

Impacto de *Neospora caninum* y Rinotraqueitis Infecciosa Bovina en Abortos de Vaquillas Holstein en Zonas Áridas de México

Recibido:

20/08/2024

Aceptado:

21/10/2024

Publicado:

22/10/2024

Impact of *Neospora caninum* and Bovine Herpesvirus-1 on Abortions in Holstein Heifers in the Arid Zones of México

Blanca Patricia Peña Revuelta¹, Reyna Roxana Guillén Enríquez², Melisa C. Hermosillo Alba¹, Ramiro González Avalos^{1*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. <https://orcid.org/0000-0002-9000-8887>, <https://orcid.org/0000-0002-6677-1970>, <https://orcid.org/0000-0003-2397-2382>

²Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón, Coahuila, México. <https://orcid.org/0000-0003-1791-6173>
<https://orcid.org/0000-0003-2666-3999>
<https://orcid.org/0000-0002-0612-7040>
<https://orcid.org/0000-0002-8043-0128>

*Autor de correspondencia:

jaliscorga@gmail.com

Resumen

El objetivo principal fue identificar la prevalencia de los patógenos relacionados con los abortos en vaquillas Holstein. La investigación se llevó a cabo en Torreón, Coahuila, donde se recolectaron y analizaron 238 muestras de sangre de vaquillas que presentaron abortos, determinando la presencia de estos patógenos mediante técnicas de inmunofluorescencia indirecta. Se registraron 337 tasas de abortos por trimestre de gestación, siendo el segundo tercio el periodo más crítico, y se evaluaron los servicios por concepción requeridos para lograr una nueva gestación. Los resultados mostraron una prevalencia del 11.34% para *Neospora caninum* y del 15.54% para Rinotraqueitis Infecciosa Bovina, con una incidencia mayor de abortos en el segundo tercio de la gestación. Este hallazgo sugiere la necesidad de implementar programas de vacunación y monitoreo para reducir la prevalencia de estas infecciones.

Además, se observó un aumento en los servicios por concepción (SPC) requeridos, lo que afectó la eficiencia reproductiva de los animales y aumentó los costos operativos del establo. En conclusión, este estudio destaca la importancia de optimizar las estrategias de manejo reproductivo y ambiental en zonas áridas para mitigar las pérdidas económicas derivadas de los abortos infecciosos.

Abstract

The main objective of this study was to identify the prevalence of pathogens related to abortions in Holstein calves. The research was conducted in Torreón, Coahuila, where 238 blood samples from aborted heifers were collected and analyzed for pathogen detection using indirect immunofluorescence techniques. The abortion rates of 337 were recorded by gestational trimester, with the second trimester being the most critical period, and the services per conception required to achieve pregnancy after abortion were evaluated. The results showed a prevalence of 11.34% for *Neospora caninum* and 15.54% for IBR, with a higher incidence of abortions in the second trimester of gestation. These findings underscore the need to implement vaccination and monitoring programs to reduce the prevalence of these infections.

Additionally, an increase in services per conception (SPC) was observed, which affected reproductive efficiency and increased the farm's operating costs. In conclusion, this study highlights the importance of optimizing reproductive and environmental management strategies in arid regions to mitigate the economic losses associated with infectious abortions.



Palabras clave:

Rinotraqueitis Infecciosa Bovina, abortos, zonas áridas.

Key words:

Bovine Herpesvirus-1, abortions, arid regions.

INTRODUCCIÓN

La producción lechera es una de las actividades agropecuarias más importantes a nivel mundial, contribuyendo significativamente a la economía global y proporcionando alimentos esenciales para millones de personas (Fariña *et al.*, 2020). En México, esta industria es un pilar económico, especialmente en la Comarca Lagunera, donde el clima semidesértico plantea retos únicos para la producción de leche (Mora-Hernández *et al.*, 2021). Además, la salud reproductiva del hato lechero está constantemente amenazada por la presencia de enfermedades infecciosas que no solo comprometen la productividad, sino que también elevan los costos operativos de los productores (Moore *et al.*, 2021). La importancia de abordar el impacto de estas infecciones radica en la alta prevalencia de abortos que generan, lo que repercute directamente en la viabilidad económica del hato (Koreyba, 2023). El aborto en vaquillas lecheras no solo implica la pérdida de una cría, sino que también afecta a largo plazo la fertilidad del animal, provocando problemas reproductivos persistentes como la retención placentaria, metritis y piometra (Amin *et al.*, 2023).

Estudios recientes han demostrado que las infecciones son factores clave que afectan la salud reproductiva en hatos lecheros. La prevalencia de *Neospora caninum* varía significativamente dependiendo de la región y las prácticas de manejo, alcanzando seroprevalencias de hasta el 93.7% en áreas con control deficiente de la fauna silvestre y acceso de perros a materiales abortivos (Gharekhani y Yakhchali, 2022). En estudios realizados en la región de Almaty, la seropositividad en vaquillas alcanzó hasta el 93%, mientras que la prevalencia de abortos fue correlativa, destacando la importancia de estrategias de control (Ikonnikova *et al.*, 2023). Además de *Neospora caninum*, infecciones como la rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) también han mostrado ser un factor determinante en la tasa de abortos, con estudios que reportan prevalencias de hasta el 22% en bovinos infectados (Dubey y Schares, 2011).

En términos económicos, la infección por *Neospora caninum* representa pérdidas anuales significativas, no solo por la reducción en la productividad láctea, sino también por la necesidad de múltiples SPC lo que incrementa los costos de manejo reproductivo (Gharekhani *et al.*, 2022). La detección temprana y el manejo adecuado de estas infecciones, a través de técnicas como la serología ELISA y la PCR, son cruciales para reducir las pérdidas económicas derivadas de abortos y partos prematuros (Ikonnikova *et al.*, 2023; Gharekhani y Yakhchali, 2022). El alcance de esta investigación es proporcionar información clave que permita a los productores implementar programas de manejo reproductivo más eficaces, especialmente en regiones con condiciones climáticas adversas. No obstante, se reconoce como limitación del estudio la imposibilidad de evaluar otros factores que pueden influir en la ocurrencia de abortos, tales como el estrés nutricional, condiciones ambientales extremas y manejo general del hato, los cuales pueden interaccionar con las infecciones estudiadas

(Wrzecińska *et al.*, 2021; Mee, 2023).

La necesidad urgente de reducir las pérdidas económicas que los abortos representan para los productores lecheros, especialmente en áreas como la Comarca Lagunera, donde las condiciones climáticas y los recursos limitados agravan el problema (Palomares *et al.*, 2021). Un mejor entendimiento de las causas infecciosas de los abortos y la implementación de estrategias preventivas pueden ayudar a disminuir la prevalencia de estas enfermedades, mejorar la tasa de natalidad en los hatos y, en última instancia, contribuir a una mayor sostenibilidad económica de los productores lecheros de la región (Calderón-Amor y Gallo, 2020; Robertson, 2020; Caixeta y Omontese, 2021).

Por lo previamente mencionado, se plantea que *Neospora caninum* e IBR son factores que contribuyen a la prevalencia de abortos en vaquillas Holstein en zonas áridas. El objetivo principal fue identificar la prevalencia de los patógenos presentes en los abortos de vaquillas Holstein en un establo lechero de Torreón, Coahuila. Finalmente, este estudio se enmarca en la necesidad de generar información en un tema relevante que contribuya a los esfuerzos por mejorar la sanidad reproductiva en el sector lechero. Asimismo, pretende sentar las bases para futuras investigaciones y programas de manejo que mitiguen el impacto de las infecciones reproductivas en el ganado bovino en las zonas áridas de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó del 01 de enero al 30 de diciembre del 2016 en un establo lechero en el municipio de Torreón, Coahuila, localizado en una región semidesértica del norte de México a una altitud de 1,140 msnm, con coordenadas aproximadas de 25°30' a 25°45' N y 103°20' a 103°40' O (INEGI, 2009).

POBLACIÓN Y MANEJO DE ANIMALES

De una población total de 2200 vaquillas elegibles, 900 estaban en periodo reproductivo. De estas, 337 presentaron abortos, y se recolectaron muestras de sangre de 238 vaquillas para analizar la presencia de patógenos.

Las vaquillas fueron alimentadas con una dieta totalmente mezclada compuesta por un 60% de forraje y un 40% de concentrado (en base de materia seca: 1.62 Mcal/kg de ENL y 18% de proteína cruda), diseñada para cubrir sus requerimientos nutricionales de crecimiento. Recibieron alimento cuatro veces al día (a las 06:00, 10:00, 12:00 y 16:00 h), con un suplemento adicional del 10% para permitir consumo a voluntad. Además, cada vaquilla fue vacunada conforme al programa preventivo del hato, que incluye inmunización contra enfermedades como leptospirosis, clostridiasis, diarrea viral bovina, rinotraqueítis infecciosa bovina, virus respiratorio sincitial bovino, parainfluenza tipo 3 y brucelosis.

RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Se recolectaron 238 muestras de sangre de vaquillas que presentaron abortos durante el periodo de estudio. Las muestras de sangre fueron extraídas de la vena coccígea utilizando tubos vacutai-

ner sin anticoagulante para la obtención de suero. Después de la recolección, las muestras fueron inmediatamente almacenadas en una hielera con refrigerante a una temperatura de 4°C y transportadas al laboratorio en un plazo máximo de 4 horas para evitar la degradación del material biológico (Morris *et al.*, 2002).

DETERMINACIÓN DE PATÓGENOS

La determinación de los patógenos responsables de los abortos se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Clínicos y Patología Veterinaria de la Laguna S.C., utilizando diferentes técnicas serológicas según el patógeno y para *Neospora caninum*, se utilizó la técnica de ELISA para detectar anticuerpos específicos en suero. De acuerdo al Laboratorio, se consideraron positivas las muestras con un porcentaje mayor o igual al 30%.

Para la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (IBR), se utilizó la técnica de ELISA para detectar anticuerpos específicos contra el *Virus del Herpes Bovino* tipo 1 (BoHV-1) en suero. Según el Laboratorio, se consideró resultados positivos en aquellas muestras con un porcentaje de bloqueo superior o igual al 55%. Las muestras con un porcentaje de bloqueo inferior al 45% se consideraron negativas, mientras que aquellas con un porcentaje entre el 45% y el 55% fueron clasificadas como sospechosas.

Para todos los demás patógenos, las muestras analizadas resultaron negativas, con proporciones muy por debajo del umbral de positividad de referencia establecidas por el laboratorio.

SPC REQUERIDOS

Respecto al periodo post-aborto, se registraron un total de 337 los SPC para que las vaquillas quedaran nuevamente gestantes. Estos datos fueron recopilados a partir de los registros del establo. Se tomó en cuenta el número de inseminaciones artificiales necesarias para lograr una concepción exitosa, así como el intervalo entre el aborto y la primera inseminación post-aborto. Además, se registraron las tasas de éxito en la primera inseminación y los casos en los que fueron necesarias múltiples inseminaciones.

ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de los datos de prevalencia de patógenos y de los SPC se realizó mediante estadística descriptiva en el software SPSS versión 22. Adicionalmente, se utilizó el software RStudio 2024.04.2 para realizar una prueba de Chi-cuadrado ($p < 0.05$), con el fin de evaluar las diferencias observadas en la frecuencia de abortos entre los diferentes periodos. Posteriormente, se ajustó un modelo lineal generalizado (GLM) con distribución binomial para analizar la incidencia de abortos según el mes del año. Las diferencias específicas entre los meses se evaluaron mediante comparaciones post hoc utilizando el procedimiento de Tukey. Este enfoque permitió identificar los meses con tasas significativamente diferentes de abortos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PREVALENCIA DE PATÓGENOS

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que las pruebas serológicas identificaron a *Neospora caninum* y la rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) como las principales causas de abortos en vaquillas Holstein en el establo lechero de Torreón, Coahuila, con prevalencias del 11.34% y 15.54%, respectivamente (Tabla 1). Estos hallazgos coinciden con investigaciones recientes que subrayan la importancia de ambos patógenos en la pérdida reproductiva bovina, especialmente en zonas áridas y con sistemas de manejo intensivo (Fallah *et al.*, 2021).

En el caso de *Neospora caninum*, estudios han mostrado tasas de prevalencia que pueden oscilar entre el 36.2% y el 45.6%, dependiendo del control del acceso de perros a las áreas de crianza y la bioseguridad implementada en las explotaciones ganaderas (Petrini et al., 2022). La relación entre la presencia de *Neospora caninum* y las tasas de aborto en vaquillas también ha sido documentada ampliamente, sugiriendo que este protozooario es uno de los principales factores causales de abortos en el segundo tercio de la gestación, como se observó en este estudio (Moore et al., 2021). La implementación de programas de control y manejo para reducir la prevalencia de *Neospora caninum* ha mostrado ser efectiva en estudios recientes, como lo señalan Gharekhani y Yakhchali (2022), quienes reportaron que las medidas de bioseguridad y la eliminación de materiales contaminados pueden reducir significativamente los abortos causados por este protozooario.

Por otro lado, la IBR continúa siendo una preocupación significativa en términos de impacto reproductivo, con prevalencias reportadas que varían entre el 15% y el 30%, dependiendo del uso de vacunas y programas de erradicación en la región (Petrini et al., 2022). En nuestro estudio, la prevalencia de IBR fue del 15.54%, lo cual está dentro de los rangos esperados para hatos en los que no se implementan programas de vacunación sistemática. Iscaro et al. (2021) destacaron que la vacunación y el monitoreo continuo son claves para erradicar la enfermedad, y estos enfoques podrían adaptarse a las zonas áridas de México para mejorar la salud reproductiva del ganado. Se recomienda el uso de vacunas marcadoras para la IBR, que permitan diferenciar entre animales vacunados e infectados, facilitando el monitoreo y el control de la enfermedad (Petrini et al., 2022).

Total		238
Agente causal	Pruebas positivas	Porcentaje
Rinotrqueitis Infecciosa Bovina	37	15.54
Brucella abortus	0	
Neospora caninum	27	11.34
Diarrea viral bovina	0	
Leptospirosis	0	

Cuadro 1. Resultados de pruebas serológicas de vacas abortadas

DISTRIBUCIÓN DE ABORTOS POR TERCIO DE GESTACIÓN

Se observó que la mayor incidencia de abortos se produjo en el segundo tercio de la gestación, representando más del 50% de los casos analizados (Figura 1), lo que está en línea con estudios que reportan que este es el periodo más crítico para la ocurrencia de abortos en vacas lecheras (Villa et al., 2022). La prueba de Chi-cuadrado indicó que las diferencias en la frecuencia de abortos entre los tercios de gestación son estadísticamente significativas (X^2 -cuadrado = 154.9, $df = 2$, $p < 2.2 \times 10^{-16}$), lo cual respalda la evidencia de que el segundo tercio es un periodo particularmente vulnerable. Este dato es relevante, ya que los abortos en esta etapa pueden tener implicaciones graves no solo para la viabilidad del feto, sino también para la salud reproductiva a largo plazo de la madre. Los abortos en el segundo tercio pueden resultar en afecciones como retención placentaria, metritis y piometra, complicaciones que afectan significativamente la fertilidad del hato y aumentan los costos de manejo reproductivo (Lefkaditis et al., 2020). Este impacto en la producción es crítico para los hatos lecheros, ya que implica mayores gastos en tratamientos médicos y periodos de recuperación más largos antes de que las vaquillas puedan ser reincorporadas al ciclo productivo.

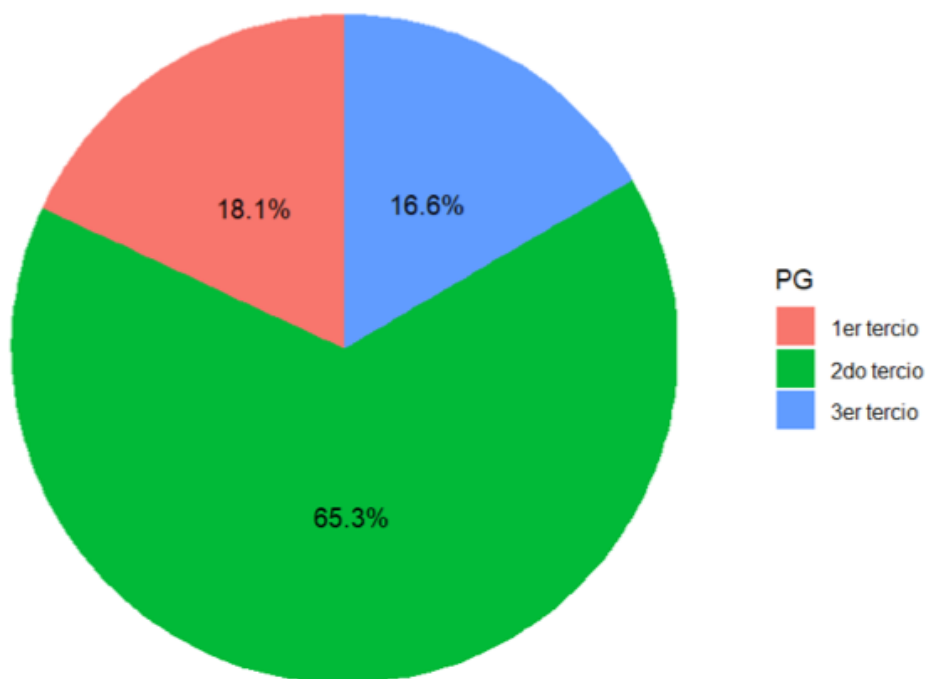


Figura 1: Número de abortos por período de gestación (PG)

SERVICIOS POR CONCEPCIÓN

Los resultados indican que las vaquillas abortadas requirieron un promedio de 3.5 SPC (Cuadro 2), en contraste con vaquillas no abortadas que promediaron solo 1.2 servicios. Este aumento en la cantidad de servicios necesarios subraya el impacto de los abortos en la eficiencia reproductiva del hato. Los SPC por concepción menores de 1.7 es un valor óptimo y mayores a 2.5 indican problemas en el hato lechero (Velázquez & Hernández, 2008). La necesidad de más servicios por concepción incrementa los costos operativos del estable, así como el estrés reproductivo en los animales. La retención placentaria posterior al aborto y las infecciones secundarias, como metritis y piometra, pueden agravar esta situación, prolongando el tiempo necesario para que las vaquillas queden nuevamente gestantes y afectando negativamente la producción de leche durante este periodo. Según Lefkaditis *et al.* (2020), las vacas seropositivas a *Neospora caninum* que experimentaron abortos presentaron retención de membranas fetales en el 5.98% de los casos, lo que resultó en complicaciones secundarias como metritis y piometra, aumentando el intervalo entre partos y los costos reproductivos.

Cuadro 2: SPC en vaquillas abortadas

Vaquillas abortadas	SPC
337	3.5

INCIDENCIA DE ABORTOS SEGÚN EL MES

La prueba de Chi-cuadrado indicó que la distribución de la frecuencia de abortos entre los meses (Figura 3) es significativamente diferente a lo esperado bajo una distribución uniforme ($\chi^2 =$

58.715, $df = 11$, $p = 1.605 \times 10^{-8}$). Asimismo, la incidencia de abortos mostró una distribución no uniforme a lo largo del año (GLM binomial, $p < 0.001$). Aunque julio presentó el mayor número de abortos registrados, las comparaciones post hoc (Tukey) no revelaron diferencias estadísticamente significativas entre julio y enero (Figura 4). Sin embargo, los meses de noviembre y diciembre sí mostraron tasas de abortos significativamente menores en comparación con enero ($p < 0.05$). Esto sugiere que la variación mensual en la incidencia de abortos no es uniforme y está influenciada por factores complejos. Esta variación podría estar relacionada con factores climáticos como el estrés térmico (Mee, 2023). Las temperaturas extremas, conocidas por afectar negativamente la viabilidad del feto y aumentar la susceptibilidad de las vaquillas a infecciones reproductivas (Koreyba, 2023), podrían explicar parte de este patrón. Además, un estudio reciente destacó que el estrés térmico y las condiciones ambientales adversas agravan los problemas reproductivos en bovinos, particularmente cuando se combinan con infecciones como IBR y *Neospora caninum* (Serrano *et al.*, 2021). Los resultados refuerzan la importancia de implementar estrategias de manejo que mitiguen el impacto del estrés térmico y optimicen las condiciones ambientales en los hatos lecheros. Estas medidas son cruciales durante los periodos climáticos más extremos para reducir tanto las pérdidas reproductivas como las económicas.

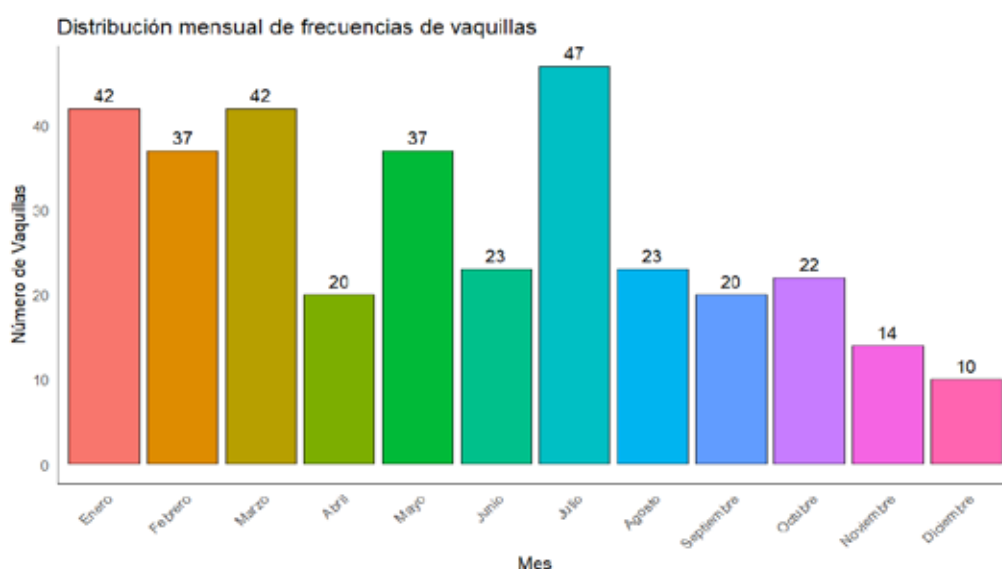


Figura 3: Distribución mensual del total de abortos en vaquillas Holstein. El mes de julio presentó la mayor incidencia con 47 casos, mientras que diciembre registró la menor incidencia con 10 casos. Prueba de Chi-cuadrado indicó que la distribución de abortos no es uniforme entre los meses ($p < 0.001$), lo que sugiere una variación significativa en la incidencia mensual de abortos.

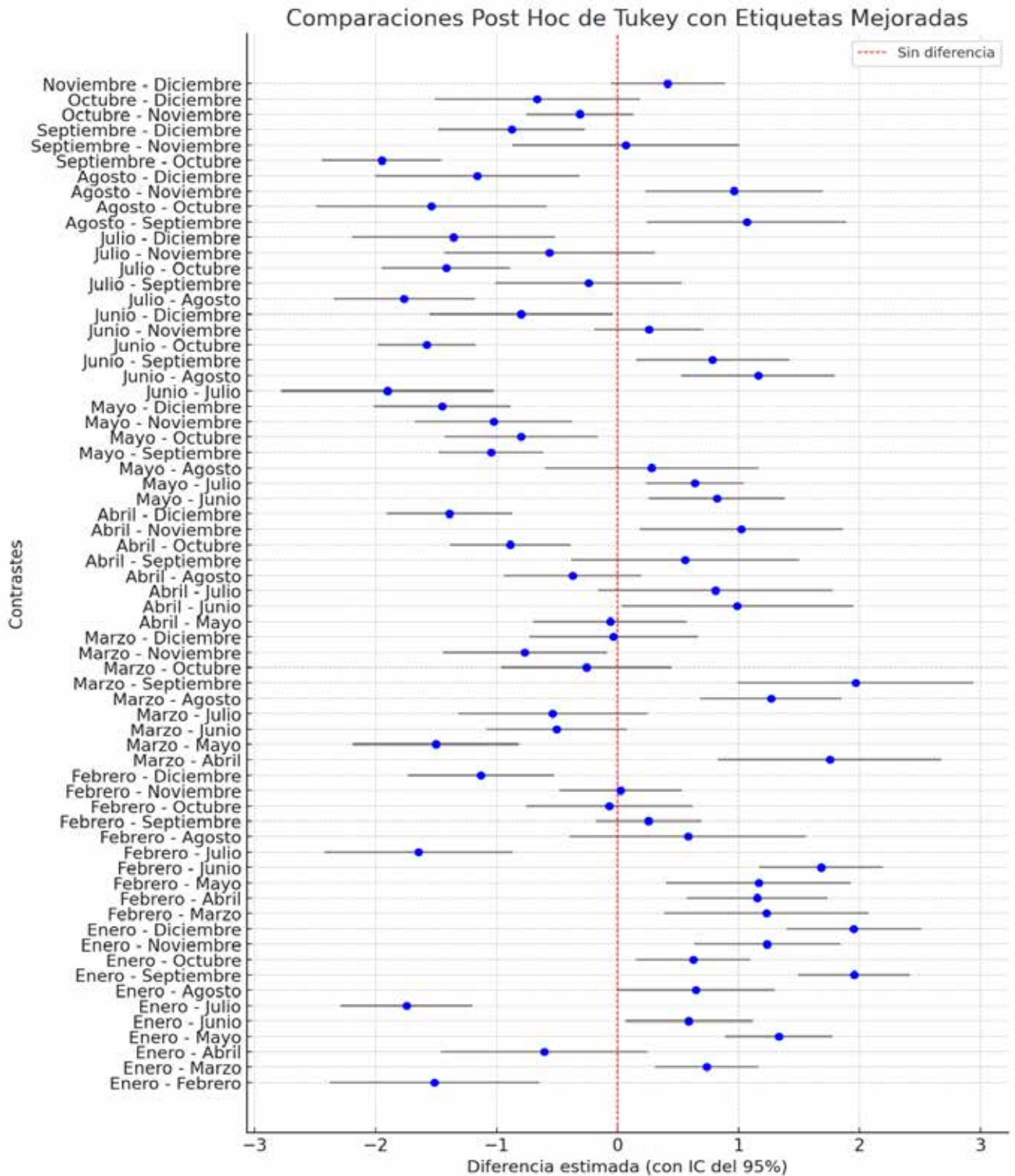


Figura 4. Comparaciones post hoc de Tukey sobre las diferencias estimadas en la incidencia de abortos entre pares de meses, utilizando un modelo lineal generalizado (GLM). Las estimaciones de las diferencias se presentan con intervalos de confianza del 95%. Las líneas horizontales indican el intervalo de confianza para cada contraste, y los puntos azules representan la diferencia estimada entre meses. La línea roja vertical marca el punto de "sin diferencia" (diferencia estimada igual a 0). Contrastes cuyos intervalos de confianza no cruzan la línea roja representan diferencias estadísticamente significativas entre meses.

CONCLUSIÓN

En este estudio se ha demostrado que *Neospora caninum* e IBR están relacionadas a los abortos en vaquillas Holstein Friesian en un establo lechero de Torreón, Coahuila. Los abortos en vaquillas tienen un impacto en la eficiencia reproductiva y en los costos operativos del hato. El aumento promedio de SPC en vaquillas que han abortado indica que estos animales requieren más intentos para quedar gestantes nuevamente, lo cual genera costos adicionales y estrés reproductivo. Además, se identificó que el segundo tercio de la gestación es el periodo más crítico para la aparición de abortos, lo que subraya la importancia de adoptar medidas preventivas específicas durante esta fase.

Se recomienda la implementación de programas de vacunación contra *Neospora caninum* e IBR, así como la mejora en los sistemas de diagnóstico y monitoreo de patógenos en los hatos lecheros. Asimismo, es crucial optimizar el manejo reproductivo, sobre todo en periodos de mayor vulnerabilidad, como el segundo tercio de la gestación, para minimizar las pérdidas económicas derivadas de los abortos. Para futuras investigaciones, se sugiere explorar más a fondo el impacto de otros factores ambientales, como el estrés térmico, en la salud reproductiva de vaquillas en zonas áridas. También sería valioso investigar la eficacia de diferentes protocolos de bioseguridad en la reducción de la prevalencia de estos patógenos, así como su relación con la mejora de la fertilidad y la productividad de las vaquillas.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Conceptualización, adquisición de fondos, administración del proyecto, recursos (González Avalos, R.) investigación, metodología, análisis de resultados (Peña Revuelta, B.P.; Hermosillo Alba, M. C.) redacción, revisión y edición (Guillén Enríquez R.R.).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por facilitar el uso del Laboratorio de Química durante el desarrollo de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Amin, Y. A., Elqashmary, H. A., Karmi, M. y W. M. Essawi. (2023). Different protocols in treatment of placental retention in dairy cows and their influences on reproductive performance. *Reproduction in Domestic Animals*, 58(8), 1114-1124.
- Calderón-Amor, J. y C. Gallo. (2020). Dairy calf welfare and factors associated with diarrhea and respiratory disease among Chilean dairy farms. *Animals*, 10(7), 1115.
- Caixeta, L. S. y B. O. Omontese. (2021). Monitoring and improving the metabolic health of dairy cows during the transition period. *Animals*, 11(2), 352.

- Demir, P. A., et al. (2020). Estimating the total economic costs of *Neospora caninum* infections in dairy cows in Turkey. *Tropical Animal Health and Production*, 52(6), 3251-3258.
- Dubey, J. P. y G. Schares. (2011). Neosporosis in animals: the last five years. *Veterinary Parasitology*, 180(1-2), 90-108.
- Fallah, M., Shirazi, S., Nikbakht, G. y M. Seifi. (2021). Prevalence of *Neospora caninum* in dairy cattle and its association with abortion in Iran: A meta-analysis. *Veterinary Sciences*, 8(12), 207.
- Fariña, S. R., Baudracco, J. y F. Bargo. (2020). Dairy production in diverse regions: Latin America. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 3, 244-252.
- Gharekhani, J. y M. Yakhchali. (2022). Control measures to reduce *Neospora caninum* abortions in dairy farms: A pilot study in Iran. *Veterinaria Italiana*, 58(2), 237-244.
- Ikonnikova, I., Ussenbekov, Y., Domatskiy, V. y Y. Lazareva. (2023). Epidemiological evaluation of *Neospora caninum* in dairy animals. *Animal Reproduction*, 20(1), e20220104.
- Iscaro, C., Cambiotti, V., Petrini, S. y F. Feliziani. (2021). Control programs for infectious bovine rhinotracheitis (IBR) in European countries: An overview. *Animal Health Research Reviews*, 22, 136-146.
- Koreyba, L. V. (2023). Major diseases of pregnancy and abortion in cows. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 25(112), 62-66.
- Lefkaditis, M., Karagiannis, I., Athanasiou, L., Antonakopoulos, F. y N. Kouroupis. (2020). Retention of fetal membranes and subsequent metritis occur rarely among cows infected with *Neospora caninum*. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 19, 100365.
- Mee, J. F. (2023). Invited review: Bovine abortion—Incidence, risk factors and causes. *Reproduction in Domestic Animals*, 58, 23-33.
- Morris, J. D., Fernandez, J. M., Chapa, A. M., Gentry, L. R., Thorn, K. E., & Weick, T. M. (2002). Effects of sample handling, processing, storage, and hemolysis on measurements of key energy metabolites in ovine blood. *Small Ruminant Research*, 43(2), 157-166.
- Moore, D. P., Cantón, G. J. y E. L. Louge Uriarte. (2021). Infectious diseases affecting reproduction and the neonatal period in cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 679007.
- Mora-Hernández, Y., Vera Murguía, E., Stinenbosch, J., Hernández Jauregui, P., van Dijk, J. M. y G. Buist. (2021). Molecular typing and antimicrobial resistance profiling of 33 mastitis-related *Staphylococcus aureus* isolates from cows in the Comarca Lagunera region of Mexico. *Scientific Reports*, 11(1), 6912.
- Palomares Reséndiz, G., Aguilar Romero, F., Flores Pérez, C., Gómez Núñez, L., Gutiérrez Hernández, J., Herrera López, E. y E. Díaz Aparicio. (2021). Important infectious diseases in goat production in Mexico: History, challenges and outlook. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12, 205-223.
- Petrini, S., Martucciello, A., Righi, C., Cappelli, G., Torresi, C., Grassi, C., Scoccia, E., Costantino, G., Casciari, C. y R. Sabato. (2022). Assessment of different infectious bovine rhinotracheitis marker vaccines in calves. *Vaccines*, 10, 1204.
- Ribeiro, C. M., et al. (2019). Meta-analysis of the prevalence and risk factors associated with bovine neosporosis. *Tropical Animal Health and Production*, 51(7), 1783-1800.
- Robertson, I. D. (2020). Disease control, prevention and on-farm biosecurity: The role of veterinary epidemiology. *Engineering*, 6(1), 20-25.
- Serrano-Silva, N., Juárez-López, A., González-González, L. A., Leyva-García, F., Rodríguez-Alarcón, C. A. y E. J. Santiago-Rodríguez. (2021). Environmental stress and its effects on reproductive performance in dairy cattle: A focus on infectious reproductive diseases. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 679007.
- Velázquez Martínez, M., & Hernández Salgado, J. R. (2008). Evaluación de la eficiencia productiva y reproductiva de vaquillas Holstein Friesian importadas a la Comarca Lagunera, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 7(1), 91-105.
- Villa, L., Gazzonis, A. L., Bertolotti, I., Catry, T., Gianola, S., Bassi, P. y M. T. Manfredi. (2022). Epidemiological study on *Neospora caninum* infection in dairy cattle and farm dogs in Northern Italy: Seroprevalence and risk factors. *Animals*, 12(7), 786.
- Wrzecińska, M., Czerniawska-Piątkowska, E. y A. Kowalczyk. (2021). The impact of stress and selected environmental factors on cows' reproduction. *Journal of Applied Animal Research*, 49(1), 318-323.