



Pecuarios.com
Biblioteca Digital



Avicultura.mx



Ganaderia.com



Porcicultura.com



Avicultura.mx



Ganaderia.com



Porcicultura.com

VOLUMEN 3 | SEPTIEMBRE - OCTUBRE 2025

ISSN-e: 2992-7293

COMITÉ EDITORIAL

Director:

Luis Felipe Islas Guerra

luis@pecuarios.com

Director Adjunto:

Manuel Pérez Menéndez

manuel@pecuarios.com

Editores:

Dra. María Elena Trujillo Ortega

Dr. Miguel Ángel Alonso Díaz

Dr. Juan Carlos del Río García

Publicación de la Biblioteca Digital Pecuarios.com Digital Año 3, Vol. 3, Núm 17, Septiembre - Octubre 2025, es una publicación bimestral editada por Pecuarios.com, calle León Guzmán #305-8, Colonia Centro, Teziutlán, Puebla, C.P. 73800, Tel. (231) 312-4060, <https://www.pecuarios.com>, editorial@pecuarios.com, Editor responsable: Luis Felipe Islas Guerra, luis@pecuarios.com. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo, género publicaciones periódicas 04-2024-030110590400-20, ISSN-e 2992-7293, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor.

Los artículos y fotografías son responsabilidad exclusiva de los autores. Los derechos de autor están reservados conforme a la Ley y a los convenios de los países signatarios de las Convenciones Panamericana e Internacional de Derechos de Autor. La reproducción parcial o total de este número solo podrá hacerse previa autorización escrita del Editor de la publicación. Derechos Reservados © 2022-2025, Pecuarios.com Última actualización: 1 de Septiembre de 2025.

CONTENIDO:

Avicultura.mx

Efecto de un adsorbente a base de fibra y extracto de romero en un alimento contaminado con aflatoxina B1 sobre los parámetros productivos y la bioquímica sanguínea en pollos de engorda **05**

Autores: **Valeria** Romero Rosas | **María de Jesús** Nava Ramírez | **Carolina** Moreno Ramos

Guadalupe Prado Ochoa | **Jacqueline** Uribe Rivera | **Juan Carlos** Del Río García

Marina Victoria Uribe Martínez | **Octavio** Zúñiga Ramírez

Monitoreo del agua, suelo y excremento para la identificación de parásitos gastrointestinales en gallinas ponedoras **18**

Autores: **Elkin Giovanni** Quiroga Calderon

Ganaderia.com

Cambio climático y producción ganadera **32**

Autores: **Gerardo** Juárez Corral

Desarrollo de un medio de cultivo alternativo para asegurar la integridad de Tritrichomona foetus post descongelamiento de muestras positivas **63**

Autores: **Carlos Eduardo** Aragón López | **E.S.** Aguirre Urías | **J.C.** Leyva Corona

L. A. Flores Encinas | **M.** Castro Urrea | **M.I.** Morales Pablos

Evaluación de Gliricidia sepium y pulpa de café sobre las emisiones de metano entérico en novillos de crecimiento **78**

Autores: **Cristian** Cruz Matías | **F.** Avilés Nova | **M.** González Ronquillo | **O.** Castelán Ortega

Reproducción asistida para la mejora genética en ganadería de carne de la mixteca de Puebla, Mexico **90**

Autores: **José Víctor** Rodríguez Hernández

CONTENIDO:

Porcicultura.com

Agrosistema productivo: un medio de producción sostenible **99**

Autores: **Jaime Manuel** García Olivar

Evaluación del comportamiento productivo y peso de órganos de lechones lactantes alimentados con distintas fuentes de zinc **104**

Autores: **Isis Yayoí** Martínez Velasco | **Adelfa del Carmen** García Contreras

Fernando Aguirre Acevedo | **Jesús Alberto** Guevara González | **Yasmin Guadalupe** De Loera Ortega

Identificación y cuantificación de factores asociados a la presentación de un intervalo de destete a primer servicio de 4 a 7 días en cerdas de primer parto **129**

Autores: **Omar Olvera** de la Cruz | **Gerardo** Ramírez Hernández | **Roberto Gustavo** Martínez Gamba

Por amor a los animales **143**

Autores: **Jorge Antonio** Perea Gayosso

SPLAYLEG... Ser lechón es más difícil de lo que parece **160**

Autores: **María de la Luz** Ramírez Torres | **Saúl** Reveles Félix

Variaciones productivas y reproductivas en cerdas debidas al estrés calórico **175**

Autores: **Carlos Alberto** Altamirano Fernández | **Fátima** Matamoros González

Néstor Méndez Palacios

Efecto de un adsorbente a base de fibra y extracto de romero en un alimento contaminado con aflatoxina B1 sobre los parámetros productivos y la bioquímica sanguínea en pollos de engorda

Resumen

Este experimento se realizó para determinar el efecto de un adsorbente a base de fibra y extracto de romero añadido a una dieta contaminada con AFB₁ en 45 pollos de engorde Ross de 1 día de edad sobre los parámetros productivos y bioquímicos. Para este proyecto, las aves fueron asignadas aleatoriamente en tres tratamientos: (1) Control con una dieta basal testigo, (2) AFB₁ dieta contaminada con 250 ng de AFB₁/g, (3) AFB₁+FR dieta contaminada con 250 ng de AFB₁/g de alimento + 5 g de fibra y extracto de romero /kg de alimento. El proyecto se desarrolló durante 21 días, la adición del adsorbente mejoró el peso corporal, la ganancia de peso y el consumo de alimento de los pollos de engorde. Sin embargo, en la bioquímica sanguínea, no se encontró diferencia estadística significativa entre los 3 tratamientos. En el presente estudio se pudo concluir que la adición del adsorbente de

fibra y extracto de romero fue capaz de aliviar los efectos negativos de la AFB₁ sobre los parámetros productivos en los pollos de engorda.

Introducción

En la actualidad, el sector avícola mexicano juega un papel fundamental en la seguridad alimentaria del país, aportando 6.67 millones de toneladas de productos ricos en proteína de alta calidad, como carne de pollo y huevo (SENASICA, 2023). En el año 2022, la producción nacional de carne de pollo alcanzó los 3.79 millones de toneladas, con un consumo per cápita de 33.62 kg. Esta industria también impulsa la producción agrícola, demandando 17.7 millones de toneladas de insumos (UNA, 2022). No obstante, la creciente demanda de cereales y granos, que representan dos tercios de la ingesta alimentaria mundial, plantea un desafío significativo: la contaminación por micotoxinas, un problema que afecta aproximadamente al 25% de la producción global de estos cultivos (Galvano et al., 2001).

Diversos hongos filamentosos, bajo condiciones óptimas de humedad relativa, temperatura, pH, actividad del agua e iluminación, tienen la capacidad de producir micotoxinas (Serrano et al., 2015). Una de las micotoxinas de mayor interés en el sector avícola, son las aflatoxinas, producidas por ciertas cepas de hongos, principalmente por *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* y *A. nomius* (Bogantes et al., 2004). Existen diversos tipos de aflatoxinas, entre ellas, la aflatoxina B₁ (AFB₁) la aflatoxina B₂ (AFB₂), la aflatoxina G₁ (AFG₁) la aflatoxina G₂ (AFG₂), la aflatoxina M₁ (AFM₁) y la aflatoxina M₂ (AFM₂). La AFB₁ es considerada la de mayor toxicidad, clasificada en el grupo 1 por la Agencia Internacional para la

Investigación del Cáncer (IARC) debido a sus efectos hepatotóxicos, carcinógenos y mutágenos. La aflatoxicosis, causada por la toxina AFB₁, representa una grave amenaza para la industria avícola. Uno de los signos más importantes de la aflatoxicosis en los pollos de engorda son inapetencia, reducción de la actividad, marcha inestable, rendimiento deficiente, anemia e inmunosupresión. El principal órgano afectado es el hígado, el cual suele presentar congestión, hemorragia, necrosis, cambios grasos en los hepatocitos y hepatomegalia (Nava-Ramírez et al., 2018). Esta enfermedad provoca un aumento significativo en la mortalidad y morbilidad de las aves, generando pérdidas económicas importantes para los productores (Benkerroum et al., 2019).

Uno de los retos más importantes dentro de la producción avícola es reducir la presencia de la AFB₁ en los alimentos de las aves. Frente a estos problemas, diversos productores e investigadores se han comprometido a implementar diversas prácticas de prevención y descontaminación con el propósito de reducir los riesgos asociados con la AFB₁ en los alimentos. Tradicionalmente, los adsorbentes inorgánicos han sido la primera opción en la industria avícola para mitigar los efectos de micotoxinas como la AFB₁. Sin embargo, la investigación reciente ha explorado alternativas más naturales, como los adsorbentes orgánicos, especialmente las fibras vegetales. Estos últimos, ricos en celulosa, lignina, pectina, lípidos y otros compuestos, han mostrado alta capacidad de adsorción de AFB₁ en estudios *in vitro*. No obstante, se requiere de más investigación *in vivo* para confirmar su eficacia en condiciones reales de producción (Manafi et al., 2014). En consecuencia, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el potencial de un nuevo adsorbente natural, a base de fibra y extracto de romero,

para mitigar los efectos adversos de la aflatoxina B₁ en pollos de engorda.

Justificación

La contaminación por AFB₁ en los alimentos avícolas es un problema recurrente que impacta negativamente en la salud y productividad de los pollos de engorda. Dada la importancia económica del sector avícola, es fundamental investigar estrategias efectivas para reducir los efectos adversos de esta micotoxina. La presente investigación se centra en evaluar el potencial de un adsorbente orgánico a base de fibra y extracto de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) mediante el estudio de los parámetros productivos y bioquímicos de los pollos de engorda expuestos a una dieta contaminada con AFB₁.

Hipótesis

Se espera que los pollos de engorda alimentados con un adsorbente a base de fibra y extracto de romero en una dieta contaminada AFB₁, obtengan una mejoría en los parámetros productivos y bioquímicos en comparación con aquellos expuestos a la toxina.

Objetivo general

Evaluar el efecto de un adsorbente de fibra y extracto de romero en una dieta contaminada con AFB₁ en pollos de engorda, mediante la determinación de los parámetros productivos y la bioquímica sanguínea.

Materiales y métodos

Lugar y diseño experimental

El proyecto se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán en el Bioterio de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, localizada en la carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

Se utilizaron 45 pollitos de 1 día de edad de la estirpe Ross sin sexar. El agua de bebida y el alimento se ofreció de manera *ad libitum* durante todo experimento. Las aves se dividieron en 3 tratamientos y cada tratamiento contó con 3 repeticiones:

| Tratamiento | No. de aves | Descripción |
|----------------------|-------------|--|
| Control | 15 | Alimento comercial (dieta basal testigo) |
| AFB ₁ | 15 | Alimento comercial contaminado con 250 ng de AFB ₁ /g de alimento |
| AFB ₁ +FR | 15 | Alimento comercial contaminado con 250 ng de AFB ₁ /g de alimento+5 g de adsorbente a base de fibra y extracto de romero/kg de alimento |

Adsorbente orgánico

El adsorbente orgánico a base de fibra y extracto de romero lleva por nombre ZURO y fue proveniente del municipio de Apaxco de Ocampo, Estado de México.

Alimento

Se realizó la determinación de aflatoxinas totales en el alimento comercial y en el alimento comercial contaminado con AFB₁ mediante el método de columnas de inmunoafinidad (AflaTest de VICAM). Una vez conocida la concentración del alimento comercial contaminado, se ajustó a una concentración de 250 ng/g de AFB₁ con el alimento comercial libre de aflatoxinas.

Parámetros productivos

Se pesaron a los pollitos semanalmente hasta los 21 días de edad, registrando el peso corporal, la ganancia de peso, el consumo de alimento y el índice de conversión alimenticia.

Parámetros bioquímicos

Al día 21 de edad, en los 3 tratamientos se seleccionaron 2 pollos de cada réplica (6 pollos), de los cuales se colectaron las muestras sanguíneas del seno venoso occipital en tubos amarillos para la obtención del suero sanguíneo. Se realizó la determinación de los analitos sanguíneos (proteínas totales (PT), albúmina (ALB), globulinas (GLO), glucosa (GLU), nitrógeno ureico (BUN), creatinina (CRE) y las enzimas hepáticas como la alanina aminotransferasa (ALT), el aspartato aminotransferasa (AST), y la gamma glutamil transpeptidasa (GGT)) mediante el uso del equipo MNCHIP.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza ANOVA de una vía. La comparación de medias se realizó utilizando la prueba

de Tukey ($p < 0.05$) y los datos fueron analizados con el paquete estadístico GraphPad Prism 9.

Resultados y discusión

En la **Tabla 1** se pueden observar los parámetros productivos de los pollos de engorda a los 21 días de edad. En cuanto al peso corporal de los pollos de engorda, se observó que el tratamiento AFB_1+FR alcanzó el mayor peso en comparación con el tratamiento AFB_1 . Sin embargo, entre los tratamientos Control y AFB_1+FR , no se observó diferencia estadística significativa. El uso de un adsorbente compuesto por 70% de glucano derivado de membrana celular de levadura, 25% de montmorillonita y 5% de aceite de romero en un alimento contaminado con 3000 ng de AFB_1/g de alimento en pollos Ross de 21 días de edad, mejoró el peso corporal respecto a aquellos pollos que no fueron alimentados con el adsorbente (Santos et al., 2014). Además, Saleh, N, et al. (2019) observaron que la suplementación dietética con aceites esenciales de romero en pollos de engorda de 42 días de edad, aumentó significativamente el peso corporal con respecto al grupo control, lo cual concuerda con nuestros resultados.

Por otra parte, en la ganancia de peso de los tratamientos Control y AFB_1+FR no se observó diferencia estadística significativa entre sí. Sin embargo, los pollos de engorda del tratamiento AFB_1 , redujeron su ganancia de peso hasta un 38.02% y un 33.22%, respectivamente. Nava-Ramírez et al. (2024) observaron que los pavos de 28 días de edad alimentados con 0.5% de alfalfa como adsorbente de AFB_1 , mejoraron su ganancia de peso en

comparación del grupo control. Sin embargo, no fue una diferencia estadística significativa.

En cuanto al consumo de alimento, el tratamiento AFB_1+FR presentó una diferencia significativa mayor respecto al tratamiento AFB_1 . Sin embargo, en los tratamientos AFB_1+FR y AFB_1 no se observó una diferencia estadística significativa con respecto al tratamiento Control. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Çelýk et al. (2003) quienes reportaron un menor consumo de alimento en las aves que fueron tratadas con un alimento contaminado con 200 ng de AFB_1/g de alimento, respecto al grupo control y el grupo de pollos de engorda que fueron alimentados con un alimento contaminado con 200 ng de AFB_1/g de alimento y un adsorbente orgánico.

Finalmente, el índice de conversión alimenticia de la presente investigación no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos. Sin embargo, Hassan et al. (2023) observaron que los pollos de engorda de 35 días de edad alimentados con 1000 ng de AFB_1/g de alimento y suplementados con 2 y 3 g de *Aloe vera* en polvo/kg de alimento, disminuyeron su índice de conversión alimenticia, respecto al grupo control.

En los últimos años, la adición de adsorbentes orgánicos han sido una alternativa eficiente, económica y eficaz frente a los adsorbentes inorgánicos, debido a que éstos tienen la capacidad de reducir el contenido de AFB_1 en el tracto gastrointestinal de los animales, debido a que por su alto peso molecular pueden unirse a las micotoxinas lo que limita la biodisponibilidad gracias a la formación del complejo micotoxina y agente adsorbente. (Nedeljković et al. 2015; Vila-Donat et al. 2018). Algunos autores

refieren que el uso de plantas y sus subproductos en aves de producción mejoran el rendimiento en el crecimiento de las aves. Además, se ha demostrado que éstos tienen actividad inmunoestimulante, antimicrobiana y antioxidante (Saleh, N. 2019).

TABLA 1

Parámetros productivos en pollos de engorda a los 21 días de edad alimentados con tres tratamientos diferentes.

| | Control | AFB ₁ | AFB ₁ + FR |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Peso corporal | 824.27±22.28 ^{ab} | 751.33±19.58 ^b | 841.80±25.22 ^a |
| Ganancia de peso | 488.40±22.06 ^a | 302.70±45.10 ^b | 453.30±27.11 ^a |
| Consumo de alimento | 476.5±22.28 ^{ab} | 385.32±22.28 ^a | 418.09±22.28 ^b |
| ICA | 1.15±0.04 ^a | 1.17±0.06 ^a | 1.16±0.06 ^a |

Media ± error estándar. Datos con la misma letra en el mismo renglón, no son significativamente diferentes (Tukey $p > 0.05$).

Partiendo de lo observado en la **Tabla 2**, no se encontró diferencia estadística significativa entre los 3 tratamientos en cuanto a la bioquímica sanguínea (PT, ALB, GLO, ALB/GLO, GLU y BUN) a excepción de la CRE. Sobrane et al. (2016) observaron que el nivel de creatinina disminuyó un 35% en los pollos de engorda alimentados con una dieta contaminada con 2000 ng de AFB₁/g de alimento.

TABLA 2

Parámetros bioquímicos en pollos de engorda a los 21 días de edad alimentados con tres tratamientos diferentes.

| | Control | AFB ₁ | AFB ₁ + FR |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Proteínas totales | 34.04±5.07097 ^a | 31.46±1.7188 ^a | 30.14±1.2604 ^a |
| Albúmina | 14.6±3.3424 ^a | 13.2±1.00648 ^a | 12.36±0.64078 ^a |
| Globulinas | 19.44±2.46893 ^a | 18.44±1.16 ^a | 17.78±0.81511 ^a |
| Glucosa | 13.722±2.9924 ^a | 10.75±1.22436 ^a | 11.67±0.743944 ^a |
| Nitrógeno ureico | 1.454±0.14576 ^a | 1.336±0.0597 ^a | 1.454±0.07633 ^a |
| Creatinina | 74.8±1.56205 ^a | 41.6±7.12461 ^b | 68±8.1019 ^a |

Media ± error estándar. Datos con la misma letra en el mismo renglón, no son significativamente diferentes (Tukey $p > 0.05$).

Finalmente, en la **Tabla 3** no se observó diferencia estadística significativa entre los 3 tratamientos en las enzimas hepáticas ALT, AST y GGT. De acuerdo con Valchev et al. (2014) la actividad de las enzimas hepáticas en pollos de 28 días de edad depende de la cantidad de AFB₁ y el tiempo de exposición; Li et al. (2019) reportaron que los niveles séricos de ALT y AST no tuvieron diferencia estadística significativa entre el grupo control y el grupo que fue alimentado con 5000 ng de AFB₁/g de alimento suplementado con curcumina. Estos resultados concuerdan con lo obtenido en nuestra investigación.

TABLA 3

Parámetros bioquímicos hepáticos en pollos de engorde a los 21 días de edad alimentados con tres tratamientos diferentes.

| | Control | AFB ₁ | AFB ₁ + FR |
|-----|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| ALT | 3.4±1.02959 ^a | 2.6±0.50099 ^a | 3±0 ^a |
| AST | 257±56.63921 ^a | 287.6±62.54726 ^a | 184±11.18481 ^a |
| GGT | 14.06±4.42997 ^a | 19.14±2.03926 ^a | 13.82±1.25236 ^a |

Media ± error estándar. Datos con la misma letra en el mismo renglón, no son significativamente diferentes (Tukey $p > 0.05$).

Conclusión

Con los resultados anteriores, se concluye que la adición del adsorbente a base de fibra y extracto de romero puede influir positivamente en el peso corporal, la ganancia de peso y el consumo de alimento en los pollos alimentados con AFB₁, actuando también como un adsorbente orgánico funcional. En cuanto a la bioquímica sanguínea, se concluye que ni la dosis de 250 ng AFB₁/g, ni el adsorbente afectan los niveles séricos de los analitos estudiados. Por lo tanto, se puede emplear el uso del adsorbente en los pollos de engorde para aliviar los efectos de la AFB₁ sobre los parámetros productivos, sin afectar los analitos séricos.

Referencias

- Bogantes,P., Bogantes, D., Bogantes, S. 2004. Aflatoxinas. Acta Médica Costarricense, 46(4), 174-178.
- Çelýk, K., Denlý, M., Savas, T. 2003. Reduction of toxic effects of aflatoxin B1 by using baker yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in growing broiler chicks diets. Revista brasileira de zootecnia, 32, 615-619.

- Galvano, F., Piva, A., Ritieni, A., Galvano, G. 2001. Dietary Strategies to Counteract the Effects of Mycotoxins: A Review. *Journal of food protection*. 64. 120-31. 10.4315/O362-028X-64.1.120.
- Hassan, R. A., Hassan, E. A., Farouk, Z. M., Abou-Shehema, B., Gorgy, M. A., Zayed, S. M., El-hassan, E. S. A. A. 2023. The Efficiency of Aloe vera in inhibiting the growth of *Aspergillus flavus* fungus and its protective effects on growth performance and serum biochemistry of broiler chickens fed by Aflatoxin B1. *Journal of King Abdulaziz University: Meteorology, Environment & Arid Land Agriculture Sciences*, 32(2).
- <https://una.org.mx/>
- Li, S., Muhammad, I., Yu, H., Sun, X., & Zhang, X. 2019. Detection of Aflatoxin adducts as potential markers and the role of curcumin in alleviating AFB1-induced liver damage in chickens. *Ecotoxicology and environmental safety*, 176, 137-145.
- Manafi, M., Hedayati, M., Yari, M. 2014. Application of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essence on chicks fed aflatoxin B1: Impacts on internal organ weights, biochemical traits and mortality. *Research in Zoology*, 4(1), 13-19.
- Nava Ramírez, MJ. 2018. "Evaluación de los parámetros productivos, bioquímicos e histológicos de pavos (*Meleagris gallopavo*) alimentados con una dieta de iniciación con alto contenido de aflatoxinas tipo B". Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Nava-Ramírez, MJ, Maguey-González, JA, Gómez-Rosales, S. 2024. Eficacia de hojas de alfalfa en polvo para mejorar los efectos tóxicos de la aflatoxina B 1 en pavipollos. *Mycotoxin Res* 40 , 269–277.
- Nedeljković-Trailović, J., Trailović, S., Resanović, R., Milićević, D., Jovanovic, M., Vasiljevic, M. 2015. Comparative investigation of the efficacy of three different adsorbents against OTA-induced toxicity in broiler chickens. *Toxins*, 7(4), 1174-1191.
- Riesgos en la avicultura nacional e impactos económicos en los costos de producción avícola por los brotes de influenza aviar. (2023, marzo). SENASICA. <https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/files/2023/abril/Riesgosenlaaviculturanacionaleimpactosecon%C3%B3micosenloscostosdeproducci%C3%B3nav%C3%ADcolaporlosbrotes>

delAH5N1enM%C3%A9xico_6d95188b-1d2c-4c40-ac94-33f060630990.pdf

- Saleh, N., Allam, T., Ghazy, E., El-latif, A. 2019. The Effects of Rosemary (*Rosemarinus officinalis*) and Garlic (*Allium sativum*) Essential Oils on Performance, Hematological, Biochemical and Immunological Parameters of Broiler Chickens. BJPS, 2 (2) 16-24.. 2. 16-24.
- Samur, S. I. N., Suwignyo, B., Suryanto, E. 2020. The effect of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) on different basal feeds for hybrid duck performance. E3S Web Of Conferences, 200, 03013.
- Santos, C. B., Rosa, A. P., Horso, C., Freitas, H. M., Schirmann, G. D., Vivas, C. E. B., Londero, A., Forgiarini, J. 2014. Efecto de 3 mg/kg de aflatoxina (AFL) y la eficacia de un adsorbente comercial (ADS) en dietas para pollos de engorde.
- Serrano, H., Cardona, N. 2015. Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. CES Medicina, 29(1), 143-151.
- Sobrane Filho, S., Junqueira, O., Laurentiz, A., Filardi, R., Rubio, M., Duarte, K., Laurentiz, R. 2016. Effects of mycotoxin adsorbents in aflatoxin B 1-and fumonisin B 1-contaminated broiler diet on performance and blood metabolite. Revista Brasileira de Zootecnia, 45(5), 250-256.
- Vila-Donat P., Marín S., Sanchis V., Ramos, AJ. 2018. A review of the mycotoxin adsorbing agents, with an emphasis on their multi-binding capacity, for animal feed decontamination. Food Chem Toxicol. Apr;114:246-259.

Monitoreo del agua, suelo y excremento para la identificación de parásitos gastrointestinales en gallinas ponedoras

RESUMEN

En la avicultura durante todo el ciclo productivo de las gallinas suele presentarse infecciones de tipo parasitario gastrointestinal, generando síntomas de malestar, pérdida de peso en los animales, anemias y diarreas. El estudio se realizó en el corral de gallinas ponedoras del Rancho Universitario de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (RU-UACJ), ubicado en el Valle de Juárez, municipio de Práxedes Guerrero, Chihuahua, con el objetivo de monitorear el agua, suelo y excremento de gallinas de postura del RU-UACJ para de identificar parásitos gastrointestinales los cuales sirven como indicadores para prevenir futuros contagios parasitario. Durante el desarrollo del estudio se recolectaron muestras de agua, suelo y excremento de las gallinas en las estaciones de otoño del 2020 e invierno 2020-2021, a las cuales se les realizó sus respectivos análisis para la identificación de parásitos gastrointestinales en el Laboratorio de la División Multidisciplinaria de Nuevo Casas Grandes de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. De acuerdo a los análisis de laboratorio se identificaron en total cuatro géneros de parásitos gastrointestinales de la clase de helmintos

nematodos; en el agua se detectó *Toxocara* y *Ancylostoma*, en el suelo *Strongyloides*, *Ascaris*, *Toxocara*, y *Ancylostoma*, mientras que para las muestras de excremento se identificó *Ascaris*. Un monitoreo del agua, suelo y excremento de los animales ayuda a identificar la presencia o ausencia de microorganismos patógenos y en base a ello poder aplicar las Buenas Prácticas Ganaderas.

Palabras claves: agua; avicultura; excremento; suelo; parásitos.

INTRODUCCIÓN

En toda explotación pecuaria es primordial mantener un estado óptimo de salud y bienestar animal a través del empleo de las buenas prácticas ganaderas (OIE, 2019), inclusive la Ley Federal de Sanidad Animal en México, resalta su aplicabilidad mencionando que estas ayudan a reducir problemas sanitarios en los animales.

En toda actividad pecuaria durante su desarrollo pueden llegar a existir diversos factores de riesgo generando enfermedades infecciosas asociadas al entorno y al manejo animal, las cuales llegan a afectar el estado sanitario de los animales; por esta razón es importante conocer su comportamiento y condiciones de alojamiento (Ratanapob *et al.*, 2012; Barasona *et al.*, 2014).

En el arte de la avicultura durante el desarrollo productivo de las gallinas suele presentarse infecciones de tipo endoparasitario, generado por agentes patógenos como los de clase helmintos y protozoos (Camposano, 2018). Es por ello que frente a un cuadro de infección parasitaria gastrointestinal, estos parásitos predisponen a las aves a tener mermas significativas de peso corporal, anemia y diarreas (Ensucho *et al.*, 2015).

Es de resaltar que uno de los mecanismos de propagación parasitaria gastrointestinal se atribuye al contacto de agua y suelo contaminado (Keraita y Amoah, 2011); ya que en algunas ocasiones en los suelos se albergan huevos o larvas de parásitos, además de utilizar el agua como medio de incubación (Ojha *et al.*, 2104; Milano *et al.*, 2007). También se ha demostrado que una ingesta de agua contaminada tiende a disminuir la producción de huevo en las gallinas (Rueda, 2020).

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue monitorear el agua, suelo y excremento de gallinas de postura del Rancho Universitario de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez para de identificar parásitos gastrointestinales los cuales sirven como indicadores para prevenir futuros contagios parasitario.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio estuvo bajo la dirección de la Ph. D. Zarhelia Carlo Rojas y la Codirección de la Ph. D. Ana Bertha Gatica Colima, vinculadas al Instituto de Ciencias Biomédicas, Programa de Maestría en Ciencia Animal de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

El estudio se realizó en el corral de gallinas ponedoras del RU-UACJ, ubicado en el Valle de Juárez, municipio de Práxedes Guerrero, Chihuahua, con una altitud de 1090 msnm y coordenadas geográficas de referencia 31° 21' 20" N y 105° 59' 59" O. La zona se tiene un clima árido extremo, con una temperatura máxima de 43°C y mínima de -10°C; con una temperatura promedio anual es

de 16°C, la precipitación pluvial media anual es de 275 milímetros, y con vientos dominantes del Suroeste (INEGI, 2020).

Para el desarrollo del estudio se recolectaron muestras de agua, suelo y excremento de las gallinas en las estaciones de otoño del 2020 e invierno 2020-2021, a las cuales se les realizó sus respectivos análisis para la identificación de parásitos gastrointestinales en el Laboratorio de la División Multidisciplinaria de Nuevo Casas Grandes de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Es de resaltar que las zonas agrícolas del (RU-UACJ) se riegan con agua proveniente del canal del río Bravo y el piso del corral de las gallinas es en tierra. También se determinó el porcentaje de prevalencia parasitaria mediante la fórmula: $P = (n/N) \times 100$ (OPS, 2018).

Dónde:

P = prevalencia

n = número de animales positivos

N = total de animales.

En relación a las muestras de agua, su colecta se obtuvo del canal de riego y otra de la llave de agua potable, acorde a la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002 y Norma Mexicana NMX-AA-003-1980. Para ello se utilizó garrafones de plástico de 6 litros, los cuales se desinfectaron previamente con hipoclorito de sodio al 10 % y lavados con agua potable, posteriormente se enjuagó con agua destilada. El análisis de las muestras se realizó de acuerdo protocolo establecido por Maya (2017), protocolo

adaptado de la norma oficial mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012 para la detección de huevos de helminto.

La recolecta de las muestras del suelo se realizó a lo establecido en la Norma Mexicana NMX- AA-132-SCFI-2016, utilizando bolsas de polietileno para el almacenamiento y etiquetado de las muestras, para ello se recolectó 500 gramos de suelo por muestra a una profundidad de 0 a 5 cm a partir de la superficie. Las muestras se obtuvieron del corral de las gallinas, adicionalmente también se tomaron muestras en las áreas agrícolas aledañas del corral, posteriormente las muestras se transportaron refrigeradas al laboratorio para su respectivo análisis y detección de parásitos gastrointestinales mediante la técnica de flotación Sheather (Polo 2006).

En cuanto a las muestras de excremento, se realizó la toma de una muestra compuesta de excretas por estación de año, recolectada durante tres días consecutivos. Las muestras se tomaron directamente del piso del corral después de defecación espontánea, manteniéndolas en una nevera a 4°C (PANAFTOSA 2017). Posteriormente se realizaron análisis coproparasitológicos de Faust y sedimentación (Figueroa-Castillo *et al.*, 2015) y McMaster (OPS, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los análisis de laboratorio se identificaron en total cuatro géneros de parásitos gastrointestinales de la clase de helmintos nematodos; en el agua se detectó *Toxocara* y *Ancylostoma* (**tabla 1**); en el suelo *Strongyloides*, *Ascaris*, *Toxocara*,

y *Ancylostoma* (tabla 2); mientras que para las muestras de excremento *Ascaris* (tabla3).

TABLA 1.

Identificación de huevos de helmintos en muestras de agua.

| Lugar de muestreo/ género parasitario | Estación / número de huevos de helminto (h/5L) | |
|--|---|--------------------|
| | Otoño 2020 | Invierno 2020-2021 |
| Llave de agua potable | 0 | 0 |
| Helmintos | 0 | 0 |
| Total | 0 | 0 |
| Canal de riego | | |
| <i>Toxocara</i> | 10 | 1 |
| <i>Ancylostoma</i> | 1 | 0 |
| Total | 11 | 1 |

(h/5L): Huevos de helmintos en 5 litros de agua.

En las muestras de llave de agua potable no se detectó presencia de huevos de helmintos. No obstante las muestras del canal de riego fueron positivas, siendo estas un riesgo para la salud ya que supera el límite máximo permisible según la norma oficial mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012.

En cuanto a los huevos de parásitos de helmintos obtenidos en las muestras de agua de este estudio, se coincide con Maya (2017), quien reportó la presencia de *Toxocara* en una evaluación de riesgo con agua tratada, residual y de uso agrícola en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. Por lo general este helminto se halla con mayor frecuencia en agua (OMS 2004), y en efecto ante este

hallazgo se considera como una señal de alerta el agua del canal de riego del río Bravo, ya que no se recomienda utilizarla como fuente de hidratación en el RU-UACJ porque puede fungir como un vector parasitario.

Por otro lado no se concuerda con los géneros de parásitos detectados por Olivas *et al.*, (2013), quienes reportaron ooquistes de *Cryptosporidium* y *Giardia* en el agua en el Valle de Juárez representando el 92.3% de 14 localidades estudiadas, considerando también que el agua proveniente del canal de riego no es segura como bebida.

El hallazgo de los helmintos en el agua del presente estudio puede estar asociado a que el agua del canal de riego se encontraba con abundante presencia de distintos materiales particulado y de lodos, además de ser una fuente de hidratación para animales silvestres, de producción y perros domésticos, los cuales en algunas ocasiones suelen defecar de forma instintiva en las orillas del canal, y sus heces son arrastradas por la corriente hídrica, además también se constató que los bebederos del corral se encontraban a veces sucios porque las gallinas pisan el agua. En base a estas razones el agua del canal de riego se considera un riesgo sanitario para las gallinas exponiéndolas a un contagio de microorganismo patógenos y mortalidad de las aves, ya que algunas ocasiones se encontraron a las gallinas fuera de su corral hidratándose en las orillas del canal de riego y sus patas pueden ser un vehículo de transmisión parasitaria. En este sentido se concuerda con Rueda (2020), quien encontró en su estudio que las aves que se abastecen de agua sucia tienden a ser susceptibles a presentar síntomas de malestar y reducción de producción de huevo.

TABLA 2.

Identificación de géneros de helmintos en muestras de suelo.

| Género parasitario | Estación | | | |
|--------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Positivo/negativo | Prevalencia | Positivo/negativo | Prevalencia |
| Toxocara | 5/2 | 71% | 5/2 | 71% |
| Ancylostoma | 3/4 | 42% | 4/3 | 57% |
| Strongyloides | 5/2 | 71% | 6/1 | 85% |
| Ascaris | 4/3 | 57% | 5/2 | 71% |

En cuanto a las muestras del suelo que fueron positivas en la identificación de géneros parasitarios se les determinó sus porcentajes de prevalencia, obteniendo que *Toxocara* presenta una prevalencia general de 71.4%, *Ancylostoma* 50%, *Strongyloides* 78.5% y *Ascaris* 64.2%.

El hallazgo de estos helmintos puede estar atribuido a que el suelo del RU-UACJ normalmente es regado con agua proveniente del canal principal del río Bravo que circula a lo largo del Valle de Juárez, por tal razón este podría contener y arrastrar huevos de helmintos y ooquistes de protozoos, además de que en las zonas agrícolas transita ganado vacuno, ovinos, caprinos, perros domésticos y fauna silvestre donde algunas veces estas especies animales suelen desechar sus heces directamente al suelo, las cuales pueden estar cargadas de huevos u ooquistes de parásitos contaminando el suelo con estos patógenos. Dentro de este contexto se concuerda con la OIE (2015), que menciona que en lugares concurridos por distintas especies de animales, será un entorno adecuado a la exposición, propagación y contagio de enfermedades.

Estas razones coinciden con los argumentos de Garza *et al.*, (2001), quienes argumentan que una posible vía de contaminación parasitaria de los suelos en la zona del Valle de Juárez es atribuido al canal de riego, porque aparte de llevar aguas crudas, arrastra sólidos disueltos y estos lodos pueden estar cargados de microorganismos patógenos. Así mismo Flores *et al.*, (2010), en su estudio señalan que la carga parasitaria detectada en el suelo de algunas zonas del Valle de Juárez se debe a que los suelos son regados con agua con agua residuales, las cuales pueden estar cargadas con microorganismos que contiene la materia fecal, sin embargo en su estudio reportaron la presencia de ooquistes de protozoos: *Cryptosporidium parvum* de 22 a 74 y de *Giardia lamblia* de 7 a 33 ooquistes. Estos parásitos difieren en absoluto con los obtenidos del presente estudio, razón por la cual las técnicas utilizadas no permitieron la detección de protozoos.

TABLA 3.

Identificación y prevalencia parasitaria en muestras de excremento.

| Grupo animal/ género parasitario | Estación | | | | | |
|--|-----------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|
| | Otoño | | | Invierno | | |
| | Positivo/ negativo | Prevalencia | Intensidad parasitaria | Positivo/ negativo | Prevalencia | Intensidad parasitaria |
| Gallinas | | | | | | |
| <i>Ascaris</i> | + | 100% | 500 hpg | + | 100% | 600 hpg |

(+): sólo se reportó como positivo; hpg: huevos por gramo de heces.

Con respecto a las muestras compuestas de excremento de las gallinas en el presente estudio, se identificó el género parasitario *Ascaris* con una prevalencia del 100%, este hallazgo se puede

atribuir a que las gallinas algunas veces se fugan de su corral y frecuentan distintas áreas del RU-UACJ donde interactúan con otras especies de animales, por lo tanto, esto hace que las gallinas queden predispuestas a un contagio parasitario, además el piso del corral de las gallinas es en tierra y este elemento puede favorecer a una transmisión de patógenos en las gallinas, porque estas suelen escarbar y picotear el suelo constantemente en busca de lombrices donde de forma accidental pueden ingerir huevos de parásitos contenidos en el suelo. También se considera que la presencia de este parásito puede estar referido a la ausencia de un plan de control sanitario.

Dentro de este contexto se concuerda con lo señalado por Guerrero y Vásquez (2018) quienes reportan que gallinas criadas en piso de tierra presentan un alto riesgo de infección de *Ascaris*. Así mismo Olmo *et al.*, (2015), en su estudio demostraron que las gallinas que son alojadas en corrales con piso de tierra son susceptibles a una infección parasitaria por *Ascaris*, mientras las que son albergadas en piso de cemento presentan un menor contagio de parásitos gastrointestinales. Del mismo modo Rodríguez (2004), menciona que las aves por instinto buscan comer lombrices, las cuales son huéspedes intermedios de *Ascaris*, además en el suelo se llega a encontrar huevos en etapa de larva infectiva.

CONCLUSIONES

Un monitoreo del agua, suelo y excremento de los animales ayuda a identificar la presencia o ausencia de microorganismos patógenos.

Los géneros parasitarios (*Toxocara*, *Ancylostoma*, *Strongyloides* y *Ascaris*) identificados en este estudio, sirven como indicadores para

prevenir un futuro contagio parasitario y en base a ello poder aplicar las Buenas Practicas Ganaderas.

El agua del canal de riego del río Bravo se evidenció una alta presencia de huevos de parásitos (*Toxocara* con 10 y *Ancylostoma* con 1 en 5 litros de agua) por lo que no es recomendable como fuente de hidratación, ya que el superó el límite máximo permisible según la norma oficial mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012.

En las muestras de suelo se detectaron cuatro géneros de parásitos y sus respectivas prevalencias generales (*Toxocara* 71.4%, *Ancylostoma* 50%, *Strongyloides* 78.5% y *Ascaris* 64.2%), la existencia de estos parásitos es porque los suelos son concurridos por diversas especies animales, además de ser irrigado con agua proveniente del canal de riego del río Bravo.

Con respecto a las muestras compuestas de excremento de las gallinas en el presente estudio, se identificó el género parasitario *Ascaris* con una prevalencia del 100% lo que indica que se requiere una desparasitación de las gallinas.

REFERENCIAS

Barasona, J.A., Latham, M.C., Acevedo, P., Armenteros, J.A., Latham, A.D., Gortázar, C. 2014. Spatiotemporal interactions between wild boar and cattle: Implications for cross-species disease transmission. Vet Res. 45:1-122

Camposano, P. 2018. Prevalencia de parásitos gastrointestinales en aves criollas. Tesis de Licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.

Flores, J. P., Ramírez, A., Olivas, E., Corral, B., Hurtado, R., Lizárraga, G., Salazar, A., Rodríguez, M., Agüero, L., Borrego, A., Gardea, J. 2010. Gastrointestinal diseases and causal effects in

the Valle de Juárez, Chihuahua, México. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, (Colección Textos Universitarios, serie Investigación), 128 p. Vol. 5.

Ensucho, C., Herrera, Y., Montalvo, A., Almanza, M., Vergara, J., Pardo, E., y Gomez, L. (2015). Frecuencia de parásitos gastrointestinales en gallinas criollas (*Gallus domesticus*) en el departamento de Córdoba, Colombia. *Redvet*, 16(6), 1-10.

Figuroa-Castillo, J. A., Jasso Villazul, C., Liébano Hernández, E., Martínez Labat, P., Rodríguez Vivas, R. I., Zárate-Ramos, J. J. 2015. Técnicas para el diagnóstico de parásitos con importancia en salud pública y veterinaria. Cap. 3: Examen coproparasitológico. AMPAVE-CONASA. México, DF págs. 78-128.

Garza, V., Fernández, I., Flores, M. B., Hauad, L., Villarreal, L. 2001. Evaluación de riesgo a la salud en la comunidad de Loma Blanca (distrito de riego 009) Valle de Juárez (México), por exposición a aguas residuales no tratadas. *RESPYN*. Vol. 2, No 3.

Guerrero, D., Vásquez, O. 2018. Prevalencia de ascaridiosis (*Ascaridia galli*) en aves ponedoras, granja avícola Hannón, municipio de Nindirí, departamento de Masaya, septiembre-noviembre 2018. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/>

Keraita, B., Amoah, P. 2011. Fecal exposure pathways in Accra: a literature review with specific focus on IWMI's work on wastewater irrigated agriculture. Report submitted to the Centre for Global Safe Water, Emory University, Atlanta, USA. Accra, Ghana: International Water Management Institute (IWMI). 43p.

Ley Federal de Sanidad Animal en México. Diario Oficial de la Federación. 7 de junio de 2012.

Maya, P. 2017. Detección de huevos de helmintos en agua tratada, residual y de uso agrícola y evaluación de riesgo por género en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. Tesis Maestría en Ciencias de la Salud Pública. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, México.

Milano, A.M., Oscherov, E.B., Legal, A.S., Espinoza, M.C. 2007. La vivienda urbana como

ambiente de transmisión de algunas helmintiasis caninas de importancia zoonótica en el nordeste Argentino. Boletín de malariología y salud ambiental. 2007 diciembre; XLVII (2):199-204

Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 Manejo y muestreo de aguas residuales. Diario Oficial de la Federación. 25 de marzo de 1980.

Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua. Diario Oficial de la Federación. 1 de agosto de 2003.

Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012 Análisis de agua para determinación de huevos de helminto. Diario Oficial de la Federación. 9 de abril de 2013.

Norma Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2016. Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. Diario Oficial de la Federación. 06 de marzo de 2017.

Ojha SC, Jaide C, Jinawath N, Rotjanapan P, Baral P. 2014. Geohelminths: public health significance. J Infect Dev Ctries. 15;8 (1):5-16.

OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2019. Código Sanitario para los Animales Terrestres 2019. ed. 28.

OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2015. Enfermedades de los animales silvestres. Hoja informativa. Versión en línea: goo.gl/UKYMU4.

Olivas, E., Flores, J., Di Giovanni, G., Corral, B., Osuna, P. 2013. Contaminación fecal en agua potable del Valle de Juárez. Terra Latinoamericana 31: 135-143.

Olmo, C., Tamayo, Y., Ayala, M., Saragoza, S. 2015. Influencia del tipo de piso (cemento vs tierra) en la incidencia de ascaridiasis en pollitas ponedoras comerciales Revista Granma Ciencia. Vol.20. Núm. 1.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2004. Guía integrada de parasitología sanitaria.

Datos de publicación. Amman – Jordan: Organización Mundial de la Salud, Centro Regional de la OMS para actividades de salud ambiental; 2004.

OPS (Organización Panamericana de la Salud), OMS (Organización Mundial de la Salud). 2018. Indicadores de salud. Aspectos conceptuales y operativos. Washington, D.C.: OPS; 2018.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2020. Medios auxiliares para el diagnóstico de las parasitosis intestinales. Washington, D.C

PANAFTOSA (Centro Panamericano de Fiebre Aftosa), OPS (Organización Panamericana de la Salud) y OMS (Organización Mundial de la Salud). 2017. Manual veterinario de toma y envío de muestras: manual técnico. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34527/01016970MT13spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Fecha de consulta 18 mayo 2020.

Polo, L. 2006. Determinación de la contaminación de los suelos de los parques públicos de la localidad de Suba, Bogotá D.C. con nematodos gastrointestinales de importancia zoonótica. Tesis Maestría en Ciencias de la Salud Pública. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Ratanapob, N., Arunvipas, P., Kasemsuwan, S., Phimpraphai, W., Panneum, S. 2012. Prevalence and risk factors for intestinal parasite infection in goats raised in Nakhon Pathom province, Thailand. *Trop. Anim. Health Prod.* 44(4):741–745.

Rodríguez, M. (2004). Evaluación del efecto del efecto desparasitante natural, contra nematodos de aves de traspatio, comparado con un desparasitante comercial, en la aldea el paraíso, municipio de Palencia, Guatemala. Tesis de Licenciatura, USAC, Guatemala.

Rueda, F. 2020. Rediseño de bebedero de agua para aves de corral con un sistema de filtro que reduzca el material particulado y sólidos en suspensión que contrae el agua en el ambiente externo de la zona rural del municipio de Palermo – Huila. Informe Final de Licenciatura. Universidad Cooperativa de Colombia. Neiva, Colombia.

Cambio climático y producción ganadera

Resumen

Plantear el problema global del cambio climático es importante, debido a las repercusiones sociales y económicas en la población mundial y en los recursos naturales. Entender y conocer la lógica del cambio climático y sus consecuencias, así como socializar este conocimiento es vital para hacer consciente la necesidad de un cambio cultural en las formas de producir y vivir en sociedad. El cambio climático es generado, principalmente, por las altas emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), emitidas en las actividades productivas y sociales del ser humano (actividades antropomórficas) y en forma natural. Para comprender adecuadamente este problema global, se inicia con los planteamientos, diagnósticos, evaluaciones e informes de la ONU, la CEPAL, la FAO, la OMS, la OPS, entre otras; cuyas valoraciones y estimaciones se han orientado a la poca efectividad de las acciones de mitigación; la temperatura en el planeta aumenta casi un 0.18°C cada año desde 1981, según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2022). En el plano nacional se analizaron los informes de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), nombrado como *“Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 1990-2019”*; y el informe elaborado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), denominado *“El Estado y Perspectivas del Cambio Climático en México: un Punto de Partida”*; así como, los reportes de las temperaturas de la CONAGUA y el

Servicio Meteorológico Nacional (SMN), los cuales coincidieron en el aumento progresivo de la temperatura en México. La ganadería es parte de este problema, a la vez sufre las consecuencias del calentamiento global. Emite poco más del 13%, según la SEMARNAT, de los GEI y padece las consecuencias, principalmente las sequías, provocando una alta mortandad de cabezas de ganado, particularmente, en el norte del país, lo que podría ocasionar una menor oferta de alimentos de origen animal que atentaría a la seguridad alimentaria; así como la pérdida de ingresos de los productores ganaderos.

Palabras clave: cambio climático, huellas ambientales, ambiente sano, variación climática, estrés calórico.

Introducción (materiales y métodos)

La pregunta guía del estudio se planteó en los siguientes términos ¿cuál han sido el impacto de la producción ganadera en el cambio climático y cómo ha sido su aporte a este problema global; es determinante y definitivo en la emisión de los GEI?



El presente estudio tuvo como objetivo principal identificar y revisar la participación de la ganadería en el cambio climático. Para ello, se realizó una revisión literaria de información y datos relevantes sobre el tema, seleccionado aquella que fuera pertinente al estudio

y que permitiera explicar e interpretar las formas, características y propiedades del objeto de estudio.

Como un objetivo implícito y latente, se buscó la identificación de información que permitiera hacer posible la suma de esfuerzos para que, desde este foro y desde la acción productiva de la ganadería, contribuya a una cultura de respeto y mejoramiento del medio ambiente; así como, la de ampliar el marco de referencia del problema global del cambio climático y contribuir a generar la conciencia humana y la colaboración en la promoción y adquisición de un compromiso para el acceso al derecho a vivir en un medio ambiente sano.

Se entiende como “*cambio climático*” lo establecido en el artículo 3 de la Ley General del Cambio Climático (LGCC), [...] *variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables [...]*” (LGCC, 2012).

El concepto de cambio climático incluye dos componentes: a) calentamiento global y b) efecto invernadero. El primero se refiere al aumento de la temperatura media global sobre la superficie terrestre desde la época industrial y se relaciona con el de “efecto invernadero” y los gases que lo generan (GEI); el efecto invernadero “[...] *es de origen natural y necesario para la vida sobre la superficie terrestre. Las capas superiores de la atmósfera están compuestas por ciertos gases (principalmente CO₂) denominados ‘gases de efecto invernadero’ (o GEI) que absorben parte de la energía emitida por el suelo, como consecuencia de haber sido calentado por la radiación procedente del sol. Sin este efecto las temperaturas sobre la superficie del planeta caerían alrededor de*

30°C, imposibilitando la vida tal y cómo la conocemos” (Ihobe. Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2013).

Los GEI, según el artículo 3 de la LGCC son “[...] *aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja [...]*”.

El cambio climático es una realidad presente (y seguramente futura) en todo el mundo, en cuyo desarrollo han sido determinantes las acciones antropogénicas, que, aunadas a las causas naturales, han provocado variaciones climáticas en la Tierra (aumento constante de la temperatura global). La ONU consideró al cambio climático como “[...] *una emergencia mundial que va más allá de las fronteras nacionales. Se trata de un problema que exige soluciones coordinadas en todos los niveles y cooperación internacional para ayudar a los países a avanzar hacia una economía con bajas emisiones de carbono*” (ONU, s/a).

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2018)¹, afirmó que “[...] *Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial (finales del siglo XVIII) debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo*². Los océanos han absorbido alrededor del 30% del dióxido de carbono antropogénico emitido, provocando su acidificación”.

Para entender la lógica del cambio climático y la participación de la ganadería, se plantean los marcos internacional y nacional, que delinearon las directrices y orientaciones para hacer frente al problema ambiental del planeta Tierra, y plantear cómo y de qué

manera la ganadería ha contribuido a este problema; así como, identificar los impactos que el cambio climático ha tenido en la ganadería.

Marco internacional del cambio climático

Durante el año de 1992, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), creó un organismo que denominó Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyo marco de acción fue *“[...] establecer las bases para la acción internacional conjunta en cuanto a mitigación y adaptación al cambio climático [...]”* y su objetivo se planteó en los siguientes términos *“Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.”* (México ante el cambio climático (s/a).

En el documento *“México ante el cambio climático, s/a”*, se afirmó que *“[...] México firmó la Convención el 13 de junio de 1992 y la ratificó ante la ONU, tras la aprobación unánime de la Cámara de Senadores, el 11 de marzo de 1993”*.

El Protocolo de Kioto fue adoptado en 1997, pero entró en vigencia hasta el año de 2005. *“[...] Fue creado para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que causan el calentamiento global. Es un instrumento para poner en práctica lo acordado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio*

Climático. [...] Además de los compromisos de mitigación de los países desarrollados, el Protocolo de Kioto promueve el desarrollo sustentable de los países en desarrollo. México tiene el quinto lugar a nivel mundial en desarrollo de proyectos MDL (Mecanismo para Desarrollo Limpio) en las áreas de recuperación de metano, energías renovables, eficiencia energética, procesos industriales y manejo de desechos, entre otros” (SEMARNAT, 2016).

El Acuerdo de París, que entró en vigencia el año de 2016, fue un acuerdo jurídicamente vinculante que determinó el compromiso y la responsabilidad de 193 países para reducir las emisiones de GEI; estableció tres objetivos a largo plazo: “a) reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global en este siglo a 2°C y esforzarse para limitar este aumento a incluso más de tan solo el 1,5°; b) revisar los compromisos de los países cada cinco años, y c) ofrecer financiación a los países en desarrollo para que puedan mitigar el cambio climático, fortalecer la resiliencia y mejorar su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático” (ONU, s/a).

La ONU (s/a), afirmó sobre estos objetivos que “Los detalles operativos para la implementación práctica del Acuerdo de París se acordaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP24) de Katowice, Polonia, en diciembre de 2018, en lo que coloquialmente se llama el Libro de Reglas de París, y se finalizaron en la COP26 de Glasgow, Escocia, en noviembre de 2021”.

En el año 2015, la Cumbre de la Naciones Unidas aprobó la denominada Agenda 2030, que se integró con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas, entre los que se

encontraron los relativos a responder al cambio climático y mantener los recursos naturales (FAO, 2020).

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, incluidos los 17 ODS, son objetivos globales que sucedieron a los Objetivos de Desarrollo del Milenio el 1 de enero de 2016 y cuya evaluación fue realizada en septiembre de 2019, en el Foro Político de Alto Nivel³ donde se señaló que el mundo está *“fuera de camino”* hacia el cumplimiento de los ODS; se informó que el mundo no iba a cumplir la mayoría de las metas de los ODS (FAO, 2020).

La ONU (2021), estimó que a la fecha no se han logrado elevar los *“índices de desarrollo humano con una huella ecológica mínima [...] Los efectos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad están aumentando”*.

La Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL, 2023), afirmó que *“[...] la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible acordada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas [...] a la mitad del periodo acordado [...] no avanza al ritmo deseado. Buena parte de los indicadores se encuentran fuera de la trayectoria que permitiría el cumplimiento de las metas en 2030”*. Las razones las refiere a la pandemia del Covid-19 y al poco crecimiento económico de la región *“[...] en 2023 se cumplen diez años de crecimiento económico promedio anual del 0,8%, menor al 2,0% de la ‘década perdida’ de los años ochenta del siglo XX”*.

Con relación al ODS 13 Acción por el clima, la CEPAL planteó como diagnóstico que *“[...] Los países de la región contribuyen relativamente poco a las emisiones de gases de efecto invernadero.*

Sin embargo, enfrentan una alta vulnerabilidad al cambio climático. Entre 5 y 10 millones de personas de la región, en promedio, se ven afectadas anualmente por algún desastre relacionado con el cambio climático, principalmente sequías, inundaciones o tormentas extremas [...]”.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) de la ONU, indicó que para el año 2021 el Planeta había superado más de 1.0°C desde el periodo preindustrial. Desde la década de 1980 “[...] cada nuevo decenio ha sido más cálido que el anterior “[...] la temperatura anual global ha aumentado a una tasa promedio de 0.08°C por década desde 1880 y un incremento de 0.18°C a partir de 1981 [...]” (CONAGUA-SMN, 2022)

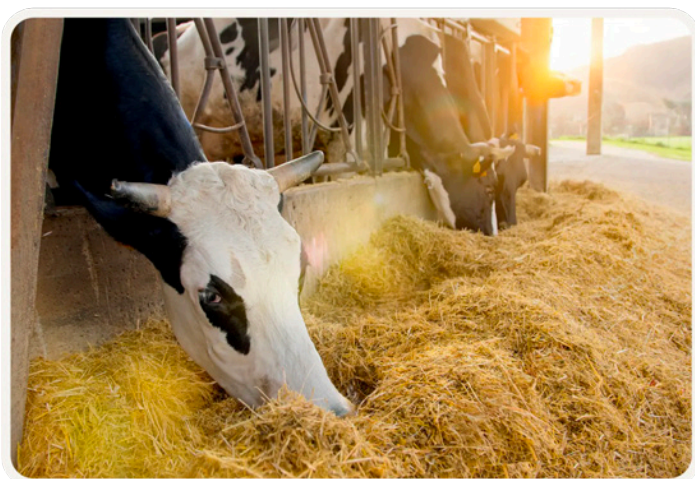
La Agencia Internacional de Energía (AIE) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), publicó en septiembre de 2023, la hoja de ruta para el sector energético global, que denominó *Hoja de Ruta Net Zero*.

En esta hoja de ruta se planteó el “*escenario de emisiones netas cero*”; es decir con el uso de tecnologías de bajas emisiones y una efectiva reducción de éstas, se pretende alcanzar para el año 2050 cero emisiones netas de CO₂ particularmente del sector energético, que presenta los niveles más altos de la emisión de GEI (AIE, 2023).

Este informe manifestó que las tecnologías de captura y los créditos de carbono no han sido efectivos en la lucha de eliminar el CO₂ de la atmósfera; en cambio las energías renovables han tenido mayor eficacia. El costo del uso de la energía solar, eólica, las bombas de calor y baterías, ha disminuido casi un 80% entre 2010 y 2022 (AIE, 2023).

El informe concluyó diciendo que “ *depender de la tecnología de captura de hidrógeno y carbono realmente no ha resuelto mucho, lo que significa que el mundo debería dedicar esfuerzos y financiamiento a la expansión de las energías renovables. La capacidad de energía limpia deberá triplicarse en todo el mundo antes del final de esta década para evitar un mayor calentamiento [...]* ” (AIE, 2023).

Marco nacional del cambio climático



En el año 2022, México publicó un informe sobre la Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 1990-2019, como país signatario de la CMNUCC, de conformidad con el artículo 12 del protocolo de la

Convención y el artículo 74 de la Ley General de Cambio Climático (LGCC) de México (SEMARNAT-INECC, 2022).

En dicho informe se estimaron las emisiones y absorciones de GEI por fuentes y sumideros para los cuatro sectores de emisión definidos por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)⁴: a) energía; b) procesos industriales y uso de productos; c) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra y d) residuos (SEMARNAT-INECC, 2022).

Las emisiones de los GEI son los principales causantes y precursores del aumento de la temperatura y el calentamiento global, entre los que se encuentran, principalmente el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), entre otros.

El CO_2e , o equivalente de dióxido de carbono, es una unidad común para comparar varios GEI; estos gases, en forma individual, tienen diferentes potenciales de calentamiento global (el dióxido de carbono tiene 1; el metano 28 y el óxido nitroso 265). La conversión de estos potenciales en CO_2e , utilizando fórmulas de conversión⁵, proporciona una referencia única y común para expresar el potencial de calentamiento global. El CO_2e es ahora la forma más común de expresar “emisiones” (SEMARNAT, 2020).

Las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), se refieren a la liberación de este gas a la atmósfera, ya sea por razones naturales o antropogénicas, absorbe la radiación y evita que el calor escape de la atmósfera, su exceso es lo que produce el calentamiento global, junto con otros gases como el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), que se consideran los principales GEI; existen otros como el vapor de agua, los clorofluorocarbonos (CFC) y el ozono troposférico (O_3) que provocan este efecto (The Planet App, 2020)

Los gases mencionados anteriormente se calculan con una unidad de medida en toneladas y se utiliza como indicador el CO_2 equivalente o CO_2e y determinar la huella de carbono. “[...] ¿Cómo? La masa de los gases emitidos se mide por su equivalencia en CO_2 para generar efecto invernadero. Por ejemplo, esa equivalencia nos dice que 1 tonelada de metano (CH_4) produce tanto efecto

invernadero en la atmósfera como 25 toneladas de CO₂". (The Planet App, 2020)

El principal GEI es el dióxido de carbono con 67%, seguido por el metano con 24%, y el óxido nitroso, con 6%; el resto corresponde a gases "F" (HFC, PFC, NF₃, SF₆)⁶ (SEMARNAT-INECC, 2022).

Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2022), *"Las emisiones de GEI en el país ascendieron a 736.6 millones de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e)⁷ en 2019 [...], de las cuales la mayor contribución se debe a las actividades de generación de energía eléctrica con 23.3%, seguida por el autotransporte con 18.5% y ganadería de bovinos con 13.2% [...]"* Las absorciones de CO₂ fueron de 201.94 millones de toneladas, por lo que las emisiones netas se estimaron en 534.66 MtCO₂e.

El mismo reporte de la SEMARNAT y el INECC (2022), estableció que el dióxido de carbono (CO₂), es el principal GEI, el cual disminuyó en 2019 un 7.56% con respecto a 1990; presentó un alza mayor en 2016, debido al aumento de la demanda energética del país y al uso de vehículos de autotransporte. *"[...] Las emisiones de metano (CH₄) se producen principalmente por la fermentación entérica y manejo de excretas del ganado, las emisiones fugitivas de petróleo y gas, la disposición final de residuos sólidos y el tratamiento y eliminación de aguas residuales. Durante la serie histórica, las emisiones de este contaminante han tenido una tendencia de crecimiento (48.4 % con respecto a 1990), aunque éste ha sido menos pronunciado que el del CO₂. Las emisiones de óxido nitroso (N₂O) se deben principalmente al uso de fertilizantes,*

al manejo de excretas y al tratamiento y eliminación de aguas residuales. Al igual que el metano, este gas ha tenido un crecimiento moderado (45.35% de incremento con respecto a 1990) y menor que el del CO₂. Los hidrofluorocarbonos (HFC) presentaron en 2019 un crecimiento de 2,757% con respecto a 1990 debido principalmente al aumento del uso de sistemas de refrigeración y aires acondicionados”.

En México, durante el periodo 1990-2019, el aumento de las emisiones totales netas fue de 24.69% (140,807.24 Gg⁸ CO₂e) “[...] esto se debió principalmente al aumento de las categorías de fermentación entérica, manejo de estiércoles y emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados” (SEMARNAT-INECC, 2022).

En octubre de 2023, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2023), publicó un informe denominado “*El Estado y Perspectivas del Cambio Climático en México: un Punto de Partida*” el cual abordó los impactos actuales y futuros del cambio climático sobre la agricultura, la biodiversidad, el agua, la salud, la energía y la economía. Enfatizó la necesidad de elaborar estrategias y políticas para la adaptación, la mitigación y la transformación de la crisis climática (Estrada, F.; et. al, 2023).

El informe sostuvo que “El cambio global tiene diversas manifestaciones hoy, tanto en el clima como en la contaminación, la pérdida de biodiversidad, la transición energética y la sustentabilidad alimentaria [...]” Se mencionó que “[...] durante el periodo 1975-2021, el país mostró tasas de calentamiento de 2°C a 4°C por siglo en gran parte de su territorio. Las distintas bases de datos coinciden en que las tasas de calentamiento observadas han sido mayores en el norte del país (HadCRUT5, GISSTEMP,

CRUTS4.05⁹). De acuerdo con los datos de análisis ERA5¹⁰ [...]” La zona norte del país alcanzó en el mismo periodo la mayor tasa de calentamiento (6°C) y la región sureste los 5°C (Estrada, F.; et. al, 2023).

En cuanto a la precipitación anual, el informe de la UNAM, da cuenta de que el promedio del país “[...] ha aumentado a una tasa de 3.1 (2.4-3.8) mm/mes por siglo desde inicios del siglo XX. El cambio climático ha modificado la distribución de la precipitación entre las estaciones del año con incrementos significativos en verano y otoño [...] la precipitación ha disminuido en regiones del norte del país y ha aumentado en el centro y sur.” (Estrada, F.; et. al, 2023).

Bajo un escenario de emisiones de GEI actual el aumento de la temperatura podría rebasar los 5°C en el 2100. Si se cumplen los compromisos formulados “[...] por los países participantes en las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (CDN; similar al SSP24511), la temperatura anual promedio en México podría limitarse a 3°C con respecto al periodo 1986-2005 [...], si los objetivos expresados en el Acuerdo de París se logran (SSP126), la temperatura media en México podría estabilizarse en alrededor de 2°C para finales de este siglo” (Estrada, F.; et. al, 2023).

Por su parte, la CONAGUA y el SMN, reportaron las temperaturas alcanzadas de 2015 a 2021 con respecto a la temperatura media del periodo 1981-2010, en los siguientes términos:

Cuadro 1. Temperaturas medias y temperaturas arriba de la media, de 2015 a 2021 en México

Cuadro 1.

Temperaturas medias y temperaturas arriba de la media, de 2015 a 2021 en México.

| Año | Temperatura media nacional | Temperatura arriba de la media | Observaciones |
|------|----------------------------|--------------------------------|--|
| 2015 | 22.1 °C | 1.1 °C | <i>“Año más cálido, junto con el año 2014, desde 1971”.</i> |
| 2016 | 22.4 °C | 1.5 °C | <i>“Este nuevo registro superó por 0.4 °C a los años 2014 y 2015 que previamente se habían clasificado como los más cálidos”.</i> |
| 2017 | 22.6 °C | 1.6 °C | <i>“Por cuarto año consecutivo el promedio de la temperatura media a nivel nacional ha sido clasificado como el más cálido para los registros desde 1971”.</i> |
| 2018 | 22.2 °C | 1.3 °C | <i>“A pesar de la calidez de 2018, este año no se clasificó como el año más cálido que ocurrió en los últimos tres años anteriores, de 2015 a 2017; sin embargo, continuó la tendencia de temperaturas por arriba del promedio de los últimos 15 años del siglo XXI”</i> |
| 2019 | 22.4 °C | 1.5 °C | <i>“Este valor continua con la tendencia en el incremento de la temperatura media desde el año 2011”.</i> |
| 2020 | 22.4 °C | 1.4 °C | <i>“Este año se ubicó junto a 2017 y 2019 como el año más cálido de acuerdo al registro histórico desde 1953. Además, el año 2020 se situó dentro de la categoría de años cálidos y secos”.</i> |
| 2021 | 22.2 °C | 1.2 °C | <i>“Se ubicó como el cuarto año más cálido del registro histórico desde 1953; sumando así un año más a la tendencia de las temperaturas anuales por arriba del promedio”.</i> |

Temperaturas medias y temperaturas arriba de la media, de 2015 a 2021 en México.

El cuadro anterior, permite observar una tendencia al alza de la temperatura media anual respecto al periodo 1981-2010.

Cada año desde 1991, se han alcanzado registros nuevos de calentamiento de las aguas de los océanos. Entre los años 2015 al 2021, se reportaron los valores más altos de temperatura, según el reporte del clima global del Centro Nacional de Información Ambiental de Estados Unidos (CONAGUA-SMN, 2022).

Impactos del cambio climático

La Organización Panamericana de Salud (OPS) y la Organización Mundial de Salud (OMS) (s/a), afirmaron que “[...] *La salud es y será afectada por los cambios de clima a través de impactos directos (olas de calor, sequías, tormentas fuertes y aumento del nivel del mar) e impactos indirectos (enfermedades de las vías respiratorias y las transmitidas por vectores, inseguridad alimentaria y del agua, desnutrición y desplazamientos forzados)*”. Se estima que para el año 2030, se produzcan 250,000 muertes en el mundo adicionales por enfermedades sensibles al clima, como son estrés de calor, desnutrición, dengue y malaria.

Para la CEPAL (2015) el cambio climático constituye una externalidad negativa global, desde la perspectiva económica; afirmó que las actividades económicas emitieron a la atmósfera GEI, ocasionando consecuencias y presiones económicas, sociales y ambientales.

Los impactos del cambio climático son y serán inequitativos; existen fuertes riesgos, sobre todo en países con bajos ingresos y grupos sociales con menores recursos, ya que se consideran más vulnerables y con una y menor capacidad de adaptación (INECC, 2018).

Entre los años 2000 y 2019, los desastres naturales extremos inducidos por el cambio climático tuvieron un costo de 2.8 billones de dólares. El costo global de los eventos climáticos extremos atribuibles al cambio climático ascendieron a 143,000 millones de dólares al año; afectó a 1,400 millones de personas (González, F.,

2023).

El INECC (2018), afirmó que *“Los costos acumulados del cambio climático para México durante este siglo serían comparables a perder entre el 50% y hasta más de 2 veces el PIB de México de 2010”*; además, la afectación mayor sería en los centros urbanos, ya que el incremento de la temperatura podría llegar hasta los 8°C para finales del siglo por la presencia del fenómeno conocido como *“isla de calor”*. Además, podría aumentar los costos asociados a la presencia de enfermedades por golpe de calor entre 62 y 100%, de enfermedades gastrointestinales entre 10 y 12% y de enfermedades transmitidas por vectores entre 25 y 31%.

El costo por inundaciones, afirmó el INECC (2018), sería aproximadamente de 130 millones de dólares y estima que para el año 2080 el costo aumentaría a 2 mil millones de dólares por año.

Se estima que alrededor del 68% de la población y el 71% del PIB en México están altamente expuestos a los efectos negativos directos del cambio climático (INECC, 2018).

¿Qué pasa con la ganadería?

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, s/a), estimó que la ganadería mundial emitió 7.1 gigatoneladas de CO₂e al año, lo que representó el 14.5 % de todas las emisiones antropogénicas de GEI. El ganado (para carne y para leche, el estiércol y fuerza de tracción) es la especie animal responsable de la mayoría de las emisiones, representando alrededor del 65% de las emisiones del sector ganadero.

La producción y el procesamiento de alimentos y la fermentación entérica de los rumiantes son las dos fuentes principales de emisiones, que representaron el 45 y el 39% de las emisiones totales, respectivamente. El almacenamiento y procesamiento de estiércol representó el 10%. El resto es atribuible al procesamiento y transporte de productos animales (FAO, s/a).

En México, los bovinos de carne emitieron aproximadamente 43.5 millones de toneladas de CO₂e por año, con una población de poco más de 36 millones de cabezas para el año de 2022 (SIAP, 2022), se emitieron 1.21 toneladas de CO₂e por cabeza ese año (Jurado, P.; et. al., 2022).

Las emisiones del metano (CH₄) fueron producidas por los procesos metabólicos de los rumiantes; estas “[...] emisiones de metano asociadas a la fermentación entérica en 2019 se estimaron en 82,287.31 Gg CO₂e, las cuales muestran un incremento de 9.93% respecto al año 1990 [...]”; lo cual constituyó el 95% de la fermentación entérica de los bovinos (SEMARNAT-INECC, 2022). Una tonelada de metano equivale a 25 t CO₂e (Jurado, P.; et. al., 2022).

A pesar de que la actividad ganadera no es la principal responsable de la emisión de los GEI, si es parte del problema ambiental y se integra en los indicadores denominados “*Huellas Ambientales*”, que permiten conocer los impactos (positivos y negativos) generados por las actividades económicas en el medio ambiente. Las huellas ambientales son las siguientes: a) Huella de Carbono, b) Huella Hídrica y c) Huella Ecológica (UPB - Sede Central Medellín, s/a).

Huella de Carbono, se refiere a “[...] la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto [...]” (CEPAL, 2010). Mientras que la Huella Hídrica se refiere al uso y origen del agua, un indicador del volumen de agua utilizado en la producción; el origen es “agua verde” (agua de lluvia); “agua azul” (agua superficial y subterránea) y “agua gris” (agua contaminada) (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2019). La Huella Ecológica es aquella que permite conocer el impacto social sobre el ambiente; *“Es una herramienta para determinar cuánto espacio terrestre y marino se necesita para producir todos los recursos y bienes que se consumen, así como la superficie para absorber los desechos que se generan [...] La huella ecológica de cada ser humano es de 2.7 hectáreas. Sin embargo, nuestro planeta tan sólo es capaz de otorgar a cada uno de sus habitantes cerca de 1.8 hectáreas [...] En México, la huella ecológica calculada en 2006 fue de cerca de 3.4 hectáreas por persona [...] Esta diferencia indica que cada uno de nosotros utiliza más espacio para cubrir sus necesidades de lo que el planeta puede darnos [...] Las actividades que más han repercutido en el crecimiento de la huella ecológica mundial son la quema de combustibles fósiles, la agricultura y la ganadería”* (SEMARNAT, 2017).

Para el caso de la producción ganadera, la Huella de Carbono y la Huella Hídrica constituyen en forma directa los indicadores más importantes que contribuyen al calentamiento global; la Huella de Carbono en tanto emite los GEI, particularmente el metano (CH_4), la Huella Hídrica en el uso y origen del agua para la producción animal.

El metano (CH_4) es el principal responsable de más del 25% del calentamiento *“[...] es un potente gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento mundial más de 80 veces mayor que el*

del dióxido de carbono (CO₂) durante los 20 años después de su liberación a la atmósfera” (ONU, 2023).

Las fuentes de emisión de GEI son de dos tipos: a) emisiones de GEI directas (fermentación entérica, consumo de combustibles fósiles, uso de fertilizantes sintéticos, quemas de residuos agrícolas, manejo de estiércol y consumo de refrigerantes); y b) emisiones de GEI indirectas (consumo de energía eléctrica). Con la consideración de estas fuentes de emisión de GEI, se puede calcular la Huella de Carbono y tomar las decisiones correspondientes (Páez-Barón, E. M; et. al, 2018).

Existen diversas metodologías para calcular la huella de carbono, como la propuesta presentada en la plataforma digital CONtextoganadero (2019), referida al uso de un Software Ganadero SG; o las propuestas por El International Standard Organization, responsable del desarrollo de la metodología UNE-EN ISO (Ihobe. Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2013); sin embargo, se destaca que, de acuerdo al artículo 15 de LGCC, el INECC, tiene como fin, entre otros, el “[...] *promover y difundir criterios, metodologías y tecnologías para la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales [...]*”, las cuales determinan el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

En cuanto a la Huella Hídrica, la FAO estimó que poco más del 70% del uso mundial del agua corresponde a las actividades agrícolas; en tanto que el uso del agua por el ganado se encuentran en un nivel elevado y en constante crecimiento, desde la producción de los alimentos hasta el suministro del producto (Steinfeld, H., 2009).

La FAO consideró que las necesidades de agua potable (como dato

referencial), para la ganadería fueron las siguientes: bovinos de 103 a 126 litros/día/animal; cerdos de 17 a 47 litros /día/animal; aves de 13 a 50 litros /día/animal; caprinos de 8 a 12 litros /día/animal; ovinos de 9 a 20 litros /día/animal (Steiner, H., 2009).

Impactos del cambio climático en la ganadería

Según Juan Carlos Ayala (2023), Director General del Grupo Consultor de Mercado Agrícolas (GCMA), una consecuencia del cambio climático es la sequía que repercute directamente en la producción ganadera, al reducir el suministro de alimentos y agua, provocando la muerte del ganado y en consecuencia la reducción de la población ganadera. Hasta el 15 de octubre de 2023, más del 80% del territorio nacional se vio afectado por algún nivel de sequía, con 51% del país encontrándose en las categorías de severa a excepcional, siendo estas las más altas. No se registró una cifra aproximada de muertes de cabezas de ganado por sequía; sin embargo, se estimó que el 50% del hato se encontraba en estas condiciones (Ganadería.com, 2023).

En la ganadería el impacto inicial de la sequía se percibe en la reducción del forraje disponible y, posteriormente, en la disminución de su producción, misma que se refleja en el peso del ganado y en sus tasas de reproducción (López, M.; et. al., 2009).

El problema anterior tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria: disminuye la oferta de alimentos de origen animal (proteína de alta calidad biológica), aumenta su precio de mercado y determina una mayor dificultad de acceso a los alimentos nutritivos y saludables, uno de los seis indicadores¹² en la metodología de medición de la pobreza que utiliza el Consejo

Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL (2021); además, se incumple directamente el derecho a la alimentación de la población consagrado en el artículo 4º constitucional¹³.

Las altas temperaturas afectan la nutrición, fertilidad y bienestar del ganado, provocado por el estrés calórico, que aumenta la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y la respiración del animal.

De igual forma, el cambio climático afecta la biodiversidad, la salud y productividad animal, así como la disponibilidad y calidad de forrajes y cultivos para alimentación animal (Deschamps, L., 2018).

Algunas acciones de mitigación

Existen diversas alternativas y acciones para lograr en el mediano y largo plazos una ganadería sustentable: alimentación estratégica (nutrición), manejo eficiente de la genética y reproducción animal, ajuste de la carga animal en los agostaderos (evitar el sobre pastoreo).

Considerar en la eficiencia alimentaria, los ajustes de los niveles de proteína y la formulación en base a aminoácidos, así como la utilización de aditivos (Escribano, A. J., 2023).

Un método eficaz ha sido lo que se denomina el Sistema de Ganadería Silvopastoril, el cual consiste en cultivar “[...] leguminosas en los potreros, tanto herbáceas, como arbustivas y árboles; de plantas nativas para alimentar el ganado, conservar

forrajes, usar cercas vivas, emplear insumos biológicos (biofertilizantes y bioplaguicidas); y criar razas rústicas bajo condiciones edafoclimáticas difíciles”. (CDRSSA, 2020). “[...] los árboles quitan CO₂ de la atmósfera y lo almacenan como celulosa, lignina y otros compuestos” (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA, 2023).



Incremento de la productividad ganadera, “Existe un vínculo directo entre las intensidades de las emisiones de GEI y la eficiencia con la que los productores utilizan los recursos naturales, es decir, la cantidad de recursos naturales utilizados en la producción animal, por unidad de producción comestible o no comestible. Para los sistemas de producción ganadera, las emisiones de óxido nitroso, metano y dióxido de carbono son pérdidas de nitrógeno, energía y materia orgánica que socavan la eficiencia y la productividad. Por lo tanto, las posibles intervenciones para reducir las emisiones se basan en gran medida en tecnologías y prácticas que mejoran la eficiencia de la producción a nivel de animales y rebaños” (FAO, s/a).

Con la reforma a la LGCC en 2018, el Gobierno Federal estableció el “comercio de emisiones” para reducir la emisión de GEI; se crearon los bonos de carbono como instrumentos financieros para apoyar “[...]”la reducción de dióxido de carbono lograda por algún proyecto ambiental, de conservación o de reforestación de bosques y selvas, y equivale a una tonelada de carbono absorbida de la

atmósfera. Antes de comprar bonos, una empresa debe maximizar los recortes en sus emisiones de gases de efecto invernadero” (García de León, V, 2022).

“La Plataforma Mexicana del Carbono (MEXICO2) promueve la compra voluntaria de carbono y puede ser una opción para ranchos ganaderos en México [...]” (Jurado, P.; et. al. 2022). Apoya proyectos y acciones para proteger y aumentar el capital natural y social del país, según el IECC (2013).

Conclusiones

La ganadería mexicana forma parte de las entidades que colabora con el calentamiento global, a la vez sufre los impactos negativos de este problema mundial. Las recurrentes sequías, las temperaturas extremas, la presencia de huracanes de mayor intensidad, han provocado muertes de cabezas de ganado, problemas en la nutrición, reproducción y bienestar animal (como el estrés calórico); disminuyendo la productividad y que podría generar en el mediano y largo plazo un desabasto de alimentos de origen animal y por lo tanto un aumento de las exportaciones en esta materia, lo que provocaría una balanza comercial deficitaria.

Destacar las acciones que deben promoverse en la ganadería, planteadas por la Plataforma Mexicana de Carbono, como son, el desarrollo universal de proyectos de captura de metano en unidades de producción particularmente en bovinos y porcinos; utilización de digestores para la captura y quema de biogás que evite la liberación a la atmósfera, rellenos sanitarios y reforestación, entre otras, como el desarrollo de los sistemas silvopastoriles, el equilibrio de nutrientes en rumiantes,

principalmente y la obtención de crías, a partir de parámetros genéticos de mayor resistencia a las extremidades y cambios climáticos, para conseguir una mayor resiliencia.

Y con ello, seguir conservando a la ganadería como una actividad económica dinámica, con un superávit en la balanza comercial que, hasta el mes de agosto de 2023, era más de 600 millones de dólares, sólo en las exportaciones de ganado en pie y miel de abeja (SIAP, 2023); de igual forma, representó el 40% del PIB agroalimentario y el 8.2% de la economía nacional (Ganadería.com, 2023).

Se estima que para el año 2050 la población mundial será de poco más de 9 mil millones de personas, provocando el uso de mayores recursos naturales (tierra y agua). Que, en palabras de González, P. (2020), los alimentos de origen animal incrementarán su consumo, por ejemplo, la carne un 73% y la leche un 58%, en comparación al año 2010. “[...] *Lo anterior, plantea el desafío de mantener un balance entre la productividad, seguridad alimentaria y la preservación del medio ambiente*” (González, P. 2020).

El Canciller Rodolfo Nin Novoa (uruguayo) dijo en 1a 12^o reunión de la Conferencia de las Partes de la Convención de Ramsar sobre los Humedales (COP12), celebrada en Punta del Este, Uruguay en junio de 2015 *"La naturaleza puede vivir sin el hombre, pero el hombre no puede vivir sin la naturaleza"*.

Referencias Bibliográficas

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (2023). Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias. 3 de marzo de 2023.

Consultado en <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos>.

Agencia Internacional de Energía (AIE, 2023). Un camino renovado hacia las cero emisiones netas. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 26 de septiembre de 2023; consultado en <https://es.gizmodo.com/la-exageracion-sobre-la-tecnologia-de-captura-de-carbon-1850875286>.

Ayala, J. C. (2023). En la opinión... de Juan Carlos Ayala: la sequía y sus repercusiones en la ganadería mexicana. Redacción ganadera, 6 de noviembre de 2023, Ganadería.com.

AWS (s/a). Información general sobre la herramienta para conocer la huella de carbono del cliente. consultado en https://docs.aws.amazon.com/es_es/awsaccountbilling/latest/aboutv2/ccft-overview.html.

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CDRSSA, 2020). Política pecuaria y ganadería sostenible. Palacio Legislativo de San Lázaro, Cámara de Diputados, marzo de 2020.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Servicio Meteorológico Nacional (2022). Reporte del clima en México. Reporte anual 2021. Gerencia de Meteorología y Climatología; Subgerencia de climatología y Servicios Climáticos. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2021.pdf>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Servicio Meteorológico Nacional (2015). Reporte del clima en México. (Reportes anuales 2015-2021). Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional Gerencia de Meteorología y Climatología Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo.

<https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2015.pdf>.

Comisión Económica para América latina y El Caribe, CEPAL (2010). Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. División Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL, Clement Chenost y Pierre Lenne, expertos de ONF international en proyectos MDL, REDD y Estrategia Carbono.

Consultado en <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37288-metodologias-calculo-la-huella-carbono-sus-potenciales-implicaciones-america>.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2015). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Santiago de Chile.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2023). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: en la mitad del camino hacia 2030. Objetivos, metas e indicadores (LC/PUB.2023/13-P), Santiago, 2023.

CONtextogadero (2019). Calcule la huella de carbono de su ganadería. 12 de julio de 2019. Colombia, consultado en <https://www.contextogadero.com/ganaderia-sostenible/calcule-la-huella-de-carbono-de-su-ganaderia>.

Constitución Política Mexicana, con reformas publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el 13 de octubre de 2011.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2021). Medición Multidimensional de la pobreza 2016-2020.

Consultado en <https://www.coneval.org.mx/InformesPublicaciones/InformesPublicaciones/Documents/Metodologia-medicion-multidimensional-3er-edicion.pdf>.

Deschamps, L. (2018). El sector ganadero puede y debe adaptar sus prácticas al cambio climático. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. Consultado en <https://iica.int/es/prensa/noticias/el-sector-ganadero-puede-y-debe-adaptar-sus-practicas-al-cambio-climatico#:~:text=%E2%80%9CEl%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20la,cultivos%20para%20alimentaci%C3%B3n%20animal%E2%80%9D%2C%20afirm%C3%B3>.

Escribano, A. J. (2023). Estrategias nutricionales para reducir la producción Metano entérico (rumiantes). Entorno Ganadero, abril-mayo 2023; BMeditores)

Estrada, F.; Zavala, J.; Martínez, A.; Raga, G.; Gay, C.; Lee, W. H. (coordinador de la Investigación Científica de la UNAM) (coordinadores) (2023). Estado y perspectivas del

cambio climático en México. Un punto de partida. UNAM, Programa de Investigación en Cambio Climático; primera edición, octubre de 2023.

ExpokNews (2023). Los ODS no se cumplirán... no con el ritmo que llevamos: ONU. 20 de julio de 2023. Consultado en <https://www.expoknews.com/los-ods-no-se-cumpliran/>.

García de León V. (2022). Los retos de México ante el inicio del comercio formal de los bonos de carbono. El País, América Futura, Banco de Desarrollo de América Latina, 7 de septiembre de 2022; consultado en <https://elpais.com/america-futura/2022-09-07/los-retos-de-mexico-ante-el-inicio-del-comercio-formal-de-los-bonos-de-carbono.html>.

Ganadería.com (2023). La situación de sequía continúa amenazando a la ganadería; pérdidas de bovinos, reducción de hatos y presas semi vacías. Redacción Ganadera, 31 de octubre de 2023.

Ganadería.Com (2023). Piden especialistas cautela al señalar de forma negativa a la ganadería y al consumo de proteína animal. Redacción Ganadera, 30 de octubre de 2023.

Georgieva, K. (2022). Retomar la senda de las emisiones netas cero: Tres prioridades fundamentales para la COP27. IMF BLOG, 4 de noviembre de 2022. Consultado en <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2022/11/04/getting-back-on-track-to-net-zero-three-critical-priorities-for-cop27#:~:text=Emisiones%20netas%20cero%20para%202050,los%20niveles%20anteriores%20a%202019>.

González, P. 2020. Efecto del cambio climático sobre la ganadería. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN. Asesoría Técnica Parlamentaria. Consultado en https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/28543/1/Efecto_del_CC_sobre_la_Ganaderia.pdf.

González, F. (2023). El cambio climático cuesta 143 mil millones de dólares al año. WIRED, 12 de octubre de 2023; consultado en <https://es.wired.com/articulos/cambio-climatico-cuesta-143-mil-millones-de-dolares-anuales#:~:text=wildpixel-13,El%20costo%20global%20de%20los%20eventos%20clim%C3%A1ticos%20extremos%20atribuibles%20al,publicado%20en%20la%20revista%20Nature>.

Ihobe. Sociedad Pública de Gestión Ambiental (2013). 7 metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero. Gobierno Vasco.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2018). La economía del cambio climático. Resumen Informativo. Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2013). Lanzamiento de México CO2, Plataforma Mexicana de Carbono. 26 de noviembre de 2013; consultado en <https://www.gob.mx/inecc/prensa/lanzamiento-de-mexico-co2-plataforma-mexicana-de-carbono#:~:text=La%20Plataforma%20Mexicana%20de%20Carbono,natural%20y%20social%20de%20M%C3%A9xico.>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2018). La economía del cambio climático. Resumen informativo. Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2018). Causas del cambio climático. Gobierno de México, 18 de mayo de 2018; consultado en <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/causas-del-cambio-climatico#:~:text=Las%20concentraciones%20de%20di%C3%B3xido%20de,cambio%20de%20uso%20del%20suelo.>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2019). Huella hídrica. SEMARNAT, 30 de julio de 2019; consultado en [https://www.gob.mx/imta/articulos/huella-hidrica#:~:text=huella%20h%C3%ADdrica%20gris\).-,La%20huella%20h%C3%ADdrica%20C%20es%20decir%20C%20la%20apropiaci%C3%B3n%20humana%20del%20agua,contaminada%20\(huella%20h%C3%ADdrica%20gris\).](https://www.gob.mx/imta/articulos/huella-hidrica#:~:text=huella%20h%C3%ADdrica%20gris).-,La%20huella%20h%C3%ADdrica%20C%20es%20decir%20C%20la%20apropiaci%C3%B3n%20humana%20del%20agua,contaminada%20(huella%20h%C3%ADdrica%20gris).)

Jurado, P.; Sosa, G. y Álvarez, A. (2022). Almacén y captura de carbono en ranchos ganaderos. INIFAP, Campo Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua.

Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada en el DOF el 6 de junio de 2012; última reforma 11 de mayo de 2022.

López, M.; Solís, G.; Murrieta, J.; López, R. (2009). Percepción de los ganaderos respecto a la sequía: viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. Estudios Sociales, Hermosillo, Son. Versión impresa ISSN 0188-4557 Estud. Soc vol.17 spe

Hermosillo nov. 2009.

México ante el cambio climático (s/a). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Consultado en <https://cambioclimatico.gob.mx/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico/#:~:text=La%20Convenci%C3%B3n%20Marco%20de%20las,y%20adaptaci%C3%B3n%20al%20cambio%20clim%C3%A1tico>.

Organización Panamericana de Salud (OPS)-Organización Mundial de Salud (OMS) (s/a). Cambio climático y salud. Consultado en <https://www.paho.org/es/temas/cambio-climatico-salud#:~:text=La%20salud%20es%20y%20ser%C3%A1,del%20agua%2C%20desnutrici%C3%B3n%20y%20desplazamientos>.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2021). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo 2022-2025. ONU, Nueva York, NY 10017 www.undp.org.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2023). Datos sobre el metano. Programa para el Medio Ambiente; consultado en <https://www.unep.org/es/explore-topics/energy/datos-sobre-el-metano#:~:text=El%20metano%20es%20un%20potente,su%20liberaci%C3%B3n%20a%20la%20atm%C3%B3sfera>.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (s/a). El acuerdo de París. Consultado en <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2020). Seguimiento del progreso en los indicadores de los ODS relacionados con la alimentación y la agricultura 2020. Un informe sobre los indicadores bajo la custodia de la FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, s/a). Hechos y hallazgos clave. En cifras: emisiones de GEI del ganado. Consultado en <https://www.fao.org/news/story/es/item/197623/icode/>.

Páez-Barón, E. M., Corredor-Camargo, E. S., & Fonseca-Carreño, J. A. (2018). La Huella hídrica y la huella de carbono: herramientas para estimar el impacto de la ganadería bovina. *Pensamiento Y Acción*, (24), 81–92. Recuperado a partir de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/pensamiento_accion/article/view/8617

Plataforma Mexicana de Carbono (MEXICO2), (2016). Consultado en <https://www.mexico2.com.mx>

Santillano, M. L. (2017). Alterar el suelo contribuye al cambio climático. Ciencia UNAM, 17 de julio de 2017; consultado en <https://ciencia.unam.mx/leer/633/alterar-el-suelo-contribuye-al-cambio-climatico#:~:text=Este%20ocurre%20cuando%20la%20cubierta,es%20por%20los%20ase ntamientos%20humanos.>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2016). Protocolo de Kioto sobre cambio climático. Gobierno de México, 11 de diciembre de 2016. Consultado en <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/protocolo-de-kioto-sobre-cambio-climatico#:~:text=El%20Protocolo%20de%20Kioto%20fue,Unidas%20sobre%20el%20Ca mbio%20Clim%C3%A1tico.>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), (2020). Inventario nacional de emisiones de GEI. Gobierno de México

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2022). México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 1990-2019. Gobierno de México; primera edición 2022.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2017). Qué es la huella ecológica. 22 de noviembre de 2017; consultado en <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-es-la-huella-ecologica>

Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V. Rosales, M.; Cees de Haan (2009). La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. FAO; consultado en <https://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2022). Población ganadera. Bovinos de carne. SADER, Gobierno de México.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2023). Balanza comercial agroalimentaria de México. Dirección de Análisis Estratégicos, SADER, Gobierno de México.

The Planet App, (2020). ¿Qué son las emisiones de CO2 y CO2 equivalente? 2 de julio de 2020; consultado en <https://theplanetapp.com/que-son-las-emisiones-de-co2/#:~:text=Los%20conocidos%20como%20gases%20de,los%20gases%20que%20mencionamos%20anteriormente.>

Toche, N. (2021). Científicos y ONG rechazan desaparición del INECC y del IMTA. El Economista, 19 de diciembre de 2021, consultado en <https://www.economista.com.mx/arteseideas/Cientificos-y-ONG-rechazan-desaparicion-del-Instituto-Nacional-de-Ecologia-y-Cambio-Climatico-y-el-Instituto-Mexicano-de-Tecnologia-del-Agua-20211219-0020.html>.

Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) - Sede Central Medellín (s/a). Huellas ambientales. Consultado en https://www.upb.edu.co/wcs_statics/pp/infograficos/huellasambientales/index.html#:~:text=La%20huella%20de%20carbono%2C%20la,la%20disminuci%C3%B3n%20de%20los%20impactos.

Desarrollo de un medio de cultivo alternativo para asegurar la integridad de *Tritrichomona foetus* post descongelamiento de muestras positivas

Resumen

La tricomoniasis bovina es una enfermedad venérea causada por *Tritrichomona foetus*. El impacto reproductivo que genera este protozoo en los sistemas de producción bovina, donde interviene la monta directa o la inseminación artificial con semen contaminado, se relaciona a una menor cosecha de becerro, heterogeneidad en grupos de partos, mayor número de vacas improproductivas y altos costos por el efecto descarte-reemplazo de animales infectados independientemente de su valor genético. Algunos medios utilizados para el transporte de muestras de *T. foetus* no protegen al parásito de la desnaturalización de los ácidos nucleicos para fines de diagnóstico molecular si se almacena o congela la muestra por largos periodos de tiempo y no se comercializan en México, lo que obstaculiza el diagnóstico. En este sentido, el objetivo del estudio fue desarrollar un medio de cultivo que asegure la integridad de *T. foetus* posterior al descongelamiento de la muestra. Para esto, se obtuvieron muestras de exudados de vacas con piometra procedentes de diferentes ranchos ubicados al noroeste de México. De la muestra original se

extrajo el ADN para su análisis por PCR e identificar las muestras positivas a *T. foetus* (TRICH+). Se formuló el medio de cultivo TrichonEmma y se le añadió antibióticos. Las muestras TRICH+ fueron sembradas e incubadas en TrichonEmma. A los días 4 y 7 post siembra los tubos fueron observados por microscopia directa y se tiñeron con Giemsa. Se observó desarrollo y motilidad del protozooario a partir del 4d por microscopia y las tinciones confirmaron estructuras características de *T. foetus*. El medio de cultivo (TrichonEmma) desarrollado en el presente estudio logró conservar exitosamente la integridad de *T. foetus*, incluso la sobrevivencia y desarrollo del protozooario después del descongelamiento. Así mismo, éste estudio es el primero en México que identifica molecularmente a *T. foetus* a partir de piometra de vacas abortadas.

Palabras clave: *Tricomoniasis, medios de transporte, sobrevivencia, descongelamiento.*

Introducción

La tricomoniasis bovina es la enfermedad venérea causada por el protozooario extracelular *T. foetus* que está mundialmente distribuida y es endémica principalmente en regiones que utilizan la monta natural como manejo reproductivo (da Silva et al., 2020; WOA, 2018). La infección por *T. foetus* puede causar pérdidas económicas significativas debido a la disminución en el rendimiento reproductivo del rebaño afectado, que van desde temporadas de parto prolongadas, menor tasa de parto, mantenimiento de ganado no productivo, pruebas de diagnóstico para el control de infecciones y hasta mayores costos como resultado del sacrificio y reemplazo del ganado infectado (Clothier et al., 2015; Ondrak, 2016; Gifford et al., 2020).

La enfermedad se transmite a las vacas adultas directamente por el coito con el toro enfermo, ya que los machos normalmente no muestran signos clínicos de infección, por lo tanto, se les considera portadores subclínicos del agente (Martin et al., 2021; Yao, 2021), lo que hace a la Inseminación Artificial (IA) una importante estrategia de prevención. Sin embargo, *Trichomona foetus* también se transmite mediante vaginas artificiales contaminadas o semen criopreservado de toros positivos (Burgess y McDonald, 1992). Por el contrario, las hembras infectadas, ya sea por monta natural o IA, ocasionalmente pueden cursar vaginitis, aborto, infertilidad y otros problemas reproductivos. Estos signos clínicos en la mayoría de los casos positivos se “autocuran” o desaparecen posteriormente de varias semanas o meses con reposo reproductivo. Es posible que algunas vacas queden infértil permanente o incluso la prevalencia continua del microorganismo en un pequeño por ciento, siendo necesario sacrificar hembras antes de que hayan completado una vida productiva (Michi et al., 2016; da Silva et al, 2020; Martin et al., 2021).

En algunos países se utiliza el aislamiento de *T. foetus* vivo para su diagnóstico por microscopia, para lo cual se utilizan diferentes medios transporte comerciales. Este método diagnóstico en algunos países aún se considera el estándar de oro para el diagnóstico pese a su baja sensibilidad. Actualmente, en países desarrollados se utilizan medios de transporte comerciales combinado con la PCR y PCR tiempo real para mejorar la sensibilidad y especificidad del diagnóstico (WHO, 2018), a diferencia de países como México donde el principal problema es el costo y la introducción de los medios de cultivo al país.

La presencia de la enfermedad fue reconocida en México desde

hace más de 60 años en ganado lechero ubicado en una zona lechera del Valle de México (Cuevas, 1967). El incremento en los casos de animales con signos clínicos similares a *T. foetus* y la movilización de toros procedentes del vecino país, han sido una preocupación en los últimos años, por lo que su diagnóstico y control no había sido relevante hasta hace poco. Un estudio reciente al norte de México en el estado de Chihuahua (Ramírez, 2017) reportó la presencia de *T. foetus* en el 21.8% de los toros muestreados, en el que el 60-65% de los ranchos muestreados tuvieron al menos un animal positivo. Una tesis de maestría en el estado de Veracruz reportó una frecuencia de 36% y 14.3% de vacas y toros positivos a *T. foetus* (Villareal 2020). En estos estudios se utilizaron la microscopía directa de frotis en portaobjetos teñidos con Giemsa así como el sistema de diagnóstico de cultivo comercial para su uso por PCR.

El control de la tricomoniasis en México todavía se considera tarea difícil, ya que los datos disponibles de prevalencia en el país son escasos para medir la severidad de la enfermedad ya que el desarrollo y estandarización de pruebas disponibles para México está en desarrollo, así como los métodos de muestreo, reactivos y material para no depender de la importación de ellos. Un factor relevante es la capacidad de *T. fetus* para sobrevivir a la congelación y seguir siendo potencialmente infeccioso (Ribeiro et al., 2021). Es posible que el protozoo sobreviva al congelamiento y muestre viabilidad al posterior descongelamiento sin criopreservador si se formula un medio de transporte alternativo que complemente un sistema de diagnóstico de *T. foetus*. Debido a esto, el presente ensayo tuvo como objetivo desarrollar un medio de cultivo que asegurara la integridad de *T. foetus* posterior al descongelamiento de la muestra. Lo anterior facilitara la capacidad de obtener resultados más rápidos y a menor costo en México sin la

necesidad de la importación de medios de cultivos.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica y animales de estudio

Las muestras se recolectaron en ranchos de diferentes localidades del Estado de Sonora. Se examinaron un total de 10 vacas adultas abortadas de diferentes edades y regiones. Se recogió líquido vaginal de cada vaca después del aborto (no más de 1 semana después del aborto) utilizando una pipeta de inseminación artificial acoplada a una jeringa de 5 ml y depositada en un tubo Falcon estéril de 50 ml. Las muestras de alta viscosidad se diluyeron con 10 ml de buffer fosfato salino (Sigma-Aldrich) y se centrifugaron a 2200 x g durante 15 minutos. Se eliminó el sobrenadante y el sedimento se resuspendió nuevamente en un volumen de 1 ml. Finalmente se utilizaron 200 μ l para la extracción de ADN y el resto se congeló a -60°C hasta su posterior uso.

Obtención de ácidos nucleicos a partir de piometra

Las muestras de piometra diluidas se homogeneizaron primero por agitación e inversión. A continuación, las extracciones de ADN se llevaron a cabo mediante el Sistema de extracción de ácidos nucleicos automático taco™ (GeneReach Biotechnology Corp.) utilizando el DNA/RNA Extraction Kit (taco™) de acuerdo con el método del fabricante. El producto final extraído de ácidos nucleicos fue cuantificado con espectrofotometría UV (BioSpect-Nano, Shimadzu®). La integridad del ADN extraído se verificó mediante electroforesis en un gel de agarosa al 1,5 % teñido con

bromuro de etidio. Todas las extracciones se almacenaron en viales estériles de 1,5 ml a -20 °C para ser procesadas posteriormente para la técnica de PCR.

DetECCIÓN MOLECULAR DE *T. foetus* POR PCR

Las muestras de ADN se analizaron mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) utilizando el conjunto de cebadores TFR3: 5'_CGGGTCTTCCTATATGAGACAGAACC-3' y TFR4: 5'-CGGGTCTTC CTATATGAGACAGAACCGGAGCTGAATG-3', amplificando una región de 347 pb del gen que codifica para el ARNr 5.8S y las regiones ITS1 e ITS2 de *T. foetus* (Felleisen et al., 1998). Para las reacciones se utilizó el kit precargado GoTaq® Flexi DNA Polymerase PCR (Promega) que contiene Green GoTaq®, que sirve como tampón de reacción y solución de carga de gel, lo que permite cargar las reacciones directamente para un análisis rápido y eficiente. Las reacciones se realizaron en un volumen final de 25 µl, con una concentración de 1X Green GoTaq Buffer 5x, 1.5 mM MgCl₂, 0.2 mM para cada dNTP, 0.4 µM de cada cebador, 1.25 u de GoTaq DNA Polymerase, 5 µl de DNA y H₂O libre de nucleasas a 25 µL. Las condiciones del análisis de PCR fueron 1 ciclo de 95 °C por 3 min, 32 ciclos de; 95 °C por 15 s, 62 °C por 30 s y 72 °C por 30 s y un paso de extensión final de 72 °C por 5 min. El producto se identificó en gel de agarosa al 1.5% con bromuro de etidio, considerando bandas positivas con el tamaño del aplicón del agente.

DESARROLLO DE UN MEDIO DE CULTIVO PARA EL CRECIMIENTO DE *Tritrichomona foetus* (TrichonEmma)

Para la formulación del medio de cultivo se utilizó L- cistina,

tioglicolato de sodio, peptona de caseína, extracto de levadura, dextrosa, NaCl, K₂HPO₄, KH₂PO₄, agar base, suspendidos en 500 ml de agua destilada, fue necesario calentar un poco la mezcla en el mechero de Bunsen para que se integren todos los ingredientes. Se ajustó el pH de 7.0-7.4 con ácido clorhídrico o hidróxido de sodio. Posteriormente se esterilizó a 121°C, 15 lb de presión por 15 minutos y se enfrió a 49°C, después, se añadieron 25 mg de amikacina, 500,000 UI de bencilpenicilina y 25 mg de fluconazol. Finalmente se distribuyó el medio de forma aséptica en tubos de vidrio estériles con tapón de rosca de 15 ml y se conservó el medio de cultivo a 4 °C hasta su uso.

Proceso de siembra en medio TrichonEmma

Una vez listo el medio TrichonEmma se descongelaron solo las muestras de piometra positivas por PCR a temperatura ambiente. En un ambiente aséptico y con el uso de micropipetas estériles, se tomaron 200 μ l del precipitado de cada muestra e inmediatamente se sembrada por triplicado en el medio desarrollado. Al finalizar, cada uno de los tubos fue homogenizado mediante rotaciones lentas para no dañar las muestras. Los tubos sembrados se colocaron en gradillas y se introdujeron a una incubadora bacteriológica a 37 °C.

Evaluación del medio de cultivo TrichonEmma

Se realizó una evaluación directa al microscopio en guarda griega de una gota del precipitado de los medios de cultivo, colocando un cubreobjetos y aceite de inmersión para la observación a 100X al día 4 y 7 después del sembrado. Posteriormente, se realizaron frotis de los medios de cultivo, tomando con pipetas de 1 ml muestras del

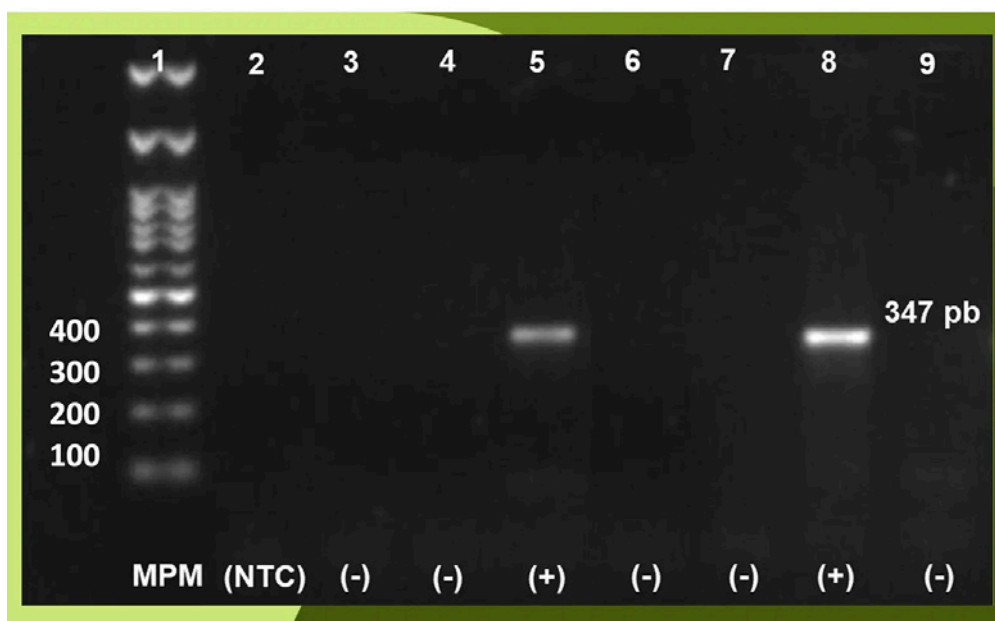
precipitado de cada medio. Se dejaron secar a temperatura ambiente y se fijaron con metanol durante 10 minutos. Después de ese tiempo, se tiñeron en un puente de tinción con Giemsa (1 parte de colorante y 20 partes de agua destilada). Estas evaluaciones se realizaron en guarda griega.

Resultados y discusión

Por medio de electroforesis se observó buena integridad de las moléculas de ADN extraídas, con una cuantificación por espectrofotometría en promedio de 58.32 ng/ μ l en las muestras y una pureza con la relación 260-280 OD de 1.85. Estos valores de cantidad y calidad de material genético son muy parecidos a los obtenidos por Gharban (2023), con una cantidad de 45,7 ng/ L y una calidad de 1.73, partiendo al igual que nuestro ensayo de piometra en vacas abortadas. Demostrando en ambos casos una buena cantidad de material genético y una calidad sin contaminantes derivados de guanidina, fenoles, sales caotrópicas o hidratos de carbono.

En la detección por PCR, el 20% de las vacas abortadas resultaron positivas a *T. foetus* (TRICH+) usando PCR convencional (**Figura1**), observando un bandeo específico de la región del ADN ribosomal de *T. foetus* con un tamaño de 347 pb.

Figura 1. Gel de electroforesis al 1.5% con productos de PCR. Carril 1: Marcador de peso molecular; 2: Control negativo; 3,4,6,7 y 9 muestras negativas; 5 y 8: muestras positivas.

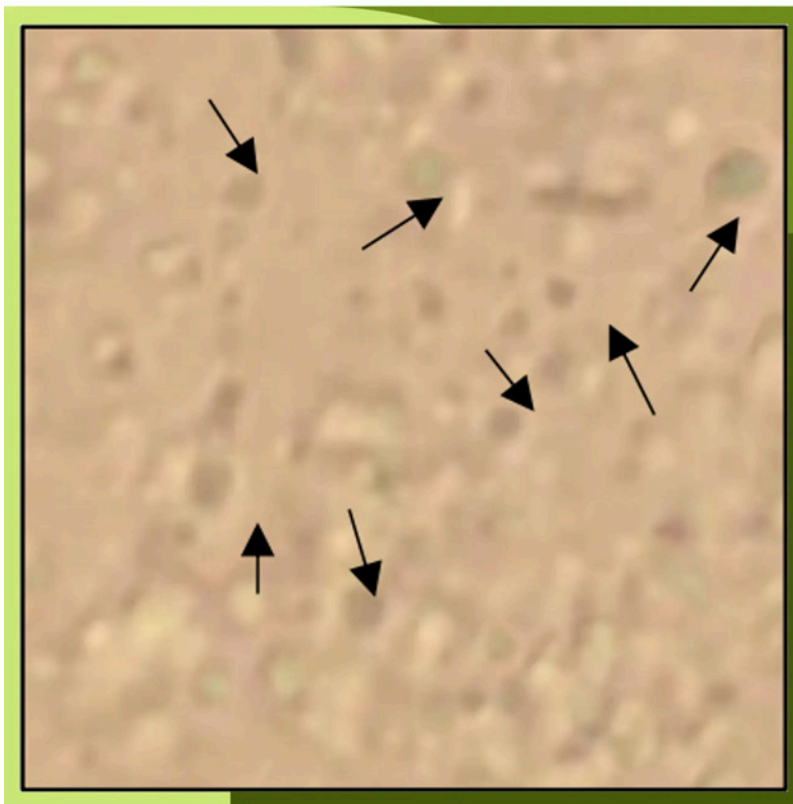


El uso de la PCR con los primers TFR3 y TFR4 para amplificar una región de 347 pb, que incluye el gen 5.8S y las secuencias ITS1 e ITS2 del ADN ribosomal de *T. foetus*, ha sido ampliamente documentada y validada en varias publicaciones científicas (Madoroba et al 2011; de Oliveira et al 2018; Gharban, 2023). Actualmente la detección molecular de *Trichomonas foetus* en vacas ha avanzado significativamente en los últimos años, siendo una herramienta crucial para el diagnóstico preciso, ofreciendo como principal ventaja el obtener resultados en pocas horas y sin la necesidad de cultivos caros (Cobo et al., 2007), al igual que en nuestro ensayo en vacas abortadas, con la diferencia que en esos trabajos guiaron sus investigaciones a la prevalencia y no a la estabilidad del protozooario en cultivo alternativo posterior al congelamiento. A pesar de esto, nuestro equipo de trabajo corrobora y recomienda la detección por PCR de *T. foetus* a partir de piometra, ya que facilita la implementación inmediata de medidas de control y prevención sobre el porcentaje de vacas que

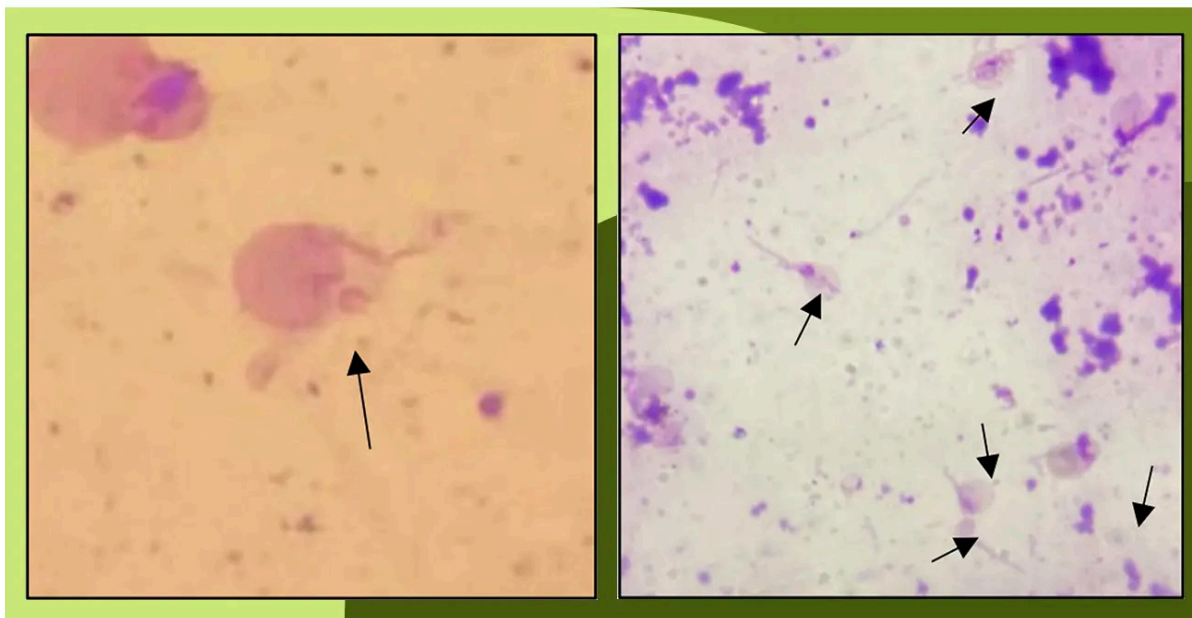
quedan infectadas y permanecen es estado de portadoras durante mucho tiempo o permanentemente (Palomares et al., 2017).

Otro factor importante en estudio fue la estabilidad al posterior descongelamiento de las muestras conservadas a 60°C y formular un medio de cultivo alternativo para poder demostrar la viabilidad de *T. foetus* sin criopreservadores. La motilidad se evaluó en frotis directos obtenidos de la formulación desarrollada y de los medios de cultivo, al observar al microscopio en 100x, al día 4 de las dos muestras de piometra detectadas por PCR. Se observaron pequeños microorganismos con forma ovoide y un pequeño flagelo que se movían de manera espasmódica, característicos de *Trichoma foetus* (**Figura 2**). Archelli (2023) describe que, en el campo de observación de las tricomonas, se observan microorganismos con movimientos espasmódicos, con traslación o sin ella, viéndose el flamear la membrana ondulante y los flagelos anteriores. Lo anteriormente descrito coincide con los resultados obtenidos a la observación directa de las siembras positivas, cuyos movimientos eran espasmódicos y ondulantes al día 4.

Figura 2. *T. foetus* en examen directo de una gota de la formulación al día 4



Con las tinciones de Gemsa se corroboró el desarrollo de *T. foetus*, notándose una estructura ovoide rosado, con núcleo morado y el característico axostilo. En cuanto al desarrollo de la membrana ondulante y flagelo posterior, solo se alcanzó a observar en pocas trichomonas (**Figura 3**). Unzaga y Zonta (2023) comentan que las muestras que se incuban a 37°C y se observan cada 24 horas para detectar el desarrollo del agente, generalmente ocurre entre el día 2 y 4 de incubación. En el presente ensayo, se observó mayor cantidad de trichomonas al día 4, coincidiendo en el rango descrito por el autor.

Figura 3. *T. foetus* en frotis teñidos con Giemsa al día 4

El desarrollo y la motilidad descritas en la microscopia y tinción demuestran la resistencia de *Trichomonas foetus* a temperaturas bajas, siendo un tema de relevancia en la literatura científica debido a su impacto en la transmisión y persistencia de esta enfermedad parasitaria. Este estudio ha podido confirmar y demostrar que *T. foetus* puede mantener su viabilidad a temperaturas más bajas de lo esperado sin la necesidad de criopreservadores, lo que puede facilitar su supervivencia en ambientes externos y aumentar el riesgo de transmisión entre animales susceptibles. Esta capacidad de resistencia subraya la importancia de implementar medidas efectivas de control y prevención para limitar la propagación de la enfermedad por inseminación artificial.

Conclusiones

La fórmula del medio de cultivo alterno (TrichonEmma) desarrollado por el equipo trabajo no solo logró que *T. foetus* mantuviera su integridad para los propósitos de transporte y conservación de la calidad de una muestra como parte integral de un sistema de diagnóstico, sino que también logró que el parasito sobreviviera y se desarrollara posterior al descongelamiento. Esto comprueba que *T. foetus* puede mantener su viabilidad aún bajo congelamiento sin necesidad de criopreservadores. Por otro lado, el presente estudio es el primer reporte científico en México que identifica molecularmente a *T. foetus* a partir de piometra de vacas abortadas. Lo anterior comprueba que existen hembras que pueden permanecer como portadoras del protozooario por largos periodos de tiempo, vulnerando la salud del rebaño al contagiar exponencialmente el resto de los animales sanos.

Bibliografía

Archelli, S. M., Radman, N. E., Gamboa, M. I., & Mastrantonio Pedrina, F. L. (2023). *Trichomonas vaginalis*.

Burgess D.E., McDonald C.M. 1992. Analysis of adhesion and cytotoxicity of *Trichomonas foetus* to mammalian cells by use of monoclonal antibodies. *Infection and immunity* 60, 4253-4259.

Cobo, E. R., Campero, C. M., Johnson, S. M., & Corbeil, L. B. (2007). *Trichomonas foetus* induces apoptosis and secretion of interleukin 8 in bovine vaginal epithelial cells. *Infection and Immunity*, 75(3), 1687-1692.

Clothier, K. A., Villanueva, M., Torain, A., Hult, C., & Wallace, R. (2015). Effects of bacterial contamination of media on the diagnosis of *Trichomonas foetus* by culture and real-time PCR. *Veterinary Parasitology*, 208(3-4), 143-149. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.01.006>.

Cuevas, F. R. (1967). Tricomoniasis en sementales bovinos de la cuenca lechera del Valle de

México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, (9), 28-a.

de Oliveira Filho, R. B., Malta, K. C., de Melo Borges, J., De Oliveira, P. R. F., dos Santos Filho, G. J., Nascimento, G. G., & Pinheiro Júnior, J. W. (2018). Prevalence and risk factors associated with *Tritrichomonas foetus* infection in cattle in the state of Paraíba, Brazil. *Acta Parasitologica*, 63(2). <https://doi.org/10.1515/ap-2018-0039>. da Silva Silveira, C., Fraga, M., Monesiglio, C., Delpiazzo, R., Macías-Rioseco, M., Giannitti, F., & Riet-Correa, F. (2020). Detection of *Tritrichomonas foetus* by PCR in preputial smegma of bulls in Uruguay. DOI: 10.29155/VET.56.213.7.

Felleisen, R. S., Lambelet, N., Bachmann, P., Nicolet, J., Müller, N., & Gottstein, B. (1998). Detection of *Tritrichomonas foetus* by PCR and DNA enzyme immunoassay based on rRNA gene unit sequences. *Journal of clinical microbiology*, 36(2), 513-519. DOI: <https://doi.org/10.1128/jcm.36.2.513-519.1998>.

Gharban, H.A.J. (2023). Molecular prevalence and phylogenetic confirmation of bovine trichomoniasis in aborted cows in Iraq. *Vet World*. 580-587. doi: 10.14202/vetworld.2023.580-587.

Gifford, C., John, W., Jerry, H. (2020). Economic impact of trichomoniasis in New Mexico beef herds. New Mexico State University, College of Agricultural, Consumer, and Environmental Sciences. Guide B-233.

https://aces.nmsu.edu/pubs/_b/B233/welcome.html

Madoroba, E., Gelaw, A., Hlokwe, T., & Mnisi, M. (2011). Prevalence of *Campylobacter foetus* and *Trichomonas foetus* among cattle from Southern Africa. *African Journal of Biotechnology*, 10(50), 10311-10314. 10.5897/AJB11.1259.

Martin, K. A., Henderson, J., & Brewer, M. T. (2021). Bovine trichomonosis cases in the United States 2015–2019. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 692199. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.692199>.

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>

Ondrak, J. D. (2016). *Tritrichomonas foetus* prevention and control in cattle. *Veterinary*

Clinics: Food Animal Practice, 32(2), 411-423. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.010>.

Palomares, R. A., Hurley, D. J., Crum, L. T., Rollin, E., Collop, T., Williard, A., & Corbeil, L. B. (2017). Serum, uterine, and vaginal mucosal IgG antibody responses against *Tritrichomonas foetus* after administration of a commercial killed whole T foetus vaccine in beef cows. *Theriogenology*, 87, 235-241. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.08.031>.

Ramírez J.A., Lastra C.C., González E., Grado A., Leyva I., Baxter J. (2017). La Tricomoniasis Bovina y sus Efectos en la Fertilidad. Ponencia. Estudio y proyecto presentado en la EXPOGAN de Chihuahua, Chih. Septiembre, 2017.

Ribeiro, L., Silva, O., Duarte, F., & Jesus, V. (2021). Investigation of *Tritrichomonas foetus* in cryopreserved bovine semen by culture and polymerase chain reaction. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia/Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 73(5), 1023-1028. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12370>.

Unzaga, J. M., & Zonta, M. L. (2023). Protozoos parásitos de importancia sanitaria: un abordaje transdisciplinar. Libros de Cátedra.

World Organization for Animal Health (WOAH). Chapter 3.4.15, Trichomonosis. OIE Terrestrial Manual 2018. https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.04.15_TRICHOMONOSIS.pdf.

Yao, C. (2021). Control and eradication of bovine trichomonosis in Wyoming, USA by testing and culling positive bulls. *Veterinary Research*, 52(1), 129. <https://doi.org/10.1186/s13567-021-00996-w> <https://doi.org/10.1186/s13567-021-00996-w>

Evaluación de *Gliricidia sepium* y pulpa de café sobre las emisiones de metano entérico en novillos de crecimiento

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus El Cerrillo, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

² Centro Universitario Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca CP 50000, México

Cruz-Matías C¹., González-Ronquillo M.¹, Avilés-Nova F² & Castelán-Ortega O. C.¹

Introducción

En agosto de 2021, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) informó sobre los cambios climáticos drásticos que está enfrentando el clima del planeta Tierra, la mayoría de estos cambios tienen antecedentes desde hace ya cientos de miles de años y muchos de ellos ya no podrán revertirse en periodos de tiempo cortos sino hasta después de varios siglos o milenios (IPCC, 2021). Aunque estos cambios se vienen presentando debido a procesos naturales y de evolución, muchos han sido inducidos por factores de origen antropogénico: aproximadamente el 90% del cambio climático actual, derivado principalmente de la quema de combustibles fósiles (F. Smith, 2018) y de actividades humanas.

De seguir la tendencia actual, dichas actividades provocarán

impactos ambientales mayores e irreversibles. (IPCC, 2015).

El sector agropecuario, forestal y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) aporta ~24% de todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) en el mundo, mientras que todas las especies domésticas de ganado emiten ~14.5% de emisiones antropogénicas de GEI, y sólo el ganado bovino emite 9.4% de emisiones (Van Lingen *et al.*, 2019). Entre los gases de efecto invernadero producidos por el sector AFOLU se encuentra el CO₂, N₂O y CH₄ (Petrescu *et al.*, 2020), y la concentración atmosférica de este último se está incrementando rápidamente debido al aumento en el consumo de carne y leche de bovino (Liu *et al.*, 2018). El CH₄ posee una capacidad de producir efecto invernadero 21-30 veces más alta con respecto al CO₂, considerándose que en determinado tiempo el CH₄ pueda ser predominante si se continúa la tendencia actual (Carmona *et al.*, 2005). El CH₄ que producen los bovinos resulta de la fermentación de los alimentos en el rumen, y que en términos del uso de la energía por el animal constituye una pérdida del sistema, mientras que en términos ambientales contribuye al calentamiento de la atmósfera y al cambio climático global, además de que este permanece en la atmósfera entre 9 y 15 años capturando el calor proveniente del sol (Eckard *et al.*, 2010).

En los últimos años se están buscando nuevas opciones de forraje para alimentar al ganado (Sandoval-Pelcastre *et al.*, 2020), ya que debido al contexto climático actual donde se observa escasez de agua, cambio climático, y altos costos de producción es necesario buscar alternativas que cubran las necesidades de energía y proteína del ganado, disponibles localmente, sean de bajo costo, no requieran de grandes cantidades de agua y no compitan con los

humanos como fuente de alimento (Buitrago-Guillen *et al.*, 2018). Es así, que las especies arbóreas y arbustivas son una alternativa para la alimentación del ganado (García Martínez *et al.*, 2018). Es importante destacar que para que una especie arbórea sea considerada como recurso forrajero debe de tener características equivalentes o que sobrepasen el contenido de proteína y digestibilidad de los forrajes convencionales. Por ejemplo, el contenido de proteína cruda (PC) de *Gliricidia sepium* es de 22.1% según Perdana *et al.* (2020), mientras que el de la alfalfa (*Medicago sativa*) es de 18 a 20%, por lo tanto, se puede concluir que la propuesta del uso de *Gliricidia sepium* como forraje para los bovinos es adecuada.

Bajo este mismo contexto, también se están investigando otras fuentes de alimento para el ganado, tal es el caso de la pulpa de café (un subproducto que surge del procesamiento de la cereza del café para la extracción del grano) la cual, si no se maneja de manera adecuada, genera alteraciones directa o indirectamente en el ambiente (Fernández-Navarro *et al.*, 2024) ya que los desechos producidos son fuentes principales de contaminación severa de agua y suelo (Estrada-Flores *et al.*, 2021). Con el objetivo de reducir la contaminación de este subproducto se están considerando alternativas ambientalmente seguras para su eliminación, por ejemplo, la incorporación de la pulpa de café a las dietas del ganado lechero principalmente porque además se han observado rendimientos lácteos de alta calidad (Pedraza-Beltrán *et al.*, 2011), y favorece la disminución en los costos de alimentación de este ganado (Fernández-Navarro *et al.*, 2024).

Muchas de estas especies arbóreas forrajeras contienen compuestos secundarios conocidos comúnmente como metabolitos secundarios (MS), entre los que destacan los taninos, saponinas,

flavonoides y aceites esenciales., se ha demostrado que los MS promueven la reducción de la producción de metano en el rumen por su efecto sobre las bacterias arqueas metanogénicas que están presentes en el rumen de los bovinos (Ku-Vera, 2019). Se ha reportado que *Gliricidia sepium* es rico en MS como flavonoides, saponinas y taninos, de los tres MS antes mencionados, los taninos son los que tenían una mayor presencia en un estudio realizado por Abdulaziz et al., (2019), por lo que puede ser una alternativa de mitigación a las emisiones de CH₄ derivadas del ganado bovino a través de la fermentación entérica, ya que Araiza-Ponce *et al.* (2021), reporta una disminución del 26% de la emisión de CH₄ al hacer una inclusión de esta especie del 30% en la dieta en un análisis in vitro.

El objetivo de la presente investigación es determinar el efecto de *Gliricidia sepium* y la pulpa de café sobre la producción de metano entérico en terneras en crecimiento.

Materiales y métodos

Localización

El experimento se realizó dentro del Laboratorio de Ganadería, Medio Ambiente y Energías Renovables (LAGMAER) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicado en El Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, con una latitud norte de 19° 24' 15", longitud oeste de 99° 41' 06", y a una altura de 2 632 msnm.

Procedimiento experimental

Dieta y Tratamientos

Cuadro 1.

Composición de la dieta, expresada en % de materia seca (MS) y Kg de materia fresca (MF).

| Ingredientes | % MS | M/F Kg |
|---------------------|-------------|----------------|
| Rastrojo | 68.1 | 75.7 |
| Maíz molido | 14.8 | 16.5 |
| Melaza | 4.4 | 4.4 |
| Galleta | 8.7 | 9 |
| Alfalfa | 0.9 | 1 |
| Salvado de trigo | 2.2 | 2.5 |
| Pasta de Soya | 0.9 | 1 |
| Total | 100% | 110.042 |

Aditivos a evaluar

Cuadro 2.

Aditivos utilizados en la dieta, expresados en gramos (g).

| Aditivo | |
|----------------------------------|-----------------|
| Pulpa de café | 1.009g |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 0.342g |
| Pulpa de café + <i>G. sepium</i> | 0.505g + 0.171g |

Obtención de los aditivos

Dado que este experimento se desprende del proyecto de investigación con clave CONAHCyT: 31745 en el cual uno de los objetivos es proponer alternativas forrajeras que ayuden a la ganancia de peso y a la mejora de la calidad de la leche para hacer más eficiente al ganado en términos productivos y por lo tanto mejorar las ganancias económicas, con los productores de Chiapas se propuso la inclusión de *Gliricidia sepium* ya que este árbol es considerado forrajero por su alto contenido de proteína cruda (24.11%, Canul-Solis et al 2018) entre las bondades de éste árbol para ser considerado forrajero se encuentra su buena palatabilidad, es de fácil manejo y obtención en la región ya que se encuentra ampliamente distribuido en el trópico, específicamente en la región

de Malpaso, Chiapas, en donde los ganaderos lo ocupan como fuente de proteína para el ganado y como cercas vivas. Por otro lado, la pulpa de café es utilizada como recurso dentro de las formulaciones de concentrado destinado para ganado lechero principalmente. Así que es importante hacer los análisis del comportamiento de *Gliricidia sepium* y pulpa de café como fuentes de proteína.

Preparación de los animales para el experimento

Para llevar a cabo este experimento, se contó con cuatro bovinos, tres hembras (3/4 Holstein, 1/4 Charolais) y un macho (3/4 Charolais 1/4 Holstein) con aproximadamente un año y medio de edad, con un peso promedio de 383.300kg. Estos bovinos ya habían tenido la experiencia del manejo dentro y fuera de cámaras de respiración de circuito abierto (dispositivos especializado para medir metano) pues formaron parte de otro experimento, sin embargo, debido a que ya habían transcurrido por lo menos seis meses después del último experimento fue necesario que antes de pasar a la etapa experimental pasaran por un periodo de manejo y adaptación que tuvo una duración de 21 días en el cual se les dio nuevamente manejo dentro y fuera de las cámaras, haciendo una simulación del proceso experimental, así se les permitió volver a familiarizarse principalmente con el funcionamiento de las cámaras de medición de metano así como también a los aditivos de la nueva dieta, con esto se evitan sesgos dentro de las mediciones. Todos los animales mostraron una buena respuesta a este periodo por lo que se prosiguió con las mediciones de manera formal. Cada periodo tuvo una duración de 21 días, los primeros 12 días fueron de adaptación a la dieta que estaba constituida por 70% rastrojo y 30% concentrado, estando conformada por: rastrojo, maíz molido, melaza, galleta, alfalfa y salvado, en las proporciones que se

muestran en el Cuadro 1. Los aditivos que se probaron para evaluar su efecto en la producción de gas metano fueron Pulpa de café y *Gliricidia sepium*, para ver el efecto se crearon los siguientes tratamientos: Pulpa de café: 1.009kg/MS/d, *Gliricidia sepium* 0.342kg/MS/d y pulpa de café + *Gliricidia sepium*: 0.505 y 0.171 kg/MS/d, respectivamente. Los tratamientos fueron asignados de manera aleatoria de forma que cada animal pasó por cada uno de los tratamientos.

Mediciones de metano

El Laboratorio (LAGMAER – FMVZ - UAEMéx.) cuenta con 2 cámaras de respiración de circuito abierto, las cuales fueron utilizadas para realizar las mediciones de metano ya que están equipadas con equipo altamente especializado para hacer dichas mediciones. En cada uno de los periodos (cuatro periodos), los bovinos (cuatro animales) fueron pasando en parejas para poder hacer la medición de las emisiones de metano durante un periodo de tiempo de 48h, transcurridas las primeras 24h se guardaron las mediciones de metano, se retiró a los animales de las cámaras y se procedió a hacer la colecta, pesaje y registro de heces y alimento rechazado. Posteriormente se pesó el forraje, el concentrado y los aditivos correspondientes a la dieta de cada animal (dependiendo del periodo en el que se encontraban en ese momento), una vez hecho esto, se depositaron los alimentos en el comedero, también se colocó agua en el bebedero. Finalmente, los bovinos volvieron a ser ingresado en las cámaras para continuar con las mediciones de las 24h restantes. Al finalizar los periodos de medición, los animales fueron trasladados a los corrales para ser preparados para el siguiente periodo experimental.

Colecta y preparación de las muestras para

análisis químicos

Una vez que las vacas pasaron dentro de las cámaras 24h, se guardó la medición de metano para su posterior análisis, se abrieron las cámaras para recoger los rechazos de la dieta ofrecida, así como también la colecta de heces. Debido a las condiciones arquitectónicas de las cámaras es un poco complicado hacer la colecta del 100% de heces y rechazos, sin embargo, se tuvo el mayor cuidado al momento de su colección para por lo menos hacer una colecta del 95% de éstos. Para hacer la colecta de heces, se usó un jalador para piso, una pala y una cubeta como contenedor. Se pesó la materia fecal usando una Báscula digital Colgante 50kgx10g con código universal: 863054417589 y, se registraron los datos obtenidos en la bitácora del experimento para su análisis posterior. Una vez pesado el total de heces y el alimento rechazado, se tomaron muestras representativas que se colocaron en una charola de aluminio para posteriormente introducirla en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60°C por 72 horas, esto se realizó con la finalidad de eliminar humedad. Transcurrido el tiempo de secado, los productos se dispusieron en una bolsa de papel seguida de una de plástico con el propósito de identificar cada una de las muestras obtenidas que después se molieron en un molino de trituración de modo que el tamaño de partícula fuese de 1mm. Una vez molidas las muestras, se procedió a colocarlas dentro de bolsas de plástico para conservarlas hasta el momento de ser analizadas.

Resultados preliminares

El análisis preliminar de los resultados de esta investigación es favorable y alentador porque se puede observar una disminución significativa de las emisiones de metano entérico cuando al ganado

se le administra una dieta que combina principalmente pulpa de café y *Gliricidia sepium*.

Conclusiones

Se destaca que la mezcla de **Gliricidia sepium** y pulpa de café reduce significativamente las emisiones de metano entérico producidas por el ganado bovino.

Incluir pulpa de café y *Gliricidia sepium* en las dietas para ganado bovino tiene dos beneficiarios principales: la economía de los ganaderos y el medio ambiente.

Por un lado, como *Gliricidia sepium* y pulpa de café son aditivos ampliamente distribuidos en la región tropical, usarlos no implica inversiones extra. Además, al obtenerse rendimientos lácteos de alta calidad, la economía de los ganaderos se verá favorecida.

Finalmente, en términos ambientales, usar *Gliricidia sepium* y pulpa de café como nuevas opciones de forraje para alimentar al ganado bovino, contribuye a disminuir los efectos del calentamiento de la atmósfera impactando de manera positiva al cambio climático global porque se reduce la contaminación producida por la pulpa de café mediante una alternativa ambientalmente segura.

Bibliografía.

Abdulaziz, A. A., Dapar, M. L. G., Manting, M. M. E., Torres, A. J., Aranas, A. T., Mindo, R. A. R., ... & Demayo, C. G. (2019). Qualitative evaluation of the antimicrobial, antioxidant, and medicinally important phytochemical constituents of the ethanolic extracts of the leaves of *Gliricidia sepium* (Jacq.). *Pharmacophore*, 10(4), 72-83.

Araiza-Ponce, K., Murillo-Ortiz, M., Herrera-Torres, E., Valencia-Vázquez, R., Carrete-Carreón, F., & Pámanes-Carrasco, G. (2021). *Leucaena leucocephala* y *Opuntia ficus-indica* reducen la producción de metano in vitro. *Abanico veterinario*, 10.

Buitrago-Guillen, M. E., Ospina-Daza, L. A., & Narváez-Solarte, W. (2018). Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 22(1), 31-42.

Canul-Solis, J. R., Castillo-Sánchez, L. E., Escobedo-Mex, J. G., López Herrera, M. A., & Lara y Lara, P. E. (2018). Forage yield and quality of *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia* and *Cynodon nlemfuensis* in monoculture and agroforestry systems. *Agrociencia*, 52(6), 853-862.

Carmona, J., Bolívar, D. M., & Giraldo, L. F. G. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49-63. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3240912.pdf>

Eckard, R. J., Grainger, C. & de Klein, C. A. M. (2010). Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livestock Science* 130:47-56.

Fernández-Navarro, A. L., Rojas-Bourrillon, A., & Campos-Granados, C. M. (2024). Suplementación con pulpa de café deshidratada en vacas lecheras y su efecto en el desempeño productivo. *Nutrición Animal Tropical*, 18(1), 1-25.

García Martínez, A., Albarrán Portillo, B., Rebollar Rebollar, S., Contreras Jaramillo, R., Piedra Matías, R., Hernández Dimas, G., ... & Ortiz Rodea, A. (2018). La ganadería en condiciones de trópico seco. El caso del sur del Estado de México, condiciones actuales y perspectivas de desarrollo. Universidad Autónoma del Estado de México.

IPCC. (2021). El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. [Comunicado de prensa]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf

IPCC. (2015). El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. [Comunicado de prensa]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf

Petrescu, A. M. R., Peters, G. P., Janssens-Maenhout, G., Ciais, P., Tubiello, F. N., Grassi, G., ... & Dolman, A. J. (2020). European anthropogenic AFOLU greenhouse gas emissions: a review and benchmark data. *Earth System Science Data*, 12(2), 961-1001.

Perdana, S., Cakra, I. G. L. O., & Mahardika, I. G. (2020). The effect of concentrate replacement level with gamal leaf (*gliricidia sepium*) in ransum on rument metabolite products and blood goat profile. *International Journal of Life Sciences*, 4(1), 66-77.

Pedraza-Beltrán, P., Estrada-Flores, J. G., Martínez-Campos, A. R., Estrada-López, I., Rayas-Amor, A. A., Yong-Angel, G., ... & Castelán-Ortega, O. A. (2012). On-farm evaluation of the effect of coffee pulp supplementation on milk yield and dry matter intake of dairy cows grazing tropical grasses in central Mexico. *Tropical animal health and production*, 44, 329-336.

Liu, Z., & Liu, Y. (2018). Mitigation of greenhouse gas emissions from animal production. *Greenhouse Gases: Science and Technology*, 8(4), 627-638.

Sandoval-Pelcastre, A. A., Ramírez-Mella, M., Rodríguez-Ávila, N. L., & Candelaria-Martínez, B. (2020). Árboles y arbustos tropicales con potencial para disminuir la producción de metano en rumiantes [tropical trees and shrubs with potential to reduce the production of methane in ruminants]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(33), 1-16.

Ku-Vera, J. C. (2019). Mitigación de las emisiones de metano entérico en rumiantes alimentados con plantas que contienen metabolitos secundarios. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6, 44-55.

Reproducción asistida para la mejora genética en ganadería de carne de la mixteca de Puebla, Mexico

Resumen

Introducción. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la tasa de preñez en ganado bovino productor de carne tratadas con un protocolo para sincronizar la ovulación e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

Materiales y Métodos. Este protocolo consistió en la aplicación de Prostaglandina sintética PGF2 α en dosis de 2 ml con un intervalo con un intervalo de 11 días entre la primera y segunda aplicación, 72 horas después se procedió a realizar la inseminación artificial a tiempo fijo IATF, aplicando 2ml de Hormona liberadora de Gonadotropinas GNRH al momento de la Inseminación. Se utilizaron 56 vacas de las razas Suizo Europeo, Charoláis, Simental, Beefmaster y Brahmán Pertenecientes a 6 ranchos de productores pertenecientes a la Asociación Ganadera Local de Chiautla de Tapia Puebla en la Mixteca Poblana. Inseminadas con semen de toro importado del programa de mejora genética de la Asociación Nacional de Criadores de Raza Rubia Gallega Española.

Resultados. Las tasas de preñeces obtenidas a los 60 días de haber

realizado la IATF fueron en promedio de 65% resultando similares entre las diferentes ganaderías.

Conclusiones. Generalizar el uso de técnicas de reproducción asistida en la ganadería de carne en la mixteca poblana nos permite el uso de vacas cruzadas Europeo x Cebú lo cual repercutiría en favorecer la componente reproductiva y por ende la mejora genética. Se recomienda, bajo las condiciones de los sistemas extensivos en trópico seco, mejorar la condición corporal de las vacas al empadre para incrementar el porcentaje de pariciones antes que otro tratamiento ambiental o genético.

Palabras Clave. Inseminación, Empadre, pariciones.

Introducción.

En los últimos años se ha presentado un crecimiento exponencial de la población mundial, siendo México un ejemplo claro de esta situación considerando que en las últimos dos décadas la población nacional se incrementó de 80 millones de habitantes en 1990 a 112 millones en el 2015 (INEGI, 2015).



Por otra parte, en estudios realizados por Orantes-Zebada, et al (2014) y Román-Ponce, et al (2013) afirman que la actividad ganadera en el trópico mexicano y en la mayor parte de

Latinoamérica se basa principalmente en sistemas de doble propósito (DP).

Estos sistemas se caracterizan por una intensificación tecnológica baja, utilización de ganado criollo, cebú y sus cruzas con ganado especializado en la producción de leche y cuya fuente de alimentación es principalmente el pastoreo (Gonzales-Rebeles et al, 2015).

A pesar de la importancia económica del ganado bovino del cual se obtiene la carne en pastoreo en México. El comportamiento de bovinos en pastoreo también es limitado, con bajos pesos en vaquillas de tres años de edad de (250 a 290 kg), edades de concepción elevados (35-40 meses) a primera gestación y un bajo porcentaje de becerros destetados (45-50%), largos intervalos entre partos (dos años), elevado número de abortos (19%) y mortalidad de terneros (7%) (Mendoza y Ricalde, 1996). Es importante considerar que en las áreas tropicales de México la producción de los sistema Doble Propósito se basa en la alimentación exclusivamente con pastos donde la producción de forraje se encuentra estrechamente vinculada al manejo y a las condiciones climáticas dominantes en la zona (Palma, 2014). Este efecto del clima se manifiesta en una reducción en la cantidad y calidad del forraje, principalmente durante la estación seca. Como consecuencia los animales reducen el consumo de nutrimentos, lo que influye directamente en la tasa de productividad y reproductividad del rebaño e inexorablemente en la ganadería económica del ganadero (Vite-Cristóbal et al, 2007).

El ganadero debe mejorar las condiciones de manejo productivo y reproductivo, igualmente debe elegir los mejores sistemas de cruzamiento genético que propicié la obtención de genotipos

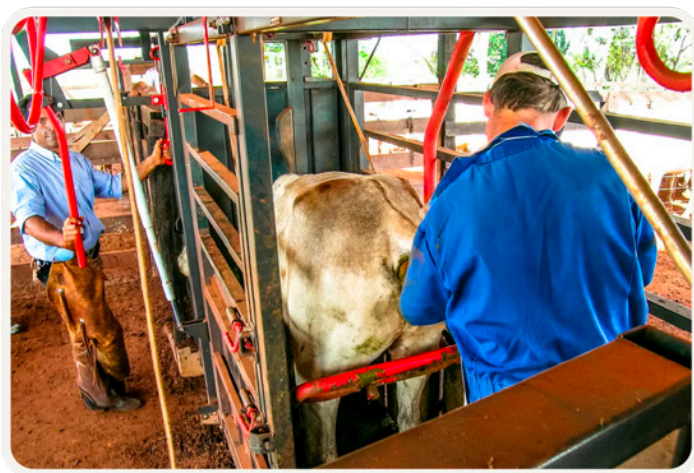
adaptados a las condiciones climáticas, y que igualmente sean portadores de características de resistencia a enfermedades, a ectoparásitos y endoparásitos. En relación al genotipo, se ha observado que el cruzamiento más común en el trópico se basa en razas de origen Cebuinas con razas europeas para la producción de leche y carne (Hernández et al, 2000), así mismo, el uso de animales F1 ha permitido obtener resultados exitosos en la mayoría de los sistemas DP mexicanos, debido a las características de precocidad sexual, intervalos entre partos más cortos y mayor producción de leche observadas en estos animales (Becerril et al., 1981).

Los novillos de cruza de Belgian Blue x Holstein Fresian ganan 1.05 kg/día al destete, comparados con la crusa de Simmental x Holstein Friesian que solo tienen una ganancia de 0.99 kg/cabeza/día (Davies y Buss, 2003). Estos autores nos indican que los novillos de raza Charolais, sin la crusa con Belgian Blue producen el mejor rendimiento de carne vendible. La canal de novillos provenientes de cruza con Simmental posee la mayor proporción de hueso y los productores están conscientes de que es más difícil producir la calidad de ganado que el mercado demanda cuando las vacas lactantes tienen genes de Holstein. Pero el uso de buena calidad maternal y de progenitores terminales puede diluir el impacto.

Según Ozlutuk et al (2006) las razas Charolais y Simmental presentan mejores parámetros pre destete por lo que se pueden considerar para los programas de mejoramiento genético.

Para disminuir el número de partos distócicos. Lawrence (2004) sugirió algunas razas de toros por la facilidad de partos para ser utilizados en conjunto en una inseminación artificial, en donde el

semen de Belgian Blue, Limousin y Charolais producen partos de calidad, contando Belgian Blue, Limousin y Aberdeen Angus, partos fáciles y el Belgian Blue, Limousin y Simmental partos tempranos.



Los esfuerzos de mejoramiento genético deben ser de programas integrales y coordinados de mejoramiento de la ganadería bovina. Y la adaptación de los animales a un ambiente es esencial para una producción económica hasta donde sea

posible, es muy importante el cruzamiento para producir animales con resistencia a las condiciones tropicales y niveles de producción intermedios,

Desde hace 500 años el ganado criollo ha pasado por un proceso de adaptación durante muchas generaciones sobreviviendo a condiciones ambientales extremas, altas temperaturas, periodos largos de sequía e inundaciones, sobrevivir a depredadores, creando resistencia a enfermedades logrando sobrevivir y producir con una alimentación basada en pastos de bajo valor nutritivo. (Delgado, et al, 2001).

A final del siglo diecinueve pero en mayor grado en el siglo veinte, el ganado Cebú fue introducido en América Latina para mejorar la producción de leche y carne de los animales Criollos y también la fuerza de tracción. De esta manera se obtuvieron resultados, especialmente en la generación F1. Pero el mejoramiento atribuido al Cebú se debió a la heterosis. Esta ventaja se perdió, como ocurre

tan frecuentemente, cuando el cruzamiento con el Cebú se continuó y produjo una absorción de las razas nativas.

Cruz (2006) indicó que la primera medida más sensata para mejorar estos indicadores y alcanzar mayor eficiencia es elevar el nivel cultural y técnico de los ganaderos hasta niveles que permitan generar y consolidar en ellos una cultura ganadera con criterios y principios sostenibles; y conocer, fundamentalmente, los aspectos ecológico, económico y social en los que se desarrolla su negocio.

Materiales y Métodos.

El estudio se realizó en la región mixteca poblana específicamente en el municipio de Chiautla de Tapia que tiene un clima predominantemente cálido semiseco y en la zona más desfavorable se presenta un clima muy cálido, donde la vegetación es menos densa, con presencia de plantas xerofita (Guizar et al, 2010). Se utilizaron 56 vacas de la raza Suizo Europeo, Charoláis, Simental, Beefmaster y Brahman pertenecientes a 6 ranchos pertenecientes a la Asociación Ganadera local de Chiautla de Tapia, inseminadas con semen de toro importado del programa de mejora genética de la Asociación Nacional de Criadores de la raza Rubia Gallega Española. A partir del mes de agosto del 2023 se llevaron a cabo los protocolos para la sincronización del estro y ovulación con la finalidad de realizar la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF).

La sincronización de estro se hizo con la aplicación de la hormona prostaglandina F2 alfa en dosis de 25 mg por vaca con un intervalo de 11 días entre la primera y segunda aplicación, 72 horas después se procedió a inseminar a cada vaca y al momento de la

inseminación se aplicó 100 mg de Hormona liberadora de Gonadotropina (GNRH).

Resultados y Discusión.

La preñez fue diagnosticada mediante palpación rectal a los 60 días posteriores a la IATF. La proporción de hembras preñadas entre los 6 ranchos utilizados se determinó mediante una prueba de Chi cuadrada (SAS, 2001).

La tasa de preñes obtenida en este estudio resultó similar entre las diferentes ganaderías con un porcentaje de 72 % ($P > 0.05$).

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Bridges et al, (2008), que en promedio la tasa de preñes alcanzada fue de 68% en estudios realizados en 233 hatos.

Así también resultados similares fueron reportados por Aceves et al, (2005), quien en un programa de sincronización e inseminación a tiempo fijo determino tasa de preñes similar a lo reportado en el presente estudio.

Conclusiones.



El uso de técnicas de reproducción asistida nos permite el uso de vacas cruzadas Europeo x Cebú lo cual repercutiría en favorecer la componente reproductiva e incrementar el porcentaje de preñeces y pariciones y por ende la mejora genética.

Literatura Citada.

Aceves, G. J, M., Luna, N.P. y Posos, S.E. 2005. Evaluacion del comportamiento

Becerril P., Román-Ponce y H. Castillo. R. 1981. Comportamiento productivo de vacas Holstein, Suizo Pardo y sus cruzas con Cebú F1en clima tropical. Téc. Pec. Méx., (40):16-24.

Cruz, Z.A. 2006. Principales factores que afectan la prolificidad del ganado vacuno en Latinoamérica. Red. Vet.7 (10)1-11.

Delgado, J.V. L.T. Gama, Carolino, C. Becerra, R., Camacho, E. C. Barba., Rodríguez J.V. 2001. I Curso Iberoamericano de actualización en técnicas de mejora genética de razas locales. Libro: CD-ROM. Universidad de Córdoba, España, ISBN: CO-414-01.

Davies, R. and Buss J, 2003. Breeding for quality beef. Farmers Weekly. 138(24). 47-47.

Gonzales-Rebeles C., I.T. Gómez F., F. Galindo y A. Galindo M. 2015. Recursos naturales y uso de las tierras ganaderas en el trópico- Capítulo I, En; O. Rodríguez R. (Ed), Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical, Libro Técnico. Red de investigación e innovación tecnológica para la ganadería bovina tropical (REDGATRO). Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT) REDGATRO CONACYT. México, D.F. pp, 38-47.

Hernández-Reyes E., V, Segura-Correa, J, Segura-Correa y M, Osorio Arce 2000. Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México. Agrociencia., 35(6) 699-705.

INEGI. 2015 Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (Mayo., 13, 2015).

Lawrence, C. 2004. Counting the cost of fertility. *FarmersWeekly*. 141 (4): 16-16.

Mendoza, M.G.D. y Ricalde, V.R, 1996, Suplementación de bovinos en crecimiento en pastoreo- Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco- Mexico.

Orantes-Zebadua M.A. D. Platas-Rosado, V. Córdova-Avalos, D. los Santos-Lara, M del Carmen y A. Córdova –Avalos. 2014. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Eco. Rec. Agrop*. 1(1)-49-58.

Oztluturk, A., Yanar, M, Tuzemen, N and Kopuslu S.2006. Calving and Prewearing Growth Performance Traits of Calves Sired by Charolais, Simmental and Eastern Anatolian Red Bulls. *Turk J. Vet Anim Sci*. 30; 257-263.

Palma G. J.M. 2014. Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. *Rev. Avan. Inv. Agrop*, 18(1)53-62.

Roman-Ponce S I. F., Ruiz–López, H. Montaldo, R. Rizzi y H. Román-Ponce. 2013. Efectos de cruzamiento para producción de leche y características de crecimiento en bovinos de doble propósito en el trópico húmedo. *Rev. Mex. Cienc. Pecu*. 4(4) 405-16.

SAS. 2001. SAS. User` Guide (Release 8.2) Statistics SAS Inst. Inc., Cary. North Caroline. U.S.A.

Vite-Cristóbal C.R- Lopez-Ordas. J. García –Muñiz, R. Ramírez Valverde, A. Ruiz-Flores, 2007. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. *Vet. Mex.*, 38(1);63-79.

Agrosistema productivo: un medio de producción sostenible

Dentro de las explotaciones porcinas se tienen alternativas para el aprovechamiento de los subproductos derivados de la producción de carne de cerdo. Un ejemplo de esto es convertir el complejo en un AGROSISTEMA PRODUCTIVO. Un “SISTEMA” es un conjunto de elementos interrelacionados entre sí para lograr un mismo objetivo, “AGRO” es todo lo relacionado con la producción de alimentos: animales y vegetales.

AGROSISTEMA significaría: un conjunto de elementos interrelacionados entre si para lograr el objetivo de producir proteína animal y vegetal. En este artículo, se describe un AGROSISTEMA PRODUCTIVO actualmente puesto en marcha y funcional que deriva de la crianza y engorda de cerdo.

En el complejo en cuestión, se cuenta con dos módulos de producción porcina con capacidad instalada de 12 mil cerdos cada uno. Es un sistema WTF (Wean to Finish) que contempla la llegada del lechón destetado hasta su finalización. Este sistema permite mantener el estatus sanitario de las granjas, teniendo como premisa “all in all out” (todo dentro, todo fuera), es decir, que se recibe la capacidad total de cerditos y cuando llega el momento, salen todos los cerdos finalizados, no existen entradas intermedias o de distintas edades. Esta forma de producción además de mantener el estatus sanitario de la granja permite homologar procesos, manejos, dietas, medicación, vacunación, capacitación del

personal, así como programación de trabajos en días de vacío, lavados y desinfección.

Durante todo desarrollo de la crianza se tiene la generación constante de purines; residuos a los cuales se les debe dar una atención y tratamiento específico, para evitar que estos generaren impactos ambientales negativos. Aquí es donde empieza el proceso de transformación: de residuos a subproductos.

Los purines, que son principalmente la mezcla de agua, excretas y residuos de alimento de los cerdos, se reciben en un cárcamo y se les coloca un sistema de agitación leve para mantenerlos en constante movimiento y bien mezclados. Luego, mediante un sistema de bombeo se envían a un separador de sólidos para la separación de sólidos gruesos del agua, los sólidos resultantes se extienden en un piso de concreto para su secado. El agua resultante del filtrado regresa por gravedad al cárcamo homogeneizador y posteriormente se bombea a un biodigestor anaerobio, para continuar con su tratamiento. Los sólidos que fueron extraídos y secados se mezclan con sales minerales y se les añaden probióticos lácticos para ser ensilados y posteriormente ofrecidos al ganado bovino como suplementación.

De este primer proceso, se obtiene un subproducto que es utilizado para alimentación de ganado bovino de engorda, permitiendo el aprovechamiento de la fracción sólida de los purines.

El agua resultante del primer paso (separación de sólidos) es enviada al interior de un biodigestor anaerobio, en el cual, debido a las dimensiones, tiene un tiempo de residencia de 35 días. Durante este tiempo, las bacterias anaerobias se encargan de degradar la

materia orgánica presente en el agua residual, el gas generado de la descomposición de la materia orgánica es captado por la geomembrana que cubre al biodigestor y canalizado hacia un equipo generador de energía eléctrica a biogás, lo que permite un aprovechamiento del residuo generado en este segundo paso.

Aquí tenemos ya un segundo subproducto resultante del tratamiento de los purines.

Una vez que el agua termina su residencia en el biodigestor, se recibe en un sistema de lagunas de sedimentación, facultativas y de oxidación. Esto genera diferentes procesos biológicos que mejoran la calidad del agua residual y permiten su reutilización y disposición final. El tiempo de residencia del agua en este sistema de lagunas es de aproximadamente 20 días, en los cuales está constantemente expuesta a los rayos solares, inyección de oxígeno mediante equipos aireadores y estabilización con enzimas. En este paso de tratamiento, se generan biosólidos, que son los lodos estabilizados provenientes de la digestión anaerobia. Estos biosólidos son retirados de las lagunas mediante técnicas de filtrado para ser expuestos al sol en un lecho de secado y lograr su deshidratación, posteriormente son procesados en un molino que genera una pequeña partícula homogénea y son mezclados con tierra de la zona para ser convertidos en abono orgánico.

De este paso, obtenemos un subproducto que puede ser utilizado para la fertilización de los campos de cultivo, generación de sustrato, mejorador de suelos, sustituto de fertilizantes químicos, etc.

Como paso final del tratamiento del agua, esta es dirigida a un cárcamo desinfectante en donde se aplican dosis controladas de

cloro además de un sistema de desinfección con Ozono. Una vez aplicado el sistema de desinfección, el agua tiene dos destinos:

- Canalización al interior de las granjas porcícolas para ser reutilizada en el lavado de los corrales y las charcas.
- Dispersión a riego agrícola mediante un sistema de riego por aspersión, el cual tiene un protocolo para la rotación de aspersores que permite el un riego uniforme de los pastizales establecidos para el pastoreo del ganado bovino de engorda.

El subproducto resultante de este proceso final es el agua con nutrientes esenciales para el desarrollo de la vegetación productiva, que es utilizada en una actividad económica periférica de la porcicultura, además, obtenemos el agua que se implementa en el lavado en las granjas y de esta forma reducimos la extracción de agua de pozo utilizada en los procesos iniciales de la granja.

Como se puede observar, de este agrosistema productivo obtenemos los siguientes productos:

1. Carne de cerdo de la más alta calidad para consumo humano.
2. Alimento para suplementar ganado bovino.
3. Biogás para la generación de energía.
4. Biosólidos para la generación de abono orgánico, biofertilizantes, sustrato, etc.
5. Agua con nutrientes dispersada en campos de cultivos. “Ferti-riego”.
6. Agua reciclada para lavado de corrales y charcas.

Cada uno de los procesos de este agrosistema productivo es

auditado y revisado diariamente, ya que cada uno es indispensable para el correcto funcionamiento de toda la producción, tanto la principal como la secundaria. Se cuenta con personal capacitado, de amplia experiencia, así como un equipo robusto de asesores en las diferentes áreas para lograr el éxito de este sistema, ya que cada día, el cumplimiento ambiental y la normativa son más exigentes así que el desarrollo tecnológico y su aplicación deberá ir a la misma velocidad ya que estos sistemas dependen del buen funcionamiento de todos los elementos que los integran.



Evaluación del comportamiento productivo y peso de órganos de lechones lactantes alimentados con distintas fuentes de zinc

INTRODUCCIÓN

Durante las etapas de rápido crecimiento, los cerdos requieren de nutrientes suficientes, controlados y balanceados para tener un buen desarrollo, uno de ellos es el Zinc (Zn), el cual es un micromineral presente en la mayoría de las células del organismo, desempeñando funciones estructurales, catalíticas y reguladoras (Ghaffari y Arabyaghuobi, 2018). Se ha identificado que el nivel de Zn en sangre está relacionado con el centro de la saciedad, comprometiendo el consumo de alimento y la tasa de crecimiento, así como, con la integridad intestinal y su capacidad de absorción de nutrimentos (Zhou *et al.*, 2004; Ciria y Villanueva, 2005; De la Guardia *et al.*, 2011; Sámano *et al.*, 2013; Siam, 2013). Cousins *et al.* (2006) mostraron que el Zn tiene una retención mayor en el organismo, cuando el animal se encuentra en la etapa de crecimiento, que, durante la etapa de desarrollo, sin embargo, esto está sujeto a la biodisponibilidad de la fuente mineral, la genética y salud del animal, etapa fisiológica-productiva, condiciones ambientales y de manejo en donde estén alojados, y el sistema de producción al que estén sometidos (García-Contreras *et al.*, 2012). Estudios realizados por Lu *et al.* (2018), informan que los órganos viscerales se desarrollan relativamente temprano en comparación

con el desarrollo del peso corporal total. Lo cual se asocia a la capacidad de sostener un crecimiento rápido y eficiente de los animales. Por ello, el objetivo de la investigación fue identificar el efecto de fuentes orgánicas e inorgánicas de Zn en indicadores productivos y peso de órganos de lechones en etapa de lactancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 16 camadas de lechones lactantes, desde su nacimiento [$PV=1.55 \text{ kg} + 0.03 (P=0.61)$] hasta el destete (28 días). Los lechones se identificaron individualmente, al 3er. día de vida les fue aplicado 1 ml de hierro dextrano (Fe) (200 mg ml^{-1}). A cada camada (C) le fue asignado aleatoriamente un tratamiento (T) experimental: T1= Dieta Base (DB) sin adición de Zn [$Zn= 25 \text{ ppm}$]; T2= DB + 80 ppm de Zn (ZnO); T3= DB + 80 ppm de Zn (Pro-Zn); y T4= DB + 80 ppm de Zn (Met-Zn). La DB fue balanceada de acuerdo con los requerimientos nutricionales de FEDNA (2013). Cada T tuvo 4 C (repeticiones), a las que se le suministró una dieta, asegurando que con el sistema “poco y frecuente” tuvieran alimentación *ad libitum*. El alimento rechazado o sobrante se pesó cada 24 horas, evaluando con ello el consumo diario por camada (CDA). El agua fue suministrada a través de un bebedero de chupón. Los lechones se pesaron al inicio (PI) de la fase experimental y posteriormente cada semana (PV), para ello se utilizó una báscula electrónica. Se calculó la ganancia de peso semanal (GDPS) y conversión alimenticia (CA) hasta el final de la lactancia (Peso Final=PF). Una vez finalizado el periodo de 28 días de T, los lechones fueron destetados y pesados, posteriormente se eligieron al azar dos lechones por C, obtenido un total de 8 lechones por T ($8 T^{-1}$), fueron sacrificados de acuerdo con la NOM-033-SAG/ZOO-2014. Para el peso de los órganos (PO) se utilizó una báscula digital. Los datos obtenidos se analizaron para corroborar los supuestos de

normalidad y homogeneidad de la varianza del modelo, mediante las pruebas de Shapiro-Wilks y Bartlett, así como, una prueba de medias de Tukey, y un análisis de correlación (r). Se ingresaron los datos al paquete estadístico de SAS (SAS, 2003), considerando una Probabilidad ($P=F$) significativa a partir de $P<0.05$.

El cálculo del índice de órganos se realizó por medio de la fórmula utilizada por Huang *et al.*, 2020: Índice de órganos (%) = $\text{Peso Fresco del Órgano (g)} / \text{Peso Vivo (g)} \times 100$.

RESULTADOS

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO

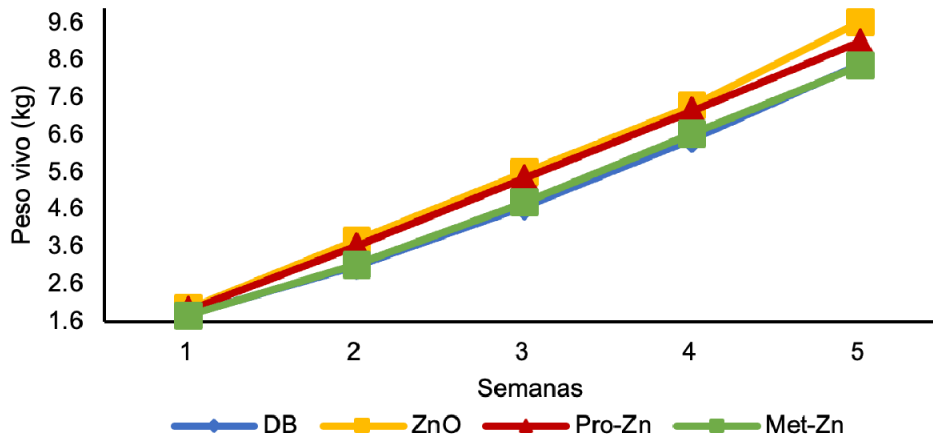
Peso vivo (PV)

El peso promedio al nacimiento de los lechones incluidos en el experimento fue de 1.55 kg + 0.03 ($P=0.61$). En la **Gráfica 1**, se observa que no existieron diferencias entre tratamientos ($P=0.37$; EEM=0.318), al examinar los tratamientos a lo largo del tiempo (Tratamiento*Tiempo) se identificó que no existieron diferencias en el PV de los lechones durante la fase experimental ($P=0.86$; EEM=0.318).

Gráfica 1.

Peso vivo, interacción de cada tratamiento conforme al tiempo

Tratamiento*Tiempo: P=0.86, EEM= 0.318;
 Efecto del tratamiento: P=0.37; EEM=0.318.



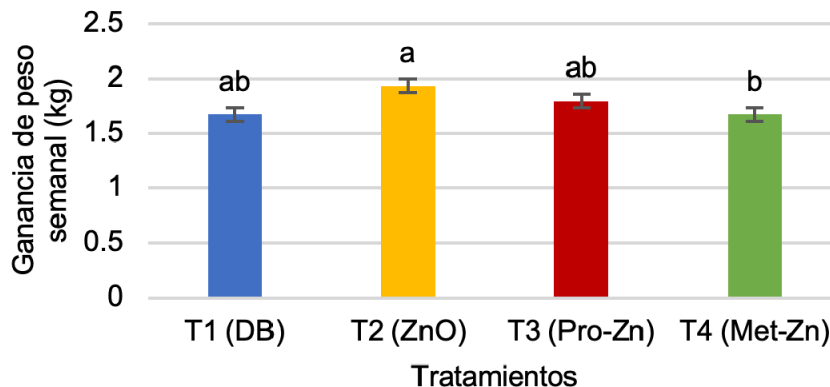
Ganancia de peso semanal

La GDPS mostró diferencias (P=0.05, EEM=0.078) entre los tratamientos T2 y T4. Aunque en el caso de los tratamientos T1 (1.67 Kg) y T3 (1.79 Kg), no existió diferencia (P=0.39; EEM= 0.19) (Gráfica 2).

Gráfica 2.

GDPS, medias de los tratamientos

a,b Medias diferentes. $P > 0.05$; EEM=0.078.

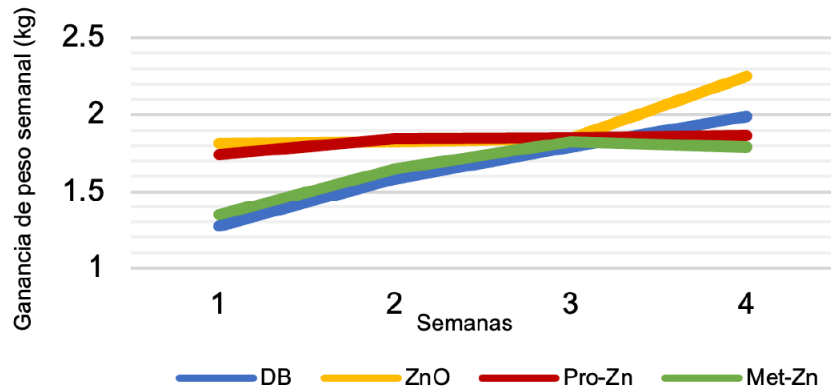


Al analizar el efecto de los tratamientos a lo largo del tiempo (Tratamiento*Tiempo), se encontró que el comportamiento no cambió en el tiempo ($P=0.30$). Aunque, en la semana tres se encontró que los tratamientos mostraron una GDPS similar ($P=0.99$) en los cuatro tratamientos, y a partir de ahí se observa como el tratamiento T2 generó una diferencia de 270 g con respecto al T1 y hasta 460 g con el T4 (**Gráfica 3**).

Gráfica 3.

GDPS semanal por tratamiento a lo largo del tiempo

P=0.30; EEM=0.078



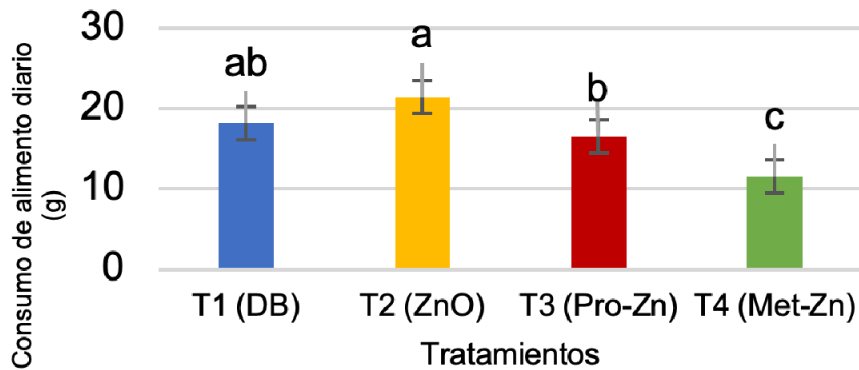
Consumo de alimento diario

El consumo de alimento diario mostró diferencias entre tratamientos ($P < .0001$; $EEM = 1.354$), ya que el T4 tuvo un consumo de alimento menor (11.58 g) a los tratamientos T1, T2 y T3 (**Gráfica 4**) y el tratamiento T3 también fue diferente al T2, ya que este último mostró consumos superiores (21.49 g).

Gráfica 4.

Consumo de alimento diario (g), medias de los tratamientos

a,b,c Medias diferentes, P= <.0001; EEM=1.354

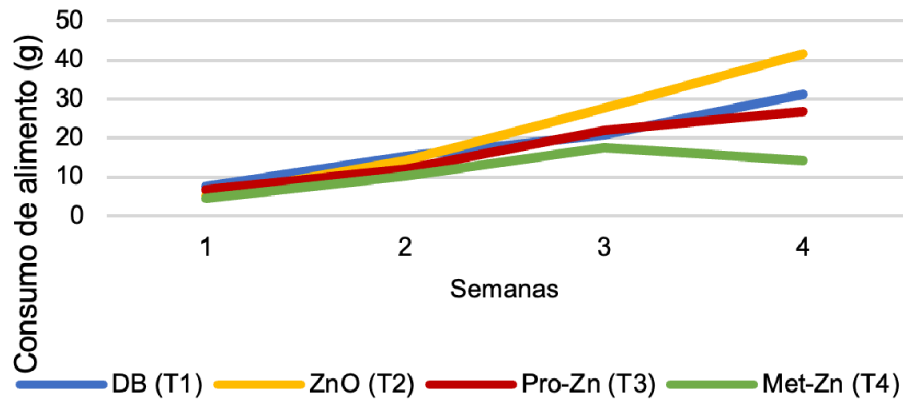


Al observar la interacción de los tratamientos a lo largo del tiempo (Tiempo*Tratamiento), se pudo identificar que fue significativa (P=0.02; EEM=1.354), el T2 fue el tratamiento que obtuvo el valor más alto al final del experimento (46.25 g), mientras que el T4 fue el que obtuvo el valor final más bajo (10.5 g) (**Gráfica 5**).

Gráfica 5.

Consumo de alimento diario (g) a lo largo del tiempo

P=0.02; EEM=1.354.



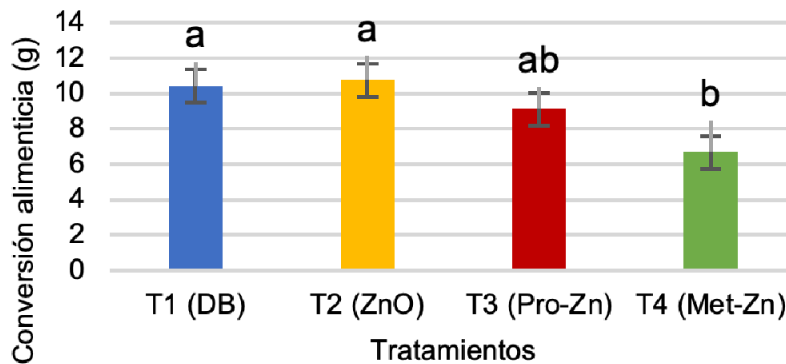
Conversión alimenticia

La conversión alimenticia mostró diferencias entre tratamientos ($P < .0001$; $EEM = 0.0006$). El T1 (10.42 g) fue igual que T2 (10.76 g) y T3 (9.12 g), mientras que T4 (6.68 g) fue menor y por tanto distinto a los demás tratamientos (**Gráfica 6**).

Gráfica 6.

Conversión alimenticia, medias de los tratamientos

a,b,cMedias diferentes, $P < .0001$; EEM=0.0006.

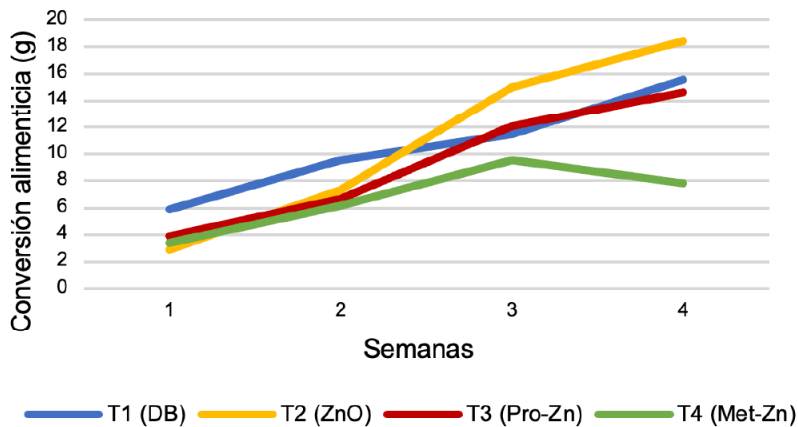


Por su parte, la conversión alimenticia al ser analizada a través del tiempo (Tratamiento*Tiempo), no fue significativa ($P=0.31$, EEM=0.0006) (**Gráfica 7**), lo cual indica que el comportamiento del tratamiento no cambió a pesar del tiempo que duró el experimento.

Gráfica 7.

Conversión alimenticia semanal

P=0.31; EEM=0.0006.



PESO DE LOS ÓRGANOS

En el cuadro 2 se muestran las medias de mínimos cuadrados del peso de los órganos evaluados:

Cuadro 2.

Medias de mínimos cuadrados del peso del corazón, pulmones, páncreas, bazo, hígado y riñones derecho e izquierdo.

PC=peso del corazón, PP=peso de los pulmones, PPA=peso del páncreas, PB=peso del bazo, PH=peso del hígado, PRD=peso del riñón derecho, PRI=peso del riñón izquierdo. EEM= error estándar de la media.

a,b medias con distinto superíndice en columna son diferentes ($P \leq 0.05$). P=probabilidad.

| Tratamiento | PC (g) | PP (g) | PPA (g) | PB (g) | PH (g) | PRD (g) | PRI (g) |
|-------------|---------------------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|
| T1 (DB) | 41.87 ^b | 96.13 | 12.00 | 16.12 | 189.00 | 21.50 | 22.50 |
| T2 (ZnO) | 54.50 ^{ab} | 99.5 | 13.40 | 17.75 | 196.38 | 23.25 | 24.25 |
| T3 (Pro-Zn) | 68.62 ^a | 124.63 | 14.75 | 22.12 | 225.88 | 26.37 | 27.50 |
| T4 (Met-Zn) | 46.25 ^{ab} | 93.00 | 10.50 | 17.75 | 167.63 | 20.50 | 21.00 |
| EEM | 6.239 | 11.111 | 1.339 | 2.663 | 19.461 | 2.430 | 2.452 |
| P=F | 0.02 | 0.19 | 0.15 | 0.43 | 0.22 | 0.35 | 0.29 |

El PC mostró que el tratamiento T3 propició el mayor peso (68.62 g), en tanto que en los lechones tratados con T1 el corazón pesó 41.87 g ($P=0.02$; EEM= 6.239), en general, se observó que el tratamiento T3 produjo un aumento de peso de 26.75 g. Respecto al PP, no mostró diferencias entre tratamientos ($P=0.19$; EEM=11.111). El PPA no mostró diferencias ($P=0.15$; EEM=1.339), pero a pesar de que no contó con diferencias ($P>0.05$), el peso fue de 10.50 g a 14.75 g (Cuadro 2). La evaluación al PB no arrojó diferencias entre tratamientos ($P=0.43$; EEM=2.663) (Cuadro 2). El PH no mostró diferencias entre tratamientos ($P=0.22$; EEM=19.461), en el Cuadro 2 se identifica que el peso fue de 167.63 a 225.88 g. Respecto al PRD, éste no mostró diferencias ($P=0.35$; EEM=2.430), y el intervalo de valor de este órgano fue de 20.5 g a 26.37 g (Cuadro 2). El PRI no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P=0.29$; EEM=2.452).

Correlaciones de Pearson entre pesos de los órganos y peso vivo de los lechones

En el **Cuadro 3** se observan las correlaciones de Pearson entre peso vivo (PV) y PC, PP, PH, PB, PPA, PRD y PRI.

La correlación entre PV y PP fue positiva y significativa ($P < 0.04$) en todos los tratamientos, en el caso del PV y el PRD/PRI se observó que existía una correlación positiva y significativa ($P < 0.01$) en el tratamiento T1 y T3, pero para el caso del tratamiento T2 y T4 sólo existió una correlación positiva y significativa ($P < 0.02$) con el PRD. Con respecto al PH sólo se observó una correlación positiva con el PV, en todos los tratamientos ($P < 0.01$), exceptuando al tratamiento T1.

En el tratamiento T3 se puede detallar que existe una correlación significativa entre el PV con todos los pesos de los órganos evaluados, PC ($P = 0.001$), PP ($P = 0.002$), PH ($P = 0.003$), PB ($P = 0.005$), PPA ($P = 0.001$) y PRD/PRI ($P = 0.001$; $P < 0.0001$). En el tratamiento T4 se puede resaltar que existe una correlación significativa entre el PV con el PC ($P = 0.04$), PP ($P = 0.02$), PH ($P = 0.01$) y PRI ($P = 0.02$; $P = 0.007$) y PRD ($P = 0.02$).

Cuadro 3.

Correlaciones de Pearson entre peso vivo y peso de órganos por tratamiento.

PV= peso vivo final, PC =peso del corazón, PP=peso pulmonar, PH=peso del hígado, PB=peso del bazo, PPA=peso del páncreas, PRD=peso del riñón derecho, PRI= peso del riñón izquierdo, DB=dieta base, ZnO=óxido de zinc, Pro-Zn= proteinato de zinc, Met-Zn=metionato de zinc.
*P<0.05. P=probabilidad. r=correlación.

| Variables | | PC | PP | PH | PB | PPA | PRD | PRI |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Tratamiento 1 (DB) | | | | | | | | |
| PV | r | 0.331 | 0.331 | 0.729 | 0.523 | 0.142 | 0.845 | 0.883 |
| | P=F | 0.42 | 0.03* | 0.49 | 0.18 | 0.73 | 0.008* | 0.003* |
| Tratamiento 2 (ZnO) | | | | | | | | |
| PV | r | 0.663 | 0.751 | 0.802 | -0.221 | 0.622 | 0.801 | 0.671 |
| | P=F | 0.07 | 0.03* | 0.01* | 0.59 | 0.09 | 0.01* | 0.06 |
| Tratamiento 3 (Pro-Zn) | | | | | | | | |
| PV | r | 0.923 | 0.896 | 0.884 | 0.865 | 0.923 | 0.920 | 0.968 |
| | P=F | 0.001* | 0.002* | 0.003* | 0.005* | 0.001* | 0.001* | <.0001* |
| Tratamiento 4 (Met-Zn) | | | | | | | | |
| PV | r | 0.727 | 0.783 | 0.828 | 0.292 | 0.633 | 0.761 | 0.850 |
| | P=F | 0.04* | 0.02* | 0.01* | 0.48 | 0.09 | 0.02* | 0.007* |

Índice de órganos

En el **Cuadro 4** se observa el valor de los índices de órganos (IN), para ello se utilizó el PC, PP, PH, PB, PPA, PRD, PRI y PV. Se identificaron diferencias en el IN del corazón, entre el tratamiento T1 y T3, con 0.49 y 0.66 respectivamente (P=0.04). En el caso de los demás órganos no se observaron diferencias (P>0.05) entre tratamientos, pero es de destacar que las fuentes orgánicas (Pro-Zn, Met-Zn) fueron las que generaron un IN mayor en los órganos.

Cuadro 4.

Medias de mínimos cuadrados de índices de órganos.

C=corazón, P=pulmones, H=hígado, Pa=páncreas, B=bazo, RD=riñón derecho, RI=riñón izquierdo, DB=dieta base, ZnO=óxido de zinc, Pro-Zn= proteinato de zinc, Met-Zn=metionato de zinc. *P<0.05.

| VARIABLE | C | P | H | Pa | B | RD | RI |
|-------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1 (DB) | 0.49 ^b | 1.12 | 2.20 | 0.14 | 0.18 | 0.25 | 0.26 |
| T2 (ZnO) | 0.59 ^{ab} | 1.09 | 2.15 | 0.14 | 0.19 | 0.25 | 0.26 |
| T3 (Pro-Zn) | 0.66 ^a | 1.22 | 2.23 | 0.15 | 0.21 | 0.25 | 0.26 |
| T4 (Met-Zn) | 0.58 ^{ab} | 1.16 | 2.10 | 0.13 | 0.22 | 0.26 | 0.26 |
| EEM | 0.042 | 0.069 | 0.115 | 0.011 | 0.019 | 0.012 | 0.012 |
| P=F | 0.04* | 0.57 | 0.87 | 0.70 | 0.53 | 0.97 | 0.98 |

DISCUSIÓN

Comportamiento productivo

Ninguno de los lechones sometidos a este experimento presentó signos de deficiencia de Zn, ya que Miller *et al.* (1968), indicaron que lechones destetados tempranamente que son alimentados con una dieta deficiente en este mineral, presentan paraqueratosis. Además, no se observaron en los animales de este experimento alguna afección en sus indicadores productivos, lo que coincide con Ruiz (2006), quien describe que animales sanos que no presenten evidencias de deficiencias nutricionales, sus indicadores productivos no se verán afectados.

Se observó que el Zn en general tuvo una influencia directa en el rendimiento del crecimiento, esto podría deberse a que se encontró en una concentración óptima en las dietas de los lechones (Abd *et al.*, 2017). Ya que si existe una deficiencia de Zn en la dieta el consumo de alimento y ganancia de peso disminuyen (Huang, 2020). Se ha reportado que 75 ppm de Zn orgánico es necesario para los cerdos de rápido crecimiento con una composición de tejido magro muy alto (Hill *et al.*, 2014), como el caso de los lechones del presente experimento, que fueron alimentados con 80 ppm de Zn.

Peso vivo

El peso de los lechones es muy importante para su futuro desempeño en el crecimiento, desde el nacimiento hasta la sexta semana de vida, el lechón aumenta alrededor de 7.5 veces su PV (de Souza *et al.*, 2012).

El presente estudio mostró que el PV de lechones lactantes no se ve afectado por el uso de 80 ppm Zn, a través de ZnO, Met-Zn y Pro-Zn. Hudson *et al.* (2004), indicaron que no existe un impacto en el peso corporal cuando se suministran dosis por arriba de los 40 mg kg⁻¹ en aves, sin embargo, en lechones no existe evidencia de efecto por niveles de Zn similares a los utilizados en este estudio. Es importante mencionar que aun cuando no hubo diferencias entre tratamientos, se observó que el tratamiento T2 fue el que obtuvo los pesos más altos a lo largo del experimento, alcanzando un peso promedio de 9.62 kg, lo que coincide con Stensland *et al.* (2015), quienes al comparar ZnO con un cinamaldehído adicionado con un complejo permeabilizante observaron que el ZnO generó el PV más alto con 13.6 kg a una edad de 35 días y 18.2 kg a los 42 días de

vida, este comportamiento podría deberse a que esta fuente inorgánica es considerada la principal para mejorar el rendimiento del crecimiento (Hill *et al.*, 2000); en caso contrario, los lechones alimentados con el tratamiento T4 mostraron que su PV siempre fue el más bajo comparado con los demás tratamientos, lo que coincide con Yan *et al.* (2017), quienes alimentaron a conejos con zinc orgánico e inorgánico y de los pesos más bajos destacaron los conejos que estaban alimentados con 80 mg kg⁻¹ de Met-Zn.

Paulicks *et al.* (2011), mencionan que 15 mg kg⁻¹ de Zn independientemente de su forma es suficiente para producir un rendimiento del crecimiento óptimo en lechones destetados, lo cual puede estar relacionado con esta investigación, ya que, el tratamiento T1 contenía 25 ppm de Zn, suministrada a través de los ingredientes proporcionados en la dieta, produciendo un PV promedio igual (P=0.37) al resto de los tratamientos.

Ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia

Se observó que la GDPS fue mayor en los lechones que fueron alimentados con el tratamiento T2 (80 ppm de ZnO), con una ganancia promedio de 276.42 g diarios, lo que concuerda con Hollis *et al.* (2005), quienes compararon dietas de ZnO y Met-Zn, siendo el ZnO el que generó una GDPS mayor más rápidamente y de manera eficiente, también Stensland *et al.* (2015), al comparar una dieta con 100 mg kg⁻¹ de ZnO contra un cinamaldehído adicionado con un complejo permeabilizante, indicaron que el ZnO genera una ganancia de peso diaria mayor con 381 g, del día 0 al 7 después del destete. Es fundamental mencionar que lechones menores a 15 días de vida tienen una mejor respuesta al crecimiento con ZnO que lechones de 20 días o más (Hill *et al.*, 2001), lo que coincide con

este experimento, ya que los lechones se estudiaron desde su nacimiento.

El tratamiento T4 fue el tratamiento que generó una menor GDPS en los lechones, con una ganancia promedio de 238.85 g diarios, esto podría deberse a la dosis baja de 80 ppm que se utilizó en este experimento, ya que Ward *et al.* (1996) al brindar una dosis de 250 ppm de Met-Zn observaron un aumento en el rendimiento del crecimiento de lechones destetados, incluso cuando lo compararon contra 2000 ppm de ZnO.

Se identificó que los lechones alimentados con el tratamiento T2 fueron los que tuvieron un mayor consumo de alimento (21.491 g) en comparación con los demás tratamientos, esto se puede deber a que el ZnO es considerado como un promotor del crecimiento y se considera un coadyuvante para la producción de la *growth hormone-releasing peptide* (ghrelina), la cual estimula a un mayor consumo de alimento en los animales (Molist, 2002), también podría deberse al tiempo que se brinda el ZnO, ya que cuando se incrementa el tiempo de suplementación de 7 a 35 días, el consumo de alimento y la ganancia de peso tienden a aumentar en lechones destetados (Sales, 2013). Stensland *et al.* (2015), brindaron 100 mg kg⁻¹ de ZnO e identificaron que se genera un consumo de alimento de 454 g/día, del día 0 al 7 después del destete, un valor mucho mayor que su contraparte, un cinamaldehído adicionado con un complejo permeabilizante.

El tratamiento T3 produce un consumo de alimento bajo (16.537 g) y los lechones del tratamiento T4 fueron aún menores con 11.583 g, lo que coincide con Liu *et al.* (2020), quienes suplementaron distintas fuentes de Zn (ZnSO₄, Zn-Gly, Zn-Met) a 100 mg kg⁻¹ y

éstas no influyeron en la ingesta diaria promedio de alimento, caso contrario con Wen-Bin *et al.* (2019), quienes al comparar Met-Zn a 80 mg kg^{-1} con una fuente inorgánica (ZnSO_4) identificaron que se observa un mejor efecto en la GDPS promedio en lechones destetados.

Se determinó que los lechones del tratamiento T2 y T1 fueron los que obtuvieron la CA más alta (10.7 g y 10.4 g), mientras que el tratamiento T4 tuvo una CA de 6.68 g, esto podría deberse a que las formas queladas de Zn pueden exhibir una mayor disponibilidad que las formas inorgánicas de Zn comúnmente utilizadas (Spears *et al.*, 1999). Stensland *et al.* (2015), obtuvieron resultados distintos, ya que al suplementar 100 mg kg^{-1} de ZnO observaron un mejor comportamiento respecto a la CA (1.34 g) del día 0 al 7 después del destete en comparación con un cinamaldehído adicionado con un complejo permeabilizante.

Evaluación del peso de órganos

Los órganos viscerales representan sólo alrededor del 15% del peso corporal del cerdo y estos órganos estarán influenciados por la composición de la dieta (Nyachoti *et al.*, 2000).

Los órganos evaluados en este experimento no presentaron lesiones macroscópicas que denotaran estados patológicos causados por deficiencia o toxicidad en el tejido. En algunos casos como en el de Wang *et al.* (2006), al suplementar 5 g kg^{-1} de nano Zn por PV en ratones se observaron lesiones graves en los riñones y estómago.

Es importante resaltar que la biodisponibilidad juega un papel crucial para el aprovechamiento de los minerales, ya que indica la

cantidad de un mineral que se absorbe y es utilizado por el animal (Ghaffari y Arabyaghuobi, 2018), la biodisponibilidad del Zn en la dieta dependerá de la fuente utilizada (García, 2010), existen grandes variaciones entre las fuentes orgánicas e inorgánicas (Liu *et al.*, 2014). En este estudio se pudo identificar que el tratamiento T3 fue el tratamiento que propició un mayor peso en los órganos viscerales, esto podría deberse a que el Pro-Zn es un mineral orgánico y con una biodisponibilidad del 100% (TBCyA, 2017), lo que indica que esta fuente orgánica cumple con las características fisicoquímicas necesarias para garantizar una buena estabilidad en el organismo.

Corazón: en el caso de los lechones de este estudio se observaron diferencias entre tratamientos, siendo el tratamiento T3 el que arrojó el índice del corazón más alto con 0.66, lo que supera los índices obtenidos por Huang *et al.* (2020), quienes en ratas observaron que brindar 13 mg kg⁻¹ de Zn, 38 mg kg⁻¹ ZnSO₄ y 2 mg kg⁻¹ de *Bacillus subtilis*-Zn genera índices de 0.43 a 0.45, mientras que 17 y 32 mg kg⁻¹ de *Bacillus subtilis*-Zn genera índices de 0.49 a 0.54.

Pulmones: en este experimento el índice del órgano pulmón más alto lo obtuvo el tratamiento T3 con 1.22, lo que evidencia valores superiores a los publicados por Huang *et al.* (2020), quienes suministraron 17 mg kg⁻¹ de *Bacillus subtilis*-Zn a ratas y observaron que se genera un índice en los pulmones de 0.82 y 2 mg kg⁻¹ de *Bacillus subtilis*-Zn generan 0.76.

Páncreas: los resultados obtenidos de este experimento indican que el índice más alto lo obtuvo el tratamiento T3 con un valor de 0.15, los lechones utilizados en este estudio son considerados de alta

eficiencia, por lo cual podría deberse que el peso del páncreas se relacione con la eficiencia del animal, un animal de alta eficiencia tendrá un páncreas de mayor masa en comparación con un animal que posea una baja eficiencia (Meyer *et al.*, 2015). van Heugten *et al.* (2003), compararon ZnSO₄, Lys-Zn y Met-Zn y los pesos más altos fueron obtenidos con 80 ppm de Met-Zn, lo que podría indicar que las fuentes orgánicas de Zn generan un mayor peso en comparación con las inorgánicas, lo que concuerda con este estudio, además coincide con Shinde *et al.* (2006), quienes alimentaron a cobayos con distintas fuentes de Zn y la que generó un mayor índice fue 20 ppm de ZAAC (ZnCl₂+Met-Zn), con un valor de 0.39.

Cuando un alimento es consumido por el lechón en gran cantidad y además este alimento posee un alto valor energético, se produce un mayor crecimiento del páncreas e hígado ya que estos órganos consumen 50% aproximadamente de la energía total (de Souza *et al.*, 2012).

El páncreas depende más de la estimulación enteral para su crecimiento y desarrollo, que de otros estímulos (de Souza *et al.*, 2012). Cuando el consumo de alimento se incrementa, la tasa de crecimiento del tejido pancreático lo hace de igual manera (de Souza *et al.*, 2012). Por lo que el desarrollo pancreático está directamente relacionado con el tipo de dieta que consuma el animal, ya que, si los animales tienen acceso a alimentos ricos en proteínas, grasas o carbohidratos, este órgano tendrá que desarrollar sus funciones de acuerdo con dichos sustratos (Pluske *et al.*, 1997).

Hígado: en ratas se observó que brindar 2 mg kg⁻¹ de *Bacillus*

subtilis-Zn genera un índice en el hígado de 3.14 (Huang *et al.*, 2020), en este estudio se obtuvieron valores bajos respecto a los antes mencionados, con un índice de 2.23 que se consiguió con el tratamiento T3, lo que concuerda con Shinde *et al.* (2006), quienes indicaron que brindar 20 ppm de ZAAC ($ZnCl_2$ +Met-Zn) produce un índice alto (3.88) en comparación con otras fuentes. Respecto al peso del hígado, se obtuvo un valor de 225.88 g con el tratamiento T3, lo que contradice a van Heugten *et al.* (2003), quienes observaron que suministrar 160 ppm de $ZnSO_4$ a lechones destetados desencadena un mayor peso en este órgano (873 g), en comparación con fuentes orgánicas (Met y Lys).

Es importante mencionar que el hígado es el principal órgano de almacenamiento de Zn y es el órgano que más responde a la función antioxidante y es sensible a la deficiencia de Zn (Wang *et al.*, 2010; She *et al.*, 2017).

Bazo: en el presente estudio los lechones alimentados con el tratamiento T4 obtuvieron el índice más alto, con un valor de 0.22, lo que es bajo comparado con lo obtenido por Huang *et al.* (2020), quienes suministraron 17 mg kg^{-1} de *Bacillus subtilis*-Zn y obtuvieron un índice de 0.38; pero fue alto en comparación con Shinde *et al.* (2006), quienes observaron que al brindar 50% y 50% de 20 ppm de $ZnSO_4$ y ZAAC ($ZnCl_2$ +Met-Zn) se obtiene un índice de 0.17 en cobayos; esto puede deberse a que el peso del bazo sugiere un mayor o menor volumen sanguíneo (Cesta, 2006).

En el caso del bazo el peso más alto lo obtuvo el testigo (80 ppm de $ZnSO_4$). En ningún órgano hubo diferencias entre tratamientos (van Heugten *et al.*, 2003).

Riñones: los lechones de este experimento presentaron el mayor índice con el tratamiento T4 con un valor de 0.26, lo que es muy bajo a lo obtenido por Huang *et al.* (2020), quienes en ratas brindaron 2 mg kg⁻¹ de *Bacillus subtilis*-Zn y esto generó un índice 0.98 y con 38 mg kg⁻¹ de ZnSO₄ generó 0.87.

CONCLUSIONES

El consumo de 80 ppm de Zn a través de la fuente inorgánica ZnO mejora el PV, la GDPS, el CDA y la CA de lechones lactantes. El uso de 80 ppm Zn, incluyendo el Pro-Zn en la dieta de lechones lactantes, incrementa significativamente el peso del corazón, y se observa un peso superior en pulmones, páncreas, bazo, hígado y riñones, lo que podría ser un indicador de un desarrollo productivo adecuado para las exigencias del mercado nacional actual.

RECOMENDACIONES

Alimentar con una concentración de Zn de acuerdo con la edad, etapa fisiológica-productiva, genética y finalidad zootécnica, implementando programas de alimentación que disminuyan la excreción de minerales será positivo para el medio ambiente y además contribuirá al bienestar de los animales, para el sostenimiento de la producción porcina en el futuro.

REFERENCIAS

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-117-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.

- Ghaffari M., Arabyaghoubi M. 2018. Zinc as an essential nutritional component of human body: a systemic review. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*. 9 (2):62-65.

- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). 2013. Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA. Madrid, España. Pp. 114.

- SAS. 2003. Statistical Analysis System. SAS Release 9.1 for Windows, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

- Ren, P., Chen, J., Wedekind, K., Hancock, D., & Vázquez-Añón, M. (2020). Interactive effects of zinc and copper sources and phytase on growth performance, mineral digestibility, bone mineral concentrations, oxidative status, and gut morphology in nursery pigs. *Translational Animal Science*, 4(2), 783-798.

- Hill, G. M., & Shannon, M. C. (2019). Copper and zinc nutritional issues for agricultural animal production. *Biological Trace Element Research*, 188(1), 148-159.

- Molist F. & R. Davin. 2002. Utilización de Óxido de Zinc en lechones. Web site: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/11972/Articulosporcino/Utilizacion-del-oxido-de-cinc-en-lechones-para-el-control-de-la-diarrea-posdestete.html>.

- HUDSON B.P., FAIRCHILD B.D. and WILSON J.L. (2004) Breeder age and zinc source in broiler breeder hendiets on progeny characteristics at hatching. *Journal of Applied Poultry Research* 13: 55 -64. [10.1093/japr/13.1.55](https://doi.org/10.1093/japr/13.1.55)

- Abd El-Hack, M. E., Alagawany, M., Arif, M., Chaudhry, M. T., Emam, M., & Patra, A. (2017). Organic or inorganic zinc in poultry nutrition: a review. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 904-915.

- Hill, GM, GL Cromwell, TD Crenshaw, CR Dove, RC Ewan, DA Knabe, AJ Lewis, GW Libal, DC Mahan, GC Shurson, LL Southern y TL Veum. 2000. Efectos de promoción del crecimiento y cambios plasmáticos de la alimentación con altas concentraciones dietéticas de zinc y cobre a lechones destetados (estudio regional). *J. Anim. Sci.* 78: 1010-1016.

- Ward, T. L., G. L. Asche. G. F. Louis, and D. S. Pollmann. 1996. Zinc-methionine improves

growth performance of starter pigs. *J. Anim. Sci.* 74(Suppl. 1):182. (Abstr.)

- Carlson, M. S., Boren, C. A., Wu, C., Huntington, C. E., Bollinger, D. W., & Veum, T. L. (2004). Evaluation of various inclusion rates of organic zinc either as polysaccharide or proteinate complex on the growth performance, plasma, and excretion of nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 82(5), 1359-1366.

- Nyachoti, C. M., De Lange, C. F. M., McBride, B. W., Leeson, S., & Schulze, H. (2000). Dietary influence on organ size and in vitro oxygen consumption by visceral organs of growing pigs. *Livestock Production Science*, 65(3), 229-237.

- Hollis, G. R., Carter, S. D., Cline, T. R., Crenshaw, T. D., Cromwell, G. L., Hill, G. M., ... & Stein, H. H. (2005). Effects of replacing pharmacological levels of dietary zinc oxide with lower dietary levels of various organic zinc sources for weanling pigs. *Journal of animal science*, 83(9), 2123-2129.

- Wang Y, Tang JW, Ma WQ, Feng J. Dietary zinc glycine chelate on growth performance, tissue mineral concentrations, and serum enzyme activity in weanling piglets. *Biol Trace Elem Res.* 2010; 133:325–b34.

- Huang, Y., Wang, B., Liu, G., Ge, W., Zhang, M., Yue, B., & Kong, M. (2020). Effects of *Bacillus Subtilis*-Zinc on Rats with Congenital Zinc Deficiency. *Biological Trace Element Research*, 194(2), 482-492.

- Hill GM, Mahan DC, Jolliff JS (2014) Comparison of organic and inorganic Zn sources to maximize growth and meet the Zn needs of the nursery pig. *J Anim Sci* 92:1582–1594. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8173>.

- Cesta MF. Normal structure, function, and histology of the spleen *Toxicol. Pathol.*, 34 (2006), pp. 455-465.

- TBAyC (Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos). 2017. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. Universidad Federal de Viçosa. Brasil. Pp. 488.

- Meyer, A. M., Vraspir, R. A., Ellison, M. J., & Cammack, K. M. (2015). The relationship of residual feed intake and visceral organ size in growing lambs fed a concentrate-or forage-based diet. *Livestock Science*, 176, 85-90.

- She, Y., Huang, Q., Li, D., & Piao, X. (2017). Effects of proteinate complex zinc on growth performance, hepatic and splenic trace elements concentrations, antioxidative function and immune functions in weaned piglets. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 30(8), 1160.

Identificación y cuantificación de factores asociados a la presentación de un intervalo de destete a primer servicio de 4 a 7 días en cerdas de primer parto

Introducción

Uno de los indicadores clave para monitorear el rendimiento y la eficiencia reproductiva de una granja porcina es el número de partos por hembra por año (PHA), del cual derivan otras medidas de rendimiento y rentabilidad.¹⁻³ El factor que mayor influencia tiene en este tipo de indicadores es el número de días no productivos (DNP), ya que su reducción es reconocida como la mejor forma de incrementar la productividad y rentabilidad de una piara; menos DNP significan más PHA.³ Se ha estimado que un DNP cuesta alrededor de 2.25 USD por cerda, por lo que su impacto económico puede ser considerable.³⁻⁵ Además, estos días, en los que la cerda no está gestando ni lactando, están estrechamente relacionados con su fertilidad.³

El intervalo de destete al primer servicio (IDS) es un periodo no productivo de alto impacto en la cantidad de DNP que puede acumular una cerda o una piara, ya que se estima que representa aproximadamente el 30% de estos días.^{3,4,6} De forma general, un IDS menor o igual a 7 días refiere una actividad hormonal favorable

para el desempeño reproductivo de las cerdas, ya que se ha asociado con mejores tasas de parto y tamaños de camada superiores, en comparación con las cerdas que tienen IDS prolongados; sin embargo, diversos autores han señalado una productividad superior en aquellas cerdas con IDS entre 4 y 7 días, independientemente del parto en el que se mida.^{1,6-8} Además, el alargamiento del IDS incrementa las posibilidades de retiro en cualquiera de las paridades e incrementa el intervalo de sacrificio, lo cual aumenta los DNP.⁹

El IDS es controlado por secreciones hormonales y está influenciado por diversos factores fisiológicos y zootécnicos, como la duración de la lactancia, la nutrición y la paridad.⁷ Aunque se ha informado de la baja repetibilidad del IDS entre los diferentes partos de una cerda, el monitoreo de los DNP por paridad se ha reportado como una buena herramienta para aumentar la productividad de las piaras.^{2,7} Esto, apoyado por el hecho de que el IDS en el primer parto se ha considerado como un predictor fehaciente del rendimiento futuro de las cerdas y de su productividad de por vida, demuestra la relevancia de conocer y cuantificar el efecto de distintos factores asociados a la presentación de dicho intervalo; además, existe poca información sobre el efecto de estos factores en la probabilidad de que las cerdas tengan un IDS determinado.^{1,6,7} El objetivo de este trabajo fue identificar y cuantificar factores asociados a la presentación de un IDS de 4 a 7 días en el primer parto en cerdas de una granja porcina comercial.

Métodos

Diseño del estudio, datos y criterios de exclusión

El trabajo se diseñó como un estudio retrospectivo, utilizando los registros de servicios y partos, desde el ingreso hasta el retiro, de 9 546 cerdas removidas entre 2017 y 2021 en una granja porcina comercial; dichos registros fueron extraídos del programa de gestión utilizado por la misma. Se realizó una edición de los datos con la finalidad de asegurar valores dentro de los rangos fisiológicos, de eliminar errores de captura u omisiones de registro de la información.^{10,11} Además, se excluyeron los registros de cerdas con edades a primer servicio menores a 160 días o mayores a 400 días,¹² con más de 60 días de intervalo de destete a primer servicio en el primer parto,^{6,11} con cero o más de 31 lechones nacidos totales (LNT),⁶ con cero lechones destetados (LD),⁶ con una gestación menor a 104 días o mayor a 126 días,¹¹ y con una lactancia menor a 9 días o superior a 41 días.⁶ Con esto, el conjunto de datos final contempló los registros de 7 418 cerdas que tuvieron un IDS al primer parto.

Categorías

Como variable respuesta, las cerdas se clasificaron de forma dicotómica de acuerdo con su presentación del IDS en el primer parto: cuando lo presentaron entre 4 y 7 días (IDS1A), y cuando no lo hicieron (IDS1B; es decir, cuando este intervalo fue antes de los tres días o después de los siete días postdestete). Esta categorización se realizó con base en un trabajo previo donde se informó que las cerdas con un IDS de 4 a 7 días en la primera paridad demostraban una productividad de por vida superior, por lo que el interés se centró en los factores asociados a este rango.⁸ También, las cerdas se categorizaron con base en su edad a primer servicio mediante la metodología de estratificación óptima de

Dalenius y Hodges (1959),¹³ para reducir la varianza de la media en cada estrato o grupo formado; con esto, se formaron tres grupos: cerdas cuya edad a primer servicio fue menor o igual a 197 días, cerdas con edad a primer servicio entre los 198 y 235 días, y cerdas servidas por primera vez a los 236 días o superior. Además, la temporalidad de un año se categorizó trimestralmente: enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre y octubre-diciembre.^{6,11}

Análisis estadísticos

Los análisis se realizaron con el software IBM SPSS[®] Statistics 27. Se utilizaron estadísticas descriptivas para exponer el desempeño general de las cerdas. Se creó un modelo de regresión logística binaria para determinar y cuantificar factores o variables que pudieran influir en la probabilidad de que una cerda en su primer parto tuviera un IDS1A. En primera instancia, mediante un método *hacia atrás* de Wald con el procedimiento LOGISTIC REGRESSION, se utilizó un modelo saturado que contempló las siguientes variables: año de nacimiento, temporada de nacimiento, edad a primer servicio, temporada de primer servicio, inseminaciones por servicio, temporada de parto, número de LNT, si tuvo o no adopciones, número de lechones muertos en la lactancia, largo de la lactación y número de LD; todas referidas a la primera paridad de las cerdas. Con dicho procedimiento, se depuraron aquellas variables que no aportaban un efecto significativo a la repuesta, dejando las que si lo demostraban.¹⁴ En segunda instancia, después de discriminar aquellas variables que no influían en la respuesta, mediante el método *introducir* y con el procedimiento GENLIN, se aplicó el modelo ajustado final, que incluyó los efectos de la temporada de primer servicio, la edad a primer servicio, el largo de la lactación, el número de LD y la interacción entre el largo de la lactación y el número de LD. La evaluación del ajuste del modelo se

realizó mediante las pruebas de Hosmer y Lemeshow y la prueba de Ómnibus.¹⁴ Para todos los análisis, el nivel de significancia se estipuló en 0.05.

Resultados y discusión

Las estadísticas descriptivas del desempeño reproductivo general, de por vida y en el primer parto se muestran en el **cuadro 1**. La proporción de cerdas IDS1A fue de 78.9%, lo cual está en concordancia con otros autores.⁶ Hubo una mayor frecuencia de cerdas IDS1A cuando recibieron su primer servicio durante las temporadas de julio a septiembre (39.1%) y de octubre a diciembre (34.9%), que cuando lo recibieron entre enero a marzo (15.1%) y abril a junio (10.9%). Del 21.1% de cerdas IDS1B, para las mismas temporadas, estas proporciones fueron de 38.3%, 29.5%, 19.3% y 12.9%, respectivamente. Por otra parte, las frecuencias de cerdas IDS1A fueron mayores para aquellas con una edad a primer servicio de 198 a 235 días (65.4%), en comparación con las que lo recibieron posterior a los 235 días (25.4%) o antes de los 198 días (9.2%). Respecto a la duración de la lactancia en la primera paridad, las medias y desviaciones estándar para las cerdas IDS1A y para las IDS1B fueron 22.9 ± 2.1 días y 23.4 ± 2.1 días, respectivamente; con relación al número de LD en el primer parto, fueron 12.6 ± 2.4 para cerdas IDS1A y 12.5 ± 2.4 lechones para las cerdas IDS1B.

Cuadro 1.

Desempeño reproductivo, de por vida y de primer parto de 7 418 cerdas.

| Variable | Mediana | Media±DE | CV (%) | Mínimo | Máximo |
|--|---------|-------------|--------|--------|--------|
| <i>Desempeño reproductivo¹</i> | | | | | |
| Edad a primer servicio, días | 218 | 225.9±32.8 | 14.5 | 160 | 400 |
| Número de servicios, <i>n</i> | 2 | 2.3±0.5 | 23.4 | 1 | 5 |
| Largo de la gestación, días | 115 | 115.0±1.5 | 1.3 | 106 | 124 |
| LNT, cerdos | 16 | 15.3±3.7 | 24.5 | 1 | 28 |
| LNV, cerdos | 14 | 14.0±3.5 | 25.0 | 1 | 27 |
| Muertos en lactancia, cerdos | 1 | 1.7±1.2 | 70.6 | 0 | 23 |
| Largo de la lactación, días | 23 | 23.5±2.2 | 9.5 | 8 | 41 |
| LD, cerdos | 13 | 12.8±2.7 | 20.9 | 1 | 28 |
| IDS, días | 4 | 5.9±5.2 | 88.1 | 1 | 42 |
| <i>Desempeño de por vida²</i> | | | | | |
| LNT de por vida | 59 | 63.0±36.5 | 57.9 | 1 | 188 |
| LD de por vida | 49 | 50.9±28.1 | 55.3 | 5 | 133 |
| Días de vida de la cerda | 836 | 861.0±295.4 | 34.3 | 332 | 1 641 |
| Días de la cerda en granja | 606 | 634.8±294.0 | 46.3 | 143 | 1 434 |
| Partos a la remoción | 4 | 4.1±2.1 | 51.7 | 0.9 | 10 |
| LNT de por vida anualizados | 25.4 | 24.7±8.0 | 32.3 | 0.8 | 47.9 |
| LD de por vida anualizados | 21.1 | 20.0±6.1 | 30.4 | 3.4 | 35.9 |
| % DNP de por vida | 8.2 | 13.2±11.6 | 87.9 | 0.8 | 74.2 |
| <i>Desempeño de primer parto²</i> | | | | | |
| LNT, cerdos | 15 | 14.5±3.1 | 21.4 | 2 | 28 |
| LNV, cerdos | 14 | 13.3±3.1 | 23.3 | 2 | 27 |
| Muertos en lactancia, cerdos | 1 | 1.4±0.6 | 42.9 | 0 | 14 |
| Largo de la lactación, días | 23 | 22.9±2.1 | 9.2 | 9 | 39 |
| LD, cerdos | 13 | 12.6±2.4 | 19.0 | 2 | 23 |
| IDS, días | 5 | 7.41±5.1 | 68.8 | 1 | 53 |
| DE: desviación estándar de la media; CV: coeficiente de variación. | | | | | |
| ¹ <i>n</i> = 26 720 registros. | | | | | |
| ² <i>n</i> = 7 418 registros. | | | | | |

Los resultados del modelo de regresión logística binaria empleado se muestran en el **cuadro 2**, donde se observan las variables y sus categorías que demostraron una asociación significativa, así como el sentido de su asociación con la probabilidad de tener IDS1A, representado por los coeficientes y los *odds ratio*; además, también

se presenta el nivel de significancia obtenido en cada factor. En la figura 1, se muestran las probabilidades predichas por el modelo de tener un IDS1A, de acuerdo con las variables numéricas analizadas.

De acuerdo con dichos resultados, el hecho de que una cerda recibiera su primer servicio entre los meses de enero a junio redujo las posibilidades de que presentara un IDS1A, en comparación con las cerdas servidas entre octubre y diciembre (cuadro 2; $P < 0.01$). El factor climático puede tener una gran influencia en el IDS, se ha reportado que aproximadamente el 90% de las cerdas son servidas dentro de los primeros siete días postdestete durante las estaciones más frías del año, mientras que esta proporción puede reducirse hasta el 70% durante las calurosas; además, esta influencia climática es mayor en las cerdas primíparas que en las cerdas múltiparas, lo que podría explicar los resultados del modelo.^{15,16} Las cerdas servidas por primera vez en los primeros seis meses del año tendrían su primera lactancia durante los meses más calurosos, lo cual podría reducir su consumo voluntario de alimento y empobrecer su condición corporal, además de impactar negativamente su perfil hormonal; este escenario retrasaría la presentación de un celo posterior al destete y, en consecuencia, incrementaría el IDS, probablemente más allá de los 7 días, aumentando sus posibilidades de retiro.^{9,17}

Por otra parte, una edad a primer servicio menor a los 236 días disminuyó casi a la mitad las posibilidades de presentar un IDS1A, en comparación con las cerdas servidas a una edad tardía (cuadro 2; $P < 0.01$); por ejemplo, las cerdas con una edad a primer servicio de 236 días tuvieron más del 80% de probabilidad de presentar dicho IDS, mientras que las servidas a los 176 días de edad tuvieron cerca del 70% de probabilidad (figura 1c). Una edad temprana al primer servicio puede suponer un espesor de la grasa dorsal más

bajo en comparación con las cerdas servidas a edades superiores, lo cual puede tener consecuencias negativas durante su primera lactancia, más aún si se considera su inmadurez corporal y reducido consumo de alimento, factores primarios para un alargamiento del IDS.^{6,18} Sin embargo, aunque un primer servicio tardío pueda tener efectos benéficos sobre los primeros dos partos de la cerda, es importante mencionar que es un factor relacionado con la presentación de fallas reproductivas y está asociado con una menor longevidad, por lo que la gestión del primer servicio en las cerdas debe considerar su desempeño más allá del primer parto.^{19,20}

De forma independiente, una mayor duración de la lactancia y un mayor número de LD, se asociaron con mayores probabilidades de tener un IDA1A (cuadro 2; $P < 0.05$), lo cual coincidió parcialmente con lo reportado en granjas españolas y japonesas.^{6,7} En estos estudios,^{6,7} un mayor número de LD al primer parto se relacionó con un incremento del IDS; sin embargo, en el presente trabajo, las probabilidades de que las cerdas de primera paridad tuvieran un IDS1A no varió sustancialmente entre los 10 y 22 LD (figura 1b). Un número escaso de lechones mantenidos por la cerda durante la lactancia puede provocar el cese de la producción láctea y un retorno al estro demasiado corto, generalmente menor a tres días después del destete, lo cual reduciría las probabilidades de tener un servicio después de los cuatro días postdestete.¹⁵ Esto se ve apoyado con los resultados del modelo, los cuales refirieron un decremento porcentual importante en las probabilidades de tener un IDS1A cuando se destetaban menos de ocho lechones (figura 1b).

Respecto a la duración de la lactancia, como ejemplo en este trabajo, su incremento de 21 a 29 días aumentó la probabilidad de tener un IDS1A aproximadamente un 10.0% (figura 1a). Una

lactancia más larga puede favorecer el consumo de alimento por parte de las cerdas y evitar una pérdida excesiva de la condición corporal, lo cual puede acortar el retorno al próximo celo.¹⁵ Por el contrario, las lactancias cortas están asociadas a concentraciones deficientes de hormona luteinizante, lo cual podría alargar el retorno a estro; además, un IDS prolongado está relacionado con una duración más corta del celo y una menor duración del intervalo entre el destete y la ovulación, predisponiendo a la cerda a presentar problemas reproductivos.^{1,4}

Sin embargo, la interacción entre el largo de la lactación y el número de LD demostró una reducción en las posibilidades de presentar un IDS1A (cuadro 2; $P < 0.01$); es decir, cuando aumentaron los días de lactancia y el número de LD de forma conjunta, las probabilidades para dicho IDS disminuyeron (figura 1d). Una práctica para reducir el efecto de la hiperprolificidad es la utilización de cerdas nodrizas, las cuales no reducen su longevidad y eficiencia, sin embargo, su uso aumenta el IDS; por ello, es recomendable promover altos consumos de alimento durante la lactancia para satisfacer las demandas nutricionales exigidas por cerdas con lactancias más largas al promedio y con un número elevado de lechones lactantes, de forma que pueda reducirse el impacto negativo de esta interacción en la fertilidad posterior de las cerdas.^{1,6} La ingesta insuficiente de alimento durante la lactancia y un control inadecuado de la condición corporal durante la primera gestación son reconocidos como factores que pueden impactar de forma significativa el IDS en cerdas de primera paridad.^{6,21}

Cuadro 2.

Estimaciones de las variables incluidas en el modelo de regresión logística binaria para determinar la probabilidad de tener un intervalo del destete al primer servicio de 4 a 7 días en el primer parto.

| Variable | Probabilidad de tener un IDS de 4-7 días en el primer parto | | |
|---|---|---------|---------------------|
| | Coefficiente (\pm EE) | P-value | Odds ratio (IC 95%) |
| Temporada del primer servicio | | < 0.01 | |
| Enero – marzo | -0.4248 (0.0857) | < 0.01 | 0.65 (0.55 - 0.77) |
| Abril – junio | -0.2989 (0.0966) | < 0.01 | 0.74 (0.61 - 0.90) |
| Julio – septiembre | -0.0868 (0.0704) | 0.22 | 0.92 (0.8 - 1.05) |
| Octubre – diciembre* | | | |
| Edad a primer servicio | | < 0.01 | |
| ≤ 197 días | -0.4197 (0.1162) | < 0.01 | 0.66 (0.52 - 0.83) |
| 198 – 235 días | -0.3921 (0.0753) | < 0.01 | 0.68 (0.58 - 0.78) |
| ≥ 236 días* | | | |
| Largo de la lactación | 0.2098 (0.0919) | 0.02 | 1.23 (1.03 - 1.48) |
| Lechones destetados | 0.5817 (0.1738) | < 0.01 | 1.79 (1.27 - 2.52) |
| Largo de la lactancia x lechones destetados | -0.0237 (0.0075) | < 0.01 | 0.98 (0.96 - 0.99) |

EE: error estándar; IC: intervalo de confianza.
* Categoría de referencia.

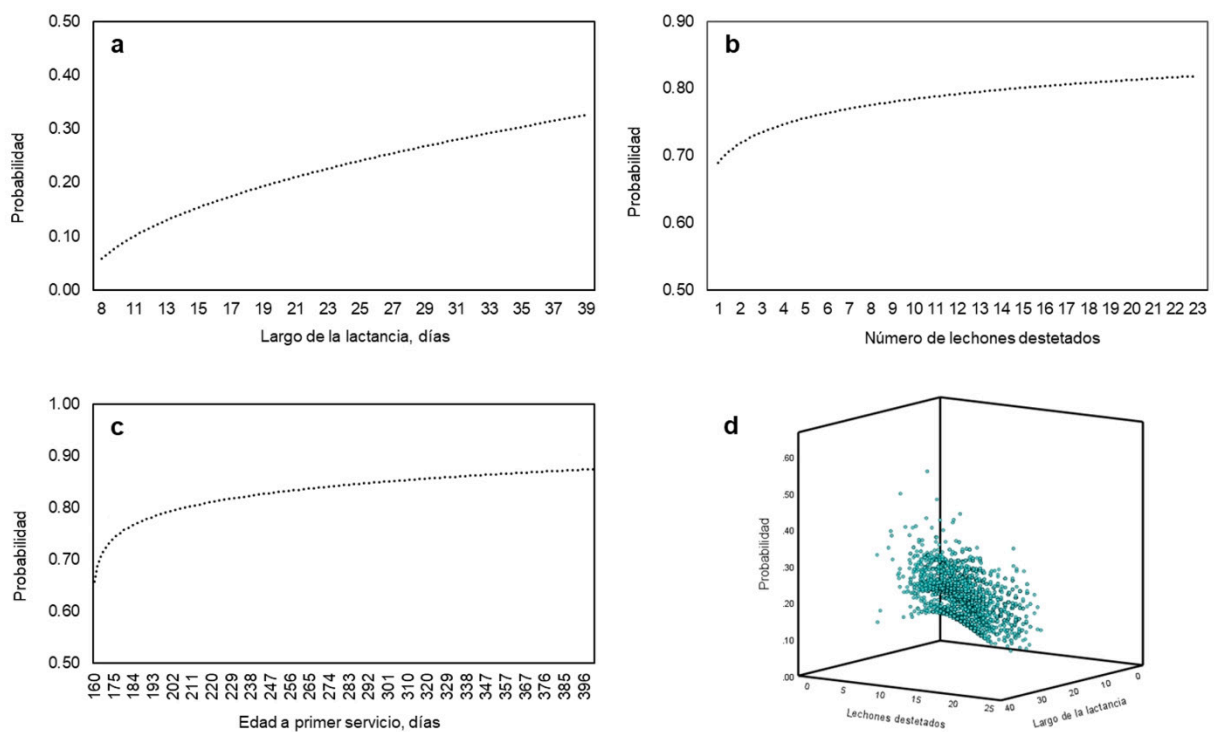
Conclusiones

El presente trabajo permitió identificar cinco factores asociados a la presentación de un IDS óptimo, de 4 a 7 días, así como cuantificar sus probabilidades de presentación cuando dichos factores se expusieron en diferentes niveles. Se encontró que la probabilidad de que las cerdas de primer parto tuvieran un IDS de 4-7 días se asociaba con recibir el primer servicio durante los últimos meses del año, tener una edad a primer servicio posterior a los 236 días, una mayor duración de la lactancia y un mayor número de LD, de manera independiente. Por el contrario, el incremento conjunto de

la duración de la lactancia y del número de LD redujo las probabilidades de presentación de dicho IDS. Conocer diferentes factores asociados a un IDS óptimo puede favorecer la planeación e implementación de medidas zotécnicas que incrementen su porcentaje de presentación.

Figura 1.

Probabilidad predicha de que las cerdas tengan un intervalo de destete al primer servicio de 4 a 7 días en el primer parto de acuerdo con el largo de la lactación (a), el número de lechones destetados (b), la edad a primer servicio (c) y la interacción entre el número de lechones destetados y el largo de la lactación (d).



Referencias

1. Koketsu Y, Iida R. Farm data analysis for lifetime performance components of sows and their predictors in breeding herds. *Porcine Health Manag.* 2020; 6(1):1–12.
2. Koketsu Y, Sasaki Y. By-parity nonproductive days and mating and culling measurements of female pigs in commercial breeding herds. *Journal of Veterinary Medical Science.* 2009; 71(3):263–267.
3. Koketsu Y. Six component intervals of nonproductive days by breeding-female pigs on commercial farms. *J Anim Sci.* 2005; 83(6):1406–1412.
4. Corrêa MN, Lucia T, Afonso JAB, Deschamps JC. Reproductive performance of early-weaned female swine according to their estrus profile and frequency of artificial insemination. *Theriogenology.* 2002; 58(1):103–112.
5. Xu Z, Sullivan R, Zhou J, Bromfield C, Lim TT, Safranski TJ, et al. Detecting sow vulva size change around estrus using machine vision technology. *Smart Agricultural Technology.* 2023; 3:100090.
6. Yatabe Y, Iida R, Piñeiro C, Koketsu Y. Recurrence patterns and lifetime performance of parity 1 sows in breeding herds with different weaning-to-first-mating intervals. *Porcine Health Manag.* 2019; 5(1):1–10.
7. Hoshino Y, Koketsu Y. A repeatability assessment of sows mated 4–6 days after weaning in breeding herds. *Anim Reprod Sci.* 2008; 108(1–2):22–28.
8. Olvera O, Martínez RG, Ramírez G. Influencia del intervalo del destete al primer servicio en el parto 1 sobre la productividad de por vida de las cerdas [Resumen]. *Memorias LV Congreso Nacional AMVEC, A.C., Acapulco, Guerrero, México.* 2023; 211.
9. Sasaki Y, Koketsu Y. Culling intervals and culling risks in four stages of the reproductive life of first service and reserviced female pigs in commercial herds. *Theriogenology.* 2010; 73(5):587–594.
10. Gruhot TR. Selection for prolificacy and the economic impact of sow retention in the breeding herd. *Iowa State University;* 2016.
11. Iida R, Piñeiro C, Koketsu Y. High lifetime and reproductive performance of sows on

southern European union commercial farms can be predicted by high numbers of pigs born alive in parity one. *J Anim Sci.* 2015; 93(5):2501–2508.

12. Hoving LL, Soede NM, Graat EAM, Feitsma H, Kemp B. Reproductive performance of second parity sows: Relations with subsequent reproduction. *Livest Sci.* 2011; 140(1–3):124–130.

13. Dalenius T, Hodges JL. Minimum Variance Stratification. *J Am Stat Assoc.* 1959; 54(285):88–101.

14. Martínez-Pérez JA, Pérez-Martín PS. Regresión logística. *Medicina de Familia SEMERGEN.* 2024; 50(1). Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-familia-semergen-40-articulo-regresion-logistica-S1138359323001661>.

15. Trujillo ME, Martínez RG, Contreras AJ, Hernández E, Mota D, Orozco H, et al. La cerda reproductora. 1era edición. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2015.

16. Leman AD. Optimizing farrowing rate and litter size and minimizing nonproductive sow days. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1992; 8(3):609–621.

17. Costermans NGJ, Teerds KJ, Kemp B, Keijer J, Soede NM. Physiological and metabolic aspects of follicular developmental competence as affected by lactational body condition loss. *Mol Reprod Dev.* 2023; 90(7):491–502.

18. Roongsitthichai A, Cheuchuchart P, Chatwijitkul S, Chantarothai O, Tummaruk P. Influence of age at first estrus, body weight, and average daily gain of replacement gilts on their subsequent reproductive performance as sows. *Livest Sci.* 2013; 151(2–3):238–245.

19. Le Cozler Y, Dagorn J, Lindberg JE, Aumaître A, Dourmad JY. Effect of age at first farrowing and herd management on long-term productivity of sows. *Livest Prod Sci.* 1998; 53(2):135–142.

20. Tummaruk P, Lundeheim N, Einarsson S, Dalin AM. Effect of birth litter size, birth parity number, growth rate, backfat thickness and age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows. *Anim Reprod Sci.* 2001; 66(3–4):225–237.

21. Koketsu Y. Assessment of sows mating efficacy during the low productive period after early weaning: A field study. *Theriogenology*. 1999; 51(8):1525–1532.

Por amor a los animales

Mi historia:

Soy un veterinario especialista en cerdos y desde que tengo memoria, he convivido con animales. He tenido perros, gatos, conejos, víboras, tarántulas, murciélagos, borregos, pericos, ninfas, canarios, camaleones, tortugas, peces, ranas, sapos, ratones, iguanas, y seguramente algunas lombrices y piojos de vez en vez, gracias a ellos, nunca he estado solo.

Muchos de ellos han sido mis mejores amigos, me han acompañado en las buenas y en las malas, He convivido tan de cerca con mis animales que lloro cuando he perdido a alguno de ellos. *Cada uno se ha llevado un poco de mi corazón, pero también me han dejado un poco del suyo, así que mi corazón ya es un injerto de “animal humano”,* que, dicho sea de paso, también se ha hecho más grande literalmente.

Mi profesión es para mí el mejor pasatiempo, ya que disfruto haciendo lo que hago y se me va el día en ello. Mis mi esposa y mis hijos me dicen que soy un “workaholic” (*adicto al trabajo*) ya que me despierto muy temprano y ya estoy revisando qué más puedo aprender y mi día termina ya muy noche, sin que mis expectativas se cumplan por completo.

Aunque soy especialista en cerdos, he trabajado con pollos de engorda, borregos y ganado de engorda.

Soy amante de la naturaleza y del campo. Me gusta la vida rural y desde pequeño he sabido lo que es el trabajo de rancho. Alimentar a las vacas, ordeñar, recoger huevos, criar conejos, borregos, ganado de engorda y también cosechar algunas legumbres.

En uno de mis primeros trabajos con el Sr. Mancilla, en el “Rancho La Esperanza” aprendí todos los procesos de la agricultura, ya que sembraba Maíz, sorgo, alfalfa, frijol, chile, a veces ajos, y últimamente muchas legumbres como brócoli y zanahorias. Realmente es un mundo fascinante, ver como con el cuidado de las tierras, el abono las semillas y los riegos, se produce tanto alimento, para personas y animales.

Lo que me queda muy claro es que me apasiona formar parte de la **cadena productiva que alimenta al mundo**. Ese es mi motor o mi propósito de vida profesional; Saber que mi trabajo puede servir para llevar alimento a las familias me llena de satisfacción y orgullo, y a la vez de esperanza, ya que sé que para muchas familias llevar comida tres veces al día es muy complicado en mi país y en otras partes del mundo. Yo lo sé como padre de familia y trabajador, que cada día se lucha y trabaja para llevar algo a la mesa, sabiendo que algunos días se hacen largos porque no alcanza y hacemos magia para estirar las quincenas a niveles inimaginables.

Utilizar mis conocimientos mi experiencia y mis habilidades para poder hacer mas productivas las empresas que visito es muy gratificante, pues sé que en México no somos autosuficientes en la producción de alimento para animales menos para las personas.

Debemos **importar** casi el **40%** del cerdo que consumimos como país y esa es una gran área de oportunidad para nuestros

empresarios y para los que nos dedicamos a mejorar la productividad de las granjas.

Evolución de la Producción:

Aunque los avances han sido asombrosos, recuerdo que cuando comencé en esta noble profesión las cerdas parían 9 marranitos y destetábamos 6 o 7 a los 60 días de edad y ahora están pariendo fácilmente 16 promedio y destetando 14, a los 21 días de edad con 6 kg de peso. Las instalaciones, los alimentos y los equipos se han modificado para poder desarrollar el potencial que la genética está logrando y no creo que se detenga, así que en el futuro cercano estaremos viendo camadas de 22 nacidos y quizá 20 destetados.

Incrementar la productividad será la herramienta clave, pues las empresas pequeñas comenzarán a desaparecer, los hijos de los viejos productores se estarán dedicando a otras actividades pues no les interesará continuar con el legado familiar de aquella granja, y la misma suerte correrán algunas empresas medianas y grandes, las que serán absorbidas por empresas enormes quienes tendrán la visión de acaparar el negocio.



Aún así, estas empresas se están enfrentando al “Problema” de conseguir “personal” debido a que a los trabajadores ya no les llama la atención trabajar en una granja, donde se tienen que bañar,

desinfectar y hacer trabajo pesado, habiendo otros trabajos mejor pagados y con menos trabajo físico, más en las ciudades y menos en el campo. Esto es ya una tendencia mundial, no solo en México.

Así que automatizar las granjas, o incrementar el **uso de la tecnología**, debe ser la otra **herramienta** que estén utilizando las empresas para solventar la escasez de personal.

Antes en una granja de 2,500 hembras trabajaban hasta 30 personas, hoy puede ser manejada por solo 6 personas incluyendo al encargado.

Mercado:

En México **la venta en pie**, que ha sido la base del negocio y el mercado se enfrentará a una competencia cuando Brasil y Estados Unidos comiencen la guerra de precios por el mercado de la carne en México, la única opción será competir con las mismas armas y estas serán las **ventas directas al público de piezas y cortes**, muchos de ellos de abrir y comer.

Pensaríamos que los beneficiados serán **los consumidores** al obtener precios más económicos, pero esto no sucederá, ya que la **demanda seguirá a la alza**, debido al crecimiento poblacional y el precio público de la carne seguirá inaccesible para muchos.

Las generaciones anteriores saben muy bien lo que representa el campo para la sustentabilidad del país, pues todos necesitamos comer, ahora la tecnología se ha encargado de que en las ciudades sea tan fácil obtener comida que ya se olvidaron de la procedencia.

La vida de nuestros antepasados fue muy dura, pues había que trabajar mucho para conseguir los alimentos. Si querías leche, había que ordeñar a la vaca, querías miel, soportar los piquetes de las abejas, comer tomates, pues sembrar, cuidar y cosechar bajo el sol.

Ahora solo es abrir el refrigerador.

¡SIN CAMPO NO HAY COMIDA!



En las décadas pasadas, **80% de la población** vivía en las **zonas rurales** y se dedicaban a producir alimentos.

La tendencia mundial es que ahora **80%** de la población vive **en las ciudades** y solo **20%** en

el campo y deben alimentar a ese **100%** de personas.

Así que el reto es cada vez más difícil, pero a la vez mas interesante.

Según la **ONU**, la tendencia poblacional dice que para el año **2050** llegaremos a **9,700** millones de habitantes en el planeta, aunque ya se equivocaron, pues predecían que para el **2030** seríamos **8,500** millones y lo alcanzamos en el año **2023**.

Lo importante es que para el **2050, NO** habrá **suficiente alimento** para poder satisfacer las necesidades de todos, tampoco **agua potable**. Y no es que se esté acabando el agua, ya que el agua no se escapa del planeta, tiene su propio **ciclo**, y se regresa, pero donde antes bebían **2,000** personas ahora hay **10,000** personas. Con el alimento es casi lo mismo, las superficies cultivables son las mismas, a menos que deforestemos al planeta, y entonces los resultados ecológicos nos cobrarán su factura, no habrá alimento suficiente para la cantidad de personas que poblaran el planeta.

Reducir el crecimiento poblacional es una alternativa viable, pero aún así no alcanzará debido al incremento en las expectativas de vida. Existimos un montón de viejitos chavo-rucos que permanecemos activos.

Debemos comenzar a pensar fuera de la caja y tener opciones diferentes, como cultivar sobre el mar y obtener agua potable del mar y del ambiente.

Las alternativas son las mismas que nuestra imaginación y creatividad puedan visualizar y concretar, ya se comienza a ver la harina de insectos como recurso.

¡ES CIERTO QUE TENEMOS MUCHOS PROBLEMAS, PERO TAMBIÉN MUCHAS SOLUCIONES!

Nuestro trabajo debe enfocarse desde ahora en pensar en el futuro, y establecer soluciones a largo plazo sin acabarnos el planeta y siendo más empáticos con el ambiente.

Muchas empresas actualmente ya tienen esta visión y su Misión bien definida, observando al Planeta, a las Personas y a la Producción en una relación estrecha y amigable.

VEGANO NO COME MARRANO...

Existe una pequeña parte de la población que son los “**Veganos**” y ellos tienen su forma particular de ver al mundo y cómo deberíamos alimentarnos.

Todo iba bien mientras ellos seguían comiendo sus tomates y lechugas los productores de proteína animal trataban de subsistir.

Lo que está mal es que los veganos nos tachan de criminales, asesinos y crueles, porque hacemos producción intensiva, y hasta ahora esa es su bandera de protesta. Yo los invito a que se informen primero, y antes de emitir un juicio y un veredicto, nos digan de que manera vamos a alimentar al mundo bajo las condiciones que ellos piensan.

Siempre he sido muy respetuoso de la manera de pensar de otra persona. Es la única manera de que respeten mi propia manera de pensar y ver las cosas.

Yo no les reclamo porque roban las zanahorias a los conejos, o les quitan su alimento a muchos seres que realmente son herbívoros.

Los humanos somos Omnívoros, lo que significa que nuestro

organismo puede y debe alimentarse de la gran variedad de alimentos que la naturaleza nos proporciona.

Los perros y los gatos son carnívoros, y los alimentan con croquetas, que tienen harina de carne en su formulación.

Todos tenemos derecho a hablar y tomar partido, de acuerdo con las preferencias individuales.

Lamentablemente los Veganos no se limitan a sus creencias y costumbres y atacan de manera abierta y frontal a la cadena productiva de proteína animal, ya sea Piscicultura, pesca, aves de corral, ovejas, cabras, cerdos, ganado de leche y carne, la cual alimenta al mundo, produce millones de empleos, y forma parte importante del sector primario en todos los países, contribuyendo al PIB de manera significativa.

Los veganos viven en una dicotomía, en sus mentes, ya que por un lado creen que comer carne es malo, pero hacen sus hamburguesas a base de soya y leche de almendras, y en sus supermercados tienen infinidad de productos sustitutos de la carne y la proteína animal, hasta se jactan de darles el sabor real a carne. Eso es una traición a sus propios principios.

Solamente les pido respeto hacia lo que no conocen ni entienden y no forma parte de sus vidas diarias, lo que no les da el derecho de juzgar y sentenciar a todo un sector económico de la población.

Entiendo que sientan compasión por los animales, yo también la siento, pero como médico veterinario especialista en producción

porcina, con 40 años de experiencia, puedo asegurarles que existe mucha ciencia detrás de la producción pecuaria. Cada día muchos científicos trabajan en saber como podemos ser mas eficientes, con un enfoque al medio ambiente, a la sustentabilidad, pero sobre todo al bienestar animal.

“EL BIENESTAR ANIMAL SE EVALÚA BAJO CRITERIOS CIENTÍFICOS. DE MANERA INTEGRAL DEBE INCLUIR ASPECTOS DE ALIMENTACIÓN ALOJAMIENTO, SANIDAD Y COMPORTAMIENTO. ES UNA CIENCIA QUE VA MAS ALLÁ DE SENTIR COMPASIÓN POR LOS ANIMALES, DE RESCATAR O PROTEGER A UN ANIMAL, POR LO QUE LAS ACTIVIDADES QUE SE IMPLEMENTEN, LOS CRITERIOS QUE SE UTILICEN Y LAS EVALUACIONES QUE SE REALICEN, DEBEN ESTAR A CARGO DE UN PROFESIONAL DE LA MEDICINA VETERINARIA, Y NO POR PERSONAS AFICIONADAS DE BUENAS INTENCIONES”.

Al **sentir compasión** por los animales, las personas tratan de **humanizar a los animales**, pues hay personas que tienen **“Perrhijos”** en casa, y los tratan como a sus bebés, les compran ropita, los visten y tratan como niños chiquitos.

Eso también es **crueledad animal**. Es NO saber darle su lugar a una mascota por lo que es.

Un perro o un gato con su personalidad y forma de ser. Los animales lo entienden, saben cuál es su lugar y su papel en la naturaleza, nunca han querido humanizarse, más que en el “Planeta de los Simios”

La vida en el siglo pasado fue dura, y aún existen personas en la Antártida que sobreviven cazando focas y comiéndolas crudas, derritiendo la grasa de la foca con el fin de ofrecerla a sus bebés

para nutrirlos como si fuera leche. Eso no los convierte en criminales, porque están pensando en alimentar a sus familias.

Cuando el **80%** de la población se dedica a otras actividades y no producen alimentos, el **20%** restante debe ser muy ingenioso para producir lo que alimentará al resto.

Esa es la razón por la cual existen las empresas que generan proteína animal a gran escala.

Con esto, no quiero decir que todo en la vida es perfecto, desde luego que existen malas personas, malas organizaciones y empresas que incurren en maltrato y abuso animal y prácticas deshonestas.

Sí me ha tocado saber de personas que golpean animales, o los sacrifican de manera no humanitaria, y desde luego que todos los que nos dedicamos profesionalmente a la producción de proteína de origen animal desaprobamos rotundamente estas prácticas. Desde aquí mi repudio al maltrato y abuso animal.

LO FASCINANTE DE ESTA ACTIVIDAD.

Afortunadamente el **95%** de la población mundial acepta ser omnívora, con algunas restricciones, ya que en la India veneran a los bovinos, los musulmanes repudian al cerdo, desafortunadamente en muchos países de África son tan pobres que no se pueden permitir consumir carne por el costo.

Fuera de eso, la proteína de origen animal ya sea pescado, leche, miel, carne, y huevo han contribuido al desarrollo del cerebro



humano, y han sido el sustento de muchas naciones, desde luego junto con la agricultura.

Existen algunos nutrientes entre ellos varios aminoácidos que no puede sintetizar el humano, y deben ser

consumidos para el correcto funcionamiento de sus sistemas, esa es la principal razón de que los humanos seamos omnívoros, y no herbívoros o solo carnívoros, necesitamos una dieta variada y complementaria.

ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL.

Somos mamíferos y **la leche** ha sido uno de los alimentos mas completos que la naturaleza nos da. Las vacas producen mas leche de la que realmente necesitan para solo alimentar a sus crías, por lo que extraemos el sobrante. La leche no solo es para los bebés, es una realidad que niños, jóvenes y adultos disfrutan la leche en licuados, café, chocolates, o sola por las mañanas, hasta los adultos mayores puedan sobrevivir con una dieta de leche con avena, ya que sus sistemas digestivos no pueden digerir otras cosas. La leche también se utiliza en la elaboración de infinidad de productos como crema, yogurt, quesos, esencial en la elaboración de pan y pasteles, y hasta la fecha no existe un alimento tan completo que tenga todos los nutrientes necesarios.

Los huevos son también un alimento muy nutritivo que concentra gran cantidad de proteína, energía y vitaminas en proporción a su tamaño, que también forman parte de la cocina de muchos países, en la elaboración de infinidad de platillos.

La miel es el alimento completo por excelencia, la jalea real el polen son productos que elaboran las abejas y que se han utilizado por miles de años por la humanidad. Aún se conservan jarrones de miel que fueron enterrados con los faraones egipcios. Una cucharada de miel puede proporcionar la energía necesaria para un adulto durante un día.

Los **pescados y mariscos** tienen mucha proteína, y elementos nutricionales como ácidos grasos que son insustituibles, como los **omega, 3, 6, 9**, además de ser muy sabrosos, forman parte de la llamada “Dieta Mediterránea” considerada una de las mejores para preservar la salud humana.



Finalmente, **las carnes, aves** como pollo, pavo y hasta el faisán consumido por los antiguos aztecas son conocidas por ser muy ricas en proteína, y bajas en grasas. Es una de las carnes más consumidas en el mundo, debido a su alto valor nutritivo y bajo precio.

Las llamadas **Carnes Rojas** son las de res, ovinos y caprinos. Durante muchos años fueron las mas consumidas en el mundo antiguo. Aún la carne de res es la considerada la reina de las carnes, por los famosos cortes enormes y deliciosas preparaciones. El caprino, o los cabritos son una carne que es muy valorada por su especial sabor y propiedades nutricionales, y los borregos, siempre han estado en todas las cocinas del mundo hasta la fecha. En México la barbacoa y birria son los platillos que mas se consumen de esta especie.

Finalmente, **el cerdo**, hoy por hoy la carne mas sabrosa que contiene los valores mas altos de vitaminas aminoácidos y ácidos grasos mas utilizados por el humano. Se puede decir que del cerdo se aprovecha todo. La carne, las vísceras, la piel, el pelo, los huesos, y se extraen insulina de su páncreas, y algunas otras hormonas, de las placentas, que también son utilizadas en la cosmetología para shampo y cremas, incluso se han utilizado válvulas cardiacas y últimamente se realizo un trasplante de riñón de un cerdo a un humano.

PROCESO DE PRODUCCIÓN:

Mi abuelo criaba gallinas para huevo de plato y tenía su granja bien acondicionada. En los años **40's** ya contaba con casetas especializadas, con nidos, comederos y bebederos especiales, para que las gallinas estuvieran a salvo de las inclemencias del tiempo, y el producto (los huevos) fueran frescos y libres de infecciones y parásitos.

De esos años a la fecha, la genética, la nutrición, la tecnología ha

mejorado mucho y para bien, tanto de los animales como de los productos como huevos y leche.

Al menos en la producción de aves, llámese pollos gallinas, pavos y en la producción de cerdos, es indispensable **bañarse para poder ingresar a la granja**. De esta manera se evitan llevar posibles enfermedades que afecten a los animales.

La ropa y calzado de calle se dejan en la llamada área sucia, y se usa ropa exclusiva de la granja.

Los procesos de limpieza son muy eficientes, y los protocolos de Control de fauna nociva son muy estrictos.

Todo el personal que labora en las granjas es consciente de que estamos **produciendo alimento de clase mundial para alimentar familias**.

Saben que es un **trabajo digno** del cual se deben sentir muy orgullosos, porque son parte de la cadena de producción de alimento, y contribuimos a alimentar a nuestras familias y las de los demás.

Los **alimentos** proporcionados a los animales se elaboran de acuerdo con las necesidades de cada edad, y los **ingredientes deben ser de excelente calidad**, para garantizar el crecimiento uniforme y constante en cada fase.

La **salud es monitoreada** permanentemente y se realizan

vacunaciones y medicaciones preventivas para evitar que se enfermen los animales.

El manejo y los cuidados realizados a los animales son proporcionados por **empleados** que han sido **capacitados y entrenados** para ese fin, evitando sufrimientos innecesarios, y vigilando siempre el bienestar animal.

Los vehículos y transportes son diseñados para mover eficientemente ofreciendo el **máximo confort** supervisando el número de animales por metro cuadrado.

Cuando los animales llegan a la Planta de Sacrificio, se dejan en corrales de descanso, para liberar el estrés, y proporcionarles agua necesaria.

Una vez tranquilos, se trasladan en pequeños grupos al área de aturrido, o cuarto de CO₂, donde son anestesiados para que no sientan ningún estrés ni dolor.

Una vez anestesiados o aturridos, son desangrados, para que el musculo comience su proceso de autólisis y se convierta en carne.

Esta manera de sacrificio es la más utilizada y probada científicamente que evita el sufrimiento animal, y garantiza la mejor calidad de carne.

Legislación y trazabilidad.

Los gobiernos de cada país se preocupan por tener las **leyes**

necesarias que garanticen la producción adecuada y que los alimentos tengan **trazabilidad desde la granja hasta la mesa** de los consumidores.

Existen asociaciones Internacionales, por países, regiones y locales que se dedican a establecer los **lineamientos** y **verificar** que los **reglamentos** se cumplan para preservar el bienestar animal, y obtener los últimos avances científicos y tecnológicos que **mejoren la calidad de vida de los animales y humanos**.

Propósito.

Desde hace muchos años, tanto los productores los trabajadores de granjas, los veterinarios, los científicos y todos los involucrados en la cadena de producción de proteína animal, han trabajado muy duro para **mejorar las condiciones de los animales** y para **incrementar la productividad** de las granjas, con el único **propósito de proveer alimento de clase mundial para alimentar a nuestras familias, y al mundo**, cuidando en todo momento el bienestar animal.

El ganado, los pollos, las gallinas los peces, los cerdos siempre han sido parte de la cadena alimenticia; y **la economía del medio ambiente depende de su perfecto equilibrio**, con los insectos, el reino vegetal, depredadores y presas, son **necesarios** para **mantener ese balance** en la naturaleza.

Lo aprendieron nuestros hijos en la película del rey León, y siempre ha sido así, es el **ciclo sin fin**, donde no es crueldad que los osos coman salmones hasta recuperar sus reservas y poder invernar nuevamente, los cazadores obtengan sus presas y todos al morir,

nutramos la tierra nuevamente, para preservar el ciclo de la vida.

Por último, quiero agradecer a los empresarios que apuestan su capital en la industria de la producción de alimentos, a los trabajadores de toda la cadena de producción de proteína animal, trabajadores de granjas rastros empacadoras y transportistas por el esfuerzo y el trabajo diario que nadie ve y pocos reconocen, desde aquí mi admiración y respeto, porque se que junto con los veterinarios que nos dedicamos al cuidado y atención de los animales dejamos nuestra vida a esta noble labor y lo hacemos y lo seguiremos haciendo

Por Amor a los animales.

SPLAYLEG... Ser lechón es más difícil de lo que parece

¿Qué es el splayleg?

El síndrome de patas extendidas, también conocido como síndrome congénito de patas abiertas o “Splayleg”, ha sido descrito como un defecto del desarrollo de las fibras musculares en algunos animales, incluyendo al cerdo (Thurley, D.C. *et al.*, 1967). Se considera como una condición temporal en los lechones recién nacidos, limitando la función de los músculos de las patas traseras, aunque también se ha visto en las patas delanteras, se llega a observar inmediatamente después del nacimiento (López-Heydeck, *et al.*, 2015; Jeffrey J., *et al.*, 2019; Schumacher, T., *et al.*, 2021; Rocío A., *et al.*, 2022; Toni, S. *et al.*, 2023). La prevalencia de este padecimiento se ha estimado que va del 0.4 al 8% de lechones nacidos vivos (Vassilis G. Papatsiros., 2012), sin embargo, existen diferentes factores que pueden influir en su presentación (Schumacher, T., *et al.*, 2021). En la industria porcina es de importancia este síndrome, ya que genera pérdidas económicas por una alta mortalidad, que puede llegar hasta el 50-80% en las granjas donde se presenta (Pérez, F. A., 2010).

En concreto, este síndrome se caracteriza por una alteración, donde se observa la abducción lateral de los miembros posteriores en animales recién nacidos, impidiendo que el lechón logre ponerse de pie, caminar y por consiguiente, no logra tomar calostro y alimentarse, lo cual aumenta el riesgo de ser aplastado por la cerda

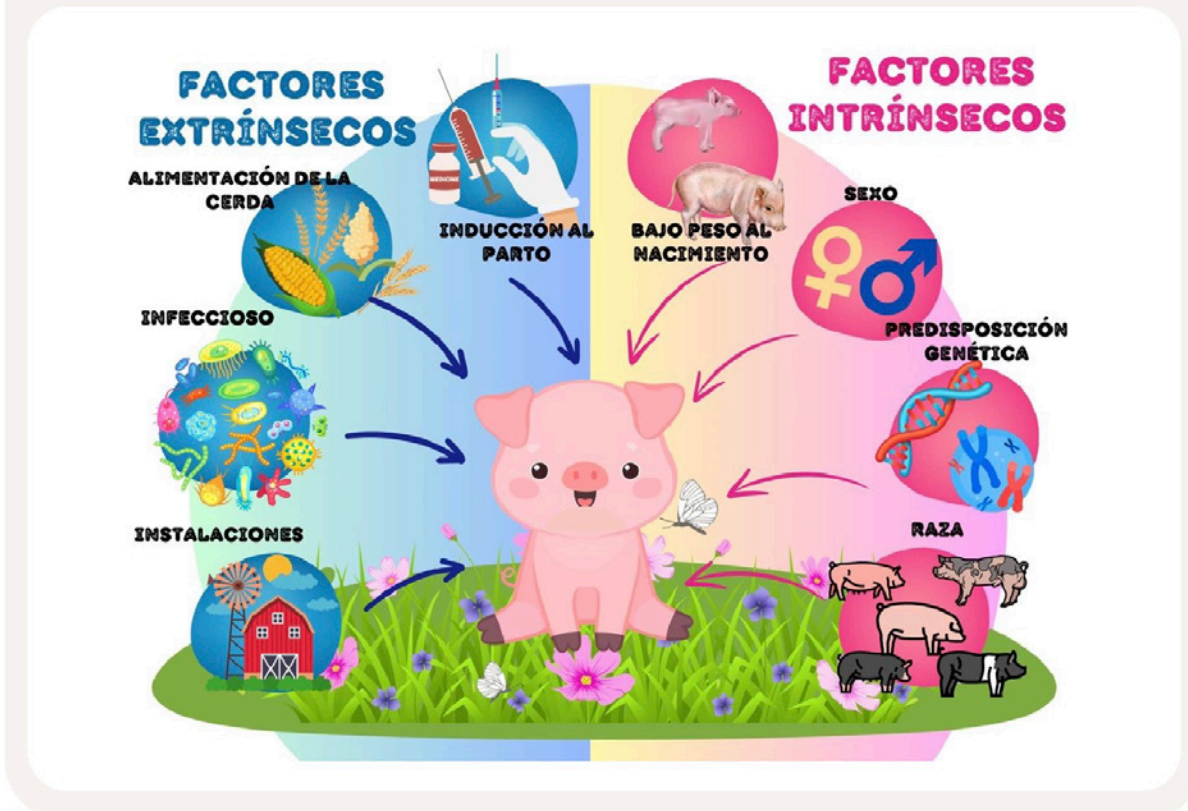
o morir de hambre (Schumacher, T., *et al.*, 2021).

¿Qué causa este síndrome?

Cómo ya se mencionó, este síndrome es multifactorial, ya que se ha descrito que puede estar relacionado con varios factores, los cuales pueden ser clasificados en extrínsecos o intrínsecos (figura 1). La causa en sí de este síndrome se relaciona a una inmadurez del músculo esquelético con una disminución en el diámetro axonal y la vaina de mielina de la fibra muscular que inerva los músculos aductores de los miembros (Vassilis G. Papatsiros., 2012). En un estudio previo se describieron muestras histológicas del músculo semitendinoso de los lechones que presentaron splayleg. Los autores encontraron que estos lechones tenían una mayor proporción de fibras tipo II, lo cual nos indica que hay una inmadurez de las miofibrillas. Adicionalmente a esto, se observó un número menor de mionucleos por fibra y una mayor actividad apoptótica, así como una atrofia de las miofibras (Toni, S. *et al.*, 2023).

Figura 1.

Factores extrínsecos e intrínsecos que se relacionan a la presentación de splayleg en cerdos



Factores extrínsecos

Estos son factores externos al lechón, pero que son de importancia, ya que repercuten directamente en su desarrollo, así como en la presentación del splayleg. Algunos de los factores que se han descrito en este grupo son: la inducción al parto, la alimentación de la cerda durante la gestación, infecciones como el síndrome respiratorio y reproductivo porcino (PRRS, por sus siglas en inglés) y las instalaciones propias de la producción.

Inducción del parto: cuando se realiza una inducción con menos de

113 días de gestación, se está disminuyendo la duración de la gestación, de tal manera que los lechones pueden nacer con cierta inmadurez de tejidos u órganos, así como bajo peso, lo cual da como resultado alteraciones en la presencia de las fibras musculares, y a su vez la presentación de cerdos con splayleg (Schumacher, T., *et al.*, 2021).

Alimentación de la cerda: Se menciona que exponer a los fetos a la zearalenona durante su desarrollo intrauterino, principalmente en el último tercio de gestación, puede ser una causa para el splayleg. La zearalenona es una micotoxina que se llega a encontrar en los granos utilizados para preparar las dietas de las cerdas (como son el maíz, trigo, avena, cebada y sorgo), la cual es producida por varias especies de hongos *Fusarium* cuando existe una elevada humedad en los granos. Los lechones expuestos a la zearalenona se muestran temblorosos y con patas abiertas (Rocío, A., *et al.*, 2022).

Infeciosos: se menciona que está íntimamente ligado al síndrome PRRS (síndrome reproductivo y respiratorio del cerdo). Es una enfermedad de origen viral que ocasiona fallas reproductivas severas en cerdas gestantes, produciendo lechones bajos de peso, débiles y con las patas abiertas al nacimiento (López-Heydeck, *et al.*, 2015).

Instalaciones: se ha descrito que los signos del síndrome se presentan con mayor incidencia en granjas donde hay suelos lisos y resbaladizos, en los que el lechón tiene dificultades para ponerse de pie (Vassilis G. Papatsiros., 2012).

Factores intrínsecos

Son aquellos que tienen que ver directamente con el lechón, se ha descrito que están íntimamente relacionados cuando se presenta el splayleg. Estos factores incluyen el sexo, predisposición genética, la raza y peso al nacimiento.

Sexo: Existe una incidencia relacionada íntimamente al sexo, viéndose con mayor frecuencia este síndrome principalmente en los machos, encontrándose que de 233 lechones que presentaron splayleg, 174 de estos eran machos (Jeffrey J., *et al.*, 2019).

Predisposición genética. En general, se ha descrito que la presentación del splayleg incluye una herencia poligénica (tabla 1), en estudios previos se ha encontrado relación de algunos de ellos, los cuales se llegan a identificar mediante análisis de expresión genética (Schumacher, T., *et al.*, 2021). Por ejemplo, genes como el MAFbx y P311 que están asociados a la alteración de los músculos (semitendinoso, largo dorsal y gastrocnemio) de las piernas por una atrofia muscular y un aumento de la densidad de las fibras (Ooi, P. T., *et al.*, 2006). Por otra parte, otros genes como el Homer 1 están íntimamente relacionados con la maduración miogénica en la que desarrollaron debilidad muscular caracterizada por una marcha anormal, extremidades traseras separadas y atrofia miofibrosa (Xu, S., *et al.*, 2018; Toni, S. *et al.*, 2023). Algunos de estos genes descritos se llegan a utilizar como método para el diagnóstico subclínico del síndrome (Ooi, P. T., *et al.*, 2006).

Raza: Se puede presentar en cualquier raza, sin embargo, se ha observado que la incidencia es mucho mayor en razas blancas, como lo es la Landrace y Pietrain. Por otra parte, se ha descrito que puede estar íntimamente relacionado con la selección genética, ya que cada vez se buscan para la producción cerdas hiperprolíficas,

las cuales tienen la ventaja de aumentar significativamente el número de lechones nacidos vivos por camada, aunque a su vez, tiene sus desventajas como es la disminución de la vitalidad, ya que el peso al nacimiento se ve disminuido y el número de lechones pequeños menores a 1kg se ve aumentado (Jeffrey J., *et al.*, 2012).

Tabla 1.

Genes que han sido relacionados con el síndrome de splayleg (Adaptada de Schumacher, T., *et al.*, 2021).

| Gen | Nombre del Gen | Función |
|-------------|---|--|
| MAF | Factor de transcripción MAF Bzip | Factor de transcripción, unión al ADN. |
| MYOD1 | Proteína de diferenciación miogénica 1 | Diferenciación de mioblastos |
| MyoG | Miogenina es un factor de transcripción | Diferenciación miogénica |
| P311 (NREP) | Proteína relacionada con la regeneración neuronal | Diferenciación miogénica |
| FBX032 | Proteína 32 F-box | Atrofia, autofagia, ECM interacción del receptor |
| ITGA2B | Subunidad alfa 2b de integrina | Diferenciación miogénica |
| ITGAV | Subunidad V de integrina | Diferenciación miogénica |
| GHR | Receptor de la hormona de crecimiento | Señalización de la hormona del crecimiento |
| SQSTM1 | Proteína de unión para ubiquitina | Autofagia, ubiquitina / sistema proteosoma |
| SSRP1 | Proteína de reconocimiento específica de reconocimiento 1 | Diferenciación miogénica |
| DDIT4 | Proteína transcrita 4 inducible por daños en el ADN | Autofagia, apoptosis |
| ITGA5 | Proteína integrina alfa-5 | Diferenciación miogénica |
| ZDHHC9 | Enzima palmitoiltransferasa | Señalización de la hormona del crecimiento |

¿Cómo se ven los lechones que presentan splayleg?

Se observan lechones con abducción muy marcada de los miembros posteriores, provocando una incapacidad de mantenerse de pie. Se dice que se observan sentados como perros, ya que se ven con las patas traseras abiertas (figura 2). En algunas ocasiones podemos observar a los lechones con abducción en ambos conjuntos de miembros, así mismo se pueden llegar a observar más de un lechón afectado por camada. Los lechones se muestran con una movilidad reducida por la debilidad en las extremidades, lo que puede llegar hasta la muerte por una inanición, esto debido a que se encuentran sobre el piso sin poder alcanzar la ubre de su madre y así poder retener el pezón (figura 3). Por otra parte, su nivel de competencia se ve reducido, lo que facilita que sea desplazado por los otros lechones dentro de su camada (Schumacher, T., *et al.*, 2021).

Figura 2.

Lechón de un día de vida con abducción de los miembros posteriores (línea genética: Landrace/Yorkshire/Berkshire)



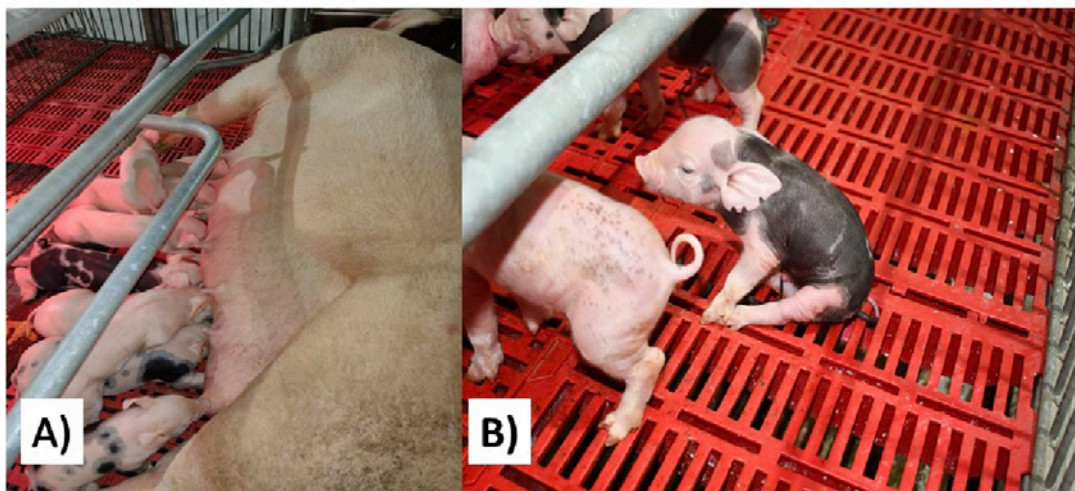
¿Qué hacer si se presentan lechones con splayleg?

Lo primero que se tiene que hacer es asegurarnos de la supervivencia de los lechones, para esto debemos tomar varias medidas, como proporcionarles calostro y una fuente de calor estable. A continuación, debemos asegurar que los miembros permanezcan unidos para que concluya el desarrollo de las fibras musculares (Vassilis G. Papatsiros., 2012), el cual puede obtenerse posterior a las 24 de que hacemos el abordaje de los miembros. Es importante recordar que el calostro es la primera secreción de la

glándula mamaria de la cerda. El cual, al tomarlo los lechones al nacer les proporciona una fuente de agua, nutrientes, factores de crecimiento e inmunoglobulinas, para los retos a los que se enfrentarán durante las primeras horas de vida. La secreción de calostro dura en promedio 24 horas después del nacimiento y cambia de manera muy rápida a leche, esta es más rica en nutrientes pero contiene menos protección inmunológica, por lo cual es indispensable que los lechones reciban una cantidad suficiente de calostro (Walter, L., *et al.*, 2019). Por otra parte, el lechón al nacer no logra generar una termorregulación, que le ayude en su supervivencia, de tal modo que es imprescindible proporcionarles el calor suficiente para evitar que tengan hipotermia y esto los pueda conducir a su muerte.

Figura 3.

A) Cerda amamantando. B) Lechón con splayleg alejado de la camada al momento de la lactancia.

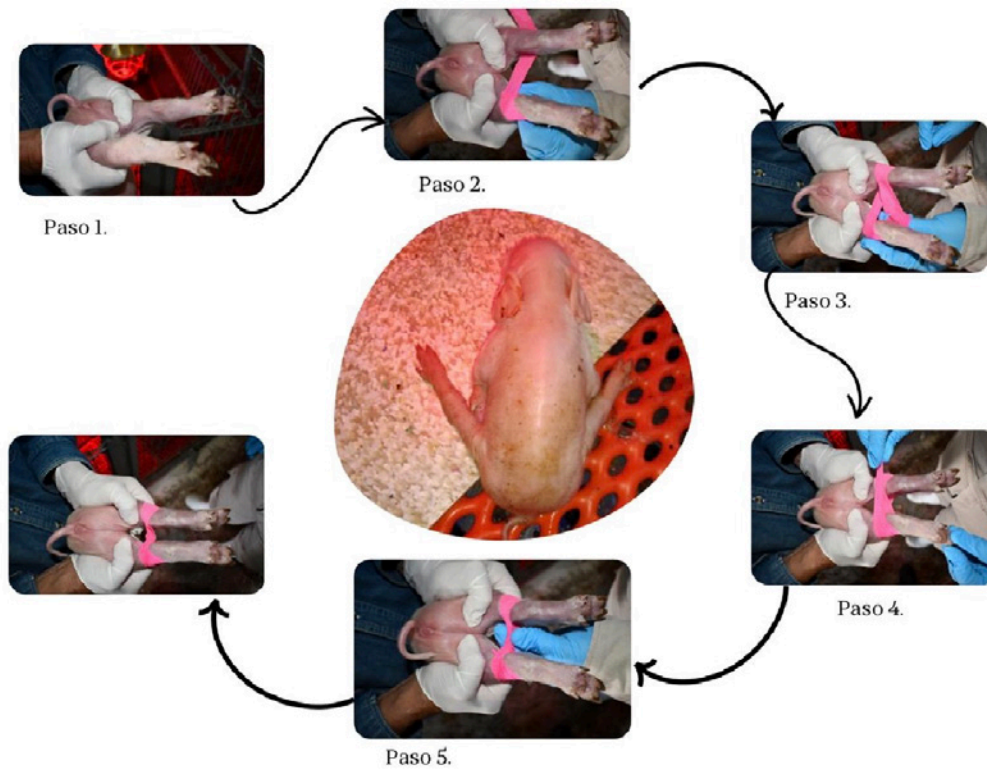


Abordaje de los miembros con splayleg

Una vez que nos aseguramos de que el lechón tomó calostro y fue colocado en una fuente de calor, a continuación abordaremos al lechón, con el objetivo de situar un dispositivo en sus miembros que le permita mantenerlos unidos, para esto se necesitan solo de 20 a 30 cm de cinta elástica, piola, cinta adhesiva u otro material que esté a nuestra disposición y no llegue a afectar la integridad del lechón.

Figura 4.

Procedimiento para el abordaje de los miembros afectados por splayleg



Los pasos para abordarlo serían los siguientes (figura 4):

Paso 1: Sujetar al lechón, para poder atar los miembros afectados.

Paso 2: Se coloca la cinta por arriba del corvejón, comenzando por uno de los miembros y pasando por enmedio de las dos piernas hasta llegar al otro miembro.

Paso 3: regresando al miembro inicial, va a pasar la cinta por el lado contrario;

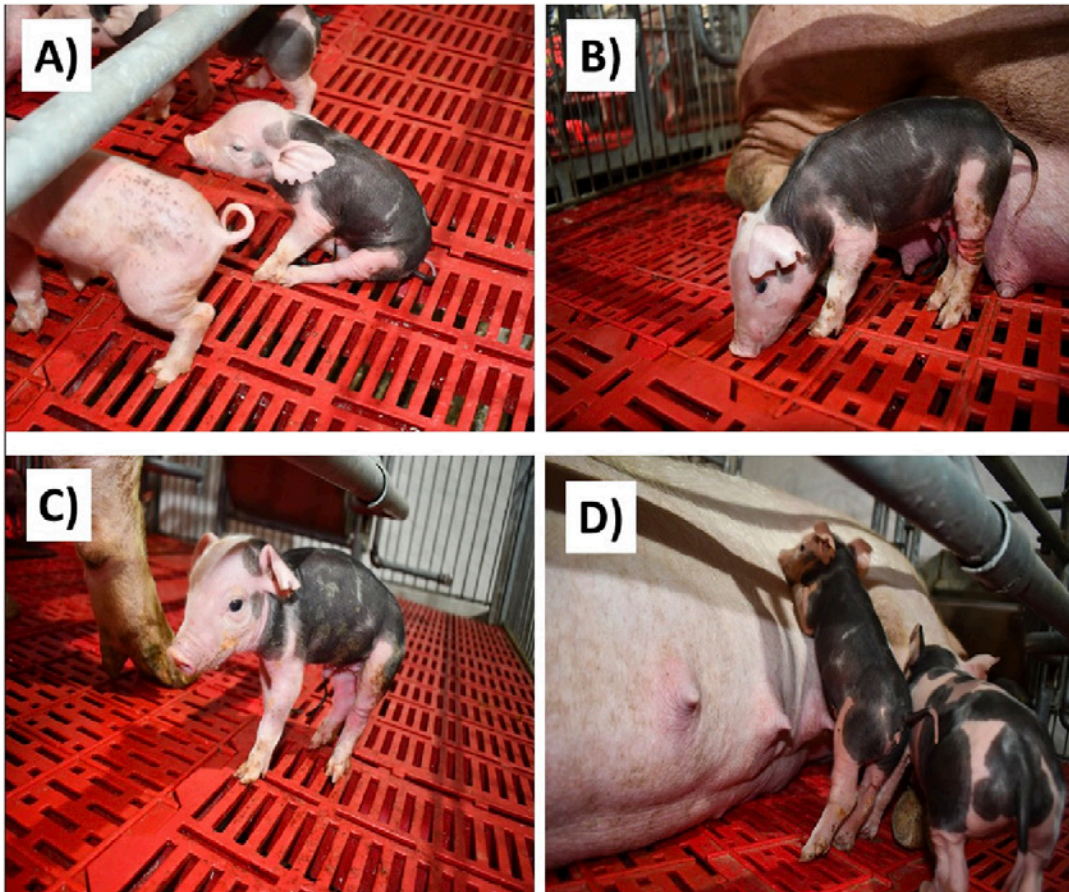
Paso 4: La cinta va a tomar la forma de un “8”, dependiendo del tipo de material a usar, se podrían requerir una o dos vueltas más.

Paso 5: finalmente, se realiza un nudo entre ambos miembros para asegurar que la cinta quede firme, a su vez que garantizamos que no exista demasiada presión que afecte la circulación sanguínea de los miembros. El lechón será supervisado las horas posteriores al abordaje, revisando que no existan problemas de cianosis y otras complicaciones.

Al realizar el abordaje anterior, se ayudará al lechón a mantener los miembros como se encontrarían al estar parados, lo cual unirá las fibras musculares para promover la madurez de los músculos esqueléticos de los miembros. Para ello, se recomienda que la cinta permanezca con el lechón por lo menos 24 horas posterior a su colocación. Adicionalmente, se va a favorecer la movilidad del lechón y con ello incentivar su competencia dentro de la camada para favorecer el consumo de calostro y leche durante las primeras horas de vida, esperando una mayor supervivencia.

Figura 5.

Evolución de un lechón al que se le realizó el abordaje de los miembros afectados por splayleg. A) 4 horas de nacido. B) 1 día de nacido con la cinta colocada. C) 2 días de nacido y se le retiró la cinta. D) 3 días de nacido presenta postura normal.



Para recordar

Cómo podemos observar, *ser lechón es más difícil de lo que parece*, ya que pueden estar expuestos a una variedad de problemas desde las primeras horas de vida. En este caso abordamos un síndrome, pero existen muchos otros que alteran sus capacidades de sobrevivir al medio en donde nacen. En este caso, el

realizar un correcto manejo del lechón recién nacido que llega a presentar el síndrome de patas extendidas o splayleg es de suma importancia para su supervivencia. Como ya se mencionó, lo primero que se tiene que hacer es proporcionarles una fuente de energía e inmunidad (calostro), seguido de una fuente de calor para la termorregulación, y por último, abordarlos para colocarles un soporte en los miembros afectados y el seguimiento del mismo, todo a fin de reducir las muertes por hipoglucemia o hipotermia. De igual manera, es importante recordar que las causas de este síndrome suelen estar presentes antes de que nazca el lechón, de tal modo que podemos realizar algunos manejos para reducir la presentación de este en nuestra producción. Por ejemplo, cuidar la alimentación durante la gestación de la cerda, proporcionando en la dieta granos de buena calidad para evitar el crecimiento de micotoxinas, así como tomar en cuenta los factores relacionados con la predisposición genética, raza, sexo, instalaciones, inducción de parto, etc. Al tomar en cuenta esto y realizar algunos cambios para mejorar, nos permitirá tener una menor morbilidad, por lo tanto también una mayor vitalidad de los lechones y ayudando a disminuir la presentación del splayleg.

REFERENCIAS

- Toni,S., Henry R., Steffen M., Monika, R. (2023). La variante AA del genotipo 1 de Homer se relaciona con el síndrome congénito de patas abiertas en lechones. Recuperado de: <https://axoncomunicacion.net/la-variante-aa-del-genotipo-1-de-homer-se-relaciona-con-el-sindrome-congenito-de-patas-abiertas-en-lechones/>
- Walter, L., Luis, S., (2019). Encalostado en porcino. Servet.
- Vassilis G. Papatsiros. (2012). The Splay Leg Syndrome in Piglets: A Review. American Journal of Animal and Veterinary Sciences 7 (2): 80-83, 2012 ISSN 1557-4555. Recuperado de: <https://thescipub.com/pdf/ajavsp.2012.80.83.pdf>

- Schumacher, T., Röntgen, M., & Maak, S. (2021). Congenital Splay Leg Syndrome in Piglets- Current Knowledge and a New Approach to Etiology. *Frontiers in veterinary science*, 8, 609883. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33718467/>
- Rocío A., Roberto M., (2022). Efectos adversos de la zearalenona en la reproducción de los cerdos. Recuperado de: <https://bmeditores.mx/porcicultura/efectos-adversos-de-la-zearalenona-en-la-reproduccion-de-los-cerdos/>
- Jeffrey J., Locke A., Alejandro R., Schwartz Gr., Stevenson J. (2019). *Diseases of Swine*. 11th edition. Wiley Blackwell.
- Jeffrey J., Locke A., Alejandro R., Kent J., Gregory W. (2012). *Diseases of Swine*. 10th edition. Wiley Blackwell.
- Thurley, D. C., Gilbert, F. R., & Done, J. T. (1967). Congenital splayleg of piglets: myofibrillar hypoplasia. *The Veterinary record*, 80(9), 302–304. Recuperado de: <https://doi.org/10.1136/vr.80.9.302>
- Xu, S., Hao, X., Zhang, M., Wang, K., Li, S., Chen, X., Yang, L., Hu, L., & Zhang, S. (2018). Polymorphisms of HOMER1 gene are associated with piglet splay leg syndrome and one significant SNP can affect its intronic promoter activity in vitro. *BMC genetics*, 19(1), 110. Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/s12863-018-0701-0>
- Ooi, P. T., da Costa, N., Edgar, J., & Chang, K. C. (2006). Porcine congenital splayleg is characterised by muscle fibre atrophy associated with relative rise in MAFbx and fall in P311 expression. *BMC veterinary research*, 2, 23. Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/1746-6148-2-23>
- Pérez, F. A., (2010). Prácticas de manejo del lechón en maternidad: estrategias para mejorar su sobrevivencia y aumentar la productividad. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(1),1-21. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63613103010>
- López-Heydeck, Sandra Maricruz, Alonso-Morales, Rogelio Alejandro, Mendieta-Zerón, Hugo, & Vázquez-Chagoyán, Juan Carlos. (2015). Síndrome reproductivo y respiratorio del cerdo(PRRS): Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 6(1), 69-89. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-

11242015000100005&lng=es&tlng=es.

Variaciones productivas y reproductivas en cerdas debidas al estrés calórico

INTRODUCCIÓN

El estrés es la respuesta biológica a eventos que el individuo percibe como amenaza para su homeostasis, esta comúnmente relacionado con una mayor actividad del eje hipotálamo-pituitario-adrenal (HPA) y la activación del Sistema Simpático Adreno-Medular (Joseph et al., 2017) , la activación del eje HPA da como resultado la liberación de una variedad de péptidos, principalmente hormona liberadora de corticotropina (CRH) y vasopresina desde el hipotálamo; la secreción de CRH estimula la liberación de la hormona adrenocorticotropa (ACTH) y beta-endorfinas (Joseph et al., 2017). La ACTH induce la secreción de corticosteroides de la corteza suprarrenal, provocando también la liberación de progesterona, posiblemente prostaglandina $F2\alpha$ e incluso inhibina α , en donde es permisiva en la respuesta metabólica del estrés haciendo sinérgica su acción como los glucocorticoides estimulan la lipólisis y la gluconeogénesis, actuando de la misma manera, lo que conduce a un aumento del metabolismo que promueve la capacidad de afrontar el estrés; la activación del Sistema Nervioso Simpático (SNS) y la medula suprarrenal provocan la liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) en el torrente sanguíneo, lo que ocasiona aumento en el suministro de glucosa, al acelerar la degradación del glucógeno hepático (Acosta, 1996).

El estrés prolongado o crónico suele dar lugar a la inhibición de la reproducción, mientras que los efectos del estrés transitorio o agudo en ciertos casos son estimulantes (por ejemplo, anestro). El efecto del estrés sobre la reproducción dependerá de la duración del evento estresante, la predisposición genética y el tipo de estrés al que este sometido el cerdo (Behrens et al., 1993). El estrés por calor es uno de los mayores impedimentos para la producción animal eficiente, en México es escasa la información sobre dicho tema, tan solo en la industria ganadera de los EUA se estima que las pérdidas económicas anuales asociadas con el estrés por calor se acercan a los \$1,500 millones de USD para los productos lácteos y a los \$1,000 millones en el caso de la industria porcina (Key et al., 2014). Por tal motivo determinar el efecto del estrés por calor sobre las características reproductivas en cerdos es de importancia para aportar nueva información respecto al tema.

ANTECEDENTES

- Porcicultura

La producción de carne de cerdo puede llevarse a cabo en casi cualquier parte del mundo y con todas las condiciones climáticas; sin embargo, se debe tener especial cuidado cuando son producidos en climas extremos que pueden ser de frío o de calor. Los cerdos son animales homeotermos y su consumo de alimento está influenciado por el ambiente en el cual están siendo criados (Fonseca et al., 2015). Sin importar la etapa productiva, al exponerse a temperaturas por arriba de su punto de confort, genera un déficit en su crecimiento y por lo tanto una pérdida económica por parte del poricultor. Durante el primer tercio de gestación, las cerdas son especialmente susceptibles al estrés calórico, impactando seriamente a la tasa de concepción y reducción en el

tamaño de la camada, debido a que en estas condiciones hay reducción en la concentración de progesterona circulante entre los 13 y 19 días de preñez, además de un efecto luteínico hasta el día 25 de gestación. Por otro lado, el estrés calórico puede causar una reducción en el tejido embrionario produciendo pérdidas embrionarias (Falceto et al., 2014). En México, la porcicultura es una fuente de ingresos y generadora de empleos; hoy las granjas tienen instalaciones modernas que garantizan las mejores condiciones para nuestros animales: higiénicas, alimentarias y de confortabilidad, todos los aspectos, como los espacios y superficies idóneos, las condiciones de ruido, temperatura o luz, entre otras, están rigurosamente establecidos por normativa (Vieites, 2011).

- Sistema intensivo o de confinamiento total.

Los cerdos se mantienen en el interior y dependen por completo del hombre para satisfacer las necesidades básicas tales como alimento y agua, etc. El tipo de instalación está supeditado al entorno, las condiciones climáticas y el sistema de manejo (Bello, 2000). Donde el objetivo primario de la explotación sea el máximo rendimiento a bajo costo por animal presente, lógicamente este sistema de explotación posee normas como infraestructura altamente tecnificada. Algunas ventajas son:

- Protección frente a inclemencias del tiempo.
- Eficiente control sanitario.
- Facilidad en la distribución del alimento.
- Más animales por unidad.
- Menor tiempo para llegar a la última etapa de producción (engorda).
- Mayor facilidad para el manejo.

- Facilidad para la recolección del estiércol.
- Facilidad para llevar registros.
- Sistema semi-intensivo.

Los cerdos viven al aire libre con un poco de sombra, pero pueden depender por completo del hombre para satisfacer las necesidades básicas tales como alimentación y agua (Bello, 2000). Algunas de las ventajas:

- Los cerdos están protegidos contra las inclemencias del tiempo.
 - Menor consumo de alimento balanceado, porque aprovechan las pasturas.
 - Hay una mejor selección genética.
 - Mejor control sanitario y mejora el manejo.
- Sistema extensivo.

Los cerdos bajo este sistema están integrados en el medio natural, permaneciendo libres en todas sus etapas de vida. (Bello, 2000). Es bueno solo con fines en la economía familiar campesina o cuando se dispone de grandes extensiones de tierra que tengan forrajes, frutas y tubérculos naturales, donde los cerdos puedan alimentarse fácilmente y a bajo costo, contando con ventajas como:

- Bajo costo en infraestructura, alimentación, mano de obra y costo de producción.
- Alto índice de fecundidad porque los reproductores están siempre con las cerdas.

- Estrés Térmico.

Los animales homeotermos son capaces de vivir en diferentes condiciones medioambientales, manteniendo la temperatura corporal dentro de un rango gracias al calor metabólico que producen, cuando el animal mantiene constante su temperatura corporal sin utilizar energía extra, se dice que está en “zona termoneutral” que se define como el rango de temperatura ambiental en el que los animales no necesitan ajustar la ganancia o pérdida de calor metabólico (Renaudeau et al., 2012). El estrés por calor (EC) compromete parámetros reproductivos y de crecimiento. Los cerdos sometidos a estrés por calor reducen el consumo voluntario y modifican su metabolismo energético provocando la reducción en la ganancia diaria de peso y un incremento en la acumulación de grasa subcutánea (Liu F et al., 2022).

En la cerda provoca un balance energético negativo afectando su desempeño reproductivo al incrementar el intervalo celo posdestete, disminuir la tasa de gestación, tasa de partos y tamaño y peso de la camada al nacimiento y al destete, muchas de las consecuencias negativas del EC parecen estar mediadas por la hiperpermeabilidad de la barrera intestinal, provocando cambios fisiológicos como el reparto de nutrientes hacia un sistema inmunológico activado y efectos adversos en los ovarios a través de la señalización elevada de endotoxinas e insulina, que resultan en fallas en la función reproductiva de la cerda (Liu F et al., 2022). Los cerdos carecen de glándulas sudoríparas funcionales, por lo que no tienen una forma eficiente para mantenerse ellos mismos frescos. Estos animales también tienen pulmones relativamente pequeños para el tamaño de su cuerpo, lo que les dificulta eliminar el exceso de calor interno a través de la respiración (Liu F et al., 2022).

Algunos síntomas del estrés calórico son:

- Aumento de la frecuencia respiratoria.
- Aplicación de conducción del animal con superficies más frescas.
- Incremento en la circulación sanguínea.
- Disminución de la actividad.
- Consumo excesivo de agua y pérdida creciente de electrolitos.

En lo relativo a las cerdas gestantes, se ha demostrado que el estrés por calor implica una bajada en el peso al nacimiento de los lechones, una disminución de la ganancia media diaria y una alteración en la eficiencia reproductiva en el siguiente ciclo (Johnson et al., 2020). Posteriormente, en el momento del parto, veremos temperaturas rectales más elevadas y una mayor frecuencia respiratoria, alterando el bienestar de la cerda, la disminución en la ingesta de pienso, junto con la consiguiente bajada en la producción de leche, implica un incremento de mortalidad en la fase de lactación y una bajada de crecimiento de los lechones, que se destetarán en pesos subóptimos, implicando una bajada de viabilidad en las siguientes fases.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación está dirigida a la interpretación y al análisis de los distintos efectos del clima sobre algunos parámetros productivos y reproductivos de la cerda. El estrés por calor en cerdos es uno de los problemas más recurrentes de la porcicultura, ya que posee mecanismos de eliminación de calor muy limitados, aunque tienen un umbral de termotolerancia muy amplio, y en distintas situaciones es perjudicial. Las soluciones técnicas

requieren de inversiones grandes de capital y tiempo, ejemplo de ello es la construcción de instalaciones refrigeradas, un mejor enfoque nutricional, entre otros. Con base a esto, la investigación de dicho proyecto se basa en evaluar las posibilidades de que el estrés por calor influya en los distintos parámetros evaluados, dando un enfoque en él, a partir de la implementación del ITH y comprobar su potencial aplicación.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del estrés por calor sobre los parámetros productivos y reproductivos más importantes en cerdas reproductoras.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Analizar las condiciones climáticas y el nivel de estrés por calor del área de estudio mediante el cálculo del ITH.
- B. Evaluar los parámetros productivos y reproductivos en cerdas reproductoras.
- C. Determinar el efecto del estrés por calor basado en el ITH sobre las características específica de las cerdas reproductoras.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales:

Se utilizó la información estadística de hembras del área de gestación de una granja porcina de ciclo completo, ubicada en el valle de Tehuacán, localizado en la parte sureste del Estado de

Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 18°22'06" y 18°36'12" de longitud norte, y los meridianos 97°15'24" y 97°37'24" de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con Tepanco de López, Santiago Miahuatlán, Nicolás Bravo y Vicente Guerrero, al Este con Vicente Guerrero, San Antonio Cañada y Ajalpan, al Sur con San Gabriel Chilac, Zapotitlán y Altepexi y al Oeste con Zapotitlán, San Martín Atexcal, Juan N. Méndez y Tepango de López. Su clima es Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, subhúmedo, precipitación anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual (Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica del Estado de Puebla, 2015).

Se analizaron datos a partir del año 2016 y, hasta el año 2023, dividiéndolos por estaciones, es decir primavera (marzo-junio), verano (junio-septiembre), otoño (septiembre-diciembre), e invierno (diciembre-marzo). Los animales se encuentran estabulados en jaulas, existe de igual forma un área especial para las cerdas primerizas llamada área de cuarentena, en donde se encuentran en amplios corrales con alimento y agua a libre acceso. La dieta de las cerdas en el área de gestación consiste en un alimento balanceado (con 18% de calcio y 14% de proteína), en cerdas multíparas es de (21% de calcio y 16% de proteína). Se utilizó solamente la información reproductiva de las hembras (estro en primerizas, repetidoras y atrasadas, destetadas, días abiertos, fertilidad, mortinatos, momias, partos, promedio de lechones nacidos totales). La base de datos se trabajará en una hoja de cálculo de Excel y mediante fórmulas, se calcularán los parámetros reproductivos.

Índice de Temperatura Humedad:

Los valores de temperatura y humedad relativa se obtuvieron del servicio meteorológico nacional. El índice de temperatura y humedad (ITH) de Ingraham et al., 1971, se calculará como: $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\%HR/100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader et al., 2006).

Utilizando de igual forma los rangos de ITH (Normal ITH <74; Alerta 75 a 79; Peligro 79 a 84; y Emergencia >84).

Análisis estadístico:

Los datos se analizaron mediante el programa R for Statistical Computer v 3.5, mediante un análisis de correlación de Pearson y un análisis de regresión lineal para determinar que variables reproductivas y productivas presentan relación con el ITH.

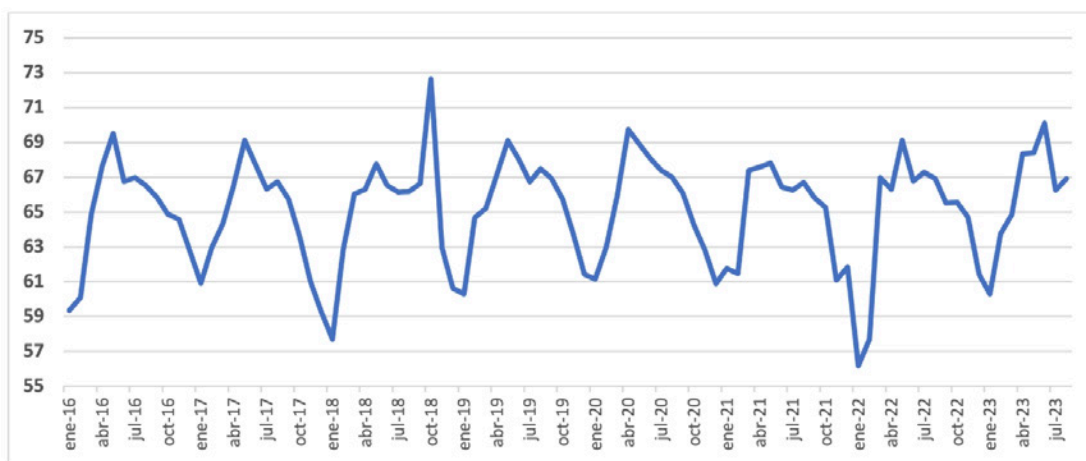
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el sitio donde se realizó el estudio, los índices de temperatura humedad (ITH) más altos oscilaron entre los meses de mayo a julio para la mayoría de los años (entre 2016 y 2023) presentándose un mayor ITH para 2018 por arriba de 72, según lo establecido por el Livestock Weather Safety Index, los valores óptimos de producción se mantienen adecuados con un ITH por debajo de 72, no fue el caso para nuestra población de estudio, ya que el promedio general oscila en 65.12 lo cual no genera cambios notorios en la producción. En la figura 1 se muestran los índices de temperatura humedad mensual promedio de los 8 años de evaluación de datos. Según Mader et al., (2006) los cerdos expuestos a un rango superior a 72 les genera estados de emergencia por lo que en nuestro caso los animales solo durante un periodo presentaron valores mayores a 72,

pero no hubo afección productivas o reproductivas. El aumento de las temperaturas ambientales se sabe afecta de manera negativa a los animales (Chauhan et al., 2014), en algunos casos estas pueden ser mortales, sin embargo, no es hasta que se combina con la alta humedad relativa cuando contribuyen a elevar la sensación térmica (Parsons, 2007) y aumenta significativamente el daño. Las condiciones de temperatura y la humedad elevadas principalmente en el verano involucran un mayor riesgo de que los cerdos sean afectados por estrés calórico y esta tendencia se nota claramente en el verano, véase en la figura 1.

Figura 1.

Gráfica de líneas con los Índices de Temperatura Humedad (ITH) de enero de 2016 a diciembre de 2023.



En el cuadro 1 se presenta la información relacionada con los parámetros productivos y reproductivos promedio de los ocho años de evaluación, cabe mencionar que no se encontraron diferencias

estadísticas significativas entre años ni meses, por lo que se presentan los resultados de manera general, esto corrobora en gran parte el manejo homogéneo que reciben los animales durante su vida productiva.

Cuadro 1.

Medias más desviaciones estándar de parámetros productivos y reproductivos.

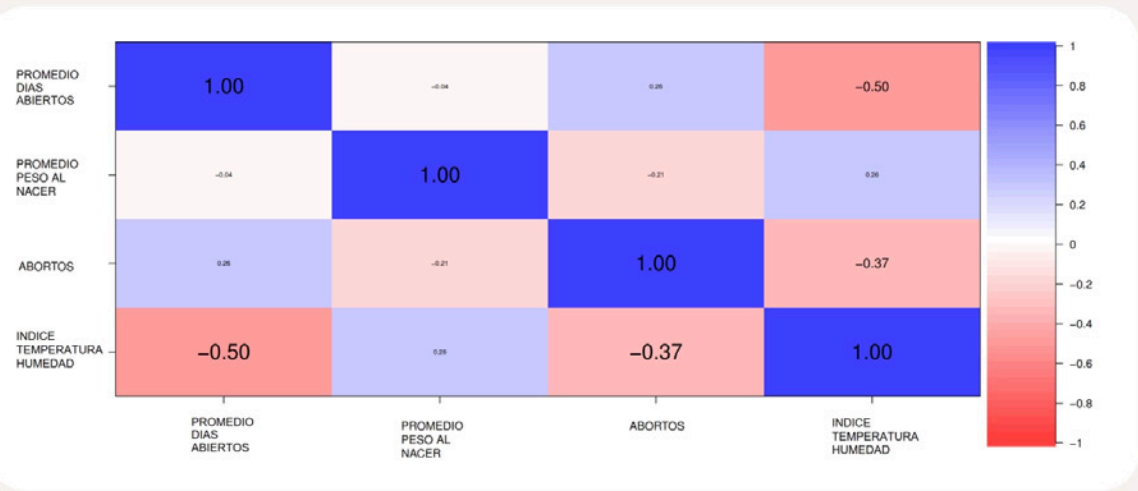
| PARAMETRO | MEDIA | DESVIACION ESTANDAR |
|--|--------------|----------------------------|
| <i>Promedio de días abiertos</i> | 9.39 | 1.15 |
| <i>Porcentaje de fertilidad</i> | 80.73 | 5.99 |
| <i>Promedios lechones nacidos vivos</i> | 11.98 | 217.83 |
| <i>Porcentaje de mortinatos</i> | 7.36 | 2.20 |
| <i>Porcentaje momificados</i> | 3.14 | 1.37 |
| <i>Porcentaje de bajo peso</i> | 1.64 | 2.60 |
| <i>Promedio total de lechones nacidos</i> | 13.41 | 0.69 |
| <i>Promedio de peso al nacer</i> | 1.37 | 0.06 |
| <i>Promedio de partos</i> | 4.12 | 0.39 |
| <i>Promedios destetados</i> | 10.26 | 1.38 |
| <i>Porcentaje de mortalidad destetados</i> | 14.27 | 11.25 |
| <i>Peso promedio destete</i> | 5.82 | 0.70 |
| <i>Edad destete</i> | 21.80 | 1.41 |
| <i>Alimento cerda día</i> | 3.28 | 3.08 |
| <i>Lechones nacidos vivos hembra año</i> | 29.59 | 1.14 |
| <i>Lechones destetados hembra año</i> | 25.35 | 3.40 |
| <i>Lechones totales hembra año</i> | 33.14 | 1.70 |
| <i>Porcentaje mortalidad destete</i> | 7.77 | 5.77 |
| <i>Edad promedio al destete para engorda</i> | 68.75 | 3.41 |
| <i>Peso promedio</i> | 21.23 | 3.04 |
| <i>Porcentaje de mortalidad engorda</i> | 7.48 | 3.22 |
| <i>Porcentaje de abortos</i> | 11.52 | 8.01 |

La granja de donde se recolectaron los datos productivos y reproductivos del estudio presenta un buen manejo en general. Sin embargo, mediante el análisis de correlación podemos determinar

que se afectan de manera principal tres variables (promedio de días abiertos, peso al nacimiento y el porcentaje de abortos) cuando el índice de temperatura humedad aumenta, las modificaciones en este sentido son benéficas para la producción y la reproducción ya que con cada unidad de aumento en el ITH el promedio de días abiertos y porcentaje disminuye (-0.5 días y -0.37 %, respectivamente), mientras que el promedio de peso al nacimiento aumenta 0.26 kilogramos, esto lo podemos ver a detalle en la figura 2. El estrés por calor puede provocar una reducción del consumo de alimento, una alteración del metabolismo y una disminución del crecimiento en los cerdos (Renaudeau et al., 2012; Romo et al., 2022), esto ocasiona que se comprometa la función inmune, haciéndolos más susceptibles a enfermedades (Johnson et al., 2020).

Figura 2.

Gráfica de correlación del promedio de días abiertos, promedio de peso al nacimiento, porcentaje de abortos e Índices de Temperatura Humedad (ITH).



Un aspecto importante es el impacto del estrés calórico sobre el rendimiento reproductivo de los cerdos. Se ha demostrado que el estrés por calor puede provocar una disminución de la fertilidad y la eficiencia reproductiva tanto en machos como en hembras (Cintra et al., 2006), nuestros resultados muestran que la fertilidad no se ve afectada por las fluctuaciones del ITH. Estos hallazgos resaltan el impacto multifactorial del estrés por calor en los cerdos y favorece a enfatizar la importancia de implementar estrategias de manejo adecuadas para mitigar sus efectos.

CONCLUSIÓN

Debido a los cambios en las condiciones climáticas se esperaba alteraciones negativas en los parámetros tanto productivos como reproductivos de los animales evaluados, sin embargo, hay algunos factores que favorecen esta interacción con el medio ambiente, en primer lugar, la termotolerancia de los cerdos que algunas otras especies no poseen y por otro lado los manejos adecuados que hacen que estos cambios afecten mínimamente a los animales.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta A. 1996. Comportamiento reproductivo de las cerdas en centros multiplicadores de las provincias orientales. Resúmenes I Taller Internacional de Producción Animal. IS CAB. 125 pág.
- Behrens, M.J., Kattesh, H.G. and Baumbach, G.A., 1993. Plasma and uterine cortisol, progesterone and protein changes in pseudopregnant gilts treated with hydrocortisone acetate. Theriogenology, 40: 1231- 1241.
- Bello, O.R (2000). Propuesta metodológica para el análisis de sistemas porcícolas intensivos: intensidad de uso y renovación de la cerda (Tesis de maestría inédita).

Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia. Mexico.130pp.

- Chauhan SS, Celi P, Leury BJ, Clarke IJ, Dunshea FR. 2014. Dietary antioxidants at supranutritional doses improve oxidative status and reduce the negative effects of heat stress in sheep. *Journal of Animal Science*. 92(8):3364-74. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7714>
- Cintra, M. F., García, L. P., Hernández, Y. S., & Pérez, M. S. (2006). Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 1, 1-36. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612648012.pdf>
- Falceto MV, Úbeda JL, Mitjana O, Bonastre C, Ausejo R, Dahmani Y. Uso de tratamientos hormonales para el control reproductivo de la cerda. *SUIS N°109 julio/agosto 2014*.
- Fonseca SF, Teles MC, V. Ribeiro GC, Magalhaes FC, Mendonça VA, Peixoto MFD, Leite LHR, Coimbra CC, Lacerda ACR. 2015. Hypertension is associated with greater heat Exchange during exercise recovery in a hot environment. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 48(12):1122-1129. ISSN: 1414-431X.
- Johnson JS, Stewart KR, Safranski TJ, Ross JW, Baumgard LH. In utero heat stress alters postnatal phenotypes in swine. *Theriogenology*. 2020 Sep 15; 154:110-119. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.013. Epub 2020 May 18. PMID: 32540511.
- Joseph DN, Whirledge S. 2017. Stress and the HPA Axis: Balancing Homeostasis and Fertility. *International Journal of Molecular Science*. 18(10): 2224. ISSN 1422-0067.
- Key N, Sneeringer S, Marquardt D. 2014. Climate change, heat stress, and U.S. dairy production. United States Department of Agriculture. Report ERR175:1-45.
- Liu F, Zhao W., Le H.H., Cottrell J.J., Green M.P., Leury B.J., Dunshea F.R. y Bell A.W. (2022). Review: ¿What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? *Animal*, Volumen 16, 100349.
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84(3):712-719. ISSN: 1525-3163.

<https://doi.org/10.2527/2006.843712x>

- Parsons, K. C. (1995). International heat stress standards: a review. *Ergonomics*, 38(1), 6–22. <https://doi.org/10.1080/00140139508925081>
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., De Basilio, V., Gourdine, J. L., & Collier, R. J. (2012). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6(5), 707-728.
- Romo-Valdez, J., Silva-Hidalgo, G., Güémez-Gaxiola, H., Romo-Valdez, A., & Romo-Rubio, J. (2022). Estrés por calor: influencia sobre la fisiología, comportamiento productivo y reproductivo del cerdo. *Abanico Veterinario*, 12. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.37>
- Vieites, C.M. 2011. Producción Porcina. Fundamentos y enfoque sustentable para su desarrollo. Tomo I y II. Primera Edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. Argentina.