

Seroprevalencia y factores asociados a *Leptospira* spp. en bovinos de la región fronteriza México-Estados Unidos

Seroprevalence and factors associated with *Leptospira* spp. in cattle from the Mexico-United States border region

Héctor Alejandro Nava-Jauregui^{1,2} , José Octavio Merino-Chárrez² , Anabel Cruz-Romero³ , José Osiel Jasso-Obregón² , José Antonio Rangel-Lucio^{1*} 

¹TecNM-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Avenida Tecnológico, No. 1301. CP. 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. km. 5 Carretera Victoria-Mante. CP. 87000, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Circunvalación y Yáñez S/N, CP. 91710, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: jose.rl@cdvictoria.tecnm.mx

Artículo científico

Recibido: 21 de enero de 2025

Aceptado: 27 de septiembre de 2026

RESUMEN. La leptospirosis es una enfermedad zoonótica causada por espiroquetas del género *Leptospira* que afecta humanos y animales, principalmente bovinos, y provoca pérdidas económicas importantes en el rendimiento reproductivo. En México, específicamente en la región limítrofe México-USA, la leptospirosis es importante por la exportación de ganado que ocurre, pero existen pocos estudios para su control. Por lo tanto, el estudio tiene como objetivo la determinación serológica de anticuerpos anti-*Leptospira* spp. en sueros sanguíneos de bovinos durante el período 2017-2022, mediante la técnica de aglutinación microscópica que incluyó 11 serovares de *Leptospira* spp. como referencia; los sueros se consideraron positivos al mostrar 50% de aglutinación en una dilución $\geq 1:100$. La asociación de la seroprevalencia de *Leptospira* spp. con la raza, sexo y edad se evaluó mediante análisis de chi-cuadrado y agrupamiento de k-medias. Los resultados mostraron 473 muestras positivas de 689 recolectadas, lo que representa una seroprevalencia del 68.6%. El serovar Tarassovi presentó la mayor frecuencia de reacciones positivas (218/1126; 19.3%). Respecto a la ubicación geográfica en el estado, la seroprevalencia más alta fue encontrada hacia el área sur, en el municipio de Aldama y las razas Brahman, Brangus y Charoláis mostraron la mayor seroprevalencia respecto a las otras razas estudiadas ($p = 0.0024$). Se encontró una alta prevalencia de *Leptospira* spp., principalmente del serovar *Tarassovi*. Además, el lugar donde viven los bovinos y la raza podrían estar asociados con la seropositividad. Los resultados enfatizan la necesidad de establecer estrategias para prevenir y controlar la leptospirosis en el noreste de México.

Palabras clave: Leptospirosis, raza bovina, aglutinación microscópica, seroprevalencia, serovar.

ABSTRACT. Leptospirosis is a zoonotic disease caused by spirochetes of the genus *Leptospira* that affects humans and animals, mainly bovinos, and causes significant economic losses in reproductive performance. In Mexico, specifically in the Mexico-USA border region, leptospirosis is important due to the export of livestock that occurs, but there are few studies for its control. Therefore, the study aims to serologically determine anti-*Leptospira* spp antibodies. in bovine blood sera during the period 2017-2022, using the microscopic agglutination technique that included 11 serovars of *Leptospira* spp. for reference; Sera were considered positive when showing 50% agglutination at a dilution $\geq 1:100$. The association of the seroprevalence of *Leptospira* spp. with race, sex, and age was evaluated using chi-square analysis and k-means clustering. The results showed 473 positive samples of 689 collected, which represents 68.6% of seroprevalence, with the serovar *Tarassovi* occurring with the highest seroreaction (218/1126; 19.3%). Regarding the geographical location in the state, the highest seroprevalence was found towards the southern area, in the municipality of Aldama and the Brahman, Brangus and Charolais breeds showed the highest seroprevalence compared to the other breeds studied ($p = 0.0024$). In conclusion, a high prevalence of *Leptospira* spp. was found, mainly from serovar *Tarassovi*. Furthermore, the place where the cattle live and the breed could be associated with seropositivity. The results emphasize the need to establish strategies to prevent and control leptospirosis in northeastern Mexico.

Keywords: Leptospirosis, bovine breed, microscopic agglutination, seroprevalence, serovar.

Como citar: Nava-Jauregui HA, Merino-Chárrez JO, Cruz-Romero A, Jasso-Obregón JO, Rangel-Lucio JA (2026) Seroprevalencia y factores asociados a *Leptospira* spp. en bovinos de la región fronteriza México-Estados Unidos. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 13(3): e4498. DOI: 10.19136/era.a13n3.4498.

INTRODUCCIÓN

Las leptospirosis son bacterias aeróbicas helicoidales delgadas y flexibles, de *ca.* 20 μm de longitud y diámetro de 0,1 μm . Han sido clasificadas genéticamente en cuatro clados: P1 (patógena), P2 (intermedia) y S1 y S2 (saprofitas) (Vincent *et al.* 2019, Bonhomme y Werts 2022). Las especies patógenas (P1) son las bacterias causantes de la leptospirosis, una enfermedad zoonótica emergente con alta prevalencia, que afecta animales domésticos, especies silvestres y humanos en el mundo (Soo *et al.* 2020). La principal fuente de transmisión es por contacto directo con la orina de reservorios infectados, además de consumo de agua y alimentos contaminados (Grippi *et al.* 2020, Bonhomme y Werts 2022).

Esta zoonosis fue descrita por primera vez por el médico Adolf Weil, en Heidelberg, Alemania, aunque el primer aislamiento de este microorganismo provino de riñón examinado con manifestaciones de cuadro febril e icterico en Estados Unidos. Los médicos que atendían a los soldados durante la Primera Guerra Mundial relacionaron esta enfermedad con el contacto que tuvieron con agua sucia, barro o roedores (El-Tras *et al.* 2018). En la época actual, esta enfermedad se considera desatendida, a pesar de la importancia para la salud pública mundial, ya que es transmitida principalmente por contacto con agua contaminada por el patógeno, tanto en humanos como en animales salvajes y domésticos (Grippi *et al.* 2020, Yescas-Benítez *et al.* 2020). Los signos clínicos iniciales en humanos involucran malestar general, fiebre repentina, mialgias y congestión conjuntival, mientras que en la forma grave la ictericia, oliguria y hemorragia son características clínicas comunes por leptospirosis, asociada con una elevada tasa de mortalidad (hasta 50%) con período de incubación de 7 a 14 días; y según el estado de salud del hospedero puede variar de 2 a 30 días (Nau *et al.* 2019, Philip *et al.* 2020). De acuerdo con la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cuadro clínico predominante en humanos se divide en cuatro categorías: 1, síntomas similares a los de la gripe; 2, ictericia con falla renal, hemorragia y miocarditis con arritmias (enfermedad de Weil); 3, meningitis o meningoencefalitis y; 4 hemorragias pulmonares con insuficiencia respiratoria (OMS 2017, Nau *et al.* 2019, Bonhomme y Werts 2022).

Con el crecimiento acelerado de la urbanización, falta de planificación y saneamiento precario, la leptospirosis reemerge en regiones tropicales y subtropicales, asociada a la presencia de lluvias y a la demanda creada por la industria ganadera, donde el bovino es considerado como el hospedador principal de *Leptospira* spp. (Karpagam y Ganesh 2020). En México, la industria ganadera representa una actividad importante, pues se estima que existen 24.5 millones de cabezas de ganado vacuno, que coloca al país en el séptimo lugar mundial en producción de proteína, con 1.9 millones de toneladas de carne de res (SAGARPA 2018). No obstante, la presencia de la leptospirosis sólo se diagnostica entre 25 y 40% de los casos; aunque representa pérdidas económicas relevantes debido a los costos elevados para el tratamiento, disminución productiva de carne, leche y crías; además de trastornos reproductivos (Loureiro y Lilenbaum 2020, Aymée *et al.* 2021) como pérdida de la gestación, mortinatos o nacimiento de crías débiles, infertilidad e infecciones crónicas del aparato reproductor del bovino (Grippi *et al.* 2020, Moore *et al.* 2021). En el bovino, la infección por *Leptospira* spp. se mantiene de forma subclínica a causa de serovariedades adaptadas, como *Hardjo* (Ibrahim *et al.* 2022); aunque el aborto generalmente se atribuye al serovar

Pomona (Grippi *et al.* 2020). En cambio, la infección por serovariedades no adaptadas, además de los signos antes mencionados, puede manifestarse en bovinos jóvenes como fiebre, hematuria, hemoglobinuria, ictericia o muerte (Ismail *et al.* 2019, Aliberti *et al.* 2022, Mazzanti *et al.* 2023).

Las leptospiras tienen predisposición para colonizar el sistema urinario y el sistema reproductivo, principalmente, en órganos como riñones, útero, ovarios y testículos; posteriormente son liberadas en el ambiente (Aymée *et al.* 2021, Hamond *et al.* 2022). Los animales afectados por la enfermedad después de la etapa post-patogénica pueden continuar la liberación activa de leptospiras, de forma intermitente, por la orina y fluidos genitales; esta liberación puede variar de 6 meses hasta 2 años, según el serovar infectante. Otra fuente de infección son los fetos abortados y mortinatos, que albergan leptospiras y se convierten en fuente de contaminación para el ambiente, comida y agua para consumo de animales silvestres y domésticos (Grippi *et al.* 2020, Aliberti *et al.* 2022). Los bovinos que contraen la enfermedad actúan como reservorios y fuente activa para la diseminación y propagación; el humano puede ser susceptible a esta zoonosis por contacto directo con el bovino infectado (Grippi *et al.* 2020, Gutiérrez-Molina *et al.* 2022).

La epidemiología de la leptospirosis es complicada, por la diversidad de especies animales que actúan como hospederos y fuentes de infección, donde roedores y marsupiales se constituyen en portadores asintomáticos al excretar las leptospiras al ambiente por la orina (Bonhomme y Werts 2022, Orjuela *et al.* 2022). En la región transfronteriza noreste México-USA, no se tiene investigación reciente de la prevalencia de anticuerpos contra los serovares de *Leptospira* spp. Anteriormente, Arteaga-Troncoso *et al.* (2015) han informado de variaciones regionales significativas en las poblaciones bovinas, en proporciones que varían entre 31 y 49.7% seropositivas a *Leptospira* spp. en el oeste y sur de México. Bajo la premisa de una sola salud y dada la naturaleza zoonótica de la leptospirosis y sus implicaciones, se requiere un esfuerzo interinstitucional en salud pública y animal, para implementar programas de vigilancia epidemiológica mediante el diagnóstico, prevención, control y monitoreo de la enfermedad (Shiokawa *et al.* 2019, Blessington *et al.* 2020, Philip *et al.* 2020, Orjuela *et al.* 2022, Sykes *et al.* 2022). Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue llevar a cabo un análisis serológico para estimar la prevalencia de anticuerpos contra *Leptospira* spp., y su asociación con la raza, sexo y edad de bovinos de la región transfronteriza del noreste de México-Estados Unidos, con el fin de identificar los municipios más afectados y los serovares más frecuentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

El trabajo se realizó mediante un estudio epidemiológico observacional transversal descriptivo.

Área de estudio y tamaño de muestra

El estudio se llevó a cabo durante los años 2017 a 2022 en diferentes ranchos ganaderos ubicados en la zona norte (Burgos, Camargo, Cruillas, Méndez, Reynosa, y San Fernando), centro (Güémez, Padilla, Hidalgo, Llera, Soto La Marina, Victoria, Villa de Casas, y Villagrán) y sur (Aldama, Altamira, Madero, Tampico, y Xicoténcatl) en Tamaulipas, estado localizado hacia el noreste de la República Mexicana entre las latitudes 22°12'25.20" - 27°40'45" LN y longitudes 100°08'42.00" -

97°08'39.12" LW (INEGI 2021), con una extensión territorial de 80 249.3 km², que representa 4.1% del territorio nacional (Figura 1). El clima varía de húmedo a semiseco, según región y época del año.

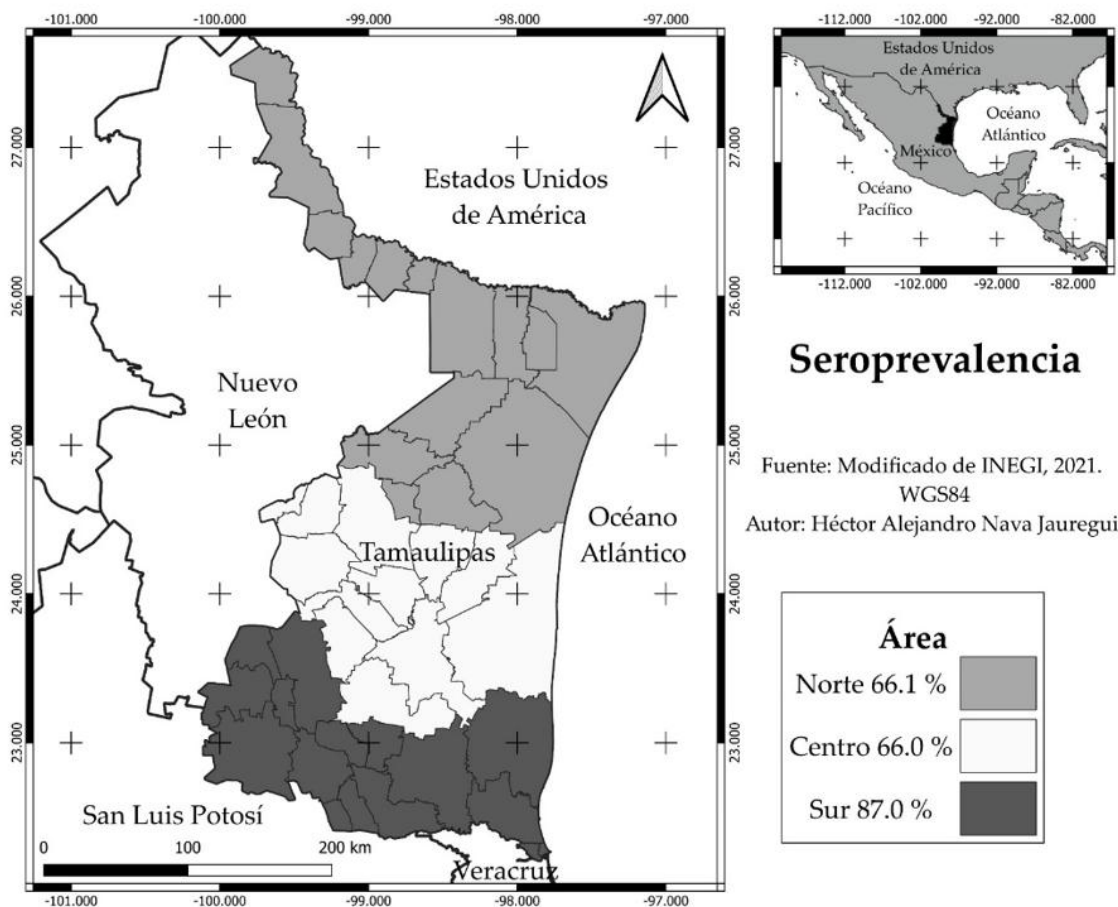


Figura 1. Prevalencia de *Leptospira* spp. en bovinos de tres áreas geográficas de Tamaulipas, México. Las áreas indican la seroprevalencia de anticuerpos anti-*Leptospira* spp. en bovinos.

El estudio comprendió un muestreo probabilístico en dos etapas. En la primera se estimó el tamaño de muestra con la población finita de 1 216 670 cabezas de ganado bovino, de acuerdo con el censo ganadero de la Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (DGSIAPI 2023). Para ello se empleó el programa InfoStat 2020, con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde: N es el tamaño de la población, Z es el nivel de confianza (1.96), p es la proporción esperada de vacas reactivas a *Leptospira* spp., $q = 1 - p$, y e es el error máximo permitido (0.05). Por lo que el cálculo fue el siguiente:

Sustituyendo los valores:

$$n = \frac{1\,216\,670(1.96)^2(0.50)(0.50)}{(0.05)^2(1\,216\,670 - 1) + (1.96)^2(0.50)(0.50)} = \frac{1\,168\,838.68}{3\,042.6329} = 384.15$$

De acuerdo con la fórmula, se obtuvo un cálculo de 384.15 (385 bovinos). Sin embargo, gracias a la colaboración de los productores se lograron recolectar 689 muestras de sangre ($n = 127, 477, \text{ y } 85$) en las tres zonas señaladas (Norte, Centro y Sur, respectivamente). La segunda etapa se llevó a cabo en cada rancho, mediante un muestreo aleatorizado de animales. Los animales incluidos en el estudio eran toros y hembras de distintas edades, y de razas disponibles en las unidades de producción, que no estaban vacunados contra *Leptospira* spp. o que habían sido vacunados más de 12 meses antes del muestreo.

Recolecta de muestras

Se recolectaron 5.0 mL de sangre con aguja calibre 18 en tubos Vacutainer®, sin anticoagulante, de la vena coccígea por animal. Las muestras fueron debidamente identificadas, transportadas a 4 °C al Laboratorio de Diagnóstico de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y luego centrifugadas a 2 500 rpm durante 10 min. El suero obtenido fue fraccionado en tubos desechables de microcentrífuga (Eppendorf®) de 2.0 mL y resguardado a -20 °C hasta su análisis. El desarrollo de los trabajos fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Análisis serológico

Para llevar a cabo el serodiagnóstico de suero sanguíneo, las muestras fueron procesadas mediante microaglutinación lenta en placa microscópica (MAT), prueba diagnóstica de referencia utilizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMS 2017) con una sensibilidad de 98.2% y una especificidad de 96.4%, con el uso de un panel con 11 serovares (*L. Pyrogenes*, *L. Icterohaemorrhagiae*, *L. Canicola*, *L. Hardjo*, *L. Pomona*, *L. Bataviae*, *L. Tarassovi*, *L. Wolffi*, *L. Grippotyphosa*, *L. Bratislava*, *L. Ballum*). El panel fue seleccionado dado que incluye serovares que representan las especies *Leptospira* spp. más frecuentes en México (Galarde-López *et al.* 2021), descritas como prevalentes en el estudio anterior (Carvajal-de-la-Fuente *et al.* 2012). Los sueros sanguíneos con 50% o más de leptospiras aglutinadas en el campo oscuro de observación al microscopio fueron considerados positivos a la dilución mayor o igual a 1:100 con uno o más serovares (SS 1999, Gaytán-Camarillo *et al.* 2021).

Análisis de datos

Se estimó la prevalencia de anticuerpos anti-*Leptospira* spp. con intervalo de confianza (IC) de 95%. La asociación entre la seropositividad de los resultados de *Leptospira* spp. y las variables de raza, sexo y edad de los animales estudiados fue evaluada mediante un análisis bivalente con X^2 de Pearson y la prueba t de student; el valor de significancia se definió con $p < 0.05$. También se hizo estadística descriptiva para la obtención de proporciones, tasas y la frecuencia de animales. Para el procesamiento de datos se utilizó el *software* estadístico InfoStat (Di-Rienzo *et al.* 2020) y Microsoft Excel 365 para documentar y almacenar los datos. Además, se utilizó un análisis multivariante de agrupamiento k-medias, el cual clasificó las observaciones en tres grupos, minimizando la variabilidad dentro de cada grupo; además del empleo de la métrica de distancias euclidianas para determinar su similitud (Ikotun *et al.* 2023).

RESULTADOS

El análisis MAT reveló que 473 de las 689 muestras analizadas de suero sanguíneo de bovinos resultaron positivas en al menos un serovar de *Leptospira* spp., y una tasa de seroprevalencia de 68.6% (473/689). No se encontró asociación significativa entre sexo del bovino y la seropositividad a *Leptospira* spp. ($p > 0.05$), en tanto que la seroprevalencia se dividió en 69.6% presente en hembras y 63.1% en machos. Al evaluar la prevalencia por zonas se determinó que la zona sur obtuvo la mayor prevalencia, con 74 animales seropositivos a *Leptospira* spp. ($p = 0.0001$, Tabla 1), obtenido con chi-cuadrado de Pearson (18.78), que representa 87.0% del total de animales muestreados en la zona (Figura 1; Tabla 1).

Tabla 1. Prevalencia de *Leptospira* spp. en bovinos de Tamaulipas, México.

Área geográfica	NB	Positivos	Prevalencia (%)	95% IC
Norte	127	84	66.1	58.0 - 74.0
Centro	477	315	66.0	61.0 - 70.0
Sur	85	74	87.0	83.0 - 96.0
Total	689	473	68.6	65.0 - 72.0

NB: Número de bovinos. IC: Intervalo de confianza.

El análisis de la prevalencia de los municipios por área mostró que la zona sur de Tamaulipas presenta la mayor seroprevalencia, particularmente Aldama, con el 95.2% de los animales positivos a *Leptospira* spp. De igual manera, Padilla y Llera en la zona centro registraron una prevalencia de 100%; mientras que, en la zona norte del estado, el municipio de San Fernando y Burgos registró 100%, seguido de Méndez con 76.2%. En el área geográfica sur los municipios de ciudad Madero y Tampico no manifestaron prevalencia (Tabla 2). Los resultados muestran diferencias estadísticas significativas ($p = 0.0001$), resultado de la prueba chi-cuadrado de Pearson (93.48) entre bovinos seropositivos, la mayor variación la presenta Aldama, Padilla y Soto La Marina (Figura 2). Al examinar la edad de los bovinos; se encontró que el grupo con 8 a 13 años mostró una seroprevalencia alta (76.5%), en cambio los bovinos jóvenes de 1 a 2.5 años presentaron menor seroprevalencia a *Leptospira* spp., sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre grupos ($p > 0.05$) (Tabla 3).

Los resultados del análisis de la raza bovina revelaron que la seroprevalencia más alta fue para la raza Charolais (87.0%), seguido de Brahman (83.3%), Brangus (82.3%) y Pardo Suizo (76.2%). Por el contrario, la raza Holstein registró la menor seroprevalencia (44.4%) (Tabla 4). Cuando estos datos fueron analizados presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.002$), producto de la prueba chi-cuadrado de Pearson (27.21) entre bovinos seropositivos y las razas explican la mayor variación (Figura 3). De las 689 muestras de suero sanguíneo 339 reaccionaron a más de dos serovares (49.2%), al manifestar 1 126 reacciones positivas contra distintos serovares de *Leptospira* spp. En estas condiciones, la mayor frecuencia correspondió a *L. Tarassovi* (218/1126, 19.3%), seguido por *L. Hardjo* (167/1126, 14.8%), *L. Canicola* (161/1126, 14.3%) y *L. Wolffi* (144/1126, 12.8%). En cambio, sólo se determinaron cuatro muestras positivas para el serovar *L. Bataviae*, que representa el 0.3% y tres muestras positivas para *L. Ballum*, el 0.3% (Tabla 5).

Tabla 2. Distribución de *Leptospira* spp., en municipios de Tamaulipas, México.

Zona	Municipio	Positivo		Negativo		Total	
		n	%	n	%	n	%
Norte	Reynosa	52	65	28	35	80	100
	Méndez	16	76.2	5	23.8	21	100
	Camargo	1	16.7	5	83.3	6	100
	San Fernando	3	100	0	0	3	100
	Cruillas	2	28.6	5	71.4	7	100
	Burgos	10	100	0	0	10	100
	Soto La Marina	115	55.8	91	44.2	206	100
Centro	Padilla	24	100	0	0	24	100
	Victoria	106	68.4	49	31.6	155	100
	Villagrán	5	62.5	3	37.5	8	100
	Villa De Casas	7	41.2	10	58.8	17	100
	Hidalgo	12	80	3	20	15	100
	Güémez	36	85.7	6	14.3	42	100
	Llera	10	100	0	0	10	100
Sur	Aldama	60	95.2	3	4.8	63	100
	Xicoténcatl	11	84.6	2	15.4	13	100
	Altamira	3	50	3	50	6	100
	Madero	0	0	1	100	1	100
	Tampico	0	0	2	100	2	100
Total		473	68.6	216	31.3	689	100

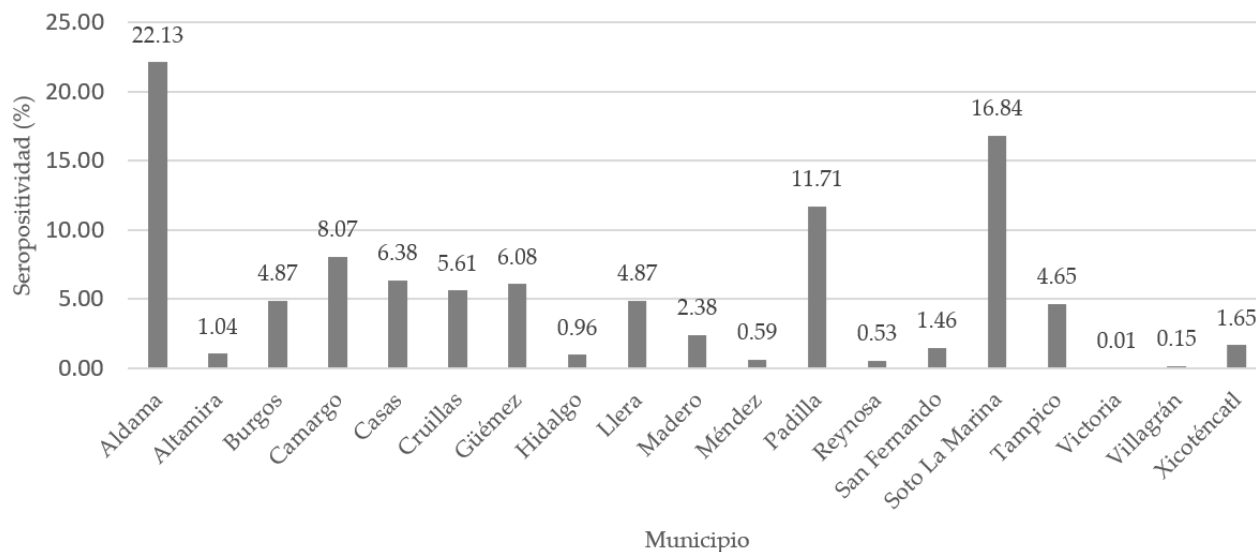


Figura 2. Variación de la seropositividad a *Leptospira* spp. en bovinos por municipio. Tamaulipas, México.

Tabla 3. Seroprevalencia de *Leptospira* spp. en bovinos en relación a su edad.

Grupo de edad	Positivo		Negativo		Total	
Años	n	%	n	%	n	%
1	13	68.4	6	31.6	19	100
1-2.5	52	59.8	35	40.2	87	100
2.5-8	382	69.6	167	30.4	549	100
8-13	26	76.5	8	23.5	34	100
Total	473	68.6	216	31.3	689	100

Tabla 4. Frecuencia de *Leptospira* spp. por raza bovina.

Raza	Positivo		Negativo		Total	
	n	%	n	%	n	%
Beefmaster	103	59.2	71	40.8	174	100
Brahman	5	83.3	1	16.7	6	100
Belmont Red	9	69.2	4	30.8	13	100
Brangus	65	82.3	14	17.7	79	100
Charolais	40	87.0	6	13.0	46	100
Cruza	162	65.6	85	34.4	247	100
Hereford	3	75.0	1	25.0	4	100
Holstein	4	44.4	5	55.6	9	100
Pardo Suizo	48	76.2	15	23.8	63	100
Suizo Americano	8	72.7	3	27.3	11	100
Simbrah	26	70.3	11	29.7	37	100
Total	473	68.6	216	31.3	689	100

n: tamaño de muestra

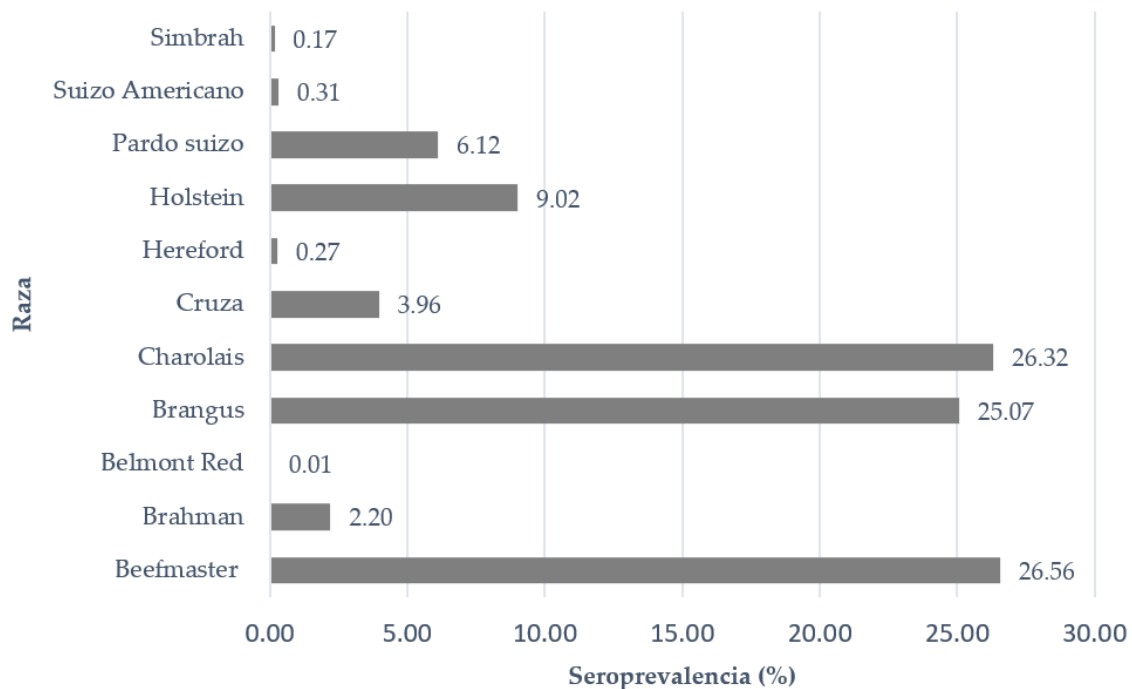


Figura 3. Variación de la seropositividad a *Leptospira* spp. por raza bovina Tamaulipas, México.

Tabla 5. Porcentaje de reacciones positivas a *Leptospira* spp.

Serovar	Frecuencia	Reacciones postivas (%)
<i>Pyrogenes</i>	142	12.6
<i>Icterohaemorrhagiae</i>	89	7.9
<i>Canicola</i>	161	14.3
<i>Hardjo</i>	167	14.8
<i>Pomona</i>	98	8.8
<i>Bataviae</i>	4	0.3
<i>Tarassovi</i>	218	19.3
<i>Wolffi</i>	144	12.8
<i>Grippotyphosa</i>	77	6.9
<i>Bratislava</i>	23	2.0
<i>Ballum</i>	3	0.3

Mediante agrupamiento de K medias se analizaron la seropositividad y las variables de raza, edad y el municipio donde habitan los bovinos. El análisis clasificó a los bovinos en tres grupos relativamente homogéneos de acuerdo con su similitud a la seroprevalencia de *Leptospira* spp. (Tabla 6). Determinando en el grupo 1; la mayor proporción seropositiva, la obtuvo el serovar *Wolffi* (90%), la raza Charolais (46%), en rango de edad 8-13 años (44%) y el municipio de Llera (90%). En el grupo 2; el serovar *Canicola* (28%), en el municipio Cruillas (86%), la raza Brangus (83%) en bovinos de 1 año (68%). Finalmente, el análisis mostró en el grupo 3; la mayor reactividad para el serovar *Icterohaemorrhagiae* (66%), para Aldama (62%), en los bovinos de la raza Pardo Suizo (38%) entre 2.5-8 años de edad.

Tabla 6. Resultados de agrupamiento de K-medias, proporciones de variabilidad a la seroprevalencia de *Leptospira* spp. en bovinos.

Grupo	Municipio	%	Raza	%	Rango de edad (años)	%	Serovar	%
1	Llera	90	Charolais	46	8-13	44	<i>L.wolffi</i>	90
	Burgos	80	Brahman	40	2.5-8	27	<i>L.hardjo</i>	66
	Xicoténcatl	54	Holstein	35	1	26	<i>L.canicola</i>	16
	Méndez	52	Beefmaster	29	1-2.5	20	<i>L. icterohaemorrhagiae</i>	7
	Hidalgo	33	Cruza	26				
2	Cruillas	86	Simbrah	75	1	68	<i>L.hardjo</i>	0
	Camargo	83	Brangus	83	2.5-8	55	<i>L.canicola</i>	28
	Casas	82	Holstein	62	8-13	50	<i>L. icterohaemorrhagiae</i>	27
	Victoria	68	Brahman	60				
3	Aldama	62	Pardo Suizo	38	2.5-8	18	<i>L.wolffi</i>	9
	Güémez	39	Cruza	18	8-13	6	<i>L.canicola</i>	56
							<i>L. icterohaemorrhagiae</i>	66

DISCUSIÓN

La leptospirosis representa una amenaza zoonótica mundial, por lo que toda información que se genera sobre la epidemiología de la enfermedad tiende a mejorar el nivel de control de la enfermedad. Los resultados fueron encontrados para las áreas ganaderas más importantes de Tamaulipas, México. La prueba diagnóstica de aglutinación microscópica (MAT) reveló la presencia de anticuerpos anti-*Leptospira* spp., con una seroprevalencia de 68.6%. Esta seroprevalencia es similar a la que aparece en otros estudios realizados en Tamaulipas, que la ubican en 70.4% (Carvajal-de-la-Fuente *et al.* 2012). De igual manera, la alta seroprevalencia de *Leptospira* spp. (66.95%) encontrada en ganado en el condado de Bor, Sudán del Sur (Kasiano *et al.* 2025), ocurriendo el serovar más prevalente *L. borgpetersenii*, *Tarassovi* (59.83%). En otro estudio similar desarrollado en un centro de producción extensiva de ganado bovino de carne de 5 000 ha, en el municipio de Soto la Marina, Tamaulipas, se estimó que 52% de los bovinos reaccionaron a serovares de *Leptospira* spp. (Méndez *et al.* 2013). En cambio, la seroprevalencia más baja que se tiene en Tamaulipas es 31.2% (Cantú y Banda-Ruiz 1995), un resultado poco representativo al ser realizado sólo en tres municipios de la región sur. Por el contrario, en esta investigación se encontró una seroprevalencia de 87.0% en la zona sur, a diferencia de las zonas norte y centro de Tamaulipas. Esto puede atribuirse a la vegetación que prevalece en la zona sur con una mezcla de selva baja caducifolia, bosques tropicales, manglares en la costa, y pastizales halófilos, además del clima húmedo a semiseco, con veranos calurosos mayores a 35 °C y humedad relativa alta (60-70%) especialmente en la costa, así como inviernos ligeros (10-15 °C) y con lluvias que se registran de junio a octubre. A esto se conjuga la diversidad de fauna existente, que favorecería la persistencia y circulación de las leptospirosis (INEGI 2021, Martínez-Carbajal *et al.* 2025).

Aunque las condiciones ecológicas difieren y las prácticas zootécnicas son semejantes, la frecuencia de seropositividad de leptospirosis que aparece en diversas publicaciones nacionales e internacionales, en términos generales muestran un acercamiento ante la posición que tiene esta enfermedad en Tamaulipas y en el país. Algunos estudios en México revelan una seroprevalencia de *Leptospira* spp. con variaciones en las distintas regiones de los estados de Tabasco (64.1%), Veracruz (71.3%) y Puebla (39.85) (Rosete-Fernández *et al.* 2021). Asimismo, Ochoa-Valencia *et al.* (2022) advierten un riesgo elevado para la salud pública en los mataderos municipales, al descubrir 67.5% de frecuencia a leptospirosis en bovinos de Veracruz, México.

Estudios desarrollados a nivel mundial, indican que la seroprevalencia de *Leptospira* spp., de hasta 89% en bovinos, destacando la importancia de esta especie como reservorio, asimismo valores de 63% en caninos, 68% en felinos, 86% en porcinos y 75% en equinos (Monroy-Díaz *et al.* 2021). Investigación hecha en rebaños de bovinos adultos de Pará, Brasil, considera una frecuencia de animales seropositivos de 65.5% contra los serovares *Hardjo*, *Wolffi*, *Grippotyphosa*, *Hebdomadis* y *Shermani* (Chiebao *et al.* 2015). Por otra parte, Talpada *et al.* (2003) encontraron 38.8% de seroprevalencia a leptospirosis en bovinos de engorda en el oeste de Texas, USA, sacrificados en matadero para consumo humano. Una revisión sistemática de la frecuencia de leptospirosis animal en 17 estados del sur de EEUU, determinó valores de entre 4 y 71% de seroprevalencia para bovinos (Blessington *et al.* 2020).

Se determinó una variación de 50.6% en bovinos seroreactores a una o más serovares a *Leptospira* spp. en los municipios de Aldama, Soto la Marina y Padilla, cuando se asocia la seropositividad de los bovinos y la localidad de origen. Resultados que coinciden con los obtenidos por Carvajal-de-la-Fuente *et al.* (2012), respecto a la diferencia y elevada seroprevalencia entre Distritos de Desarrollo Rural. El envejecimiento del bovino predispone un incremento en la probabilidad de ser seropositivo. De este modo, la mayor seroprevalencia ocurre en bovinos adultos que en los jóvenes; un resultado que también habría sido obtenido por Ruano *et al.* (2020), Bulla-Castañeda *et al.* (2022) y Selim *et al.* (2024). Aunque no se evaluaron las razas bovinas utilizadas por Bulla-Castañeda *et al.* (2022), los resultados coinciden al no existir asociación significativa en edad y sexo de bovinos evaluados con seropositividad a *Leptospira* spp. ($p \geq 0.05$). En cambio, en el presente estudio se determinó que existe una asociación entre las razas Beefmaster, Charolais y Brangus con la seropositividad ($p < 0.05$). Estas razas representan poblaciones de interés epidemiológico debido a su amplia utilización en los sistemas de producción de carne en el noreste de México, particularmente en Tamaulipas. De acuerdo con los resultados obtenidos, se planteó la hipótesis de que, dado que las razas muestreadas son sintéticas y europeas, podrían ser más susceptibles a la infección por *Leptospira* spp. que circulan entre hospedadores silvestres y domésticos. Sin embargo, la información disponible sobre la evaluación de estas razas bovinas con la seropositividad a *Leptospira* spp., es limitada. Este estudio sería el primero en publicar estos hallazgos; por lo tanto, las variaciones observadas en la seropositividad podrían estar epidemiológicamente influenciadas, no solamente con la composición racial sino también con factores ambientales, climáticos y de manejo.

El elevado número de animales seroreactivos a varios serovares de *Leptospira* spp., destaca la interacción entre los diversos factores como geografía, fauna silvestre, animales domésticos, prácticas de manejo y sanidad (Hagedoorn *et al.* 2024). En este estudio, los serovares más prevalentes en los bovinos examinados fueron *Tarassovi* (19.3%), *Hardjo* (14.8%), *Canicola* (14.3%) y *Wolffi* (12.8%). Hallazgos que son consistentes con los serovares que habrían sido descritos por Salgado *et al.* (2014), Ruano *et al.* (2020) y Bulla-Castañeda *et al.* (2022). La elevada seroprevalencia de *Leptospira borgpetersenii* serovar *Tarassovi* observada en los bovinos evaluados sugiere un contacto con porcinos o fauna silvestre, al actuar como reservorios de mantenimiento para el serovar *Tarassovi*, así como una amplia circulación de este serovar; lo que indica una exposición continua o repetida al agente infeccioso al compartir áreas de producción o recursos hídricos, y la existencia de una estrecha interfaz entre la producción pecuaria y los ecosistemas naturales (Levett 2001). El ganado puede albergar y desprender este serovar, pero se desconoce la tasa de transmisión de la fauna al ganado. Hipotéticamente, el ganado podría formar parte de la comunidad de mantenimiento de *L. Tarassovi*, sin embargo, se requiere generar más información sobre los serovares que circulan entre la fauna en la región.

Entre los principales mecanismos epidemiológicos se encuentran la elevada seroprevalencia, la transmisión indirecta en ambientes contaminados, la presencia de animales portadores, el contacto con hospedadores domésticos y silvestres, el manejo extensivo de los bovinos y una posible cobertura vacunal insuficiente frente a este serovar. Los animales infectados eliminan leptospiras viables por la orina durante semanas o meses, por lo que contaminan cuerpos de agua, suelo, charcas y áreas de pastoreo (Mazzanti *et al.* 2023). Tamaulipas cuenta con regiones que registran

temperaturas cálidas, humedad relativa alta y lluvias estacionales, en tanto que las leptospiras sobreviven durante períodos prolongados fuera del hospedador. Ambos factores aumentan la probabilidad de exposición de los bovinos susceptibles, y favorecen la transmisión horizontal dentro y entre los hatos. Estos hallazgos resaltan la necesidad de fortalecer las medidas integrales de vigilancia epidemiológica, bioseguridad, manejo del agua, control de reservorios y programas de vacunación adaptados a los serovares predominantes en cada región de Tamaulipas, con el fin de disminuir la transmisión, el impacto sanitario y productivo de la leptospirosis en los rebaños de ganado bovino.

CONCLUSIONES

La prueba de aglutinación microscópica reveló una tasa de seroprevalencia del 68.6% de anticuerpos anti-*leptospira* spp. en bovinos de la región limítrofe México-Estados Unidos, en asociación con la raza y el origen del bovino muestreado. Los bovinos positivos pueden actuar como fuente potencial de infección, al transmitir la enfermedad a otros animales y al personal en riesgo; situación que implica un problema de salud pública. Por ello, los estudios regionales son esenciales para avanzar en la comprensión de la epidemiología de la enfermedad. Los resultados representan información regional actualizada sobre epidemiología de la leptospirosis. No obstante, se recomienda que futuras investigaciones incorporen análisis estacionales de la seroprevalencia, identificación molecular de las bacterias, tanto en bovinos como en fauna silvestre de las zonas de producción. Estos análisis ayudarían a identificar las posibles rutas de transmisión y permitirían el desarrollo de modelos predictivos robustos para identificar áreas de riesgo e implementar estrategias de diagnóstico, manejo, bioseguridad, vigilancia epidemiológica y vacunación, a fin de controlar este problema de salud animal y pública.

AGRADECIMIENTOS

Héctor Alejandro Nava-Jauregui agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONHACYT), ahora SECIHTI, por el financiamiento recibido como becario nacional, 1196269, en el Programa de Doctorado en Ciencias en Biología del Tecnológico Nacional de México, campus Ciudad Victoria.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

Aliberti A, Blanda V, Di Marco Lo Presti V, Macaluso G, Galluzzo P, Bertasio C, Sciacca C, Arcuri F, D'Agostino R, Ippolito D, Pruiti Ciarello F, Torina A, Grippi F (2022) *Leptospira interrogans* serogroup

- pomona in a dairy cattle farm in a multi-host zootechnical system. *Veterinary Sciences* 9(2): 83. <https://doi.org/10.3390/vetsci9020083>
- Arteaga-Troncoso G, Jiménez-Estrada JM, Montes de Oca-Jiménez R, López-Hurtado M, Luna-Álvarez M, Hernández-Andrade L, Moreno-Alfaro A, Galan-Herrera JF, Guerra-Infante FM (2015) Seroprevalencia y factores de riesgo asociados con la transmisión dentro de la bandada de interrogadores de *Leptospira* en sistemas de cría transhumanta en México. *Epidemiología e infección* 143(13): 2894-2902. <https://doi.org/10.1017/S0950268814003549>
- Aymée L, Gregg WRR, Loureiro AP, Di Azevedo MIN, Pedrosa JDS, Melo JDSL, Carvalho-Costa FA, De Souza GN, Lilenbaum W (2021) Bovine genital Leptospirosis and reproductive disorders of live subfertile cows under field conditions. *Veterinary Microbiology* 261: 109213. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2021.109213>
- Blessington T, Schenck AP, Levine JF (2020) Frequency of animal Leptospirosis in the Southern United States and the implications for human health. *Southern Medical Journal* 113(5): 240-249. <https://doi.org/10.14423/SMJ.0000000000001093>
- Bonhomme D, Werts C (2022) Host and species-specificities of pattern recognition receptors upon infection with *Leptospira interrogans*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* 12: 932137. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.932137>
- Bulla-Castañeda DM, Buitrago HAL, Lancheros-Buitrago DJ, Díaz-Anaya AM, Garcia-Corredor DJ, Tobón-Torreglosa JC, Ortega DO, Pulido-Medellín MO (2022) Seroprevalencia y factores de riesgo asociados a la presencia de leptospirosis bovina en el municipio de Sotaquirá, Colombia. *Open veterinary journal* 12(5): 668-675. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2022.v12.i5.11>
- Cantú CA, Banda-Ruiz VM (1995) Seroprevalence of bovine leptospirosis in three southern cities of Tamaulipas (Technical note). *Técnica Pecuaria en México*. 33: 121-124.
- Carvajal-de-la-Fuente C, Zapata-Campos C, Loredó-Osti J, López-Zavala R, Jasso-Obregón JO, Martínez-Bautista E (2012) Seroprevalence and risk factors associated with Leptospirosis (*L. interrogans*) in bovine cattle in Northeastern Mexico. *The Thai Journal of Veterinary Medicine* 42(1): 7-12. <https://doi.org/10.56808/2985-1130.2369>
- Chiebao DP, Valadas SYOB, Minervino AHH, Castro V, Romaldini AHCN, Calhau AS, De Souza RAB, Gennari SM, Keid LB, Soares RM (2015) Variables associated with infections of cattle by *Brucella abortus*, *Leptospira spp.* and *Neospora spp.* in Amazon region in Brazil. *Transboundary and Emerging Diseases* 62: e30-e36. <https://doi.org/10.1111/tbed.12201>
- DGSIAP (2023) Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://nube.agricultura.gob.mx/poblacion_ganadera/. Fecha de consulta: 27 febrero de 2024.
- Di-Rienzo J, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW (2020) InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Infostat – Software estadístico. Fecha de consulta :18 de enero de 2025.
- El-Tras WF, Bruce M, Holt HR, Eltholth MM, Merien F (2018) Update on the status of leptospirosis in New Zealand. *Acta Tropica* 188: 161-167. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.08.021>
- Galarde-López M, Bobadilla-del Valle M, Sánchez-Zamorano LM, Ordaz-Vázquez A, Velazquez-Meza ME, Soberanis-Ramos O (2021) High exposure to pathogenic leptospires by the population residing in dairy farms in Hidalgo, Mexico. *Brazilian Journal of Microbiology* 52: 1013-1019. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00453-y>
- Gaytán-Camarillo F, Rico-Chávez O, Palomares-Resendiz EG, Gutiérrez-Hernández JL, Díaz-Aparicio E, Herrera-López E (2021) Spatial autocorrelation and co-occurrence of six serovarieties of *Leptospira* in goat herds of the State of Guanajuato, Mexico. *Brazilian Journal of Microbiology* 52: 953-960.

- Grippi F, Giudice E, Pietro SD, Sciacca C, Santangelo F, Galluzzo P, Barreca S, Guercio A (2020) *Leptospira interrogans* serogroup Sejroe serovar Hardjo in aborting cows: two herd cases in Sicily (Italy). *Journal of Veterinary Research* 64: 73-78. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2020-0021>
- Gutiérrez-Molina R, Acevedo P, Sánchez-Montes S, Romero-Salas D, López-Ortiz S, Flores-Primo A, Cruz-Romero A (2022) Spatial epidemiology of *Leptospira* sp. exposure in bovines from Veracruz, México. *Transboundary and Emerging Diseases* 69: e682-e692. <https://doi.org/10.1111/tbed.14346>
- Hagedoorn NN, Maze MJ, Carugati M, Cash-Goldwasser S, Allan KJ, Chen K, Cossic B, Demeter E, Gallagher S, German R, Galloway RL, Habuš J, Rubach MP, Shiokawa K, Sulikhan N, Crump JA (2024) Global distribution of *Leptospira* serovar isolations and detections from animal host species: A systematic review and online database. *Tropical Medicine & International Health* 29(3): 161-172. <https://doi.org/10.1111/tmi.13965>
- Hamond C, LeCount K, Putz EJ, Bayles DO, Camp P, Goris MGA, Van Der Linden H, Stone NE, Schlater LK, Sahl JW, Wagner DM, Nally JE (2022) Bovine Leptospirosis due to persistent renal carriage of *Leptospira borgpetersenii* Serovar Tarassovi. *Frontiers in Veterinary Science* 9: 848664. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.848664>
- Ibrahim NA, Alrashdi BM, Elnaker YF, Elmahallawy EK, Alblihed MA, Daib MS, Abd Elmoety AM, Abo Elfadl EA, Badawy BM, Elbaz E (2022) Serological investigation and epidemiological analysis of bovine Leptospirosis in Egypt. *Tropical Medicine and Infectious Disease* 7(9): 208. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7090208>
- Ikotun AM, Ezugwu AE, Abualigah L, Abuhaija B, Heming J (2023) K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data. *Information Sciences* 622: 178-210. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.139>
- INEGI (2021) Aspectos Geográficos Tamaulipas 2021. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_28.pdf. Fecha de consulta: 13 febrero de 2024.
- Ismail ZB, Abutarbush SM, Al-Majali AM, Gharaibeh MH, Al-Khateeb B (2019) Seroprevalence and risk factors of *Leptospira* serovar Pomona and *Leptospira* serovar Hardjo infection in dairy cows in Jordan. *The Journal of Infection in Developing Countries* 13(6): 473-479. <https://doi.org/10.3855/jidc.11146>
- Karpagam KB, Ganesh B (2020) Leptospirosis: a neglected tropical zoonotic infection of public health importance-an updated review. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases* 39: 835-846. <https://doi.org/10.1007/s10096-019-03797-4>
- Kasiano KEJ, Alinaitwe L, Okello W, Methodius T, Aturinda CJ, Lubega A, Sabbath-Frazer TE, Marin PM, Onafroo DK, Jubara AS, Biryomumaisho S, Kankya C (2025) *Leptospira* seroprevalence and associated risk factors among cattle in Bor County, South Sudan. *Plos One* 20(6): e0325492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0325492>
- Levett PN (2001) Leptospirosis. *Clinical Microbiology Reviews* 14(2): 296-326. <https://doi.org/10.1128/CMR.14.2.296-326.2001>
- Loureiro AP, Lilenbaum W (2020) Genital bovine leptospirosis: A new look for an old disease. *Theriogenology* 141: 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.011>
- Martínez-Carbajal JC, Uvalle-Sauceda JI, González-Saldívar FN, Requena-Lara GN, Lozano-Cavazos EA, Rubio-Pequeño LG, Cantú-Ayala CM, Ramírez-Martínez C (2025) Estructura y composición primaria y secundaria de Selva Baja Espinosa Caducifolia en San Carlos, Tamaulipas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 12(V). <https://doi.org/10.19136/era.a12nV.4606>
- Mazzanti M, Scialfa E, Rivero M, Passucci J (2023) Epidemiology of *Leptospira* spp. infection in a beef cattle area of Argentina. *Frontiers in Veterinary Science* 10: 1083024. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1083024>

- Méndez C, Benavide L, Esquivel A, Aldama A, Torres J, Gavaldón D, Meléndez P, Moles L (2013) Pesquisa serológica de *Leptospira* en roedores silvestres, bovinos, equinos y caninos en el noreste de México. *Revista de Salud Animal* 35: 25-32.
- Monroy-Díaz ÁL, Vargas-Arias JA, Di-Filippo-Iriarte G, Quimbaya-Ramírez JJ (2021) Leptospirosis en reservorios animales. *Revista Lasallista de Investigación* 17(2): 266-279. <https://doi.org/10.22507/rli.v17n2a23>
- Moore DP, Cantón GJ, Louge Uriarte EL (2021) Editorial: infectious diseases affecting reproduction and the neonatal period in cattle. *Frontiers in Veterinary Science* 8: 679007. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.679007>
- Nau LH, Emirhar D, Obiegala A, Mylius M, Runge M, Jacob J, Bier N, Nöckler K, Imholt C, Below D, Princk C, Dreesman J, Ulrich RG, Pfeffer M, Mayer-Scholl A (2019) Leptospirose in Deutschland: Aktuelle Erkenntnisse zu Erregerspezies, Reservoirwirten und Erkrankungen bei Mensch und Tier. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 62: 1510-1521. <https://doi.org/10.1007/s00103-019-03051-4>
- Ochoa-Valencia JL, Cruz-Romero A, Sánchez-Montes S, Esparza-González SC, Romero-Salas D, Domínguez-Mancera B, Ramos-Vázquez JR, Becker I, Torres-Castro M (2022) Serological and molecular evidence of pathogenic *Leptospira* species in cattle from slaughterhouses in Veracruz State, Mexico. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias* 33(1): 1-9. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33201>
- OMS (2017) Leptospirosis - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/leptospirosis>. Fecha de consulta: 26 febrero de 2024.
- Orjuela AG, Parra-Arango JL, Sarmiento-Rubiano LA (2022) Bovine leptospirosis: Effects on reproduction and an approach to research in Colombia. *Tropical Animal Health and Production* 54(251): 1-9. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03235-2>
- Philip N, Bahtiar Affendy N, Ramli SNA, Arif M, Raja P, Nagandran E, Renganathan P, Taib NM, Masri SN, Yuhana MY, Than LTL, Seganathirajah M, Goarant C, Goris MGA, Sekawi Z, Neela VK (2020) *Leptospira interrogans* and *Leptospira kirschneri* are the dominant *Leptospira* species causing human leptospirosis in Central Malaysia. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 14(3): e0008197. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008197>
- Rosete-Fernández JV, Ríos-Utrera Á, Zárate-Martínez JP, Socci-Escatell GA, Fragoso-Islas A, Barradas-Piña FT, Olazarán-Jenkins S, Granados-Zurita L (2021) Prevalencia de diversos serovares de *Leptospira interrogans* en vacas no vacunadas en los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12(4): 1305-1316. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i4.5310>
- Ruano MP, Burgos-Macías DI, Goicochea CAB, Zambrano-Aguayo MD, Sandoval-Valencia HP, Falconi-Flores MA, Vera-Loor LA, Revelo-Ruales AP, Fonseca-Rodríguez O (2020) Seroprevalence and risk factors of bovine leptospirosis in the province of Manabí, Ecuador. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* 72: 101527. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2020.101527>
- SAGARPA (2018) Consolida México el séptimo lugar en ranking mundial como productor de proteína animal. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/consolida-mexico-el-septimo-lugar-en-ranking-mundial-como-productor-de-proteina-animal>. Fecha de consulta: 15 febrero de 2024.
- Salgado M, Otto B, Sandoval E, Reinhardt G, Boqvist S (2014) A cross sectional observational study to estimate herd level risk factors for *Leptospira* spp. serovars in small holder dairy cattle farms in southern Chile. *BMC Veterinary Research* 10(126): 1-6. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-10-126>
- Selim A, Marzok M, Gattan HS, Abdelhady A, Salem M, Hereba AM (2024) Seroprevalence and associated risk factors for bovine leptospirosis in Egypt. *Scientific Reports* 14: 4645. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54882-4>

- Shiokawa K, Welcome S, Kenig M, Lim B, Rajeev S (2019) Epidemiology of *Leptospira* infection in livestock species in Saint Kitts. *Tropical Animal Health and Production* 51: 1645-1650. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01859-5>
- Soo ZMP, Khan NA, Siddiqui R (2020) Leptospirosis: Increasing importance in developing countries. *Acta Tropica* 201: 105183. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105183>
- SS (1999) Norma Oficial Mexicana NOM-029-SSA2 (1999) Para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de la leptospirosis en el humano. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/029ssa29.html>. Fecha de consulta: 13 febrero de 2024.
- Sykes JE, Haake DA, Gamage CD, Mills WZ, Nally JE (2022) A global one health perspective on Leptospirosis in humans and animals. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 260(13): 1589-1596. <https://doi.org/10.2460/javma.22.06.0258>
- Talpada MD, Garvey N, Sprowls R, Eugster AK, Vinetz JM (2003) Prevalence of Leptospiral infection in texas cattle: implications for transmission to humans. *Vector-Borne Zoonotic Diseases* 3(3): 141-147. <https://doi.org/10.1089/153036603768395843>
- Vincent AT, Schiettekatte O, Goarant C, Neela VK, Bernet E, Thibeaux R, Ismail N, Mohd Khalid MKN, Amran F, Masuzawa T, Nakao R, Amara Korba A, Bourhy P, Veyrier FJ, Picardeau M (2019) Revisiting the taxonomy and evolution of pathogenicity of the genus *Leptospira* through the prism of genomics. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 13: e0007270. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007270>
- Yescas-Benítez JE, Perez NR, Montiel-Díaz H, Valladares-Carranza B, Peláez-Acero A, Morales-Ubaldo AL, Zaragoza-Bastida A (2020) Comportamiento epidemiológico de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019. *Revista Salud Pública* 22(4): 1-7. <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n4.87535>