

# Estudio serológico y factores de riesgo asociados a la tuberculosis bovina en hatos bajo diferente sistema de producción

Jaramillo Meza L.<sup>1\*</sup> • Díaz Otero F.<sup>1</sup> • Hernández Andrade L.<sup>1</sup> • Milián Suazo F.<sup>2</sup>

*Palabras clave:* georreferenciación, tuberculosis, bovinos, zoonosis, ELISA

*Key words:* georeferencing, tuberculosis, bovinos, zoonosis, ELISA

## Introducción

La producción de leche de bovino en México, es una de las ramas de la ganadería de mayor importancia, ya que no sólo se le confiere un alto valor por el tipo de alimento que aporta, sino que juega un papel fundamental dentro de la economía del sector primario e industrial, además de presentar el mayor potencial de expansión a fin de sustituir el importante componente de abasto procedente del exterior [1]. México tiene un inventario de ganado bovino de cerca de 31 millones de cabezas, donde poco más del 93% se dedica a la producción de carne, así como a doble propósito, y cerca del 7% restante es ganado especializado en producción de leche [2]. En este sentido, el control y erradicación de enfermedades que afectan a la gana-

dería, como es el caso de la tuberculosis bovina, es de primordial importancia para mantener e incrementar la producción pecuaria y sus mercados. Se ha informado que de los 7 mil millones de litros de leche que se producen en México, solamente el 50% se pasteuriza, lo demás se consume o se transforma en derivados lácteos, lo que implica un alto riesgo para la salud pública. Los índices de incidencia y prevalencia de la enfermedad en nuestro país, basados primordialmente en la reactividad a la prueba de la tuberculina, varían de acuerdo al tipo de explotación a la que se someten los animales y al área geográfica [3]. Por otro lado, como consecuencia del curso crónico de la enfermedad, existen una diversidad de patrones de respuesta

1 CENID-Salud Animal e Inocuidad. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Km 15.5, Boulevard Reforma, Zedec Santa Fe, 01219 Ciudad de México, México.

2 Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias s/n, Juriquilla, Delegación Santa Rosa Jáuregui, 76230, Querétaro, México. +52(442)1921200 Teléfono +52 (55)3618 0800 ext. 80318

\* jaramillo\_meza@yahoo.com.mx



inmune que se despliegan de acuerdo al progreso de la misma [4, 5]. En particular, los ensayos de inmunoadsorción ligados a enzimas (*Enzyme linked immunosorbent assay*, por sus siglas en inglés ELISA), han mostrado ser adecuados para determinar la presencia de anticuerpos contra *M. bovis*, en sueros de animales infectados. Esto especialmente en estados avanzados de la enfermedad, cuando la respuesta inmune celular se encuentra deprimida o en su caso ausente. Por tanto, animales tuberculosos anérgicos que dan una pobre respuesta a la tuberculina e IFN- $\gamma$  pueden ser detectados mediante pruebas de ELISA [6].

## Metodología

Se realizó un estudio transversal estratificado bietápico para determinar la prevalencia de la enfermedad en los diferentes sistemas de producción de leche en México, de manera conveniente se seleccionaron 11 Estados representativos, de éstos se seleccionaron aquellos municipios donde se concentra la producción. Las cuencas consideradas de lechería intensiva y semintensiva fueron: la de la Laguna entre Durango y Coahuila, la de Delicias en Chihuahua, Aguascalientes, Querétaro, Hidalgo y Guanajuato. En el sistema familiar las cuencas de Jalisco; mientras que, las de lechería tropical fueron: Veracruz, Chiapas y Sinaloa. Un total de 4580 muestras séricas se colectaron: 161 se obtuvieron de Aguascalientes, 520 de Chiapas, 717 de Chihuahua, 145 de Guanajuato, 339 de Hidalgo, 607 de Jalisco, 526 de Querétaro, 320 de Sinaloa, 820 de Veracruz, 202 de Coahuila y 223 de Durango. Los sueros se analizaron mediante un ELISA comparativo, empleando los extractos proteicos de filtrados de cultivo (CFPE) de *M. bovis* cepa AN5 y de *M. avium* cepa D4. El ELISA empleado permite definir si los anticuerpos evaluados son mayormente dirigidos a los antígenos de *M. bovis* o a los de *M. avium*. Se utiliza-

ron los sistemas de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) para evaluar el papel de condiciones climáticas y otras variables ambientales sobre la prevalencia de la enfermedad y para estimar la prevalencia en zonas no muestreadas, apoyándose de modelaje y métodos geoestadísticos. Cada uno de los hatos muestreados fue geo-referenciado. La información se utilizó, tanto para determinar áreas de riesgo, mediante métodos de krigage, como para determinar los factores ambientales (precipitación pluvial, temperatura, altura sobre el nivel del mar, humedad, densidad de vegetación, etc.) asociados a la prevalencia utilizando métodos de co-krigeage con ArcView. Para detectar los factores de riesgo asociados a la prevalencia de tuberculosis bovina, se aplicó un cuestionario en cada uno de los hatos muestreados. El cuestionario comprendió 43 reactivos, relacionados con: información general del hato, características de la unidad de producción, características individuales, parámetros reproductivos, manejo de recría y manejo sanitario. Con la información y los resultados de laboratorio se formó una base de datos, que fueron analizados empleando el programa Epiinfotm7.1.0.6. Se empleó la Chi2 de Pearson para probar la asociación significativa entre la enfermedad y los valores categóricos de los factores de riesgo.

## Resultados

De acuerdo a los resultados del ELISA, la seroprevalencia general de la enfermedad para ganado especializado en la producción de leche fue de 13.67 %. Se identificó, existe variabilidad en el índice de seroprevalencia en relación al sistema de producción, de tal manera que el sistema intensivo reporto dos unidades superiores a la prevalencia general (16.4%); mientras que, para el sistema de doble propósito el índice fue de 11% y para el familiar de 10%, Tabla 1.

**Tabla 1.** Seroprevalencia de tuberculosis bovina por sistema de producción en las principales cuencas lecheras de México.

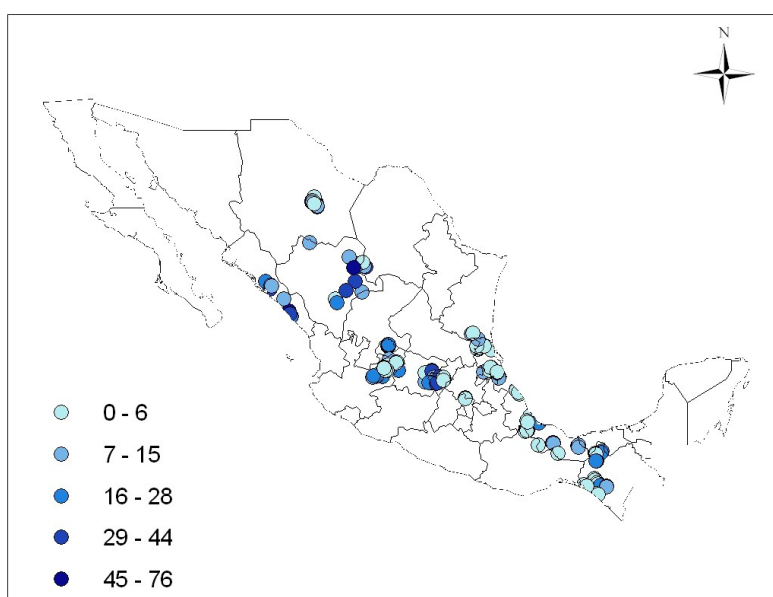
Sistema	Positivo	Negativo	Total	Prevalencia
Intensivo	381	1936	2313	16.4
Doble propósito	185	1473	1658	11.2
Familiar	62	545	607	10.2
Total	626	3954	4580	13.7

Por Estado Federativo, la seroprevalencia más alta observada, fue para Sinaloa con el 36 %. Mientras que, Hidalgo, Coahuila, Aguascalientes y Durango, presentaron una prevalencia intermedia de 25, 24, 22 y 20%, respectivamente. Para los Estados de Querétaro, Guanajuato, Chihuahua y Jalisco la seroprevalencia fue de 14, 13, 10 y 10%. Los Estados de Chiapas y Veracruz registraron las menores seroprevalencias, correspondiendo éstos al sistema tropical de doble propósito, lo

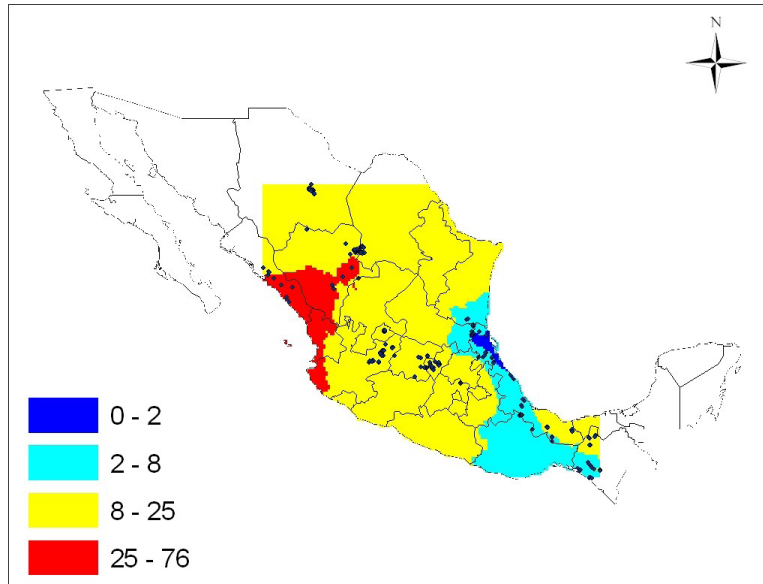
que contrasta con la seroprevalencia alta determinada para el Estado de Sinaloa, correspondiendo también a un sistema tropical (Tabla 2). La Figura 1 muestra la distribución espacial de la enfermedad en los diferentes municipios de los Estados donde se localizan las principales cuencas lecheras del país. De igual modo, la Figura 2, muestra una predicción espacial de la prevalencia de tuberculosis bovina.

**Tabla 2.** Seroprevalencia de tuberculosis bovina por Estado de la República Mexicana

Estado	Negativo	Positivo	Total	Prevalencia	No. hatos	Rango
Aguascalientes	125	36	161	22	9	0-36
Chiapas	479	41	520	8	21	0-21
Chihuahua	642	75	717	10	15	0-36
Coahuila	153	49	202	24	5	6-44
Durango	179	44	223	20	7	3-60
Guanajuato	126	19	145	13	4	0-29
Hidalgo	255	84	339	25	14	0-54
Jalisco	545	62	607	10	24	0-50
Querétaro	454	72	526	14	18	0-42
Sinaloa	205	115	320	36	10	0-76
Veracruz	791	29	820	4	48	0-38
TOTAL	3954	626	4580	14	156	0-76



**Figura 1.** Distribución espacial de la prevalencia de tuberculosis bovina en las principales cuencas lecheras de México.



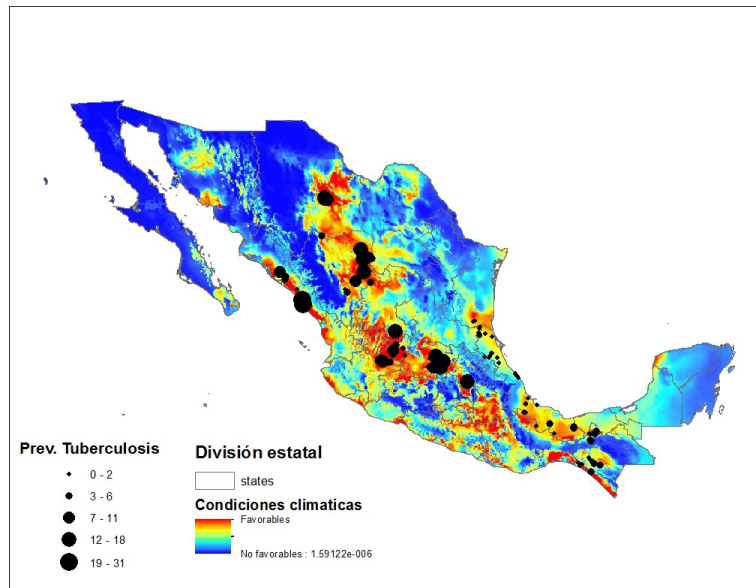
**Figura 2.** Predicción espacial de la prevalencia de tuberculosis bovina en Cuencas lecheras de México en zonas no muestreadas

Para determinar los factores de riesgo asociados a la enfermedad se analizaron conjuntamente los resultados serológicos obtenidos en el estudio, el número de cuestionarios y las respuestas que en ellos se vertieron; de acuerdo al análisis bivariado, se obtuvo una razón de momios mayor a 1.0 en los factores de riesgo: tipo de explotación, producción de leche, tipo de lactancia, tipo de calostro, origen de reemplazo y presencia de paratuberculosis. El análisis multivariado señaló, existe una probabilidad 1.9 veces de que se presente tuberculosis bajo un sistema de producción intensivo, y de 1.4 bajo el sistema de doble propósito, en relación a un sistema familiar. En tanto que, la

presencia de paratuberculosis aumenta el riesgo de presentación de tuberculosis en los hatos (Figura 3). Los parámetros empleados en el análisis Maxent fueron: longitud, latitud y altura sobre el nivel del mar. Esta información se utilizó para determinar áreas de riesgo, mediante métodos de krigage y también para determinar la influencia de los factores ambientales (precipitación pluvial, temperatura, altura sobre el nivel del mar, humedad, densidad de vegetación, etc.), que favorecen la presentación de la enfermedad. De acuerdo al análisis, las variables temperatura y humedad resultan ser críticas en la presentación de la enfermedad (Figura 4).

FACTORES DE RIESGO	CATEGORIAS	B	S.E.	WALD	DF	SIG.	EXP(B)	95.0% C.I.	
								BAJO	ALTO
SEROREACCIÓN PARATUBERCULOSIS	NEGATIVO								
	POSITIVO	1.116	.192	33.615	1	.000	3.051	2.093	4.449
SISTEMA DE PRODUCCIÓN POR ESTADO	FAMILIAR			16.109	2	.000			
	INTENSIVO	.656	.182	13.038	1	.000	1.926	1.350	2.750
TIPO DE CALOSTRO	DOBLE PROPÓSITO	.334	.189	3.125	1	.077	1.396	.964	2.021
	TRATADO								
	FRESCO	-.686	.138	24.702	1	.000	.504	.384	.660

**Figura 3.** Factores de riesgo en tuberculosis regresión logística binomial (multivariada)



**Figura 4.** Condiciones climáticas que favorecen la presencia de tuberculosis bovina en las principales cuencas lecheras de México. Colores rojos favorables, colores azules desfavorables.

## Discusión y conclusión

Resulta interesante observar la elevada seroprevalencia que se registró para el Estado de Sinaloa, considerando, de acuerdo a los datos de la Campaña Nacional contra la Tuberculosis Bovina (CANATEB) un Estado en fase de erradicación. Lo que se se explica, tomando en cuenta que los datos que se aportan en este trabajo se obtuvieron principalmente de hatos lecheros, en tanto que, los datos de prevalencia de la Campaña generalmente se obtienen de hatos bovinos destinados a la producción de carne. Una situación similar, ocurre para el Estado de Chihuahua, que al igual que Sinaloa son Estados donde la mayor población bovina es de ganado de carne. No obstante, la prevalencia general determinada mediante la prueba serológica en ganado de leche es prácticamente la misma que reporta la CANATEB, empleando la prueba intradérmica de la tuberculina. Por otro lado, resulta sorprendente la prevalencia promedio mayor que se registró en este estudio para la población de ganado de doble propósito, situación que señala una mayor predisposición de estos animales a contraer la enfermedad, lo cual se puede relacionar con las condiciones climáticas y un mayor contacto con animales de vida silvestre,

portadores de *M. bovis*. Se ha encontrado que *M. bovis* puede permanecer viable en suelo y heces durante meses y hasta años en agua (7). Por otro lado, se observó una distribución y concentración de prevalencia de tuberculosis bovina muy similar a la que ha reportado el CENAVECE para la tuberculosis humana, dependencia que ha registrado los Estados Occidente y Golfo de México con mayor prevalencia y con una prevalencia menor en los Estados del Centro [8]. Si bien, es cierto que *Mycobacterium tuberculosis* es responsable de la mayoría de los casos de tuberculosis en el humano, también es cierto que una proporción de éstos casos es debida a *M. bovis*, tomando en cuenta el aspecto zoonótico de la enfermedad bovina, el riesgo de transmisión proviene principalmente del consumo de productos lácteos no pasteurizados. Los análisis de riesgo bivariado y multivariado señalan, como factores predisponentes el tipo de sistema de producción de los hatos lecheros, el nivel de producción de leche, tipo de lactancia, tipo de calostro, origen de reemplazo y presencia de otras enfermedades, como la paratuberculosis.

Cabe mencionar que los animales altamente seroreactivos (altos títulos de anticuerpos), son fuentes potenciales de diseminación de la infección dentro de las cuencas lecheras, ya que estos animales no son identificados por la prueba oficial en las diferentes modalidades, de ahí la importancia de considerar además de ésta, otras pruebas alternas para el diagnóstico, basadas en la respuesta inmune (5,6). De acuerdo a los factores de riesgo la probabilidad de infección es

mayor en las explotaciones ganaderas donde no existe un buen programa de bioseguridad para controlar no solo la tuberculosis, sino también otras enfermedades de origen infectocontagioso, favorecido por el sistema intensivo de producción. Este problema se agrava cuando existe supervisión veterinaria insuficiente y un mal manejo de los hatos, observando frecuentemente animales sanos alojados con animales adultos enfermos, situación favorecida por el hacinamiento.

---

## Referencias

1. Orsi RH & Wiedmann M. Characteristics and distribution of *Listeria spp.*, including *Listeria* species newly described since 2009. *Applied of Microbiology Biotechnology*. 2016. Doi:10.1007/s00253-0167552-2.
2. Jiménez-Edeza M, Castillo-Burgos M, Germán-Báez LJ, et al. Venta a granel de embutidos: una tendencia de comercialización asociada al riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos en Culiacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2020. doi:10.22319/rmcp.v11i3.5274
3. Comité estatal para el fomento y protección pecuaria de Michoacán, A.C. <http://www.cefppmich.org.mx/cgi-bin/index.php/campanas-zoosanitarias/bovinos-leche>.
4. Retos y oportunidades del sistema agroalimentario de México en los próximos 20 años. SAGARPA <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/retosyopportunidades.pdf>
5. Norma Oficial Mexicana NOM-031-ZOO-1995, Campaña Nacional Contra la Tuberculosis Bovina (*Mycobacterium bovis*). CEFPPM. 2012.
6. Algammal, Abdelazeem M., Ali Wahdan, and Mahmoud M. Elhaig. Potential efficiency of conventional and advanced approaches used to detect *Mycobacterium bovis* in cattle. *Microbial pathogenesis* 134 (2019): 103574. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103574>
7. De la Rúa-Domenenech, R., Goodchild, A.T., Vordermeier, H.M., et al. Ante mortem diagnosis of tuberculosis in cattle: a review of the tuberculin tests, gamma-interferon assay and other ancillary diagnostic techniques. 2006. *Res Vet Sci*. 81 (2)190-210. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2005.11.005>
8. Díaz OF, Banda RV, Jaramillo ML, Arriaga DC, González SD, Estrada CC. 2003. Identificación de bovinos portadores de *Mycobacterium bovis* aplicando técnicas inmunológicas y moleculares. *Vet. Mex.* 34(1):13-26.
9. Tuberculosis bovina. CFSPH - The Center for Food Security and Public Health [https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/bovine\\_tuberculosis-es.pdf](https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/bovine_tuberculosis-es.pdf)
10. <http://www.cenavece.salud.gob.mx/descargas/pdf/tuberculosis.pdf>.