células/mL, menor al registrado por Fadillah et al. (2023) en Indonesia con 529,665 células/mL y mayor al registrado por Rysanek y Babak (2005) y por Savić et al. (2017) en la República Checa y Serbia con 220,000 y 276,605 células/mL respectivamente.

■ Tabla 2. Porcentaje de muestras de leche de 50 hatos bovinos doble propósito de tres municipios de la región costera de estado de Colima, México agrupadas con base al número de células somáticas.

Municipio	Células somáticas/mL		
	Bajo	Intermedio	Alto
	0 – 200,000	> 200,000 – 400,000	> 400,000
Armería	11.1	72.2	16.7
Manzanillo	93.8	6.3	0.0
Tecomán	6.2	93.8	0.0
Región	36.0	58.0	6.0

Los valores del CCS obtenidos directamente de los tanques de almacenamiento son un indicador de la salud de la ubre de las vacas que componen el hato y de la calidad de la leche este, depende de su proceso de ordeña, almacenamiento y transporte (Schukken et al., 2003). Los hatos que poseen un programa de control efectivo de mastitis muestran en forma consistente conteos por debajo de las 100,000 células/mL mientras que, aquellos con un recuento de menos de 200,000 tendrá poca mastitis contagiosa. En el presente estudio se observó en el 36% de las muestras analizadas. Un CCS superior a 200,000 e inferior a 400,000 células/mL como se observó en el 58% de las muestras de leche aquí estudiadas, indica la presencia de mastitis subclínica y son característicos de hatos que poseen buenas prácticas de manejo, pero en los que el control de la mastitis no es una práctica habitual. Un recuento de más de 500,000 células/mL es característico de hatos en los cuales es probable que el 50% del ganado en producción esté enfermo de mastitis subclínica. Esto se considera un problema grave que eleva considerablemente las pérdidas económicas (Schukken et al., 2003; Bedolla et al., 2022).

En el presente estudio solo un 6% de las muestras de leche presentaron un CSS mayor a 400,000 células/mL lo que contrasta con los resultados obtenidos por Bezerra et al. (2020), quienes encontraron que un 42.7% de las muestras de leche recolectadas en tanques del estado de Rio Grande do Norte, Brasil sobrepasaron este valor. Asimismo, el porcentaje de muestras con un CSS inferior a 200,000 células/mL aquí registrados (36%) fue significativamente mayor al 10.8% observado por los mencionados autores.

No obstante que en tres unidades de producción del municipio de Armería se observaron muestras de leche con valores de entre 500,000 y 300,000 células/mL, las vacas no mostraban signos de mastitis por lo que una investigación más profunda reveló que la mala higiene de los tanques de almacenamiento era la causa de los altos conteos registrados. En este sentido, Bozo et al. (2013), encontraron unidades de producción de leche con un CCS promedio de 1 870,000 células/mL y observaron ausencia de buenas prácticas de ordeño, mantenimiento e higiene de los equipos que, entre otras cosas presentaban residuos de leche. Estos autores indican que una vez implementado un programa para corregir las prácticas de ordeño se logró una disminución de un 74.3% en el CCS promedio de la leche.

De acuerdo con Quevedo (2018) y Bedolla et al. (2022), entre las medidas para reducir el CCS se encuentra el establecimiento de un programa preventivo para la salud de la ubre que incluya el buen funcionamiento de la máquina de ordeño, la desinfección de pezones antes y después de la ordeña, la eliminación de las vacas con infecciones crónicas, el tratamiento antibiótico de los casos clínicos, la selección de animales resistentes a la mastitis como progenitores, así como la higiene, nutrición, alojamiento y confort de la vaca.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el CCS, un 94% de la leche producida en los hatos bovinos de doble propósito estudiados cumple con los criterios de calidad establecidos por la Norma Mexicana correspondiente y se considera apta para el consumo humano.

REFERENCIAS

- Bedolla, C. C., Lucio, D. R., Velázquez, O. V., Valladares, C. B., Gómez, V. A., & Córdova, I. A. (2022). Importância da contagem de células somáticas na determinação da saúde do úbere e da qualidade do leite rinde. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(1), 104-123. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-009>
- Bezerra, J. S., De Oliveira, J. P. F., Sales, D. C., Silva, Y. M. O., Urbano, S. A., Borba, L. H. F., Murmann, L., & Rangel, A. H. N. (2020). La influencia del método de ordeño, las condiciones de almacenamiento y el recuento de células somáticas en la calidad de la leche cruda en tanques. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 1016-1029. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5255>
- Bozo, G. A., Alegro, L. C. A., Silva, L. C., Santana, E. H. W., Okano, W., & Silva, L. C. C. (2013). Adequação da contagem de células somáticas e da contagem bacteriana total em leite cru refrigerado aos parâmetros da legislação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(2), 589-594. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000200040>
- Dagnino, S. A. (2014). La distribución normal. *Revista Chilena de Anestesia*, 43, 116-121. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv43n02.08>
- Espinosa, G. J. A., Vélez, I. A., Góngora, G. S. F., Cuevas, R. V., Vázquez, G. R. & Rivera, M. J. A. (2018). Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21, 261-272. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2411>
- Fadillah, A., Van den Borne, B. H. P., Poetri, O. N., Hogeveen, H., Slijper, T., Pisestyani, H. & Schukken, Y. H. (2023) Evaluation of factors associated with bulk milk somatic cell count and total plate count in Indonesian smallholder dairy farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1280264. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1280264>
- Kelly, P. T., O'Sullivan, K., Berry, D. P., More, S. J., Meaney, W. J., O'Callaghan, E. J. & O'Brien, B. (2009). Farm management factors associated with bulk tank somatic cell count in Irish dairy herds. *Irish Veterinary Journal*, 62(Suppl 4), 45-51. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-62-S4-S45>
- Hisira, V., Zigo, F., Kadaši, M., Klein, R., Farkašová, Z., Vargová, M., & Mudroň, P. (2023). Comparative analysis of methods for somatic cell counting in cow's milk and relationship between somatic cell count and occurrence of intramammary bacteria. *Veterinary Science*, 10(7), 468. <https://doi.org/10.3390/vetsci10070468>
- Macedo, R., Galina, M. A., Zorrilla, J. M., Palma, J. M., & Pérez-Guerrero, J. (2003). Análisis de un sistema agropecuario tradicional en Colima, México. *Archivos de Zootecnia*, 52(200), 463-474. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49520005.pdf>
- Macedo, R., Galina, M. A., & Zorrilla, J. M. (2008). Balance forrajero, energético y proteico de un sistema de producción tradicional de doble propósito en Colima, México. *Zootecnia Tropical*, 26(4), 455-463. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v26n4/art05.pdf>
- Norma Mexicana NMX-F-706-COFOCALEC-2020 Sistema producto leche-alimentos lácteos-

determinación de la cuenta de células somáticas en leche cruda por citometría de flujo-método de prueba. Consultada en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5599739&fecha=04/09/2020#gsc.tab=0

- Pérez-Morales, R., Padilla-Ramírez, Francisco., González-Ríos, H., De la Cruz-Leyva, María., Castañeda-Vázquez, H., & Hernández-Moreno, M. (2022). Factores asociados a la prevalencia de mastitis subclínica en ganado bovino de doble propósito. *Abanico Veterinario*, 12, e2021-41. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.16>
- Pineda-Burgos, B., Catalán-Nájera, J. C., Espinosa-Rodríguez, M., Sabino-López, J. E., & Vázquez-Villamar, M. (2024). El impacto económico de la mastitis bovina en México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 12(1), 51-60. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v12i1.539>
- Quevedo, W. (2018). Recuento de células somáticas (rsc), como indicador en la resistencia de la mastitis bovina. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 16(17), 1001-1012. <https://revistas.usfx.bo/index.php/rcti/article/view/134/113>
- Rysanek, D., & Babak, V. (2005). Bulk tank milk somatic cell count as an indicator of the hygiene status of primary milk production. *Journal of Dairy Research*, 72(4), 400-405. <https://doi.org/10.1017/S002202990500097X>
- Savić, N. R., Mikulec, D. P., & Radovanović, R. S. (2017). Somatic cell counts in bulk milk and their importance for milk processing. In IOP Publishing (Ed), *59th International Meat Industry Conference* (pp. 1-5), IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012085>
- Schukken, Y. H., Wilson, D. H., Welcome, F., Garrison-Tikofsky L., & Gonzalez, R. N. (2003). Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. *Veterinary Research*, 34(5), 579-596. <https://doi.org/10.1051/vetres:2003028>
- SIAP. (2023a). Avance mensual de la producción pecuaria. Colima. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://nube.siap.gob.mx/avance_pecuario/
- SIAP. (2023b). Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Colima. Servicio de Información



Variables que influyen en las constantes fisiológicas en bovinos Simmental y Simbrah en el occidente de México

Factors affecting physiological constants in Simmental and Simbrah cattle in western Mexico

Angelica Torres-Heredia¹, Vicente Eliezer Vega-Murillo^{1*}, Fernando Villaseñor-González², José Antonio Palacios-Fránquez³, Guillermo Martínez-Velázquez³, Luis Felipe Guzmán-Rodríguez⁴, Hugo Ernesto Flores-López², Moisés Montaña-Bermúdez⁵

RESUMEN

El estrés calórico es una desventaja para la producción de ganado en el trópico. La temperatura no es el único factor que modifica las constantes fisiológicas. En México, las razas Simmental y Simbrah contribuyen a la producción nacional de carne en diferentes zonas agroecológicas, por lo cual evaluar los factores ambientales que modifican las principales constantes fisiológicas en animales Simmental y Simbrah en el occidente de México es importante. Se utilizaron 341 ejemplares distribuidos en 6 unidades de producción. Con 147 ejemplares pertenecientes a la raza Simmental y 194 a la raza Simbrah machos y hembras con una edad promedio de 18 meses. Se midió la Frecuencia Respiratoria (FR), Frecuencia Cardiaca (FC), Temperatura Rectal (TR) y niveles de ITH en los meses de junio y julio de los años 2018 y 2019. En ambas mediciones (6:00 y 13:00 h.) se presentaron niveles de peligro de ITH. El análisis estadístico de las mediciones de las constantes fisiológicas se llevó a cabo mediante análisis de varianza de medidas repetidas, utilizando PROC MIXED de SAS, versión 9.4. La comparación de medias se realizó con la prueba de comparaciones

ABSTRACT

Heat stress is a disadvantage for livestock production in tropical climates. Temperature is not the only parameter that modifies physiological constants. In Mexico, Simmental and Simbrah breeds contribute to national beef production in different agroecological zones, therefore it is important to evaluate the environmental factors that modify the main physiological constants in Simmental and Simbrah animals in western Mexico. A total of 341 specimens distributed in 6 production units were used. There were 147 specimens of Simmental breed and 194 of Simbrah breed, males and females with an average age of 18 months. Respiratory Rate (RR), Heart Rate (HR), Rectal Temperature (RT) and ITH levels were measured in the months of June and July of 2018 and 2019. Danger levels of ITH were present in both measurements (morning and afternoon). Statistical analysis of physiological values was performed by repeated measures analysis of variance using PROC MIXED of SAS, version 9.4. Mean comparison was performed with Fisher's protected t test for multiple comparisons. Comparison of means was performed with Fisher's pro-

*Autor para correspondencia: vvega@uv.mx

Fecha de aceptación: 28 de enero de 2025

Fecha de recepción: 9 de octubre de 2024

Fecha de publicación: 31 de enero de 2025

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Veracruz, Ver, México.

²Campo Experimental Centro Altos de Jalisco INIFAP-CIRPAC, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

³Campo Experimental Santiago Ixcuintla INIFAP-CIRPAC, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

⁴Centro Nacional de Recursos Genéticos CNRG-INIFAP, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

⁵Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal INIFAP, Ajuchitlán, Querétaro, México.

múltiples de t protegida de Fisher. Los efectos de año y mes presentaron diferencias en las constantes teniendo mayor medición de FC en el año 2018 y mayor medición en la TR y FR en el mes de julio. El efecto de edad e ITH presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para la TR, FC y FR. Las constantes fisiológicas de los bovinos se ven afectadas por la diferencia de ITH presente en diferentes horarios (6:00 y 13:00 h) asociado a la implementación de mecanismos de termorregulación.

Palabras clave: ganado de carne, frecuencia respiratoria, termorregulación

tected t multiple comparisons test. The effects of year and month presented differences in the constants having higher measurement of FC in the year 2018 and higher measurement in the TR and FR in the month of July. The effect of age and ITH presented significant statistical differences ($p < 0.05$) for RT, HR and RR. The physiological constants of cattle are affected by the degree of difference in ITH observed at different times (morning and afternoon) associated with the implementation of thermoregulatory mechanisms.

Keywords: thermoregulation, beef cattle, respiratory rate.

INTRODUCCIÓN

El ambiente y el estrés alrededor del animal tienen un impacto en la productividad del ganado, el aumento de la temperatura ambiental afecta la fisiología de los animales y junto con eventos como la prolongación de la época de sequía se pone en riesgo la sustentabilidad de la producción del ganado, particularmente en climas tropicales (Cardoso et al., 2015).

La temperatura ambiental no es el único factor que modifica las constantes fisiológicas. La combinación de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación solar, velocidad y calidad del aire son factores ambientales que afectan el estado de confort del animal (Idris et al., 2021). Con el índice de temperatura y humedad (ITH) se puede establecer un rango de confort y estrés del animal que puede ir desde la disminución del consumo de alimento hasta el riesgo de muerte (Gantner et al., 2017; López et al., 2015).

La temperatura rectal (TR) es la medida más común de temperatura corporal que ha sido utilizado como un indicador fisiológico del estrés calórico ya que cuando los mecanismos para disipar el calor fallan llevan al animal a una hipertermia (Luo et al., 2021; Velayudhan et al., 2023).

Es necesario identificar las características más importantes de la adaptación de los animales para que conserven su productividad bajo condiciones de estrés calórico (Hooper et al., 2019). El estrés por calor pone en desventaja a la producción de ganado en los climas tropicales, lo que hace necesario una mayor habilidad de supervivencia y adaptación para mantener la homeostasis celular (Bharati et al., 2017). El ganado *Bos indicus* tiene mayor capacidad de termorregulación frente a ambientes hostiles debido a características fisiológicas y celulares de adaptabilidad. La raza Brahman presenta mayor capacidad de termotolerancia en comparación con razas *Bos taurus* (Mateescu et al., 2020). Las constantes fisiológicas como la temperatura rectal, frecuencia respiratoria y frecuencia cardiaca de los bovinos Simmental se ven alteradas después de la exposición a altas temperaturas (Turk et al., 2020). Sin embargo, son capaces de desarrollar características de termotolerancia (Jurkovich et al., 2023). Las razas Simmental y Simbrah contribuyen a la producción nacional de carne en diferentes zonas agroecológicas en México, por lo cual el objetivo del estudio fue evaluar los factores ambientales que modifican las principales constantes fisiológicas en animales Simmental y Simbrah en el occidente de México (Ríos et al., 2021). La hipótesis del presente trabajo fue que las constantes fisiológicas de los bovinos de las razas Simmental y Simbrah en el

occidente de México están influenciadas significativamente por variables como el periodo del día el sexo, raza del animal, el año y época de medición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

Se utilizaron 341 ejemplares distribuidos en seis unidades de producción ubicados en municipios pertenecientes a los estados de Jalisco, Nayarit y Michoacán de la República Mexicana. Con 147 ejemplares pertenecientes a la raza Simmental y 194 a la raza Simbrah machos (21 y 27) y hembras (126 y 167), de los 5 y 73 meses de edad. El número de animales por municipio y estado se presentan en la Tabla 1.

■ Tabla 1. Número de animales por estado, localidad y raza en el occidente de México utilizados en el estudio.

Estado	Temperatura media anual	Municipio	Simmental	Simbrah	Total
Jalisco	20.5 °C	Tamazula de Gordiano	1	40	41
		Puerto Vallarta	45	12	57
		Subtotal	46	52	98
Michoacán	20 °C	Coahuayana	0	70	70
		Tangacicuaro	66	0	66
		Subtotal	66	70	136
Nayarit	25 °C	Compostela 1	35	39	74
		Compostela 2	0	33	33
		Subtotal	35	72	107
Total			147	194	341

Variables en estudio

Para realizar las evaluaciones los animales se sujetaron en una trampa inmovilizadora. Se empleó un termómetro digital (Citizen®) para la medición de la temperatura rectal. La medición de la frecuencia cardíaca se realizó al auscultar la región del codo entre el tercer y sexto espacio intercostal del lado izquierdo del ganado. Se determinó la frecuencia respiratoria al registrar los movimientos de la caja torácica. Las dos frecuencias fueron monitoreadas durante 15 seg y, luego, se multiplicaron por cuatro para estimar la frecuencia por min. Estas mediciones se realizaron en dos momentos del día, a las 6:00 h y a las 13:00 h.

Análisis estadístico

Las mediciones de las constantes fisiológicas fueron analizadas con un análisis de varianza de medidas repetidas, utilizando el procedimiento MIXED de SAS, versión 9.4 (SAS Institute Inc, 2024). Los efectos fijos incluidos en el modelo estadístico fueron el momento de la medición (6:00 y 13:00 h), la raza del animal (Simmental y Simbrah), sexo (macho o hembra) y la edad del animal (de los 5 hasta los 73 meses), el efecto del año (2018 y 2019), así como las interacciones de primer orden que resultaron significativas ($p < 0.05$), en análisis preliminares. La mejor estructura de covarianza de las medidas repetidas fue determinada ajustando diferentes estructuras (simple, simetría compuesta, autorregresiva de primer orden, Toeplitz, componentes de varianza, autorregresiva de primer orden heterogénea, simetría compuesta heterogénea y Toeplitz heterogénea). El criterio de información de Akaike de segundo orden y el bayesiano de Schwarz se utilizaron para selección de la mejor estructura de covarianza.

Los modelos definitivos, incluyeron las interacciones que fueron significativas ($p < 0.05$) en análisis preliminares, previo a la selección de la estructura de covarianzas que causó el mejor ajuste en el modelo. La comparación de medias entre los niveles de los efectos fijos se hizo con la prueba de comparaciones múltiple de *t* protegida de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores mínimo, máximo y promedio para el ITH fueron 40.82, 80.96 y 67.73 para las mediciones realizadas a las 6:00 h y 60.92, 88.50 y 77.95 para las realizadas a las 13:00 h, respectivamente. En ambas mediciones (6:00 y 13:00 h) se presentaron niveles de peligro en el ITH (Jeelani et al., 2019). Ninguna de las interacciones de dos factores entre los efectos principales considerados en los análisis fueron significativos. Los valores de significancia para los efectos de raza, horario, sexo, año, mes, edad y el índice de temperatura y humedad, considerados en los modelos de cada una de las variables bajo estudio se presentan en la Tabla 2.

■ Tabla 2. Niveles de significancia (p) para los efectos considerados en los modelos de análisis de TR, FR y FC.

Efecto	p		
	Temperatura Rectal	Frecuencia Respiratoria	Frecuencia Cardíaca
Raza	0.0655	0.7315	0.6227
Horario	0.194	0.0426	0.0942
Sexo	0.5374	0.7041	0.0336
Año	0.4566	0.0729	0.0256
Mes	0.0689	< 0.0001	0.6283
Edad	0.415	0.0351	< 0.0001
ITH	0.0009	0.0182	0.0774

Raza

El efecto de raza no fue significativo para ninguna de las constantes fisiológicas, el horario solo fue significativo para la FR, el efecto de año y sexo para la FC, el mes para la FR, la edad para la FR y FC y el ITH para la TR y FR (Tabla 3). Las medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los efectos fijos considerados en los modelos se presentan en la Tabla 3.

Las medias de las constantes fisiológicas evaluadas presentaron diferencia entre las mediciones realizadas en la 6:00 y 13:00 h. El efecto de edad e ITH presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para la TR, FC y FR.

Sexo

Solo se encontraron diferencias entre las medias de sexo para la FC donde los machos presentaron mayor número de latidos por minuto que las hembras. Se presentó mayor FR a las 13:00 h. que a las 6:00 h. De acuerdo con lo reportado por Ouellet et al. (2021) y a lo observado en el presente estudio, los animales que han sido expuestos a valores de ITH mayores de 72 por largos periodos de tiempo presentan alteraciones en sus constantes fisiológicas.

Año y mes de medición

Los efectos de año y mes presentaron diferencias en las constantes teniendo mayor medición de FC en el año 2018 y mayor medición en la TR y FR en el mes de julio. Se observaron diferencias

en los animales de diferentes edades para todas las constantes fisiológicas siendo los menores a 12 meses los que tienen mayor TR y FR. La FR más elevada fue aquella que se midió bajo los niveles de ITH en un intervalo de 75-78.

El aumento de la FR se presenta cuando el animal lleva a cabo mecanismos de termorregulación ante un aumento de la temperatura ambiental; sin embargo, cuando estos fallan la TR comienza a elevarse. Animales de mayor peso necesitan de una mayor capacidad pulmonar y cardíaca para suministrar oxígeno a todo el organismo por lo que supone una desventaja ante climas con niveles de ITH elevados (Viera et al., 2022).

■ Tabla 3. Conteo de células somáticas (células/mL) en leche de 50 hatos bovinos doble propósito de tres municipios de la región costera de estado de Colima, México.

		Temperatura rectal (°C)	Frecuencia cardíaca (latidos/min)	Frecuencia respiratoria (respiraciones/min)
Raza	Simbrah	38.89 ± 0.07a	89.36 ± 1.61 a	45.67 ± 1.35a
	Simmental	38.55 ± 0.06a	90.34 ± 1.76 a	45.30 ± 1.50a
Sexo	Macho	38.67 ± 0.09a	92.93 ± 2.72a	45.93 ± 2.26a
	Hembra	38.78 ± 0.05a	86.78 ± 1.27b	45.03 ± 1.08a
Horario	AM	38.38 ± 0.11a	88.58 ± 2.22a	43.43 ± 1.91a
	PM	39.06 ± 0.08a	91.12 ± 1.61a	47.54 ± 1.36b
Año	2018	38.58 ± 0.07a	92.86 ± 2.03a	43.99 ± 1.66a
	2019	38.86 ± 0.05a	86.84 ± 1.73b	46.98 ± 1.45a
Mes	6	38.65 ± 0.06a	89.64 ± 1.93a	38.94 ± 1.59a
	7	38.80 ± 0.06b	90.07 ± 1.85a	52.03 ± 1.55b
Edad	≤ 12 Meses	39.04 ± 0.07a	94.11 ± 1.99a	46.06 ± 1.60ab
	13-24 Meses	38.69 ± 0.06bc	88.02 ± 1.85b	42.87 ± 1.55a
	24-36 Meses	38.56 ± 0.07bc	88.19 ± 2.23c	43.87 ± 1.92 a
	> 36 Meses	38.59 ± 0.10ac	89.08 ± 3.18ab	49.14 ± 2.52ab
ITH	< 75	39.14 ± 0.10a	94.64 ± 1.81a	43.45 ± 1.54a
	75-78	38.79 ± 0.10a	94.06 ± 2.06 a	48.69 ± 1.77b
	78-83	38.23 ± 0.11a	80.85 ± 2.74b	44.31 ± 2.40 a

Diferentes literales dentro de columna para un mismo factor, significan diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

La identificación de animales que sean capaces de mantener la homeostasis celular frente a condiciones de estrés calórico puede ser realizada mediante la identificación de animales que a pesar de tener valores elevados de FR sigan manteniendo sus índices de producción (Amamou et al., 2019).

CONCLUSIONES

El índice de temperatura y humedad alcanzaron niveles de peligro tanto en la mañana como en la tarde, siendo más elevados en la tarde. Esto confirma que el estrés térmico es más pronunciado durante las horas vespertinas, lo que afecta significativamente las constantes fisiológicas de los bovinos. En particular, la frecuencia respiratoria y la temperatura rectal mostraron una relación

significativa con el ITH, indicando que estas variables son sensibles a condiciones de estrés calórico. Los animales más jóvenes (menores de 12 meses) presentaron mayores valores de temperatura rectal frecuencia respiratoria, lo que sugiere una mayor susceptibilidad al estrés calórico en este grupo. Además, el mayor peso corporal implica una mayor demanda pulmonar y cardíaca, lo que puede ser una desventaja en climas con elevados niveles de ITH. Este estudio refuerza la necesidad de implementar estrategias de manejo para reducir el impacto del estrés calórico, especialmente durante las tardes y meses más cálidos. La selección de animales más resilientes al calor y el ajuste de prácticas de manejo podrían mitigar los efectos del estrés térmico y mejorar el bienestar y la productividad en sistemas tropicales.

REFERENCIAS

- Amamou, H., Beckers, Y., & Mahouachi, M. (2019). Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of Holstein cows. *Journal of Thermal Biology*, *82*, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.016>.
- Asociación Simmental Simbrah Mexicana. (2020). 35 años de verdaderos propósitos de la Asociación Simmental Simbrah Mexicana. Impresos tecnográficos SA de CV.
- Bharati, J., Dangi, S., Bag, S., Maurya, V., Singh, G., Kumar, P., & Sarkar, M. (2017). Expression dynamics of HSP90 and nitric oxide synthase (NOS) isoforms during heat stress acclimation in Tharparkar cattle. *International Journal of Biometeorology*, *61*(8), 1461-1469. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1323-3>
- Cardoso, C., Peripolli, V., Amador, S., Brandão, E., Esteves, G., Sousa, C., França, M., Gonçalves, F., Barbosa, F., Montalvão, T., Martins, C., Neto, A. F., & McManus, C. (2015). Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. *Livestock Science*, *182*, 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.10.022>
- Gantner, V., Bobić, T., Gregić., Gantner, R., Kuterovac, K., & Potočnik, K. (2017). The differences in heat stress resistance due to dairy cattle breed. *Mljekarstvo*, *67*(2), 112–122. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2017.0203>
- Hooper, H. B., Titto, C. G., Gonella-Díaz, A. M., Henrique, F. L., Pulido-Rodríguez, L. F., Longo, A. L. S., Da Cunha Leme-Dos-Santos, T. M., De Mira Geraldo, A. C. A. P., Pereira, A. M. F., Binelli, M., De Carvalho Balieiro, J. C., & Titto, E. A. L. (2018). Heat loss efficiency and HSPs gene expression of Nellore cows in tropical climate conditions. *International Journal of Biometeorology*, *63*(11), 1475-1486. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1576-5>
- Idris, M., Uddin, J., Sullivan, M., McNeill, D. M., & Phillips, C. J. C. (2021). Non-invasive physiological indicators of heat stress in cattle. *Animals*, *11*(1), 71. <https://doi.org/10.3390/ani11010071>
- Jeelani, R., Konwar, D., Khan, A., Kumar, D., Chakraborty, D., & Brahma, B. (2019). Reassessment of temperature-humidity index for measuring heat stress in crossbred dairy cattle of a sub-tropical region. *Journal of Thermal Biology*, *82*, 99-106. <https://doi.org/10.1016/J.JTHERBIO.2019.03.017>
- Luceño, N. L., De Souza Ramos Angrimani, D., De Cássia Bicudo, L., Szymańska, K. J., Van Poucke, M., Demeyere, K., Meyer, E., Peelman, L., Mullaart, E., Broekhuijse, M. L., & Van Soom, A. (2019). Exposing dairy bulls to high temperature-humidity index during spermatogenesis compromises subsequent embryo development in vitro. *Theriogenology*, *141*, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.08.034>
- López, R., Pinto-Santini, L., Perozo, D., Pineda, J., Oliveros, I., Chacón, T., Rossini, M., & De Álvarez, L. R. (2015). Confort térmico y crecimiento de corderas West African pastoreando con y sin

- acceso a sombra artificial. *Archivos de Zootecnia*, 64(246), 139-146. <https://doi.org/10.21071/az.v64i246.388>
- Luo, H., Li, X., Hu, L., Xu, W., Chu, Q., Liu, A., Guo, G., Liu, L., Brito, L. F., & Wang, Y. (2021). Genomic analyses and biological validation of candidate genes for rectal temperature as an indicator of heat stress in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4441-4451. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18725>
- Mateescu, R. G., Sarlo-Davila, K. M., Dikmen, S., Rodriguez, E., & Oltenacu, P. A. (2020). The effect of Brahman genes on body temperature plasticity of heifers on pasture under heat stress. *Journal of Animal Science*, 98(5). <https://doi.org/10.1093/jas/skaa126>
- Ríos-Utrera, Á., Martínez-Velázquez, G., Calderon-Chagoya, R., Montaña-Bermúdez, M., & Vega-Murillo, V. (2021). Beef cattle genetic improvement research at the INIFAP: accomplishments, challenges and perspective.
- SAS. Statistical Analysis System. (2024). *SAS User's guide. SAS/STAT R, Version 9.4*. Cary, NC, USA; SAS Institute Inc.
- Velayudhan, S. M., Brügemann, K., Alam, S., Yin, T., Devaraj, C., Sejian, V., Schlecht, E., & König, S. (2022). Molecular, physiological and hematological responses of crossbred dairy cattle in a tropical savanna climate. *Biology*, 12(1), 26. <https://doi.org/10.3390/biology12010026>
- Vieira, R., Louvandini, H., Barcellos, J., Martins, C. F., & McManus, C. (2022). Path and logistic analysis for heat tolerance in adapted breeds of cattle in Brazil. *Livestock Science*, 258, 104888. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104888>



Pesquisa de *Tritrichomonas foetus* en bovinos sementales por PCR en Tamaulipas, México

Tritrichomonas foetus screening in breeding cattle by PCR in Tamaulipas, Mexico

Jose Carlos Mujica-García¹, Verónica Carvajal-de la Fuente¹, Raúl Saucedo-Becerra^{1,2}, Jorge Alva-Pérez¹, José Vázquez-Villanueva¹, Hugo Brígido Barrios-García¹

RESUMEN

La tricomoniasis bovina es una enfermedad capaz de provocar abortos en bovinos, se caracteriza por presentarse de forma asintomática en los machos y generalmente se transmite por vía venérea. La presencia de tricomoniasis bovina en un hato implica pérdidas económicas por la disminución de la producción de becerros. Considerando que Tamaulipas se caracteriza por la producción de bovinos, es importante evaluar enfermedades abortivas como la tricomoniasis bovina debido a que se ha reportado en estados colindantes como Veracruz al Sur y Texas EUA al Norte. El objetivo de esta investigación fue buscar la presencia de *Tritrichomonas foetus* en la zona centro de Tamaulipas mediante el uso de la PCR punto final, a partir de muestras de cavidad prepucial de bovinos. Se obtuvieron y procesaron 45 muestras de bovinos de razas cárnicas de Tamaulipas en un periodo de un año; todas las muestras fueron negativas a *T. foetus*. En este estudio es posible que la alta tecnificación reproductiva en la zona de estudio favorezca la probabilidad de la ausencia de este parásito.

Palabras clave: factores de riesgo, PCR, tricomoniasis bovina.

ABSTRACT

Bovine trichomoniasis is a disease capable of causing abortions in cattle. It is characterized by its asymptomatic presentation in males and is generally transmitted by venereal means. The presence of bovine trichomoniasis in a herd implies great economic losses, related to the costs of slaughtering infected males and a decrease in production. Considering that Tamaulipas is characterized by cattle production, it is important to evaluate abortive diseases such as bovine trichomoniasis, whose presence is unknown in this state, but it has been reported in neighboring states (Texas and Veracruz). The objective of this research was to determine the presence of this disease in the central area of Tamaulipas by using endpoint PCR, from samples of the preputial cavity of cattle. The samples consisted in 45 samples of beef breeds from Tamaulipas processed in a year period, all of them were negative for *Tritrichomonas foetus*. It is possible that the high level of reproductive technology in the area increases the probability of the presence of this parasite.

Keywords: risk factors, PCR, bovine trichomoniasis.

*Autor para correspondencia: hbarrios@docentes.uat.edu.mx Fecha de recepción: 17 de enero de 2025
Fecha de aceptación: 29 de enero de 2025 Fecha de publicación: 31 de enero de 2025

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²Laboratorio Central Regional del Norte; Guadalupe Nuevo León, México.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades venéreas en bovinos tienen gran impacto económico debido a que inducen abortos e infertilidad en la hembra, lo que resulta en pérdidas económicas para los productores al no cumplir con el objetivo de un ternero por hembra al año (Rojo-Montejo et al., 2014). De las enfermedades venéreas que afectan a los bovinos se encuentran la tricomoniasis, una enfermedad parasitaria que, a diferencia del resto de enfermedades venéreas, se caracteriza por presentarse de manera asintomática en los machos. Esto facilita la transmisión del parásito a las hembras a través de la cópula durante el empadre, o a través del semen contaminado al momento de la inseminación artificial y recientemente se ha reportado que la transmisión en hembras también puede ser vía oro fecal (Martínez et al., 2023).

Debido a su diagnóstico tardío, la principal forma de controlar esta enfermedad es mediante la medicina preventiva, aunque, el diagnóstico oportuno también permitirá evitar pérdidas económicas (Michi et al., 2016).

Para identificar la presencia de la tricomoniasis se pueden emplear diversas técnicas de diagnóstico, como los son: la identificación etiológica mediante técnicas microscópicas de muestras clínicas de exudados prepuciales en toros, la identificación de anticuerpos mediante la serología y la identificación genética mediante técnicas moleculares (OIE, 2018). De las técnicas de diagnóstico disponibles, las que presentan mayores ventajas son las técnicas moleculares debido a su sensibilidad y especificidad. La reacción en cadena de la polimerasa es ideal para llevar a cabo el diagnóstico y determinar la presencia de la tricomoniasis debido a que se basa en la amplificación de zonas genéticas 100% específicas del agente en cuestión y presenta una gran confiabilidad, así como también, reducción de tiempo para obtener los resultados comparada con las otras técnicas que dependen de factores como la experiencia del analista y posibles falsos positivos (Riegler, 2023).

Actualmente no se cuenta con información documentada sobre la frecuencia de *Tritrichomonas foetus* en Tamaulipas, aunque se tiene referencia de su presencia en dos estados colindantes: Veracruz al sur (Villareal-Ruiz, 2020) y Texas al norte (Szonyi et al., 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se realizó un muestreo por conveniencia, no probabilístico, en sementales bovinos mayores de dos años y de diferentes razas en Unidades de Producción Pecuaria (UPP) ubicadas en la región centro de Tamaulipas, México (CEAT, 2023). La duración del muestreo fue de un año, de agosto del 2023 a agosto del 2024.

Material biológico

Para la colecta de muestra se emplearon dos métodos de recolección en cavidad prepucial. Uno fue el método de raspado prepucial, el cual consiste en introducir un raspador metálico dentro del prepucio del animal, preservando debidamente el bienestar animal, hasta alcanzar la zona del fórnix, donde se lleva a cabo un raspado vigoroso de atrás hacia adelante sobre el epitelio prepucial y del fórnix, el cual se repite de 30 a 45 veces. Por último, se colecta el material introduciendo la cabeza del raspador con el material en un tubo estéril de 50 mL con solución salina estéril, donde se realiza un enjuague para retirar el material colectado (Villalba & Villalba, 2010; OIE, 2018).

El otro método fue el lavado prepucial, el cual consiste en introducir 50 mL de solución salina estéril mediante cánula, una vez introducida la solución se cierra manualmente el ostium y se lleva cabo un masaje enérgico enfocado en toda la zona prepucial por aproximadamente 4 min, una vez terminado el masaje se recolecta la solución por escurrimiento en un tubo de 50 mL estéril (Yao, 2013). El material colectado se mantuvo en congelación hasta su procesamiento. El resguardo y procesamiento de las muestras se llevó a cabo en el área de biología molecular del laboratorio de diagnóstico de la FMVZ-UAT.

Purificación de ADN

Se obtuvieron las fases solidas de las muestras mediante centrifugación en condiciones de 3,500 rpm x 5 min. Posteriormente se pasaron a tubos de 1.5 mL y fueron tratadas con el equipo comercial DNeasy Sangre y Tejido (QIAGEN® Alemania), siguiendo las instrucciones del fabricante. El protocolo se basa en obtener el ADN presente en la muestra mediante el empleo de distintos compuestos orgánicos con capacidad de disolver los componentes celulares a excepción del ADN, este se separa de los otros compuestos mediante centrifugación (3500 rpm durante 10 min). Una vez obtenido el ADN genómico de cada muestra, se mantuvieron en congelación (-20 °C) hasta su uso posterior.

Evaluación del ADN

Una vez finalizado el procedimiento de purificación de los ácidos nucleicos, se utilizó una alícuota de 6 µL de la extracción de ADN mezclada con 2.5 µL de tampón de carga (5X Loading buffer dye Bioline®), para confirmar el proceso de extracción del ADN. Esto se realizó a través de electroforesis en geles de agarosa (Bioline®) al 1.5%, ejecutando un campo electroforético a 80 Voltios (V) durante 30 min (Sambrook, 2001).

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

En la amplificación de *T. foetus* se emplearon los cebadores TRF-3(5'-CGGGTCTTCCTATATGAGACAGAACC-3') y TRF-4 (5'-CCTGCCGTTGGATCAGTTTCGTTAA-3'), los cuales amplifican una región de 347 pares de bases del gen 5.8S RNA de *T. foetus*, (Felleisen et al., 1997). Como testigo positivo para la prueba de PCR se empleó la cepa de referencia *Tritrichomonas foetus* (Riedmuller) Wenrich and Emerson (ATCC 50152). Cada PCR consistió en una solución de 3 µL de tampón Taq polimerasa 10×, 2.5 µL de 50 mM MgCl₂, 1.0 mM de dNTP, 2 U de Taq ADN polimerasa, 10 µM de cada cebador, 10 µL de ADN genómico y agua libre de nucleasas hasta un volumen final de 30 µL (Botelho et al., 2018). Las condiciones de ciclado de PCR para *T. foetus* fueron: desnaturalización inicial 15 seg a 95 °C, seguido de 35 ciclos de desnaturalización durante 30 seg a 94 °C, alineación 30 seg a 60 °C, extensión por 30 seg a 72 °C y una extensión final de 7 min a 72 °C (Botelho et al., 2018).

Electroforesis y fotodocumentación

Los productos de PCR se evaluaron por electroforesis utilizando geles de agarosa al 2%, en amortiguador Tris-Acetato-EDTA (TAE1X Bio-Rad, EE. UU.). Las condiciones electroforéticas fueron: 85 V constantes, miliamperios (mAh) variables por 90 min. Posteriormente los geles fueron teñidos con bromuro de etidio durante 30 min (Promega, EE. UU.) (0.1 µg/mL) (Sambrook, 2001). Los geles teñidos se observaron y fotodocumentaron en un transiluminador E-Gel imager system (Life Technologies Corporation).

Recolección de datos: Se obtuvieron los datos de raza, edad y municipio, utilizando a las bases

de datos de las unidades de producción, esto mediante la toma de cada número de identificación interna que poseía cada animal evaluado.

RESULTADOS

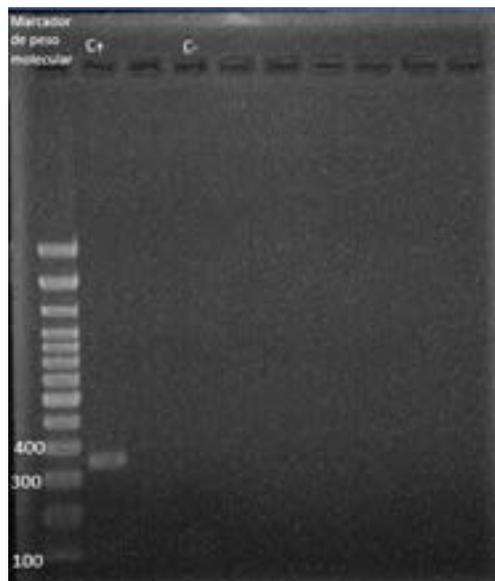
Muestreo

En total se obtuvieron 45 muestras; 29 muestras obtenidas de lavado prepucial y 16 de raspado prepucial de bovinos. El rango de edad fue de 3 a 12 años con un promedio de edad de 6.2 años y las razas fueron: Angus negro, Angus rojo, Brahman, Brangus negro, Brangus rojo, Beef Master, Charbray, Charolais, Hereford, Simbra, Simmental. En la tabla 1 se indica el número de animales muestreados por municipio en Tamaulipas.

■ Tabla 1. Número de muestras por municipio.

Municipio	N
Victoria	4
Casas	1
Güémez	7
Soto La Marina	27
Hidalgo	6

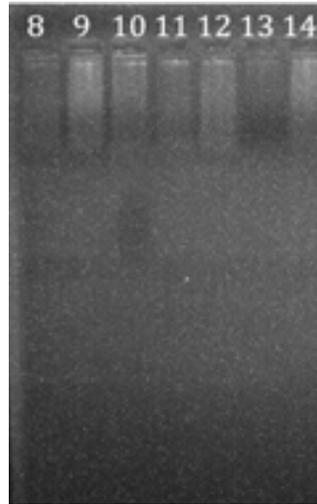
Se estableció el protocolo para desarrollar la PCR para la identificación de *T. foetus* con la cepa de referencia *Tritrichomonas foetus* (Riedmuller) Wenrich and Emerson (ATCC 50152). El tamaño del producto de amplificación para el control positivo fue de 347 pb, confirmando la presencia de *T. foetus* en la muestra, como se ve en la figura Figura 1.



■ Figura 1. Gel de agarosa al 2.5%, en el carril 1 se observa el marcador de tamaño molecular (BIOTECMOL®), en el carril 2 el control positivo y en el carril 4 el control negativo.

Extracción y purificación de ADN

Se obtuvo ADN genómico de cada muestra, el cual se confirmó mediante electroforesis en gel, en la figura 2 se observa ejemplo de una extracción. Las concentraciones promedio de ADN obtenidas de las diferentes técnicas de muestreo fueron las siguientes: para raspado prepucial 75.52 ng/ μ L y para lavado prepucial 87.61 ng/ μ L.



■ Figura 2. Gel de agarosa 1.5% carriles 1 a 7 muestras 9 a 14 de extracción raspado prepucial.

PCR

Los resultados en las 45 muestras analizadas fueron negativos para la presencia *T. foetus*.

DISCUSIÓN

La PCR punto final como método de identificación para *T. foetus*, ha sido anteriormente utilizada por diversos autores (Felleisen et al., 1997; Martínez et al., 2023; Silveira et al., 2020), si bien el cultivo microbiológico es la técnica más empleada debido a la facilidad que puede ser realizarla (OIE, 2018), los resultados se obtienen hasta una semana después, a diferencia de la PCR, en donde se pueden tener los resultados en un lapso de un día (Felleisen et al., 1997). Aunque varios autores reportan sensibilidades altas para el cultivo comercial InPouch (Kittel et al., 1998;), esta se puede alterar debido a que existe la posibilidad de contaminación o por factores de manejo, además la sensibilidad en otros medios de cultivo es muy variable (OIE, 2018). Silveira et al. (2020) reportan que el medio de cultivo o de transporte utilizados en el muestreo, así como los cambios de temperatura y la agitación son factores que pueden disminuir la eficacia del crecimiento de *T. foetus*, aunado a esto, al momento de identificar a *T. foetus* en el cultivo este podría ser confundido con otros tricomoníados considerados como saprófitos (Riegler, 2023) dando falsos positivos, como el caso de Dąbrowska et al. (2020) quienes encontraron crecimientos en muestras en cultivo, sin embargo en PCR no obtuvieron ningún positivo de las muestras que mostraron crecimiento en cultivo. En contraste, la PCR al ser una técnica de identificación exclusivamente genética tiene menor probabilidad de mostrar falsos positivos, si bien se ha reportado que los iniciadores TRF3 Y TRF3 también amplifican ante otras especies de *Tritrichomonas*, estas especies solo se han reportado en el tracto digestivo de cerdos (Felleisen et al. 1997). Es sabido que para un óptimo diagnóstico de *T. foetus*, lo ideal será un cultivo con alta sensibilidad, como el inPouch, aunado a un buen manejo y transporte, complementándolo con PCR, así como también, repetir los

muestreos en los mismos animales para descartar por completo o confirmar el diagnóstico (OIE, 2018). Sin embargo, ya se ha demostrado que con el solo uso de que PCR directo de la muestra clínica es posible detectar la presencia del protozooario de transmisión venérea.

Las técnicas diagnósticas utilizadas en los distintos estudios sobre *T. foetus*, son variadas, suponiendo que los métodos moleculares presentan mayores sensibilidades y especificidades (OIE, 2018). En las investigaciones revisadas en esta discusión, se puede inferir que el uso únicamente de cultivo no es infalible debido a los falsos positivos que ya se han mencionado, lo idóneo es utilizar en conjunto ambas técnicas.

En este estudio en el que se evaluaron sementales de razas productoras de carne, no se detectó la presencia del parásito *T. foetus*, resultado que coincide con los resultados de Da Rocha et al. (2009) en Brasil donde se evaluaron 39 muestras de toros, siendo 30 de carne y 9 de leche en donde no se encontró la presencia del parásito. En otro estudio también realizado en Brasil (Ribeiro, 2020), no se encontró la presencia de *T. foetus*, después de evaluar 27 muestras de sementales bovinos; al igual que al resultado de Torres y Niño en 2019, quienes evaluaron 37 bovinos en Colombia, en su mayoría razas cebú en donde el resultado de la detección para de *T. foetus* fue negativo. De igual forma Dąbrowska et al. (2020) en Polonia, donde analizaron 180 muestras de lavados y raspados encontraron que el 100% de animales fue negativo a *T. foetus*. Los investigadores no reportaron la raza, pero asocian su resultado a la alta tecnificación en la reproducción en el país; el resultado también es similar a lo reportado en Uruguay por Da Silva et al. (2020), quienes únicamente encontraron un espécimen positivo de 189 toros de carne que analizaron. Así mismo Montañes et al. (2023) en España analizaron 216 toros para determinar la prevalencia de *T. foetus* y solo encontraron un 5% de muestras positivas, coincidiendo la baja prevalencia con el 54% de sus muestras procedentes de bovinos de la raza limusin, que se destaca por su producción de carne. Por lo anterior, es posible que las razas cárnicas presenten una resistencia o menor predisposición a infectarse o portar a *T. foetus*, siendo necesario, en un futuro, investigar a nivel genético si existe algún factor que ocasione esta resistencia, como puede ser genes de resistencia a enfermedades; también se recomienda ampliar el estudio en ganado lechero en la región, dado que en investigaciones donde se confirma la presencia de *T. foetus* ha coincidido en la evaluación de razas bovinas lecheras (Filho et al., 2018; Silveira et al., 2020), Silveira et al. (2020) consideraron que *T. foetus* está presente con mayor frecuencia en ganado lechero que de carne. Sin embargo, el tipo de explotación extensiva es el factor más determinante para que esté presente este parásito, como lo reportaron Mendoza-Ibarra et al. (2012). Ellos observaron altas prevalencias en ganado de carne, pero bajo un sistema extensivo.

La presencia de *T. foetus* en México ha sido reportada por Villareal-Ruiz (2020), en el estado de Veracruz, quien reportó una frecuencia de 28.21% en 39 muestras analizadas, de las cuales 9 fueron positivas en hembras y 2 en machos. El estudio no muestra las características raciales de los bovinos. En el estado de Sonora también ha sido reportada según, Aragón-López (2023), sin embargo, no reporta la cantidad de muestras ni las razas evaluadas, solo se menciona que utilizaron animales con antecedentes de abortos. La información en México aún es escasa y la falta de información sobre las razas o el número de muestras no permite comparar resultados, haciendo necesario más investigaciones sobre la Tricomoniasis bovina en el país. A pesar de la cercanía de Tamaulipas con Veracruz (México) y Texas (E.U.A.), donde se ha reportado la presencia de *T. foetus*, en este estudio no se detectó la presencia de *T. foetus*, esto podría deberse al número de muestras trabajadas, factor que podría influir para detectar del patógeno.

CONCLUSIONES

En este estudio preliminar no se detectó la presencia de *T. foetus* en sementales muestreados en Tamaulipas. La alta tecnificación en los procesos reproductivos tales como como la inseminación artificial, fertilización *in vitro*, uso de sementales de registro, además del número de animales analizados en este estudio, son factores que influyen en la disminución de la probabilidad de que esta enfermedad se pueda presentar en un hato; si embargo, es necesario continuar con más monitoreos aumentando el tamaño de muestra y en diferentes regiones del estado.

REFERENCIAS

- Aragón-López, C. E., Flores-Encinas, L. A., Pérez-Hernández, N. A., Rojas-Arzaluz, M., & Leyva Corona, J. C. (2023). Desarrollo de un ensayo de amplificación isotérmica mediada por bucles con detección visual por colorimetría (cr-LAMP): una tecnología eficiente para el diagnóstico molecular a *Tritrichomonas foetus* en toros. <https://www.ganaderia.com/destacado/desarrollo-de-un-ensayo-de-amplificacion-isotermica-mediada-por-bucles-con-deteccion-visual-por-colorimetria-cr-lamp-una-tecnologia-eficiente-para-el-diagnostico-molecular-a-tritrichomonas-foetus-en-toros>
- Botelho, M. P. A., Hirsch, C., Lage, A. P., Rocha, C. M. B. M. da, Dorneles, E. M. S., Cardoso, P. G., & da Costa, G. M. (2018). Prevalence of *Tritrichomonas foetus* and *Campylobacter fetus* subsp. *venerealis* among bulls slaughtered in the state of Minas Gerais, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(5), 2039. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n5p2039>
- da Rocha, F. S., de Jesus, V. L. T., Torres, H. M., Gomes, M. J. P., de Figueiredo, M. J., do Nascimento, E. R., & de Aquino, M. H. C. (2009). *Campylobacter fetus* and *Tritrichomonas foetus* investigation in preputial mucous of bulls from Medio Paraiba/RJ region, Brazil/Investigação de *Campylobacter fetus* e *Tritrichomonas foetus* na mucosa preputial de touros da região do Medio Paraiba, RJ. *Ciência Rural*, 39(5), 1586-1590.
- Da Silva, C., Fraga, M., Monesiglio, C., & Delpiazzi, R. (2020). Detection of *Tritrichomonas foetus* by PCR in preputial smegma of bulls in Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 56(213), 17. <https://doi.org/10.29155/VET.56.213.7>
- Dąbrowska, J., Karamon, J., Kochanowski, M., Sroka, J., Skrzypek, K., Zdybel, J., Różycki, M., Jabłoński, A., & Cencek, T. (2020). *Tritrichomonas foetus*: A study of prevalence in animal hosts in Poland. *Pathogens*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/pathogens9030203>
- Felleisen, R. S. (1997). Comparative genetic analysis of tritrichomonadid protozoa by the random amplified polymorphic DNA technique. *Parasitology Research*, 84, 153-156. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s004360050374>
- Filho, R. B. D. O., Malta, K. C., Borges, J. D. M., De Oliveira, P. R. F., Filho, G. J. D. S., Nascimento, G. G., Mota, R. A., & Júnior, J. W. P. (2018). Prevalence and risk factors associated with *Tritrichomonas foetus* infection in cattle in the state of Paraíba, Brazil. *Acta Parasitologica*, 63(2), 346-353. <https://doi.org/10.1515/ap-2018-0039>
- Kittel, D. R., Campero, C., Van Hoosear, K. A., Rhyan, J. C., & BonDurant, R. H. (1998). Comparison of diagnostic methods for detection of active infection with *Tritrichomonas foetus* in beef heifers. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 213(4), 519-522.
- Mardones, F. O., Perez, A. M., Martínez, A., & Carpenter, T. E. (2008). Risk factors associated with *Tritrichomonas foetus* infection in beef herds in the Province of Buenos Aires, Argentina.

- Veterinary Parasitology*, 153(3-4), 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.01.038>
- Martínez, C. I., Iriarte, L. S., Salas, N., Alonso, A. M., Pruzzo, C. I., dos Santos Melo, T., Pereira-Neves, A., de Miguel, N., & Coceres, V. M. (2023). Prolonged survival of venereal *Tritrichomonas foetus* parasite in the gastrointestinal tract, bovine fecal extract, and water. *Microbiology Spectrum*, 11(6). <https://doi.org/10.1128/spectrum.00429-23>
- Mendoza-Ibarra, J. A., Pedraza-Díaz, S., García-Peña, F. J., Rojo-Montejo, S., Ruiz-Santa-Quiteria, J. A., San Miguel-Ibáñez, E., Navarro-Lozano, V., Ortega-Mora, L. M., Osoro, K., & Collantes-Fernandez, E. (2012). High prevalence of *Tritrichomonas foetus* infection in Asturiana de la Montaña beef cattle kept in extensive conditions in Northern Spain. *Veterinary Journal*, 193(1), 146-151. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.09.020>
- Michi, A. N., Favetto, P. H., Kastelic, J., & Cobo, E. R. (2016). A review of sexually transmitted bovine trichomoniasis and campylobacteriosis affecting cattle reproductive health. *Theriogenology*, 85(5), 781-791. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.10.037>
- Molina, L. L., Angón, E., García, A., Caballero-Villalobos, J., Giorgis, A. O., Moralejo, R. H., & Perea, J. (2018). A retrospective epidemiological analysis of shared risk factors for bovine trichomoniasis and bovine genital campylobacteriosis in La Pampa province (Argentina). *Preventive Veterinary Medicine*, 161, 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.10.022>
- Montañés, M., García-García, J. J., Benito, A., & Bodas, R. (2022). Calidad seminal e incidencia de tricomonosis y campilobacteriosis en sementales de vacuno de carne de Castilla y León. *Información Técnica Económica Agraria*, 119(1), 54-61. <https://doi.org/10.12706/itea.2022.006>
- OIE. (2018). Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals (2018). Chapter 2.4.16. Trichomonosis. World Organization for Animal Health. p. 1-15. Recuperado 01/02/2023: http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahm/2.04.16_TRICHOMONOSIS.pdf
- Okafor, C. C., Strickland, L. G., Jones, B. M., Kania, S., Anderson, D. E., & Whitlock, B. K. (2017). Prevalence of *Tritrichomonas foetus* in Tennessee bulls. *Veterinary Parasitology*, 243, 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.06.024>
- Ondrak, J. D., Keen, J., Rupp, G., Kennedy, J., McVey, D., & Baker, W. (2010). *Tritrichomonas foetus* Prevention and Control in Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 32(2), 411-423. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.010>
- Riegler, L. (2016). *Aplicación de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) para el diagnóstico diferencial de Tritrichomonas foetus en cultivos positivos de parásitos de la familia Trichomonadidos* [Tesis de especialidad]. Universidad Nacional de la Plata.
- Rojo-Montejo, S., Sanchez Sanchez, R., Ortega Mora, L. M., Osoro Otaduy, K., & Collantes-Fernandez, E. (2014). *Prevalencia de la tricomonosis bovina en las razas Asturiana de la Montaña y Asturiana*. <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5723>
- Sambrook, J., & Russel, D. W. (2001). *Molecular Cloning: A Laboratory Manual* (3rd ed., Vol. 1). Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Silveira, C. da S., Fraga, M., Monesiglio, C., Delpiazzo, R., Macías-Rioseco, M., Giannitti, F., & Riet-Correa, F. (2020). Detección de *Tritrichomonas foetus* por PCR en esmegma prepucial de toros en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 56(213). <https://doi.org/10.29155/vet.56.213.7>
- Szonyi, B., Srinath, I., Schwartz, A., Clavijo, A., & Ivanek, R. (2012). Spatio-temporal epidemiology of *Tritrichomonas foetus* infection in Texas bulls based on state-wide diagnostic laboratory data. *Veterinary Parasitology*, 186(3-4), 450-455. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.11.075>
- Villalba, I., & Villalba, J. S. (2010). *Raspaje prepucial de toros y colocación de tabla para protección del profesional*. Sitio Argentino de Producción Animal. Repositorio Digital de Acceso Abierto. www.produccion-animal.com.ar
- Villareal-Ruiz, A. A. (2020). *Asociación de Tricomoniasis felina y bovina en unidades de producción*

pecuaria en la zona central del Estado de Veracruz [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana].
www.uv.mx/veracruz/fmvz



Inclusión de grasa de sobrepaso y uso de eCG sobre las variables reproductivas en un protocolo de sincronización en ovejas de pelo subnutridas

Inclusion of fat by pass and use of eCG on reproductive variables in a synchronization protocol in undernourished hair sheep

Elizabeth Pérez Ruiz¹, Miguel Paul Conde Hinojosa², Jaime Gallegos Sánchez³,
Glafiro Torres Hernández³, Yolanda Osorio Marín^{4*}

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con grasa de sobrepaso y el uso de eCG en un protocolo de sincronización en ovejas de pelo subnutridas lactantes y vacías. Un total de 112 ovejas de pelo: 55 lactantes y 57 vacías con un peso promedio de 38 ± 8 kg las ovejas fueron asignadas a ocho tratamientos. Se utilizó un diseño completamente al azar; donde se evaluó la suplementación con grasa de sobrepaso (con y sin) y el uso de 300 UI de eCG (con y sin). Las variables evaluadas fueron: respuesta al estro, tiempo de inicio al estro, tasa de retorno, tasa de gestación, tasa de parto, prolificidad y fecundidad. La suplementación con grasa de sobrepaso y la administración de eCG no modificaron la respuesta al estro ($p < 0.05$), tasa de gestación, prolificidad o fecundidad en ovejas desnutridas lactantes y no lactantes. Sin embargo, se comprobó que las ovejas lactando responden al protocolo de sincronización iniciado al día 25 postparto, esta respuesta fue similar a la obtenida en el grupo de ovejas vacías.

Palabras clave: anestro postparto, desnutrición, nutrición focalizada.

*Autor para correspondencia: osorio.marin.yolanda@hotmail.com

Fecha de aceptación: 26 de enero de 2025

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. La Campana, Chihuahua, México.

²Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, México.

³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

⁴Unidad Académica Metztitlán, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Metztitlán, Hidalgo, México.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of bypass fat supplementation and the use of eCG in a synchronization protocol in undernourished lactating and empty hair ewes. A total of 112 hair sheep: 55 lactating and 57 empty with 38 ± 8 kg mean weight were assigned to eight treatments. A completely randomized design was used, where was evaluated the addition of bypass fat (with and without) and 300 IU of eCG (with and without). Ewes in all treatment responded adequately to hormonal treatment for estrus synchronization. Bypass fat supplementation and eCG administration did not modify estrus response, pregnancy rate, prolificacy or fecundity in lactating and non-lactating undernourished ewes. However, it was found that lactating ewes respond to the synchronization protocol initiated on day 25 postpartum.

Keywords: postpartum anestrous, focus nutrition, undernutrition.

Fecha de recepción: 8 de octubre de 2024

Fecha de publicación: 31 de enero de 2025

INTRODUCCIÓN

La producción de ovinos en México se realiza en todo el país, principalmente en la zona central. De acuerdo con datos oficiales, el inventario nacional ovino fue de 8.8 millones; y poco más de 40% de esta población ovina se encuentra en la región centro del país, en el Estado de México, Hidalgo, Veracruz y Puebla (SIAP, 2023). Además, la demanda de carne de ovino se concentra en estos estados, aproximadamente 85% de la carne que se consume a nivel nacional (Díaz-Sánchez, 2018).

En México, las unidades de producción ovina (UPO) se desarrollan en diferentes regiones y están condicionadas por disponibilidad de recursos, mercado, condiciones socioeconómicas, acceso a la tierra, disponibilidad de insumos y tecnología. Predominan los de tipo extensivo y familiar, este tipo de unidad de producción también es denominado como tradicional (Hernández-Bautista et al., 2022). La alimentación en estas UPO se basan en el pastoreo a orilla de caminos vecinales, terrenos comunales y pastizales en zonas de conservación (Bobadilla-Soto et al., 2021). La producción ovina a pequeña escala, de tipo tradicional, tiene un papel relevante para las familias involucradas en esta actividad, puesto que les permite aprovechar los subproductos y residuos de las cosechas (Herrera-Haro et al., 2019). Entre las desventajas del sistema de producción extensivo en la ovinicultura mexicana, se pueden mencionar la fluctuación estacional en la disponibilidad de ganado para el abasto, irregularidad en el tipo y la condición de los animales que se producen (Vázquez-Martínez et al., 2009); así como bajos índices productivos y reproductivos (Herrera-Haro et al., 2019). Adicionalmente, otra desventaja en los sistemas extensivos, es la disponibilidad de alimento, sobre todo en las etapas importantes para los eventos reproductivos, como la gestación y la lactancia (Silva et al., 2022).

Los ovinos en pastoreo están expuestos a periodos de subnutrición, debido a los cambios en la composición nutricional de los pastizales en las diferentes estaciones del año. Estos cambios en la disponibilidad de alimento tienen una influencia negativa en diferentes procesos relacionados con el eje reproductivo. El déficit nutricional puede incrementar la duración del anestro postparto o estacional, así como comprometer el establecimiento de la gestación (Meikle et al., 2018). La restricción de nutrientes durante la gestación lleva a un balance energético negativo (BEN) en la oveja, e impacta en varios procesos relacionados con la secreción láctea, crecimiento del feto, desarrollo de la cría postparto y finalmente el reinicio de la actividad reproductiva postparto (Rekik et al., 2010). Si esta escasez coincide con el último tercio de gestación de las ovejas, es inevitable la movilización de reservas corporales de la madre para asegurar el desarrollo y crecimiento fetal, garantizando la permanencia del producto hasta el momento del parto, sin embargo, los estados de desnutrición de la madre pueden causar alteraciones en el desempeño de productivo y la salud de la descendencia (Sinclair et al., 2016).

Uno de los métodos para mejorar el comportamiento reproductivo de las ovejas es la suplementación estratégica o nutrición focalizada (Martin, 2022). En ovinos, es posible estimular el desarrollo folicular al incrementar el consumo de energía (Scaramuzzi et al., 2011). Al mejorar estratégicamente la calidad de la dieta y las prácticas de alimentación, es posible incrementar la tasa de ovulación, mejorar la implantación embrionaria y, por lo tanto, la eficiencia reproductiva (Juengel et al., 2021; Martin, 2022; Tesfaye et al., 2023).

Estas estrategias cobran especial interés para solventar las necesidades de los animales en los sistemas de producción extensiva, cuando los requerimientos nutricionales no pueden ser cubiertos

sólo con el pastoreo. Ejemplos de la estrategia de nutrición focalizada con ingredientes energéticos, es el uso de la grasa de sobrepaso (Bianchi et al., 2018). Además, incluir otras estrategias de manejo, como el destete precoz o amamantamiento controlado, ha mostrado su utilidad en la reducción del anestro postparto (Morales-Terán et al., 2004; Ungerfeld & Sanchez-Davila, 2012).

Adicionalmente, el uso de hormonales, como la gonadotropina coriónica equina (eCG, por sus siglas en inglés: equine chorionic gonadotropin) puede mejorar la fecundidad (Dias et al., 2020; Kridli & Al-Khetib, 2006). En rumiantes, las eCG se une a los receptores de FSH y LH, estimulando el crecimiento folicular; y durante la época no reproductiva (anestro), la aplicación de esta hormona mejora la respuesta de estro y la ovulación (Kridli & Al-Khetib, 2006). En la época reproductiva, la dosis de eCG recomendada es de 200 a 300 UI, y se observa una mejor sincronización del estro y un menor tiempo de inicio al estro (después del retiro del progestágeno) con dosis de 300 UI (Quintero et al., 2022).

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta a un protocolo de sincronización de estros, con la inclusión de grasa de sobrepaso, como estrategia de nutrición focalizada y la aplicación de 300 UI eCG en ovejas lactantes y vacías subnutridas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, ubicado a una latitud N de 19° 27' 51'' y 98° 54' 34'' de longitud O. La región se encuentra a 2250 msnm y presenta clima templado con una precipitación media anual de 644.8 mm. La temperatura promedio es de 15 °C (García, 2004). El protocolo de sincronización inició durante la época reproductiva (octubre) y los partos se registraron en abril.

Animales, manejo y tratamientos

Para este estudio se respetaron los lineamientos del Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados (2016), de acuerdo con las normas oficiales Mexicanas NOM-024-ZOO-1995, NOM-033-ZOO-1995 y NOM-051-ZOO-1995.

Se utilizaron 112 ovejas de pelo como animales experimentales. Estas fueron divididas en dos grupos. El Grupo 1, conformado por 55 ovejas lactantes (con 25 días postparto); Grupo 2, conformado por 57 ovejas vacías (no lactantes). El peso vivo promedio de los animales experimentales fue de 38 ± 8 kg y una condición corporal de 2.2 ± 0.04 para las ovejas lactantes y 1.8 ± 0.03 , para las ovejas vacías (no lactantes). El peso vivo de los animales experimentales de este estudio estaba por debajo del promedio del rebaño (40.7 ± 7.1 kg), así como CC debajo de 2.5, en una escala de 1 a 5 (González-Maldonado et al., 2023), por lo cual estos animales fueron clasificados como subnutridos.

Las ovejas de los dos grupos fueron reasignadas a uno de los cuatro tratamientos por grupo, estableciendo un total de 8 grupos experimentales. Se utilizó un diseño completamente al azar, con la adición de grasa de sobrepaso (Grasa y Sin grasa) y la aplicación de eCG (eCG y Sin eCG). Para el caso de las ovejas vacías, los tratamientos fueron: T1: V+eCG (Ovejas vacías + 300 UI de eCG; n= 14), T2: V+G (Ovejas vacías + 8% de grasa de sobrepaso en dieta; n=14), T3: V+G+eCG

(Ovejas vacías + 8% de grasa de sobrepeso incluida en la dieta + 300 UI de eCG; n=14) y T4: V (Ovejas vacías, sin grasa y sin eCG; n=15). Para las ovejas lactantes los tratamientos fueron similares a los empleados en las ovejas vacías: T1: L+eCG (Ovejas lactantes + 300 UI de eCG; n=15), T2: L+G (Ovejas lactantes + 8% de grasa de sobrepeso en dieta; n=13), T3: L+G+eCG (Ovejas lactantes + 8% de grasa de sobrepeso incluida en la dieta + 300 UI de eCG; n=12) y T4: L (Ovejas lactantes, sin grasa ni eCG; n=15).

Alimentación

Todas las ovejas fueron alimentadas según sus requerimientos, con una dieta balanceada y de acuerdo con su estado fisiológico; lactantes (2.3 Mcal kg⁻¹ de MS de energía metabolizable y 18% de proteína cruda) y vacías (1.9 Mcal kg⁻¹ de MS de energía metabolizable y 15% de proteína cruda) de acuerdo con lo recomendado por el NRC (2007) (Tabla 1). Para los tratamientos que incluían la grasa de sobrepeso, se agregó el 8% de grasa granulada PALMALIFE® a la dieta base (misma que recibieron las ovejas sin grasa de sobrepeso). El agua se proporcionó *ad libitum* durante todo el estudio.

■ Tabla 1. Ingredientes de las dietas experimentales ofrecidas a ovejas de pelo.

Ingrediente (kg)*	Tratamientos	
	Sin grasa	Grasa
Paja de trigo	40	36
Alfalfa	29	25
Concentrado	20	20
Maíz	5	5
Grasa	0	8
Minerales	1	1
Melasa	5	5

*Porciones calculadas en base tal como se ofrece por kg de materia seca.

El protocolo de sincronización duró 10 días y la dieta experimental con grasa de sobrepeso (estrategia de nutrición focalizada) se ofreció durante 5 días. Entre los días 5 y 9 del protocolo de sincronización para favorecer el desarrollo folicular. En el caso de las ovejas que se encontraban lactando, los corderos permanecieron con las ovejas en amamantamiento continuo. Para complementar la alimentación de los corderos, nacidos durante la primera semana de octubre, a partir del día 7 de nacimiento, se les proporcionó un concentrado peletizado (creep feeding) a libre acceso.

Protocolo de sincronización del estro

El protocolo de sincronización en los dos grupos de ovejas (vacías y lactantes) se realizó de manera simultánea. En las ovejas lactantes, el dispositivo intravaginal (CIDR, Controlled Internal Drug Release; con 0.3 g de progesterona, Pfizer) fue colocado el día 25 postparto. El tratamiento con progesterona se realizó por 9 días. 48 h antes del retiro del CIDR se aplicó 1 mL oveja⁻¹ de prostaglandina (PGF2 α , Dinoprost; Lutalyse, Pharmacia & Upjohn, Michigan, USA), por vía intramuscular, con la finalidad de lisar cualquier cuerpo lúteo presente. Las ovejas en los tratamientos con eCG, recibieron 300 UI (Folligon, Intervet, D.F., México), por vía intramuscular 48 h antes del retiro del CIDR. La detección de estros se realizó después de retirar el CIDR, con la ayuda de machos celadores cada 4 h, por un periodo de 72 h.

Inseminación artificial (IA)

Antes de la inseminación, las ovejas fueron rasuradas y se desinfectó la región abdominal, especialmente en la base de la ubre, donde se realizaron las incisiones. El semen utilizado para la inseminación se colectó de carneros sanos y aptos reproductivamente. Las ovejas que mostraron signos de estro fueron inseminadas por laparoscopia, 12 o 18 horas posteriores al inicio del estro. Se utilizaron pajillas de 0.25 mL, con una concentración espermática de 50×10^6 , en cada cuerno uterino se colocó la mitad de la pajilla de semen.

Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación se realizó por vía transrectal al día 35 post-inseminación con un ultrasonido portátil (Aloka SSD 500, transductor 7 Mhz).

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

Respuesta al estro. Número de ovejas que manifestaron signos de estro después del retiro del dispositivo respecto al número total de ovejas de cada tratamiento.

$$\% \text{ Estro} = \frac{(\text{Número de ovejas que presentaron estro})}{(\text{Número total de ovejas por tratamiento})} \times 100$$

Inicio al estro. Intervalo de tiempo entre el retiro del CIDR y el inicio del estro. La distribución se determinó con el número de ovejas que entraron en estro hasta las 72 horas posteriores al retiro del CIDR.

Retorno al estro. Número de ovejas que manifestaron signos de estro en los dos ciclos posteriores a la IA (17 o 34 días post-inseminación).

$$\% \text{ Retorno a estro} = \frac{\text{Número de ovejas que presentaron retorno a estro}}{\text{Número total de ovejas por tratamiento}} \times 100$$

Tasa de gestación. Número de ovejas diagnosticadas gestantes, con respecto al total de ovejas por tratamiento.

$$\% \text{ Gestación} = \frac{\text{Número de ovejas gestantes}}{\text{Número total de ovejas por tratamiento}} \times 100$$

Tasa de parto. Número de ovejas paridas respecto al número total de ovejas por tratamiento.

$$\% \text{ Parto} = \frac{\text{Número de ovejas paridas}}{\text{Número total de ovejas por tratamiento}} \times 100$$

Prolificidad. Número de corderos nacidos vivos o muertos con respecto al número de ovejas paridas por tratamiento.

$$\% \text{ Prolificidad} = \frac{\text{Número de corderos nacidos}}{\text{Número total de ovejas paridas}} \times 100$$

Fecundidad. Número total de corderos nacidos vivos o muertos con respecto al número total de ovejas por tratamiento.

$$\% \text{ Fecundidad} = \frac{\text{Número de corderos nacidos}}{\text{Número total de ovejas por tratamiento}} \times 100$$

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SAS 9.0 (2012). Para las variables respuesta al estro, retorno al estro, tasa de gestación y tasa de parto se utilizó regresión logística, mediante el procedimiento PROC LOGISTIC. Las variables prolificidad y fecundidad, se analizaron mediante una distribución POISSON, con el PROC GENMOD. Para la variable inicio al estro se realizó la prueba de Shapiro & Wilk, para observar normalidad univariada y posteriormente se realizó el análisis con el método de tiempos de vida, usando el estimador de Meier (Kaplan-Meier), con el procedimiento LIFETEST. Las diferencias se determinaron con la prueba de Log-Rank. Para todas las variables se consideraron diferencias significativas cuando el valor fue ($p < 0.05$).

RESULTADOS

En las Tablas 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos, de acuerdo con el estado fisiológico de las ovejas. En ninguna de las variables evaluadas se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) debidas a la inclusión de grasa de sobrepeso en la dieta o la aplicación de eCG.

■ Tabla 2. Variables reproductivas evaluadas en ovejas vacías (no lactantes), suplementadas con grasa de sobrepeso y uso de eCG en el tratamiento hormonal para la sincronización de estros.

Variables	eCG	Grasa	Grasa+eCG	Testigo
Respuesta al estro (%)	100a (14/14)	85.7a (12/14)	85.7a (12/14)	85.7a (13/15)
Tasa de retorno (%)	28.6a (4/14)	35.7a (5/14)	42.9a (6/14)	46.7a (7/15)
Tasa de gestación (%)	64.3a (9/14)	64.3a (9/14)	57.1a (8/14)	46.7a (7/15)
Tasa de parto (%)	64.3a (9/14)	64.3a (9/14)	50a (7/14)	40a (6/15)
Prolificidad (%)	118a	116a	111a	128a
Fecundidad (%)	92.8a (13/14)	107a (15/14)	71.4a (10/14)	60a (9/15)

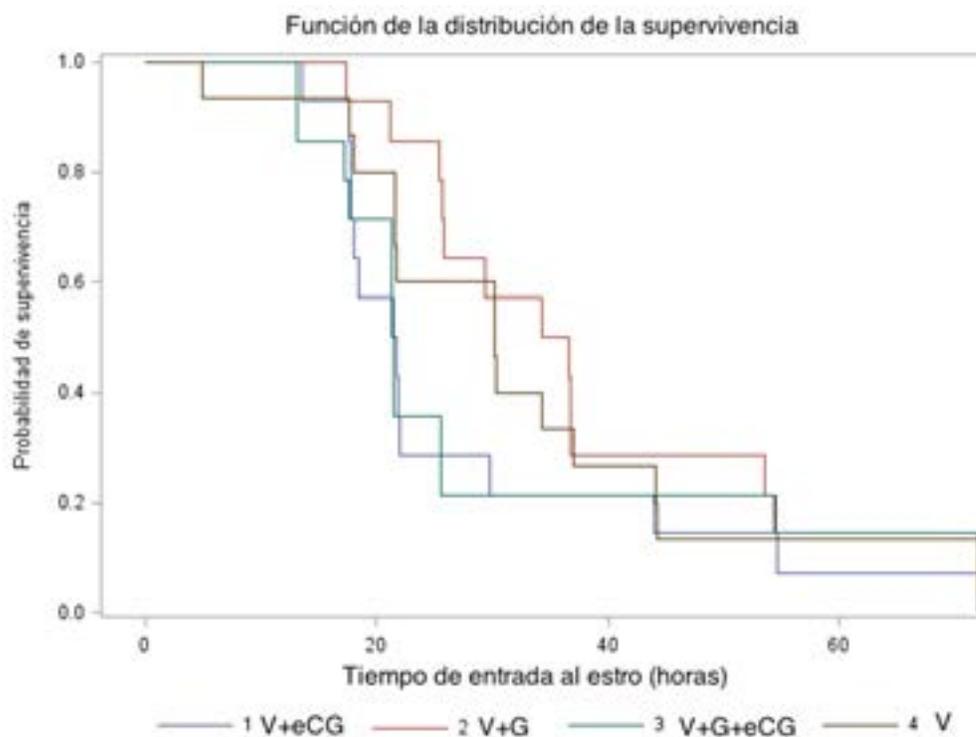
eCG: Ovejas vacías + eCG, Grasa: Ovejas vacías + Grasa de sobrepeso, Grasa+eCG: Ovejas vacías con grasa de sobrepeso + eCG, Testigo: Ovejas vacías. a,b Letras diferentes muestran diferencias entre tratamientos a una ($p < 0.05$).

■ Tabla 3. Variables reproductivas evaluadas en ovejas lactantes, suplementadas con grasa de sobrepeso y uso de eCG en el tratamiento hormonal para la sincronización de estros.

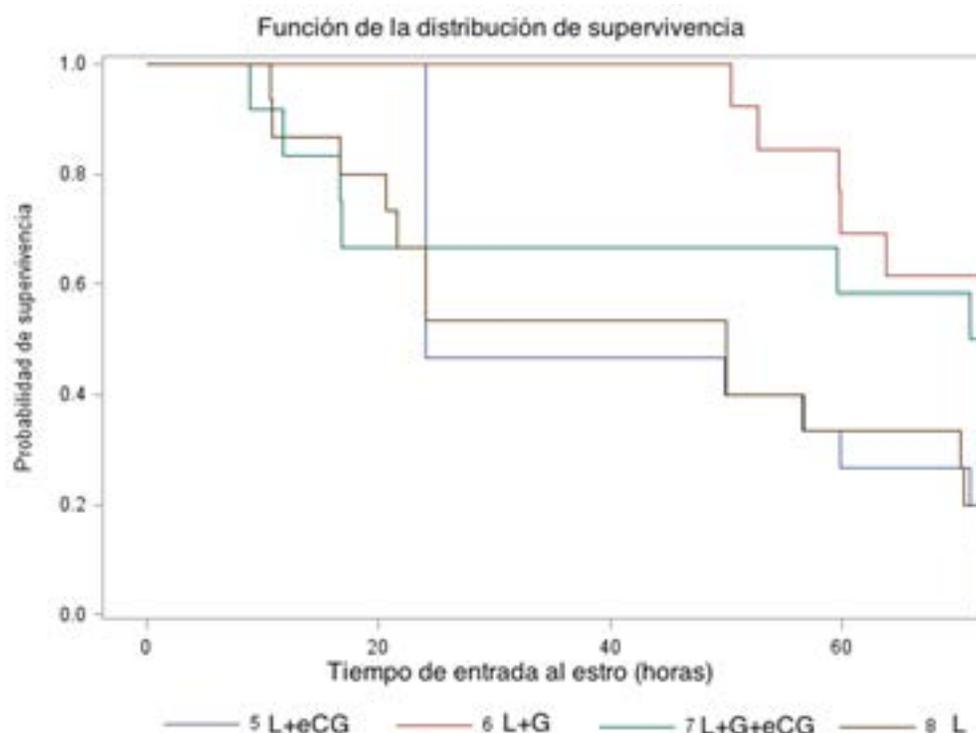
Variables	eCG	Grasa	Grasa+eCG	Testigo
Respuesta al estro (%)	80.0 a (12/15)	76.9 a (10/13)	75.0 a (9/12)	93.3 a (14/15)
Tasa de retorno (%)	20.0 a (3/15)	23.1 a (3/13)	41.7 a (5/12)	53.3a (8/15)
Tasa de gestación (%)	73.3 a (11/15)	76.9 a (10/13)	58.3 a (7/12)	46.7 a (7/15)
Tasa de parto (%)	60.0 a (9/15)	69.2 a (9/13)	58.3a (7/12)	20.0 a (3/15)
Prolificidad (%)	123a	211a	1163a	122a
Fecundidad (%)	106 a (16/15)	146 a (19/13)	150 a (18/12)	73.3a (11/15)

eCG:Ovejas lactantes + eCG, Grasa: Ovejas lactantes + Grasa de sobrepeso, Grasa+eCG: Ovejas lactantes con grasa de sobrepeso + eCG, Testigo: Ovejas lactantes a,b Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos a una ($p < 0.05$).

En las Figuras 1 y 2 se muestran los tiempos de inicio al estro, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). Sin embargo, en el grupo de ovejas vacías el inicio del estro se agrupó en un lapso de tiempo menor (32.5 h), en comparación con las ovejas lactantes (50.3 h) en promedio.



■ Figura 1. Curvas de supervivencia de inicio al estro formadas por los estimadores de supervivencia de Kaplan-Meier a diferentes tiempos por tratamiento ($p < 0.05$) de ovejas vacías.



■ Figura 2. Curvas de supervivencia de inicio al estro formadas por los estimadores de supervivencia de Kaplan-Meier a diferentes tiempos por tratamiento ($p < 0.05$) de ovejas lactantes.

DISCUSIÓN

Se sabe que el estado nutricional es un aspecto clave para el desempeño reproductivo de las ovejas, y los requerimientos aumentan en momentos como el último tercio de gestación y la lactación (Dos Santos et al., 2017). En diversos estudios se ha reportado que las ovejas con condición corporal (CC) alta tienen un mejor desempeño reproductivo, que puede ser medido en términos de fertilidad, actividad folicular y mayor tasa de ovulación, en comparación con ovejas en CC baja (Delgadillo & Martin, 2015; Viñoles et al., 2014). Entre los hallazgos que se han descrito en ovejas con CC alta vs CC baja, se encuentran diferencias en la duración del estro, a favor de aquellas con CC alta (De la Isla et al., 2010); presencia de folículos de mayor tamaño cuando la CC es alta (Viñoles et al., 2002) y menor tasa de ovulación asociada a una CC baja (De la Isla et al., 2010). En el caso de las ovejas lactantes, además existen otros factores que también influyen negativamente en el reinicio de la actividad reproductiva, entre ellos el efecto del amamantamiento, a través de la producción de péptidos opioides endógenos (POEs), neurotransmisores implicados en el mecanismo neuroendocrino que impide la ovulación durante el periodo postparto (Arroyo et al., 2009). Sin embargo, algunos estudios han mostrado que la CC alta o baja no modifica el reinicio de la actividad ovárica y ciclicidad en ovejas de pelo lactantes (Orozco-Durán et al., 2022).

En este estudio, los animales experimentales se encontraban con una CC menor a 2.5 (escala 1 a 5) el porcentaje de respuesta al protocolo de sincronización de ovejas (vacías y lactantes) fue similar al reportado por otros autores (González- Maldonado et al., 2023) en ovejas con condiciones corporales más altas.

El uso de eCG es efectivo para estimular el desarrollo folicular en protocolos de sincronización de estros (Boscos et al., 2002); el 100% de las ovejas vacías a las que se les aplicó eCG mostraron signos de estro aún cuando su condición corporal fue menor a 2.5. Las ovejas lactantes del tratamiento con grasa de sobrepeso + eCG en ovejas lactantes mostraron el porcentaje de respuesta más bajo (75 %). Esto puede deberse al efecto de la lactancia, diversos estudios han evidenciado que la prolactina desempeña un papel como modulador del sistema reproductivo en las ovejas. Esto se debe a su capacidad para inhibir la liberación de LH y FSH en la hipófisis, así como la liberación de la hormona gonadotropina a nivel hipotalámico, esto influye en la regulación de las hormonas reproductivas (Morales-Terán et al., 2004; Yue et al., 2024).

Una estrategia comúnmente recomendada para mejorar el desempeño reproductivo de las ovejas es la nutrición focalizada de corta duración. Al mejorar el consumo de nutrientes, es posible modificar la secreción de factores de crecimiento y el flujo de nutrientes, por lo que la viabilidad de los folículos dependientes de gonadotropinas puede mejorar (Scaramuzzi et al., 2011). En un estudio con ovejas Pelibuey desnutridas, la alimentación por 21 días con una ración del 120% de los requerimientos recomendados por el NRC, modificó la tasa de ovulación, tasa de retorno al estro, tasa de parición y prolificidad, los autores concluyen que en ovejas desnutridas son altamente sensibles a los aportes nutricionales positivos (González-Maldonado et al., 2023). Sin embargo, estos resultados difieren de los reportados por Viñoles et al. (2010), quienes mencionan que, aunque las ovejas con CC baja tienen folículos sensibles a gonadotropinas, estos no responden a los cambios metabólicos de la nutrición focalizada, por lo que no se observaron cambios en la tasa de ovulación en ovejas con CC baja, suplementadas con granos de lupino por 6 d⁻¹.

A pesar de que las ovejas en este estudio mostraron signos de estro en respuesta al protocolo de sincronización, la suplementación con grasa de sobre paso y/o la aplicación de eCG, no mejoraron ninguna de las variables evaluadas (Tablas 1 y 2). Existe la posibilidad de que el estado metabólico de estas ovejas influyera negativamente en la calidad de los folículos ováricos, la competencia de los ovocitos, así como el desarrollo embrionario, por lo que un porcentaje considerable de ovejas en todos los tratamientos retornaron al estro y no quedaron gestantes. También es posible que el periodo de suplementación y la ración ofrecida fueran insuficientes para provocar cambios en el estado metabólico de estas ovejas y, por tanto, no se observaron efectos positivos en las variables evaluadas.

Por otra parte, entre las ventajas del uso de la eCG se pueden mencionar el efecto positivo en el crecimiento folicular, dependiendo de la dosis, puede mejorar la tasa de ovulación, tasa de concepción y favorecer la presentación de partos múltiples (Kridli & Al-Khetib, 2006). Además, al estimular el crecimiento folicular, la eCG, favorece la agrupación del estro (Boscos et al., 2002) y este se presenta en menor tiempo (Quintero-Elisea et al., 2011). Sin embargo, en este estudio no se observó ningún efecto de la aplicación de eCG, en el tiempo de inicio al estro en ovejas vacías o lactantes (Figura 1 y 2). Es posible que, debido a la desnutrición de las ovejas experimentales, no se observaron efectos significativos de la eCG para la tasa de gestación, prolificidad y fecundidad ($p > 0.05$).

La desnutrición puede disminuir o inhibir la secreción pulsátil de LH ya sea en hembras o en machos (Merkley et al., 2020) y reducir la liberación de GnRH hacia la eminencia media y en la circulación portal hipofisiaria (I'Anson et al., 2000). La Kisseptina es un neuropéptido esencial para reproducción (Meikle et al., 2018) y en ovejas jóvenes, la suspensión de alimento por tres días resulta en una reducción moderada en la secreción de LH y Kisseptina. En ovejas adultas ovariectomizadas,

un estado de desnutrición crónica, puede causar la supresión en la secreción de LH y la reducción del ARNm de kisseptina a nivel núcleo arcuato (Backholer et al., 2010). Es posible que, en este estudio, la producción y secreción de kisseptina se vio afectada, por la suplementación con grasa o aplicación de eCG.

Además, la restricción en el consumo de alimento también puede producir un mal funcionamiento del rumen y disminución en la síntesis de proteína microbiana, que contribuye a mantener un balance negativo (Cal-Pereyra et al., 2012). Estos estados de desnutrición tienen consecuencias a largo plazo en la descendencia, las deficiencias de energía pueden afectar la productividad de las crías, en cuanto a crecimiento, producción de lana, leche o carne (Sinclair et al., 2016). Y pueden resultar críticos para los corderos, debido a que la tasa de mortalidad puede ser muy elevada durante los primeros días de nacidos (Banchemo et al., 2004). En los últimos años, los conceptos de “Programación fetal” y “Origen de la salud y enfermedad en el desarrollo” (DoHaD, por su acrónimo en inglés), han cobrado una gran importancia tanto en lo relacionado a la salud humana (Hsu & Tain, 2021) como de los animales de producción (Sinclair et al., 2016). Los estados de desnutrición en la oveja pueden afectar la productividad futura de su descendencia, por lo que la producción de lana, carne y leche, así como el desempeño reproductivo, se pueden ver comprometidos (Martin, 2022). En los sistemas de producción basados en el pastoreo extensivo, como es el caso de la producción ovina en México, la nutrición es uno de los principales desafíos, puesto que la disponibilidad de forraje de buena calidad está sujeta a variaciones estacionales. Por lo anterior, las estrategias de nutrición focalizada en estos sistemas de producción, con ingredientes de bajo costo, pueden ser una alternativa para mejorar el desempeño de estos animales en momentos clave del desarrollo.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la suplementación con grasa de sobre paso no mejoró la tasa de ovulación, prolificidad o la fecundidad; sin embargo, se recomienda continuar con esta línea de investigación, para evaluar otros aspectos de la desnutrición en las características reproductivas de ovejas en condiciones de subnutrición, así como las implicaciones en el desempeño de los corderos.

CONCLUSIONES

La suplementación con grasa de sobrepeso y la administración de eCG no modificaron la respuesta al estro, tasa de gestación, prolificidad o fecundidad en ovejas desnutridas lactantes y no lactantes. Sin embargo, se comprobó que las ovejas lactando responden de manera favorable al protocolo de sincronización iniciado al día 25 postparto, por lo que es factible el uso de un protocolo de sincronización antes de los 60 días postparto.

REFERENCIAS

- Arroyo, J., Magaña-Sevilla, H., & Camacho-Escobar, M. A. (2009). Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(3), 301-312.
- Backholer, K., Smith, J. T., Rao, A., Pereira, A., Iqbal, J., Ogawa, S., Li, Q., & Clarke, I. J. (2010). Kisspeptin cells in the ewe brain respond to leptin and communicate with neuropeptide Y and proopiomelanocortin cells. *Endocrinology*, 151(5), 2233-2243. <https://doi.org/10.1210/en.2009-1190>

- Banchero, G. E., Quintans, G., Martin, G. B., Lindsay, D. R., & Milton, J. T. B. (2004). Nutrition and colostrum production in sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(6), 633. <https://doi.org/10.1071/RD03091>
- Bianchi, A. E., Macedo, V. P., Da Silva, A. S., da Silveira, A. L. F., Hill, J. A. G., Zortéa, T., Rossi, R. M., & Batista, R. (2018). Effect of the addition of protected fat from palm oil to the diet of dairy sheep. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47, e20160137. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160137>
- Bobadilla-Soto E.E., Ochoa-Ambriz F., & Perea-Peña M. (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 963-982. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.44473>
- Boscós, C. M., Samartzi, F. C., Dellis, S., Rogge, A., Stefanakis, A., & Krambovitis, E. (2002). Use of progestagen–gonadotrophin treatments in estrus synchronization of sheep. *Theriogenology*, 58(7), 1261-1272. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01040-3](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01040-3)
- Cal-Pereyra, L., Acosta-Dibarrat, J., Benech, A., Da-Silva, S., Martín, A., & González-Montaña, J. R. (2012). Toxemia de la gestación en ovejas. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(2), 247-264.
- Colegio de Postgraduados. (2022). *Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación*. https://www.colpos.mx/wb_pdf/norma_interna/Reglamento_COBIAN-CP_2023.pdf
- De la Isla, G., Aké-López, R., Ayala-Burgos, A., & González-Bulnes, A. (2010). Efecto de la condición corporal y la época del año sobre el ciclo estral, estro, desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones de trópico. *Veterinaria México*, 41(3), 167-175.
- Delgado, J. A., & Martin, G. B. (2015). Alternative methods for control of reproduction in small ruminants – a focus on the needs of grazing animal industries. *Animal Frontiers*, 5(1), 57-65. <https://doi.org/10.2527/af.2015-0009>
- Dias, J. H., Miranda, V. O., Oliveira, F. C., Vargas Junior, S. F., Haas, C. S., Costa, V. G.G., Lucia Jr., T., Vieira, A. D., Corcini, C. D., & Gasperin, B. G. (2020). Treatment with eCG and hCG to induce onset of estrous cycles in ewes during the non-breeding season: Effects on follicular development and fertility. *Animal Reproduction Science*, 212, 106-232. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106232>
- Díaz-Sánchez, C. C., Jaramillo-Villanueva, J. L., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., Delgado-Álvarado, A., Hernández-Mendo, O., & Casiano-Ventura, M. Á. (2018). Evaluation of the profitability and competitiveness of sheep production systems in the region of Libres, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(2), 263-277. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4495>
- Dos Santos, S., Falbo, M., Sandini, I., Ishiy L., Deliberalli, & Posso, L. (2017). Ryegrass pasture supplementation strategies for lactating ewe performance. *Turkish Journal Veterinary Animal Science*, 41(6), 787-792. <https://doi.org/10.3906/vet-1703-86>
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Köppen (5ta ed.). Instituto de Geografía-UNAM.
- González-Maldonado, J., Tejeda Sartorius, O., Ramírez-Ramírez, A. I., & Gallegos-Sánchez, J. (2023). Reproductive performance of hair sheep under different body conditions and feeding levels. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 58, e03092. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03092>
- Hernández-Bautista, J., Rodríguez-Magadán, H. M., Salinas, R. T., Aquino, C. M., & Mariscal M. A. (2022). Caracterización de los sistemas de producción familiar ovina en la Mixteca Oaxaqueña, México. *Revista Mexicana Ciencias Pecuaria*, 13(4), 1009-1024. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.6100>
- Herrera-Haro, J. G., Álvarez-Fuentes, G., Bárcena-Gama, R., & Núñez-Aramburu, J. M. (2019).

- Caracterización de los rebaños ovinos en el sur del Distrito Federal, México. *Acta Universitaria*, 29, e2022. doi. <http://doi.org/10.15174.au.2019.2022>
- Hsu, C. N., & Tain, Y. L. (2021). Animal models for DOHaD research: Focus on hypertension of developmental origins. *Biomedicines*, 9(6), 623. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9060623>
- I'Anson, H., Manning, J. M., Herbosa, C. G., Pelt, J., Friedman, C. R., Wood, R. I., Bucholtz, D. C., & Foster, D. L. (2000). Central inhibition of gonadotropin-releasing hormone secretion in the growth-restricted hypogonadotropic female sheep. *Endocrinology*, 141(2), 520-527. <https://doi.org/10.1210/endo.141.2.7308>
- Juengel, J. L., Cushman, R. A., Dupont, J., Fabre, S., Lea, R. G., Martin, G. B., Mossa, F., Pitman, J. L., Price, C. A., & Smith, P. (2021). The ovarian follicle of ruminants: the path from conceptus to adult. *Reproduction Fertility and Development*, 33(10), 621-642. <https://doi.org/10.1071/RD21086>
- Kridli, R. T. & Al-Khetib, S. S. (2006). Reproductive responses in ewes treated with eCG or increasing doses of royal jelly, *Animal Reproduction Science*, 92(1-2), 75-85. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.05.021>
- Martin, G. B. (2022). Frontiers in sheep reproduction – making use of natural responses to environmental challenges to manage productivity. *Animal Reproduction*, 19(4), e20220088. <https://doi.org/10.1590/1984-3143AR2022-0088>
- Meikle, A., Brun, V. de, Carriquiry, M., Soca, P., Sosa, C., Adrien, M. de L., Chilibruste, P., & Abecia, J. A. (2018). Influences of nutrition and metabolism on reproduction of the female ruminant. *Animal Reproduction*, 15(Suppl. 1), 899-911. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0017>
- Merkley, C. M., Shuping, S. L., & Nestor, C. C. (2020). Neuronal networks that regulate gonadotropin-releasing hormone/luteinizing hormone secretion during undernutrition: Evidence from sheep. *Domestic Animal Endocrinology*, 73, 106469. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106469>
- Morales-Terán, G., Pro-Martínez, A., Figueroa-Sandoval, B., Sánchez-del-Real, C., & Gallegos-Sánchez, J. (2004). Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro postparto en ovejas Pelibuey. *Agrociencia*, 38, 165-171.
- NRC. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and New World camelids*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11654>
- Orozco Durán, K. E, Segura Correa, J., Herrera Ojeda, J., Herrera Camacho, J., & Bottini Luzardo, M. B. (2022). Body condition score at lambing did not affect the resumption of ovarian and estrous activity in lactating Pelibuey ewes. *Nova Scientia*, 14(28), 1-9. <https://doi.org/10.21640/ns.v14i28.2965>
- Quintero, E. J., Macías, C. U., Alvarez, V. D., Correa, C. A., González, R. A., Lucero, M. F., Soto, N. S., & Avendaño, R. L. (2011). The effects of time and dose of pregnant mare serum gonadotropin (PMSG) on reproductive efficiency in hair sheep ewes. *Tropical Animal Health and Production*, 43, 1567-1573. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9843-z>
- Quintero, E. J., Olguín, A. H., Velázquez, M. J., Garay, M. J., Vázquez, R. L., Limas, M. A., & Cancino, S. J. (2022). Effect of breed, breeding season, eCG dose, and eCG application time on the estrous cycle of hair ewe lambs. *Agro Productividad*, 15(7), 187-194. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i7.2321>
- Rekik, M., Ben Salem, H., Lassoued, N., Chalouati, H., & Ben Salem, I. (2010). Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: Effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. *Small Ruminant Research*, 90(1-3), 53-57. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.051>

- Scaramuzzi R.J., Baird D.T., Campbell B.K., Driancourt M.A., Dupont J., Fortune J.E., Gilchrist R.B., Martin G.B., McNatty K.P., McNeilly A.S., Monget P., Monniaux D., Viñoles C., & Webb R. (2011). Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. *Reproduction Fertility and Development*, 23(3):444-67. <https://doi.org/10.1071/RD09161>. PMID:21426863.
- SAS. (2012). SAS/STAT: User's guide statistics released 9.1. (2nd ed.). SAS Institute Inc. Scaramuzzi, R. J., Baird, D. T., Campbell, B. K., Driancourt, M. A., Dupont, J., Fortune, J. E., Gilchrist, R. B., Martin, G. B., McNatty, K. P., McNeilly, A. S., Monget, P., Monniaux, D., Viñoles, C., & Webb, R. (2011). Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. *Reproduction Fertility and Development*, 23(3), 444-467. <https://doi.org/10.1071/RD09161>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Población ganadera*. https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/
- Silva, S. R., Sacarrão-Birrento, L., Almeida, M., Ribeiro, D. M., Guedes, C., González Montaña, J. R., Pereira, A. F., Zaralis, K., Geraldo, A., Tzamaloukas, O., Cabrera, M. G., Castro, N., Argüello, A., Hernández-Castellano, L. E., Alonso-Diez, Á. J., Martín, M. J., Cal-Pereyra, L. G., Stilwell, G., & de Almeida, A. M. (2022). Extensive sheep and goat production: The role of novel technologies towards sustainability and animal welfare. *Animals*, 12(7), 885. <https://doi.org/10.3390/ani12070885>
- Sinclair, K. D., Rutherford, K. M. D., Wallace, J. M., Brameld, J. M., Stöger, R., Alberio, R., Sweetman, D. S., Gardner, D., Perry, V. E. A., Adam, C. L., Ashworth, C. J., Robinson, J. E., & Dwyer, C. M. (2016). Epigenetics and developmental programming of welfare and production traits in farm animals. *Reproduction, Fertility and Development*, 28(10), 1443-78. <https://doi.org/10.1071/RD16102>
- Tesfaye, A., Asmare, B., Abiso, T., & Wamatu, J. (2023). Effect of nutritional flushing using long-term energy and protein supplementation on growth performance and reproductive parameters of Doyogena ewes in Ethiopia. *Veterinary Science*, 10(6), 368. <https://doi.org/10.3390/vetsci10060368>
- Ungerfeld, R., & Sanchez-Davila, F. (2012). Oestrus synchronization in postpartum autumn-lambing ewes: Effect of postpartum time, parity, and early weaning. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(1), 62. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012101-233-11>
- Vázquez-Martínez, I., Vargas, L. S., Zaragoza, R. J. L., Bustamante, G. A., Calderón, S. F., Rojas, A. J., & Casiano, V. M. A. (2009). Tipología de explotaciones ovinas en la sierra norte del estado de Puebla. *Técnica Pecuaria México*, 47(4), 357-369.
- Viñoles, C., Paganoni, B. L., McNatty, K. P., Heath, D. A., Thompson, A. N., Glover, K. M. M., Milton, J. T. B., & Martin, G. B. (2014). Follicle development, endocrine profiles and ovulation rate in adult Merino ewes: effects of early nutrition pre- and post-natal; and supplementation with lupin grain. *Reproduction*, 147(1), 101-110. <https://doi.org/10.1530/REP-13-0104>
- Viñoles, C., Forsberg, M., Banchemo G., & Rubianes E. (2002). Ovarian follicular dynamics and endocrine profiles in Polwarth ewes with high and low body condition. *Animal Science*, 74(3), 539-545. <https://doi.org/10.1017/S1357729800052693>
- Viñoles, C., Paganoni, B., Glover, K. M. M., Milton, J. T. B., Blache, D., Blackberry, M. A., & Martin, G. B. (2010). The use of a 'first-wave' model to study the effect of nutrition on ovarian follicular dynamics and ovulation rate in the sheep. *Reproduction*, 140(6), 865-874. <https://doi.org/10.1530/REP-10-0196>
- Yue, S., Chen, J., Duan, C., Li, X., Yang, R., Chen, M., Li, Y., Song, Z., Zhang, Y., & Liu, Y. (2024). The effect of prolactin on gene expression and the secretion of reproductive hormones in ewes during the estrus cycle. *Animals*, 14(13), 1873. <https://doi.org/10.3390/ani14131873>



Efecto de la inclusión del bagazo cervecero sobre el rendimiento productivo y parámetros económicos de terneras en la Patagonia Chilena

Effects of brewer's spent grain inclusion in the diet on heifer performance and economic indicators in Chilean Patagonia

Jose I. Daza^{1*}, Ignacio E. Beltrán², Verónica González¹, Daniel Estroz¹,
Camila Reyes¹, José L. Urrejola³, Rodrigo Moldenhauer³

RESUMEN

Los sistemas ganaderos, en la Patagonia chilena, basan su producción en sistemas pastoriles en donde las praderas no presentan crecimiento durante el invierno. Una forma de suplir las deficiencias es el uso de forrajes conservados, aunque generalmente no cumplen con los requerimientos nutricionales de los animales. Entonces los ganaderos utilizan suplementos que mejoran la calidad nutricional de la dieta y esto eleva el costo de producción. El objetivo fue evaluar el efecto de la inclusión de bagazo cervecero húmedo (BCH) sobre el rendimiento productivo y los parámetros económicos de terneras durante el invierno. Se emplearon dos tipos de alimentación (HB: Heno de alfalfa + BCH; H: solo Heno de alfalfa) durante 78 días con 27 terneras Angus x Hereford. La inclusión de BCH disminuyó el consumo de EM, pero se mantuvieron los valores de PC y FDN, que se tradujo en ganancias diarias de peso superiores (0.2 kg/d) con respecto a H. Además, el costo diario de la dieta disminuyó en un 16%. La inclusión de BCH en un 20% de la dieta se convierte en una alternativa para la alimentación de terneras de carne en la Patagonia, concluyendo que al incluir un 20% de BCH se reduce el costo de la alimentación y se obtienen mejores rendimientos.

Palabras clave: bagazo cervecero húmedo, economía circular, terneras, Patagonia chilena.

*Autor para correspondencia: jose.daza@inia.cl

Fecha de aceptación: 22 de enero de 2025

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Tamel Aike, PO Box 296, Coyhaique, Región de Aysén, Chile.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue, PO Box 24-O, Osorno, Región de Los Lagos, Chile.

³Cervecería Belga de la Patagonia (D'OLBEK), Coyhaique, Región de Aysén, Chile.

ABSTRACT

Livestock systems in Chilean Patagonia base their production on pastoral systems, where the pastures do not grow during the winter. Conserved forage is used to supply winter feeding, which generally do not meet animal nutritional requirements. Thus, farmers use supplements that improve the nutritional quality, but raising production cost even more. Our study evaluates the inclusion of fresh brewer's spent grain (BSG) on heifers performance and economic parameters during winter. The study was carried out in two feeding periods (HB: Alfalfa hay + BSG; H: alfalfa hay only) for 78 days with 27 Angus x Hereford calves. The inclusion of BCH decreased ME intake, maintaining intakes of PC and NDF, however, it resulted in higher daily weight gains (0.2 kg/d) than the H period. In addition, daily diet cost decreased by 16%, concluding that including 20% BSG reduces the cost of feeding with better animal performance.

Keywords: brewer's spent grain, Chilean Patagonia, heifers, circular economy.

Fecha de recepción: 21 de octubre de 2024

Fecha de publicación: 31 de enero de 2025

INTRODUCCIÓN

En Chile, la producción de cerveza artesanal se ha incrementado en alrededor de un 30%, desde el 2018 a la fecha. Existen más de 300 cervecerías nacionales que produjeron aproximadamente 8 millones de hectolitros de cerveza para el año 2018 (Galle, 2019). En 2024, tuvieron una producción anual de 11.5 millones de hectolitros (Acechi, 2024). La consecuencia de este aumento en la producción, fue el incremento de los residuos orgánicos asociados. Estos pueden ser considerados como subproductos para la alimentación del ganado, entre ellos, el bagazo cervecero húmedo (BCH). López-Linares et al. (2020) mencionaron que, por cada kilogramo de cerveza producido, se generan alrededor de 0.2 kg de BCH. En este contexto, en la región de Aysén (Patagonia Chilena), existen alrededor de 25 cervecerías que producen más de 550 mil litros de cerveza al año, siendo la Cervecería Belga de la Patagonia (D'OLBEK) la más grande, con aproximadamente el 90% de la producción de cerveza regional. Esto se traduce en 125 t/año de subproducto BCH. Este es un problema ambiental para las cervecerías, al no poseer un valor económico establecido. Su reutilización en la alimentación animal puede incorporar al mercado de ingredientes un alimento de bajo costo para la dieta invernal del ganado. En este periodo es donde la demanda por forrajes y alimentos es elevada (Daza et al., 2022). Además, se da un valor agregado a este residuo de la producción cervecera.

El BCH ha sido descrito como un subproducto de poca materia seca (MS; 26%), alto contenido de proteína, fibra, carbohidratos, vitaminas y minerales (Klopfenstein, 2001; Senthilkumar et al., 2010; Rachwal et al., 2020). Se ha demostrado que su inclusión en la alimentación de ovinos y bovinos genera un efecto positivo en la productividad (Radzik-Rant et al., 2018; Rachwal et al., 2020; Singh et al., 2022).

Manterola et al. (1999) y Cañas (1995) describieron que el BCH tiene buena palatabilidad y se puede incluir entre el 20 y 30% de MS en la dieta. Si bien estos autores reportaron información acerca de la calidad nutricional del BCH, no fue así en el tema de la información económica y productiva sobre el uso en animales.

Por otro lado, los sistemas ganaderos en la Patagonia Chilena (región de Aysén), son extensivos, principalmente asociados a la producción de carne que dependen directamente del crecimiento y calidad de las praderas. Estas son el recurso forrajero más económico (\pm USD \$0.065 kg/MS) de la producción. Sin embargo, tienen crecimientos variables durante el año, siendo el invierno la época donde no existe desarrollo del forraje para suplir los requerimientos animales. En consecuencia, en la época de primavera y verano es donde las praderas expresan su mayor potencial productivo es donde este forraje se puede conservar en forma de ensilaje, henilaje y/o heno para suplementar durante el invierno (Hepp, 2019). Este proceso de conservación provoca que el costo por kg/MS de forraje aumente, disminuyendo la calidad nutricional, en comparación a la pradera para pastoreo. Daza et al. (2021) demostraron que la calidad nutricional de forrajes conservados en forma de heno y ensilaje de pradera, no cumplen con los requerimientos nutricionales de energía metabolizable (EM: 1.66 – 2.31 Mcal/kg MS) y poseen niveles medio-bajos de proteína cruda (PC: 9.7 – 13.2%). En la Patagonia, se vuelve necesaria la incorporación de los suplementos como concentrados comerciales y granos de cereales para balancear las dietas invernales. Si bien, estos suplementos aumentan la calidad nutricional de las dietas, la distancia entre los centros de producción del país y la región de Aysén, además de la poca accesibilidad a estos productos, provoca el incremento del costo económico (\pm USD \$0.55 kg/MS) en los sistemas ganaderos.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la inclusión de BCH sobre la productividad y parámetros económicos de terneras.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló durante 78 días (15 de junio al 31 de agosto del 2022) en el predio privado “Tres Manantiales”, ubicado en la comuna de Coyhaique, sector La Cordonada (45°45' S, 71°55' W), Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, Chile.

Todos los procedimientos animales realizados en el estudio fueron aprobados por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales en Investigación (CICUA), del Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA (Número único de aprobación: 03/2022).

Diseño experimental y dietas

El BCH fue adquirido entre junio y agosto del año 2022, en la Cervecería Belga de la Patagonia, D'OLBEK, localizada en la ciudad de Coyhaique, región de Aysén, Chile. La producción de cerveza disminuye durante el invierno por temas de mercado y, eventualmente, por el congelamiento de los tanques por las bajas temperaturas ($< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) que se presentan en la región. En virtud de lo anterior, el experimento se realizó en dos periodos diferentes pero usando los mismos animales.

Durante 78 días, en la época invernal, el estudio fue conducido con 27 terneras del cruzamiento Angus x Hereford, nacidas a principios del año 2022. Se realizó en un potrero de alrededor de 5 ha que fue pastoreado antes del ingreso de los animales y donde no existió crecimiento de pradera. Las terneras tuvieron libre acceso al agua y a una zona de resguardo de 104 m².

Los periodos diferenciados, por tipo de alimentación, fueron determinados por el porcentaje de inclusión en la dieta de los animales, siendo, HB: 80% de heno de alfalfa + 20% de BCH por 27 días; H: 100% de heno de alfalfa por 34 días. Previo al periodo experimental inicial (HB), los animales pasaron por un periodo de adaptación a la dieta de 17 días. En este periodo el BCH se incluyó de manera paulatina. Se observó el consumo y se incrementó cada tres días, aproximadamente 7.4 kg de BCH (1.75 kg/MS).

La calidad nutricional de las dietas (Tabla 1) se hizo recolectando muestras de heno y BCH. El contenido de materia seca (MS), se estimó secando en un horno de aire forzado a 60 °C por 48 h y posteriormente molidas a 1 mm (Willey Mill, 158 Arthur H, Thomas, Philadelphia, PA, USA). Se determinó el contenido de ceniza usando una mufla a 105 °C, el contenido de proteína cruda (PC) se estimó mediante la determinación del contenido de nitrógeno por combustión (Leco Model FP-428 Nitrogen Determinator; Leco Corporation, St Joseph, MI, USA) usando un factor de 6.25 para PC.

La fibra detergente neutro (FDN) se determinó como aFDN (Van Soest et al., 1991) utilizando amilasa termoestable (Ankom Technology Corp., Macedon, NY, USA). Finalmente, la energía metabolizable (EM) se determinó usando la regresión de valor “D” (digestibilidad de la materia orgánica/MS*100) y de forma in vitro de acuerdo con Tilley y Terry (1963). Todos los análisis de calidad nutricional de los alimentos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Austral de Chile, Valdivia.

■ Tabla 1. Composición química de las dietas experimentales (% en base a MS)

Ítem	Periodos ¹	
	HB	H
Ingredientes		
Heno de alfalfa ² , %	80	100
BCH ³ , %	20	
Composición química		
MS, %	74.0	86.8
PC, %	15.2	13.3
FDN, %	48.0	47.7
Valor "D", %	70.1	70.7
EM, Mcal kg/MS	2.55	2.57
Ceniza total, %	7.0	8.0

¹HB: 80% heno de alfalfa + 20% bagazo cervecero húmedo, H: 100% heno de alfalfa. ²Heno de alfalfa: 86,8% MS, 13,3% PC, 47,7% FDN, 70,7% Valor "D", 2,57 Mcal/kg MS, 8,0% Ceniza total. ³BCH: 23,7% MS, 22,8% PC, 49,4% FDN, 68,0% Valor "D", 2,49 Mcal/kg MS, 3,1% Ceniza total.

Consumo y rendimiento productivo

El consumo de materia seca (CMS) se estimó grupalmente. El heno de alfalfa fue ofertado de manera ad-libitum, realizando un conteo de los días que duraba un bolo de 374 kg/MS. Estos fueron pesados al inicio del ensayo y ofertados en dos anillos. La inclusión de BCH se estimó en un 20% de la dieta, calculado en base al 3% del peso vivo, ajustando la inclusión del BCH en cada cambio de peso de los animales. Durante el periodo HB, el BCH fue suministrado todos los días a las 10:00 horas en tres comederos, pesando los kg diarios a ofertar. No existió rechazo del BCH, por lo tanto, el consumo de los kg ofrecidos fue del 100%. El consumo de nutrientes fue estimado para cada periodo a partir del CMS y la composición nutrimental.

El rendimiento productivo de las terneras se midió con el peso. Fueron pesadas al inicio, mitad y final de cada periodo experimental (HB y H). La ganancia diaria de peso (kg/día) y ganancia total de peso (kg/animal) fue estimada en cada periodo, ajustado a los días de duración. La condición corporal (CC) se evaluó en cada pesaje, usando un intervalo de 1 a 5 (Navarro, 2009). Los animales iniciaron el primer periodo experimental (HB) con un promedio de peso vivo de 278 ± 40.7 kg y una condición corporal de 3.19 ± 0.21 .

Parámetros económicos

El análisis económico de los datos se presenta en dólares americanos (USD). Se determinó el costo de la dieta por cada alimento (Heno de alfalfa y BCH) y periodo experimental (HB y H). Para el heno de alfalfa, se realizó el costo por cada kg/MS considerando los 374 kg MS/bolo, y un costo de compra externa del bolo a \$77.28 USD. En el caso de BCH, se incluyó los trayectos de traslado del producto desde la cervecería al predio (73.4 km), los kg estimados de BCH trasladados (500 a 600 kg/frescos), el contenido de MS del BCH (23.7%), el costo del combustible por cada traslado (\$1.26 USD/km recorrido) y el CMS estimado. Se realizaron ocho trayectos durante todo el estudio para completar alrededor de 1.100 kg MS de BCH. Finalmente, se evaluó el ingreso económico marginal por cada periodo. Se tomó el valor de los animales en la Feria Regional Tattersal para el día 5 de septiembre del 2022 por \$2.46 USD/kg de peso vivo, además de los kg de peso ganados durante cada periodo y el costo total de la dieta.

Condiciones ambientales

Se colectaron datos de las condiciones ambientales en ambos periodos para realizar asociaciones con los resultados obtenidos. Los datos fueron adquiridos mediante la Red Nacional Agrometeorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA - <https://agrometeorologia.cl/>), de la estación “Tamel Aike – Coyhaique” ubicada a 21.6 km del predio de estudio.

Se tomaron datos diarios de temperatura (°C), humedad relativa (%), precipitación (mm), días de precipitación (+2 mm) y velocidad del viento (km/h) por cada periodo experimental (HB y H; Tabla 2).

■ Tabla 2. Composición química de las dietas experimentales (% en base a MS)

Ítem	Periodos ¹	
	HB	H
Días del periodo	27	34
Temperatura, °C	-0.40 ± 1.99	3.59 ± 2.15
Humedad relativa, %	85.98 ± 8.64	78.46 ± 7.33
Precipitación acumulada, mm	84.10 ± 6.68	60.20 ± 3.38
Precipitación diaria promedio, mm	3.11	1.72
Días de precipitación (+2 mm)	10	7
Velocidad del viento, km/h	12.36 ± 10.11	20.81 ± 9.62

¹HB: 80% heno de alfalfa + 20% bagazo cervecero húmedo, H: 100% heno de alfalfa.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron presentados como el promedio de cada una de las variables. En el caso del consumo animal y rendimiento productivo, los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) por cada periodo experimental.

RESULTADOS

Consumo de forraje y nutrientes

El consumo de forraje y nutrientes se muestran en la Tabla 3. Durante el periodo HB, el CMS fue menor, reduciendo el consumo heno de alfalfa en más de 2 kg, en comparación al periodo H. La inclusión de BCH mantuvo el consumo de PC y FDN, pero redujo el consumo de EM, comparado con el periodo en donde solo se incluyó el heno de alfalfa (H).

Rendimiento productivo

Los resultados relacionados con el rendimiento productivo se muestran en la Tabla 4. Para el periodo HB, las vaquillas obtuvieron una mayor ganancia diaria de peso (GDP) en comparación con el periodo H (aproximadamente 0.2 kg/día). La condición corporal no tuvo diferencias durante los dos periodos experimentales.

La evolución de la GDP, durante todo el experimento, se presenta en la Figura 1. Se observó que el segundo pesaje en cada periodo (HB y H) fue similar y superior al primer pesaje. Por otro lado, se observó que la falta de BCH ocasionó la disminución en el rendimiento productivo de los animales ($p < 0.01$). Este peso se recuperó en el segundo pesaje de H.

■ Tabla 3. Efecto del bagazo cervecero húmedo sobre el consumo de terneras.

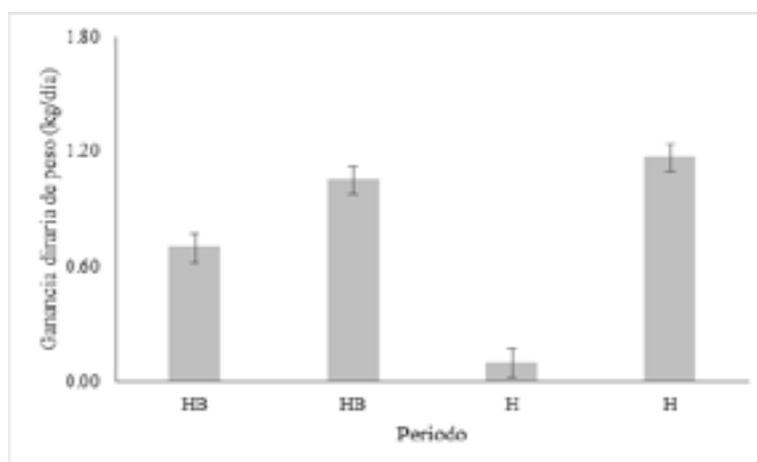
Ítem	Periodos ¹		EE	p Valor
	HB	H		
Días del periodo	27	34		
CMS (kg MS/día) ²				
Heno de alfalfa	6.67	9.03	0.22	<0.01
BCH	1.66	0	0.03	<0.01
Total	8.34	9.03	0.24	0.05
Consumo de nutrientes ³				
PC, kg/día	1.26	1.20	0.03	0.19
FDN, kg/día	4.00	4.31	0.11	0.07
EM, Mcal kg/día	21.31	23.22	0.63	0.03

¹HB: 80% heno de alfalfa + 20% bagazo cervecero húmedo, H: 100% heno de alfalfa. ²CMS: Consumo de materia seca, BCH: Bagazo Cervecero Húmedo. ³PC: Proteína Cruda, FDN: Fibra Detergente Neutro, EM: Energía Metabolizable. EE: Error estándar; p Valor: diferencias significativas entre los periodos menores a < 0,05.

■ Tabla 4. Efecto del bagazo cervecero húmedo sobre el rendimiento productivo de terneras.

Ítem	Periodos ¹		EE	p Valor
	HB	H		
Días del periodo	27	34		
Rendimiento productivo performance ²				
Peso vivo inicial, kg	278	301	8.25	0.05
Peso vivo final, kg	301	322	8.26	0.08
GDP, kg/día	0,85	0,62	0.05	0.01
Condición Corporal	3,56	3,56	0.04	1.00

¹HB: 80% heno de alfalfa + 20% bagazo cervecero húmedo, H: 100% heno de alfalfa. ²GDP: Ganancia Diaria de Peso. EE: Error estándar; p Valor: diferencias significativas entre los periodos menores a < 0,05.



■ Figura 1. Evolución de la GDP durante el experimento.

Parámetros económicos

Los resultados de los parámetros económicos se muestran en la Tabla 5. Se observó que el incluir BCH en la dieta de las terneras disminuyó el costo de la dieta diaria en un 16%, teniendo un efecto directo en el costo total de la dieta por periodo. Lo anterior, junto a la mejor ganancia de peso total (GPT) en el periodo HB, significó un ingreso marginal de \$10.75 USD/animal, en comparación al periodo H con un valor negativo de \$-17.38 USD/animal.

■ Tabla 5. Efecto del bagazo cervecero húmedo sobre parámetro económicos de terneras.

Ítem	Periodos ¹	
	HB	H
Días del periodo	27	34
Costo del heno de alfalfa, kg/MS	0.22	0.22
Costo del BCH, kg/MS	0.10	0
Costo diario de la dieta	1.70	2.03
Costo total de la dieta	45.83	69.04
GP Total, kg/periodo/animal	23	21
Ingreso marginal USD/animal ²	10.75	-17.38

¹HB: 80% heno de alfalfa + 20% bagazo cervecero húmedo, H: 100% heno de alfalfa. ²Ingreso marginal USD/animal = (GP Total * precio pagado kg)/Costo total de la dieta

DISCUSIÓN

Si bien, a nivel internacional existe importante información sobre el efecto de la inclusión de BCH en sistemas productivos de animales de carne, en Chile no existen en la actualidad estudios relacionados. Nuestros resultados aportan evidencia e información acerca de la primera evaluación que incluye el BCH sobre parámetros productivos y económicos en animales de carne.

Consumo de forraje y nutrientes

El CMS y la ingesta de nutrientes fue diferente entre los períodos. Esto se debe a que el peso inicial de los animales fue menor en el período HB (Tabla 3). A pesar de lo anterior, durante los dos periodos de evaluación, el consumo de PC y FDN no fue estadísticamente diferente ($p > 0.05$), contrario a los ocurrido para el consumo EM. Esto se puede atribuir al peso inicial de los animales en ambos periodos, pues los animales iniciaron el periodo HB con 23 kg menos de peso en comparación al periodo H. Además, el contenido de EM en el BCH fue menor en comparación al henilaje de alfalfa. Por otro lado, a pesar del mayor contenido de PC en la dieta, durante el periodo HB, el consumo fue similar en ambos periodos por el peso vivo de los animales. Otros investigadores reportaron niveles de PC similares a este estudio, 22.8% (Radzik-Rant et al., 2018; Singh et al., 2022). Otros estudios han evaluado sustituciones de alimentos proteicos por BCH en diferentes niveles de inclusión en terneras y vacas. Por ejemplo, Hatungimana et al. (2020) reportaron contenidos de PC por encima del 30% en el BCH, además, cuando se incluyó el 20% en la dieta de terneras lecheras, el consumo total de nutrientes fue similar al estudio actual. Faccenda et al. (2018) reportaron contenidos similares de PC en BCH, reemplazando la harina de soya en 33, 66 y 100% en la dieta de vacas lecheras, aunque no reportaron diferencias significativas en el consumo de PC. Sin embargo, informaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el consumo de FDN debido al mayor contenido de fibra del BCH en comparación con la harina de soya, grano de maíz y ensilaje de maíz.

Rendimiento productivo

El rendimiento productivo de las terneras fue diferente entre los períodos evaluados, esto resultó ser favorable para la GDP durante el periodo HB, donde se incluyó el BCH. Estos resultados son similares a los reportados por Singh et al. (2022), quienes observaron diferencias significativas incluyendo un 20% de BCH en la dieta de animales en crecimiento. En estudios con corderos suplementados con un 35% de inclusión de BCH, se encontraron diferencias de aproximadamente 100 g/día en el aumento de peso (Radzik-Rant et al., 2018). Otros autores como Moriel et al. (2015), en su estudio sobre la sustitución del maíz molido por BCH, en la dieta de terneras de carne, reportaron aumentos en la productividad animal y la eficiencia alimenticia similares a los observados en el presente estudio. Esto se atribuye al aumento de la calidad nutricional en la dieta con BCH ofrecida a los animales en un periodo de tiempo con menores requerimientos nutricionales en función de su peso vivo. Resultados contrastantes se encontraron de otros autores, quienes no tuvieron diferencias significativas en el aumento de peso al incluir el BCH en 7.2% y 20%, respectivamente. Ellos concluyeron que este subproducto de la industria cervecera permite que otros alimentos de la dieta puedan ser reemplazados sin comprometer el rendimiento de los animales (Parmenter et al., 2018; Hatungimana et al., 2020).

En cuanto a la evolución de la GDP durante el experimento, al inicio del período H, disminuyó en más de un 90%, en comparación con el período anterior (HB), con un crecimiento compensatorio hasta el final del período H. Esto se atribuyó principalmente a la restricción instantánea de la oferta de BCH y PC, que disminuyó aproximadamente un 12% entre períodos. Estos resultados contrastan con los reportados por Moriel et al. (2016), quienes observaron que la disminución de la frecuencia de suplementación tres veces por semana con BCH, no afectó el crecimiento en terneras de carne. Sin embargo, otros autores que realizaron estudios en la Patagonia Chilena con corderos y otros productos proteicos, concluyen que las dietas de mayor PC mejoran la productividad animal (Lira et al., 2020; Elizalde et al., 2020). Estos efectos son similares a los reportados por Sales et al. (2020), quienes concluyeron que la suplementación de terneros con granos puede reducir el período de engorda.

Parámetros económicos

En los parámetros económicos, se ha mencionado anteriormente que el BCH es un subproducto económico que puede incluirse en los sistemas ganaderos (Lynn et al., 2009; Robertson et al., 2010; Getu et al., 2020). Sin embargo, pocos autores mencionan el costo real de esta inclusión en base a materia húmeda y seca. En el presente estudio, el costo de BCH por kg MS fue significativamente menor (USD \$0.10 vs \$0.22, respectivamente) que el costo del heno de alfalfa. El resultado fue que durante el período con la inclusión de BCH (HB), el costo de la dieta diaria por animal disminuyó en un 16%. Estudios en India (Singh et al., 2022) y Estados Unidos (Hatungimana et al., 2020) reportaron costos por kg de BCH entre USD \$0.14 y \$0.19 USD, respectivamente, los que resultan superiores a los presentados en el presente estudio en donde se consideró solo el costo del combustible, sin mano de obra para suministrar el BCH. Otros autores como Segers et al. (2013), demostraron que la inclusión de BCH con ensilaje de maíz reduce el costo de los insumos sin afectar negativamente los parámetros económicos, incluyendo el crecimiento y la composición estimada de la canal.

De la misma forma, Singh et al. (2022) reportaron un costo de \$0.93 USD/kg PC y, dado que el PC es el nutriente más caro en la producción animal, el BCH se convierte en una alternativa de menor costo a otros alimentos proteicos de subproductos agroindustriales comunes. En el presente

estudio, el costo por kg de PC fue cercano a \$0.43 USD. Esto convierte al BCH en un suplemento invernal de bajo costo para los sistemas ganaderos de la Patagonia.

Condiciones ambientales

En las condiciones climáticas, se encontraron diferencias en la temperatura (°C) y precipitación acumulada (mm) entre los periodos experimentales, siendo HB el periodo con temperaturas promedio de -0.40 °C y con 20 mm por encima del periodo H. Sin embargo, a pesar de las condiciones ambientales desfavorables, la suplementación con BCH logró mantener ganancias de peso positivas en las terneras.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que el bagazo cervecero húmedo es una alternativa para la alimentación de terneras de carne durante la temporada invernal en la Patagonia chilena, cuando existe una oferta de 20% del total de la dieta ajustada al peso vivo. La inclusión del BCH en la dieta hace posible la reducción de los costos de alimentación en los sistemas ganaderos. Hubo aumento de los ingresos marginales por animal por peso vivo vendido con condiciones ambientales adversas. Sin embargo, es importante evaluar la conservación del BCH durante la temporada de verano, aprovechando el aumento en la producción por la industria cervecera.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del estudio ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA Tamel Aike) y la Cervecería Belga de la Patagonia (D'OLBEK) con apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), código de proyecto: EST-2021-0566. Además, se agradece la disponibilidad de tiempo y espacio del productor Fabián Barrientos Araneda, propietario del predio donde se realizó el estudio.

REFERENCIAS

- Acechi (2024). Asociación de Productores de Cerveza de Chile A.G. <https://acechi.cl/>
- Cañas, R. (1995). *Alimentación y nutrición animal*. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía.
- Daza, C. J., Reyes, S. C., González, M. V., Moldenhauer, R., & Urrejola, J. (2022). *Residuos de cervecería: Una oportunidad de uso en alimentación ganadera*. Ficha Técnica INIA Tamel Aike 193. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://biblioteca.inia.cl/items/22bb7147-decb-46e8-9892-6591f540f48b>
- Daza, J., Monsalve, R., M., Naguil, T. A., & Monsalve, E. (2021). *GTT Zona Húmeda de Aysén- Estudio de caso: Características físicas y nutricionales de forrajes conservados*. Ficha Técnica INIA Tamel Aike 131. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/67573>
- Elizalde, F., Hepp, C., Reyes, C., Tapia, M., Lira, R., Morales, R., Sales, F., Catrileo, A., & Silva, M. (2020). Growth, carcass and meat characteristics of grass-fed lambs weaned from extensive rangeland and grazed on permanent pastures or alfalfa. *Animals*, 11(1), 52. <https://doi.org/10.3390/ani11010052>

- Faccenda, A., Zambom, M. A., Avila, A. S., Fernandes, T., Stum, M. M., Garcias, J., Tinini, R. C. R., & Dias, A. L. G. (2018). Dried brewers' grain as a replacement for soybean meal on nutrient digestibility and rumen parameters of cattle. *South African Journal of Animal Science*, 48(6), 1093-1098. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i6.12>
- Galle, F. J. (2019). *Evaluación económica de una planta para elaboración de cerveza artesanal en la comuna de Los Lagos, Región de Los Ríos* [Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Austral de Chile]. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía.
- Getu, K., Getachew, A., Berhan, T., & Getnet, A. (2020). Supplementary value of ensiled brewers spent grain used as replacement to cotton seed cake in the concentrate diet of lactating crossbred dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 52(6), 3675-3683. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02404-5>
- Hatungimana, E., Stahl, T., & Erickson, P. (2020). Growth performance and apparent total tract nutrient digestibility of limit-fed diets containing wet brewer's grains to Holstein heifers. *Translational Animal Science*, 4(3), txaa079. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa079>
- Hepp, C. (Ed.) (2019). *Sistemas de producción de bovino de carne en la Patagonia Húmeda*. Boletín INIA403. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6797>
- Klopfenstein, T. (2001). Distillers grains for beef cattle. In *Proceedings National Corn Growers Association Ethanol Co-Products Workshop*. DDGS: Issues to Opportunities, 1-9.
- Lira, R., MacAdam, J., Sales, F., & Villalba, J. (2020). Supplemental levels of protein and energy influence ingestion of Romerillo (*Chilotrimum diffusum*) by sheep in southern Patagonia. *Small Ruminant Research*, 191, 106160. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106160>
- López-Linares, J. C., Lucas, S., García-Cubero, M. T., Jiménez, J. J., & Coca, M. (2020). A biorefinery based on brewer's spent grains: Arabinoxylans recovery by microwave assisted pretreatment integrated with butanol production. *Industrial Crops and Products*, 158, 113044. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113044>
- Lynn, B., Wohlt, J., Schoknecht, P., & Westendorf, M. (2009). Variation in nutrient content of microbrewers grains and effect on performance and carcass composition when fed wet to growing finishing swine. *The Professional Animal Scientist*, 25(4), 426-433. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30734-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30734-8)
- Manterola, H., Cerda, D., & Mira, J. (1999). Los residuos agroindustriales y su uso en la alimentación de rumiantes. En H. Manterola, D. Cerda & J. Mira (Eds.), *Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes* (pp. 121-125). Fundación para la Innovación Agraria, Chile.
- Moriel, P., Artioli, L., Poore, M., & Fellner, V. (2015). Effects of replacing ground corn with wet brewers grains on growth performance and concentrations of liver trace minerals and plasma fatty acids of preconditioning beef heifers fed medium-quality fescue hay. *The Professional Animal Scientist*, 31(5), 425-433. <https://doi.org/10.15232/pas.2015-01421>
- Moriel, P., Piccolo, M., Artioli, L., Poore, M., Marques, R., & Cooke, R. (2016). Decreasing the frequency and rate of wet brewers grains supplementation did not impact growth but reduced humoral immune response of preconditioning beef heifers. *Journal of Animal Science*, 94(7), 3030-3041. <https://doi.org/10.2527/jas2015-0250>
- Navarro, M. (2009). *Condición corporal en la ganadería de cría*. Cuadernillo Técnico N°8, Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina, IPCVA.
- Parmenter, R., Rickard, J., & James, D. (2018). Case Study: Effects of inclusion of wet brewers grains on the growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing cattle. *The Professional Animal Scientist*, 34(5), 505-512. <https://doi.org/10.15232/pas.2018-01725>
- Rachwal, K., Wasko, A., Gustaw, K., & Polak-Berecka, M. (2020). Utilization of brewery wastes in food industry. *PeerJ*, 8, e9427. <https://doi.org/10.7717/peerj.9427>

- Radzik-Rant, A., Rant, W., Niz'nikowski, R., Swiatek, M., Szymaska, Z., Slezak, M., & Niemiec, T. (2018). The effect of the addition of wet brewers grain to the diet of lambs on body weight gain, slaughter value and meat quality. *Archives Animal Breeding*, *61*(2), 245-251. <https://doi.org/10.5194/aab-61-245-2018>
- Robertson, J., l'Anson, K., Treimo, J., Faulds, C., Brocklehurst, T., Eijnsink, V., & Waldron, K. (2010). Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. *Food Science and Technology*, *43*(6), 890-896. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.019>
- Sales, F., Bravo-Lamas, L., Realini, C., Lira, R., Aldai, N., & Morales, R. (2020). Grain supplementation of calves as an alternative beef production system to pasture-finished steers in Chilean Patagonia: meat quality and fatty acid composition. *Translational Animal Science*, *4*(1), 352-362. <https://doi.org/10.1093/tas/txz188>
- Segers, J., Stelzleni, A., Pringle, T., Froetschel, M., Ross, C., & Stewart, Jr., R. (2013). Use of corn gluten feed and dried distillers grains plus solubles as a replacement for soybean meal and corn for supplementation in a corn silage-based stocker system. *Journal of Animal Science*, *91*(2), 950-956. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4392>
- Senthilkumar, S., Viswanathan, T., Mercy, A., Gangadevi, P., Ally, K., & Shyama, K. (2010). Chemical composition of brewery waste. *Tamil Nadu Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *6*(1), 49-51.
- Singh, P., Ghosh, M., Mahesh, M., & Chatterjee, A. (2022). Zoo-technical responses of growing cattle fed sun-dried brewers' spent grain at 20% of dietary inclusion. *Bulletin of the National Research Centre*, *46*, 126. <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00806-z>
- Tilley, J. M., & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, *18*(2), 104-111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Van Soest, P., Robertson, J., & Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74* (10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)



Conducta alimentaria de bovinos en pastoreo restringido suplementados con ensilado en estrés calórico durante periodo de sequía

Feeding behavior of cattle on restricted grazing supplemented with silage under heat stress during a drought period

Mirelly Venecia Mireles-Villanueva¹, Dámaso Leonardo Anaya-Alvarado¹, Flaviano Benavides-González¹, María de la Luz Vázquez-Sauceda¹, Ana Lucía Urbizu-González¹, Jesús Humberto Reyna-Fuentes^{1*}

RESUMEN

Se evaluó la conducta alimentaria de bovinos machos bajo condiciones de pastoreo restringido en periodo de sequía. Se evaluaron 16 animales (raza cebú tipo comercial), con un peso vivo inicial de 320 ± 23 kg, pastoreando un área total de 25 ha. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado con los tratamientos: Tratamiento 1 (T1): pastoreo diurno, 4 kg de heno de pasto estrella, harina de maíz (1 kg/animal/día) y vinaza (0.5 litros/animal/día); Tratamiento 2 (T2): pastoreo diurno, 4 kg de materia seca de ensilado de moringa, CT-169, camote (*Ipomoea batata*), probiótico (Vitafert®) como aditivo, vinaza (0.5 litros/animal/día) y harina de maíz (1 kg/animal/día). Se analizaron las actividades: pastoreo, rumia y otras actividades. Para evaluar el impacto del tipo de alimento sobre las variables de respuesta, se empleó un análisis de regresión lineal múltiple. Se concluye que la suplementación con ensilado de moringa, CT-169, camote y probiótico no influyó bajo las condiciones analizadas en la conducta alimentaria de bovinos machos en periodo de sequía.

Palabras clave: bovinos de carne, conducta alimentaria, ensilado, estrés calórico.

ABSTRACT

The feeding behavior of male cattle under restricted grazing conditions in the dry season was evaluated. A total of 16 animals (commercial zebu breed) were evaluated, with an initial live weight of 320 ± 23 kg, grazing a total area of 25 ha. A completely randomized design was applied with the treatments: Treatment 1 (T1): diurnal grazing, 4 kg of star grass hay, corn flour (1 kg/animal/day) and vinasse (0.5 liter/animal/day); Treatment 2 (T2): daytime grazing, 4 kg dry matter of moringa silage, CT-169, sweet potato (*Ipomoea batata*), probiotic (Vitafert®) as an additive, vinasse (0.5 liter/animal/day) and corn flour (1 kg/animal/day). The following activities were analyzed: grazing, rumination and other activities. To evaluate the impact of the type of food on the response variables, a multiple linear regression analysis was used. It is concluded that supplementation with moringa silage, CT-169, sweet potato, and probiotics did not influence the feeding behavior of male cattle during the dry season under the analyzed conditions.

Keywords: beef cattle, feeding behavior, silage, thermal stress.

*Autor para correspondencia: jesreyna@uat.edu.mx

Fecha de aceptación: 30 de enero de 2025

Fecha de recepción: 23 de enero de 2025

Fecha de publicación: 31 de enero de 2025

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

INTRODUCCIÓN

En las zonas tropicales se ha evidenciado que la base de la producción bovina es la alimentación a base de pastizales (Chuquirima, 2023). Sin embargo, en el trópico los recursos forrajeros naturales de los suelos son inadecuados e insuficientes como única fuente de alimento para la sostenibilidad de los sistemas ganaderos, durante ciertas épocas del año especialmente en temporada de sequía, donde no solo la calidad, si no la cantidad de la oferta forrajera afecta negativamente la producción y reproducción del animal (Tomalá, 2020). Por lo cual, una de las alternativas para contrarrestar la temporada de déficit de forraje es el uso de árboles y arbustos (follajes, vainas y frutos) contribuyendo a mejorar la calidad de la alimentación del ganado a un costo relativamente bajo y sustituyendo cantidades significativas de concentrados elaborados a base de granos (Peraza, 2017).

Asimismo, uno de los métodos más utilizados para la alimentación del ganado en temporada de sequía, es el ensilado, considerándose una excelente opción que permite la conservación de los forrajes y la utilización de aditivos como bacterias lácticas, enzimas, levaduras, entre otros (Benítez, 2021). Otro método de alimentación implementado es el pastoreo restringido, considerando que el ganado que se somete a una restricción alimentaria, muestra mayor deposición de proteínas en comparación con la deposición de grasa, debido a la etapa de realimentación, en la cual tienen un consumo mayor, siendo uno de los principales mecanismos que explican el crecimiento compensatorio, generando la ganancia de tejido magro de manera más eficiente que la acumulación de tejido graso (Clarinet et al., 2024). Además, cabe mencionar, que es considerada una alternativa para optimizar la utilidad de las áreas de pastoreo.

Por otro lado, la variabilidad en las temperaturas, la radiación solar y la humedad son factores que influyen en la productividad y rendimiento del ganado bovino en el trópico (Hernández, 2023). De esta manera, el estrés calórico es provocado por las altas temperaturas, las cuales afectan la eficiencia productiva del ganado bovino en general. Una forma indirecta de cuantificar lo anterior, es mediante el índice de temperatura y humedad (ITH), que representa el efecto combinado de estas medidas ambientales asociadas al estrés calórico (Ruíz, 2019).

En busca de alternativas para disminuir las pérdidas de los productores y ganaderos, así como compensar o mejorar la producción de carne en los sistemas que presentan estacionalidad en la base alimentaria, el objetivo de la presente investigación fue analizar la conducta alimentaria en bovinos machos con pastoreo restringido diurno suplementados con ensilado, heno, una fuente amilácea y un probiótico, bajo condiciones de estrés calórico en el periodo de sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el periodo de estiaje durante el mes de marzo (2017), en áreas experimentales del Instituto de Ciencia Animal (ICA) destinadas a la producción de bovinos de engorde en pastoreo, localizado a 22° 53' de latitud norte, a los 82° 02' de longitud oeste y 92 m.s.n.m. Municipio San José de las Lajas, Mayabeque, República de Cuba.

El ensilado se elaboró a base de ingredientes como CT-169, Moringa oleífera e Ipomoea batata, con un probiótico comercial (Vitafert®) como aditivo. Se utilizó un área total de 25 ha para el pastoreo de los animales en un sistema de pastos mejorados (*Bracharia sp.*, *Cynodon nlemfuensis* y *Guinea*

likoni) y naturales asociados con leguminosas herbáceas (soya forrajera y kudzú), en donde se determinó la composición botánica pre y post pastoreo (Mannetje & Haydock, 1963), para calcular el porcentaje del contenido de proteína cruda (PC) del heno y para el ensilado se utilizó el método de Kjeldhal (Diovisalvi, 2021).

El pastoreo restringido comprendió el horario diurno de 8:00 a 16:00 horas, registrando el tiempo dedicado a cada conducta cada 15 minutos: pastoreo, rumia y otras actividades por hora (Van et al., 2024). Previo al inicio del experimento, los animales tuvieron 21 días de adaptación. La identificación de los animales por tratamiento se realizó utilizando aretes diferentes, asimismo, los tratamientos se ofrecieron antes de salir al pastoreo.

Se utilizaron 16 toros mestizos lecheros (5/8 Holstein x 3/8 Cebú) en la fase de finalización (engrasamiento y conformación), con un peso de 320 ± 23 kg de peso vivo inicial. Considerando ocho animales por tratamiento: Tratamiento 1 (T1): pastoreo restringido diurno, 4 kg de heno de pasto estrella, harina de maíz (1 kg/animal/día) y vinaza (0.5 litros/animal/día). Tratamiento 2 (T2): pastoreo restringido diurno, 4 kg de materia seca de ensilado de moringa, CT-169, camote (*Ipomoea batata*), probiótico (Vitafer®) como aditivo, vinaza (0.5 litros/animal/día) y harina de maíz (1 kg/animal/día).

Para el índice de temperatura y humedad relativa (ITH), se utilizó un potenciómetro y un termómetro para las mediciones correspondientes a la humedad relativa del aire (%) y la temperatura del ambiente (°C) (Hanh, 1999).

Análisis estadístico

El presente estudio evaluó el efecto de la suplementación alimenticia sobre el comportamiento conductivo de 16 animales, con base en los grupos experimentales. Las observaciones se llevaron a cabo en el periodo de ocho horas por tres días consecutivos. Las variables de respuesta incluyeron el número de animales realizando actividades de rumia, pastoreo y otras actividades. Para evaluar el impacto del tipo de alimento sobre las variables de respuesta, se empleó un análisis de regresión lineal múltiple. En este modelo, las variables explicativas fueron el tipo de alimento (heno o ensilado), el día de observación (día 1, 2 o 3) y las horas de pastoreo (1 a 8). Se ajustaron modelos independientes para cada una de las variables de respuesta y se incorporaron interacciones entre el tipo de alimento y el día, así como entre el tipo de alimento y la hora, para explorar posibles efectos combinados. Las diferencias significativas en los modelos fueron declarados a un valor de $p < 0.05$ y se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para identificar las diferencias específicas entre grupos, días y horarios. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico JMP Pro 17®.

El modelo general utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 \text{Alimento } i + \beta_2 \text{Día } j + \beta_3 \text{Hora } k + \beta_4 (\text{Alimento} \times \text{Día})_{ij} + \beta_5 (\text{Alimento} \times \text{Hora})_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Número de animales observados en una actividad específica (rumiar, pastorear u otras actividades) para el grupo i , día j y hora k .

β_0 : Intercepto.

β_1 : Coeficiente asociado al efecto del tipo de alimento.

β_2 : Coeficiente asociado al efecto del día.

β_3 : Coeficiente asociado al efecto de la hora.

β_4, β_5 : Coeficientes asociados a las interacciones entre las variables.

ϵ_{ijk} : Error residual.

Para el ITH se implementó el método mencionado por Hanh (1999) aplicando la siguiente fórmula: $ITH = 0.81 \cdot TA + HR \cdot (TA - 14.4) + 46.4$, en donde:

TA: Temperatura del ambiente

HR: Humedad relativa

Asimismo, se presenta el ITH como: no estrés calórico ≤ 74 ; leve estrés calórico 75-79; estrés calórico medio 80-83 y estrés calórico grave ≥ 84 .

RESULTADOS

El porcentaje de proteína cruda del ensilado fue de 9.47% y del heno el 6%, en el caso de la composición botánica del área experimental para el pastoreo los resultados se muestran en la Tabla 1. En cuanto a la evaluación del efecto conductivo por el tipo de alimento, para el día 1 se observan diferencias significativas ($p < 0.01$) entre ambos grupos sobre las conductas de pastoreo, indicando que los animales del T1 realizaron una mayor proporción de la actividad en comparación con el T2 (Figura 1). Para la rumia ($p < 0.05$), se identificó que los animales del T2 dedicaron mayor tiempo; sin embargo, para otras actividades el efecto de ambos tratamientos no fue significativo ($p > 0.05$) (Tabla 2).

■ Tabla 1. Composición botánica en porcentaje del área experimental previo y post pastoreo por el método de Marnettje y Haydock (1963).

Especie	Previo al pastoreo	Post pastoreo
Brachiaria (mulato)	76%	59%
Leguminosas herbáceas	10%	15%
Cynodon nlemfuensis	7%	8%
Guinea Likoni	2%	5%
Maleza	2%	8%
Otras especies	3%	5%

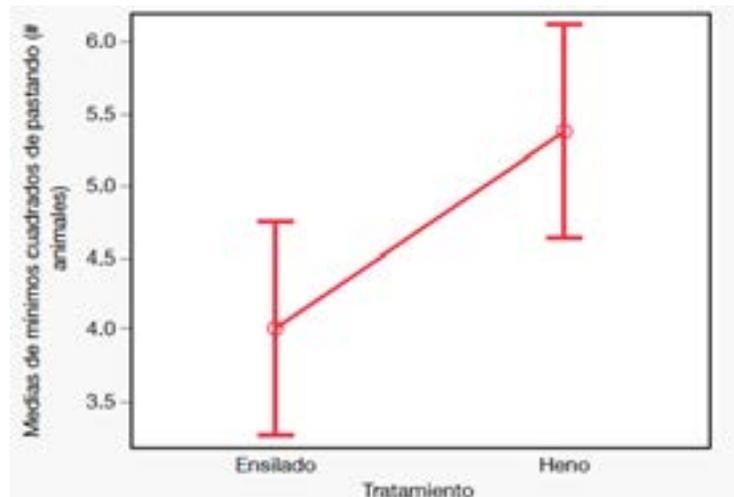
Para los días 2 y 3, los resultados expusieron que no hay significancia entre ambos tratamientos ($p > 0.05$), lo que sugiere que el efecto de la alimentación entre tratamientos varía entre días (Tablas 3 y 4). Asimismo, se observó que, los coeficientes asociados al efecto del día (β_2) y la hora (β_3) sugieren que, la actividad de pastoreo se concentró durante las primeras horas del día (Figura 2) mostrando una interacción significativa ($p < 0.0001$). Por el contrario, la rumia en las últimas horas del día tuvo un incremento significativo ($p < 0.001$) (Figura 3), lo que representa que el comportamiento en estas conductas exterioriza patrones temporales distintos.

En lo que respecta al ITH, a partir de las 8:00 horas mostró valores superiores a 74.4 y después de las 12:00 horas superior a 84, considerando que valores mayores a 78 causa estrés calórico en los

animales, lo que se relaciona con la concentración de mayor cantidad de animales pastando a las 9:00 h descendiendo paulatinamente.

■ Tabla 2. Resultados del efecto conductivo durante el pastoreo restringido el día 1 por tratamientos.

Evaluación del efecto conductivo día 1					
Animales pastoreando (#)					
Tratamiento	Media	IC I 95%	IC S 95%	Valor p	E.E.
Heno	5.37a	3.25	4.747	< 0.01	0.34
Ensilado	4b	4.63	6.122	< 0.01	
Animales rumiando (#)					
Tratamiento	Media	IC I 95%	IC S 95%	Valor p	E.E.
Heno	1.12b	0.39	1.85	<0.05	0.34
Ensilado	2.5a	1.79	3.23	<0.05	
Otras actividades (#)					
Tratamiento	Media	IC I 95%	IC S 95%	Valor p	E.E.
Heno	1.5	0.78	2.21	NS	0.32
Ensilado	1.5	0.78	2.21	NS	



■ Figura 1. Medias de mínimos cuadrados para la conducta de pastoreo entre ambos tratamientos.

DISCUSIÓN

El contenido de proteína cruda (PC) del ensilado utilizado en el presente estudio es bajo, para el T2, con el 9.47% de PC, lo que se puede atribuir a que la moringa. Si bien, la moringa tiene un alto contenido de proteína, su inclusión en el ensilado fue en poca proporción, mientras que los demás ingredientes aportan un contenido pobre en PC. Sin embargo, los resultados reportados por Rodríguez et al. (2016), indican valores de PC de 6.8, 7.07, 6.92 y 7.16% en ensilajes mixtos de Pennisetum sp. y moringa en proporción 70:30 con diferentes niveles de camote (0, 5, 10 y 15%) más un probiótico como aditivo microbiano. No obstante, el T1 que incluyó heno y harina de maíz más vinaza, contó con un 6.0% de PC. Asimismo, Beretta et al. (2013), describen que la restricción

de tiempo de acceso al pastoreo no afecta el consumo de materia seca y forraje, ni la selectividad con relación a los animales en pastoreo libre, considerando que la disponibilidad de pasto no es una limitante en cantidad y calidad.

■ Tabla 3. Resultados del efecto conductivo durante el pastoreo restringido el día 2 por tratamientos.

Evaluación del efecto conductivo día 2					
Animales pastoreando (#)					
Tratamiento	Media	IC I 95%	IC S 95%	Valor <i>p</i>	E.E.
Heno	4.25	3.37	5.10	NS	0.4
Ensilado	5.37	4.49	6.20	NS	
Animales rumiando (#)					
Tratamiento	Media	IC I 95%	IC S 95%	Valor <i>p</i>	E.E.
Heno	1.50	0.69	2.30	NS	0.37
Ensilado	1.62	0.82	2.42	NS	
Otras actividades (#)					
Tratamiento	Media	IC I 95%	IC S 95%	Valor <i>p</i>	E.E.
Heno	2.25	1.27	3.22	NS	0.44
Tratamiento	1.00	0.02	1.97	NS	

■ Tabla 4. Resultados del efecto conductivo durante el pastoreo restringido el día 3 por tratamientos.

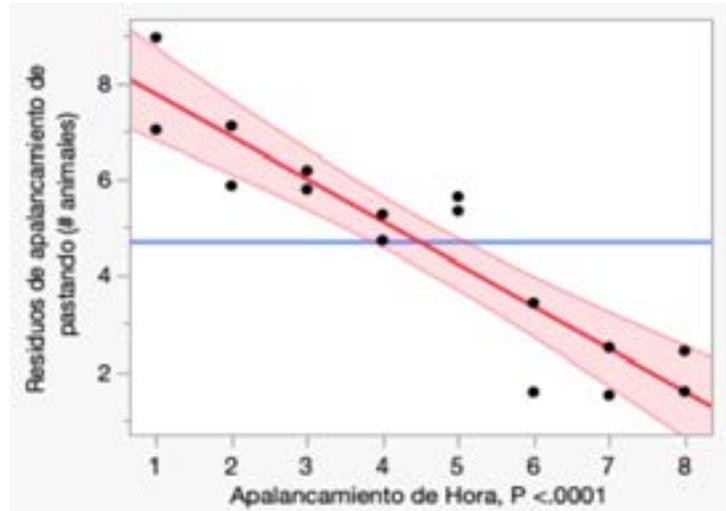
Evaluación del efecto conductivo día 3					
Animales pastoreando (#)					
Tratamiento	Media	IC I 95%	IC S 95%	Valor <i>p</i>	E.E.
Heno	4.37	3.79	4.95	NS	0.26
Ensilado	5.00	4.42	5.57	NS	
Animales rumiando (#)					
Tratamiento	Media	IC I 95%	IC S 95%	Valor <i>p</i>	E.E.
Heno	0.62	0.18	1.06	NS	0.21
Ensilado	0.62	0.18	1.06	NS	
Otras actividades (#)					
Tratamiento	Media	IC I 95%	IC S 95%	Valor <i>p</i>	E.E.
Heno	2.37	1.66	3.08	NS	0.32
Tratamiento	3.00	2.28	3.71	NS	

Los resultados obtenidos en el análisis del comportamiento precisan patrones temporales diferentes entre las actividades de pastoreo y rumia para el día uno entre tratamientos, sin embargo, el tipo de alimento no influyó sobre el tiempo dedicado a otras actividades para los días evaluados.

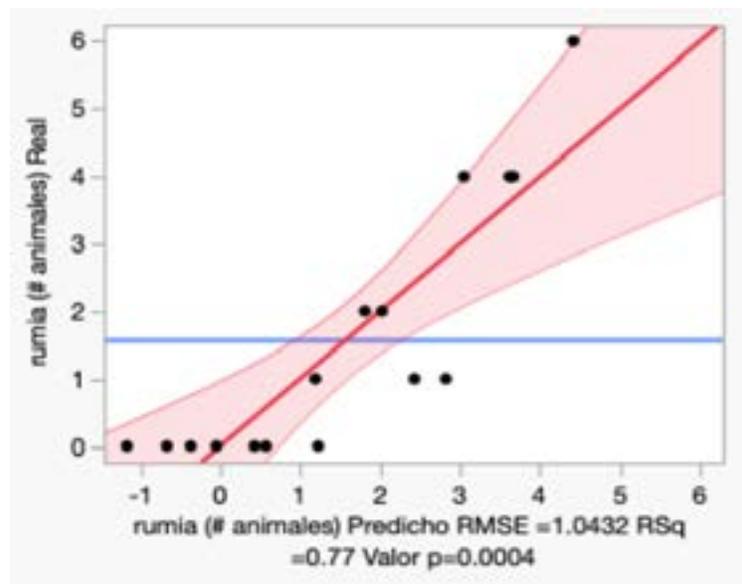
En relación con los resultados significativos de los coeficientes asociados al efecto del día (β_2) y la hora (β_3), de las conductas de pastoreo y rumia, promueve que la variación observada entre días y horas podría estar asociada con factores ambientales o patrones circadianos inherentes al comportamiento animal. Lo que se relaciona, con los resultados interpretados por Gutiérrez et

al. (2023) en donde describen que los bovinos que se encuentran en estado de peligro térmico incrementan el acceso a los bebederos ($p < 0.01$) a las 12:00 horas, mientras que, incrementan la actividad de descanso ($p < 0.01$) dentro de las 12:00 y 16:00 horas con un ITH elevado.

En cuanto al comportamiento ingestivo Snokieski et al (2021) y Beretta et al (2013) exponen que las condiciones a las cuales un animal se encuentra expuesto, en este caso el estrés calórico como uno de los factores que afectan a los animales disminuyendo su actividad y aumentando el consumo de agua, al igual que la combinación con la radiación solar y la elevada humedad relativa generando una carga calórica para el animal que resulta una reducción de su rendimiento.



■ Figura 2. Coeficientes asociados al efecto del día (β_2) y la hora (β_3) con la conducta de pastoreo.



■ Figura 3. Coeficientes asociados al efecto del día (β_2) y la hora (β_3) con la conducta de rumia.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio muestran que el tipo de alimento puede estimular una mayor actividad digestiva y conductiva en el corto plazo. Estos efectos pueden explicarse por las propiedades físicas del alimento, las cuales en ocasiones requieren una mayor masticación y procesamiento ruminal, así como por su influencia en la prolongación del tiempo de ingestión y rumia. Por otra parte, para las actividades catalogadas como "otras", no se observaron diferencias significativas entre los grupos, lo que indica que estas actividades no fueron moduladas directamente por el tipo de alimento. La ausencia de efectos significativos sugieren que el impacto del tipo de alimento puede estar condicionado por factores como la adaptación inicial al manejo experimental y la dieta proporcionada. Esto resalta la importancia de considerar los periodos de transición y adaptación en estudios conductivos, ya que las respuestas iniciales pueden no ser representativas de los patrones conductuales a largo plazo. En términos generales, los hallazgos sugieren que los tipos de alimento promueven actividades conductivas relacionadas con la digestión de manera más pronunciada. Sin embargo, para obtener una perspectiva más completa, sería necesario evaluar cómo estas diferencias evolucionan a lo largo de un periodo más prolongado de observación. Finalmente, los resultados destacan la necesidad de considerar el tipo de alimento como un factor clave en la formulación de estrategias alimenticias en sistemas de producción animal, especialmente durante las fases iniciales de suplementación o cambio de dieta.

En esta investigación se encontró que la suplementación con ensilado de moringa, CT-169, camote y un probiótico no influye en la conducta alimentaria; sin embargo, el ITH demostró que al encontrarse el animal en estrés calórico pueden reducir las actividades conductuales.

REFERENCIAS

- Beretta, V., Simeone, Álvaro, & Bentancur, O. (2013). Shade management associated to grazing restriction: Effect on cattle behaviour and summer performance. *Agrociencia Uruguay*, 17(1), 131-140. <https://doi.org/10.31285/AGRO.17.527>
- Chuquirima R., D., García S., M. E., & Hidalgo V., Y. (2023). Componentes del sistema de producción de bovinos doble propósito en los cantones Nangaritza y Palanda, provincia Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(4), e23850. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i4.238>
- Clarijet, J., Banhero, G., Monstossi, F., Brito, G., Rovira P., & La Manna, A. (2024). Avances técnicos en el crecimiento de bovinos para carne. En A. Canozzi & J. Clariget (Eds.), *Recría y engorde de bovinos: avances tecnológicos en alimentación y manejo* (pp. 83-89). Unidad de comunicación y transferencia de tecnología del INIA.
- Elías, A., & Herrera, F. (2011). Registro de patente 81/2011. Registro de Invenciones. Oficina Cubana de la Propiedad Industrial. La Habana, Cuba.
- Diovisalvi, N. V., Izquierdo, N., Echeverría, H., García, F. & Reussi Calvo, N. (2021). Methods to determine nitrogen in sunflower grains. *Ciencia del Suelo*, 39(2), 16-31.
- García Martínez, E. M., Fernandez Segovia, I., & Fuentes López, A. (2013). Aplicación de la determinación de proteínas de un alimento por el método de Kjeldahl. Valoración con una base fuerte. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de Valencia [Archivo

- PDF].<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29832/proteinas%20medio%20b%20c3%20a%20sico-%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez, C. Z., Loera, J. J. P., Pérez, B. I. C., Angulo, A. E., Estrada, J. D. U., & Rincón, F. G. R. (2023). Respuesta conductual diurna de bovinos productores de carne en finalización intensiva en el trópico seco: Conducta diurna de bovinos productores de carne. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 15(1), 4.
- Haydock, P. K., & Shaw, N. H. 1975. The comparative yield methods for estimations of dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15(76), 663-670.
- Hernández Ignacio J., González Gómez R & Mejía Flores, I. (2023). Effect of climate on superovulatory response, quality and stage of embryonic development in tropical cattle. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(Suplemento), 57-60. <https://doi.org/10.53588/alpa.310511>.
- Mannetje, L., & Haydock, R. J. (1963). The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. *Grass and Forage Science*, 18(4), 268-275
- Ruíz Jaramillo, J. I., Vargas Leitón, B., Abarca Monge, S., & Hidalgo, H. G. (2019). Efecto del estrés calórico sobre la producción de ganado lechero en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 733-750. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35984>
- Skonieski, F. R., Souza, E. R. D., Gregolin, L. C. B. Fluck, A. C., Costa, O. A., Destri, J., & Neto, A. (2021). Physiological response to heat stress and ingestive behavior of lactating Jersey cows in silvopasture and conventional pasture grazing systems in a Brazilian subtropical climate zone. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 213. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02648-9>
- Tomalá Muñoz, J. J. (2020). *Evaluación de la panca de arroz amonificada con urea, como suplemento alimenticio en ganaderías vacunas del cantón Baba, Los Ríos*. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8474/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000113.pdf?sequence=1>
- Van Dixhoorn, I., Aubé, L., Van Zyl, C., De Mol, R., & Van der Werf, C. (2024). From data on gross activity to the characterization of animal behaviour: which metrics for which purposes. 2024. Hal Open Science. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.24891252>

INSTRUCCIONES PARA AUTORES

TIPO DE COLABORACIÓN

Artículo científico

Estructurar el artículo en el siguiente orden: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 300 palabras, palabras claves, abstract, key words introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, agradecimientos (opcional) y literatura citada. La extensión máxima del manuscrito es de 25 cuartillas incluyendo tablas y figuras.

Artículo de revisión

La publicación de este tipo de manuscrito está sujeto a consideración del editor en jefe. Los tópicos que se discutirán serán los que se encuentran dentro del alcance de la revista. El artículo debe estar estructurado en el siguiente orden: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 300 palabras, palabras claves, abstract, key words introducción, desarrollo del tema (con los apartados necesarios a criterio del autor (es), conclusión y literatura citada.

Comunicaciones cortas

Este tipo de publicación es adecuada para registrar los resultados de pequeñas investigaciones completas o dar detalles de nuevos modelos o hipótesis, métodos innovadores o técnicas. El estilo de las secciones principales no necesita ajustarse al de los artículos completos. Las comunicaciones cortas tienen alrededor de 6 a 12 páginas manuscritas de extensión. Estructurar el artículo en el siguiente orden: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 100 palabras, palabras claves, abstract, key words, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, agradecimientos (opcional) y literatura citada.

Casos clínicos

La publicación de este tipo escrito ofrecen observaciones científicas relacionadas con la atención de un caso, que usualmente comprende una entidad nosológica poco frecuente, emergente,

reemergente o que se presenta de manera atípica. Este artículo debe estar integrado por los siguientes elementos: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 100 palabras, palabras claves, abstract, key words introducción, caso clínico (desarrollo de la historia clínica, confirmación de laboratorio), discusión y conclusiones, agradecimientos (opcional) y literatura citada. Debe tener una extensión de 10 páginas y máximo 5 tablas o ilustraciones.

Para más información consulta las instrucciones específicas en el siguiente enlace.



<https://cienciasveterinariasyproduccionanimal.uat.edu.mx/index.php/cienciasVeterinarias/about/submissions>



Universidad Autónoma de
TAMAULIPAS



**Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia**
Dr. Norberto Treviño Zapata

CIENCIAS
Veterinarias
— y Producción Animal



VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD