



Frecuencia serológica de *Brucella* spp. en búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) de los estados de Campeche, Tabasco y Oaxaca, México



Raúl Miguel Reyes-Sandoval ^a

Dora Romero-Salas ^{a*}

Anabel Cruz-Romero ^b

Rebeca Isabel Vergara-Reyes ^a

Milagros González-Hernández ^c

Nadia Florencia Ojeda-Robertos ^d

^a Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Rancho Torreón del Molino, Unidad de Diagnóstico, Laboratorio de Parasitología. Carretera federal 140 Veracruz-Xalapa, km 14.5, Tejería, Veracruz, México.

^b Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Rancho Torreón del Molino, Unidad de Diagnóstico, Laboratorio de Enfermedades Infecciosas. Veracruz, México.

^c Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Agronomía y Veterinaria. San Luis Potosí, México.

^d Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: dromero@uv.mx

Resumen:

La brucelosis es una enfermedad zoonótica muy importante, considerada endémica en más de 170 regiones a nivel mundial, es una enfermedad primordialmente reproductiva que afecta

la salud humana y animal, así mismo, afecta la economía nacional. Los bovinos son una fuente de proteína importante en México y el búfalo de agua es una alternativa para la demanda de proteína animal. En México, el búfalo fue ingresado en los años noventa y tiene presencia en casi todos los estados. Sin embargo, después de 30 años de ser ingresado a México se desconoce su situación epidemiológica frente a brucelosis. El objetivo fue estimar la frecuencia serológica de *Brucella* spp. en búfalos de agua de los estados de Campeche, Tabasco y Oaxaca, México. Se realizó un estudio transversal con muestreo no probabilístico, en el cual se analizaron 825 búfalos de agua originarios de 18 hatos bufalinos de dichos estados. Se realizaron pruebas de tarjeta como tamiz y rivanol como confirmatoria, se calcularon las frecuencias por estado y municipio. La frecuencia general fue de 4 % para la prueba de tarjeta y 3 % con rivanol, los tres estados tuvieron seropositivos y el 66.6 % de la UPB fueron seropositivas. La seroprevalencia puede cambiar a lo largo del tiempo y está relacionada con múltiples variables; sin embargo, el hallazgo de animales seropositivos en zona de erradicación es de importancia sanitaria, debido a que esta enfermedad se encuentra en campaña a nivel nacional.

Palabras clave: Aborto, Brucelosis, Erradicación, Epidemiología, Economía pecuaria.

Recibido: 30/05/2024

Aceptado: 07/12/2024

Introducción

La brucelosis, también conocida como fiebre del mediterráneo o fiebre de Malta, es una de las enfermedades zoonóticas más comunes e importantes, considerada como endémica en más de 170 regiones y países⁽¹⁾. La brucelosis fue descrita a detalle en 1886⁽²⁾ y a la fecha sigue siendo un problema de salud pública para los países en vías de desarrollo principalmente, esta enfermedad está presente en gran parte de Latinoamérica⁽³⁾.

La brucelosis bovina, también conocida como aborto contagioso es normalmente ocasionada por *Brucella abortus*, cocobacilo Gram negativo, intracelular facultativo, aerobio obligado que carece de cápsula; enfermedad primordialmente reproductiva que presenta entre su signología, epididimitis, orquitis y artritis en los machos, mientras que en hembras se puede observar aborto y retención placentaria^(2,4).

La brucelosis afecta gravemente la salud del ganado y la economía de una gran cantidad de personas que dependen de la ganadería; las pérdidas económicas representan un efecto acumulativo que suma la reducción en la producción de leche, presencia de abortos,

mortinatos, eliminación selectiva de animales infectados, obstáculos para el comercio de animales y su exportación, mano de obra en términos de días-hombre desperdiciados, gastos médicos y veterinarios, aunados a gastos administrativos y gubernamentales en investigación y programas de control, entre otros⁽⁵⁾.

En los últimos 20 o 30 años se han llevado a cabo programas de erradicación que implican la eliminación de los animales infectados; sin embargo, las infecciones latentes y el largo tiempo de incubación de la enfermedad, la protección parcial de las vacunas y la dificultad para distinguir anticuerpos de los animales vacunados contra los producidos por infección natural son factores que limitan los programas de erradicación⁽⁶⁾.

En la actualidad los búfalos de agua tienen un papel muy importante en la economía mundial y la industria ganadera⁽⁶⁾; se describen como animales rústicos que cuentan con una notoria capacidad de adaptación a diferentes ambientes y temperaturas⁽⁷⁾. En estos animales la brucelosis es causada principalmente por *Brucella abortus* y estudios recientes ubican la seroprevalencia mundial en 9.7 %⁽¹⁾. Solo unos pocos búfalos que se infectan presentan signología clínica de la brucelosis como el aborto; sin embargo, muchos animales infectados son capaces de eliminar a la bacteria en la leche⁽⁶⁾.

De acuerdo a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), para julio de 2022 se contaban más de 58 mil búfalos de agua presentes en 29 de las 32 entidades federativas, además, menciona mayor crecimiento en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco, Oaxaca y Veracruz⁽⁸⁾. No obstante, desde la introducción de estos magníficos animales a México en los años 80, la situación epidemiológica de las enfermedades que *B. bubalis* comparte con *Bos taurus* y *Bos indicus* o sus cruza ha permanecido incierta. Las autoridades sanitarias han dejado de lado dicho tópico; para noviembre del 2024 no ha sido posible que la especie sea considerada dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995, Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales; además, hasta la fecha no se cuenta con información confiable y de libre acceso sobre el número de búfalos de agua que hay realmente en México. Por otra parte, después de 30 años de su entrada al país, hay poca información en cuanto a la brucelosis y su seroprevalencia en los búfalos de agua; por esta razón, el objetivo del presente estudio fue estimar la frecuencia serológica de *Brucella* spp. en búfalos de agua en los estados de Campeche, Tabasco y Oaxaca, México.

Material y métodos

Área y diseño de estudio

Se realizó un estudio epidemiológico de tipo transversal, y se seleccionaron los estados de Campeche, Tabasco y Oaxaca con base a la información de SADER⁽⁸⁾. La selección de las

Unidades de Producción Bufalina (UPB) se realizó mediante un muestreo no probabilístico de bola de nieve teniendo la siguiente metodología: 1) Se contactó a las dos principales asociaciones de criadores de búfalos de agua en México para dar a conocer el estudio e invitar a los ganaderos a participar; 2) Se convocó a una plática informativa virtual en la que se dieron a conocer los objetivos y pormenores del proyecto de investigación ante los criadores interesados; 3) finalmente, con los criadores que aceptaron participar se establecieron las fechas de muestreo para cada estado y UPB. El estudio comprendió de enero de 2023 hasta marzo 2024. La toma de muestras se realizó en los meses de febrero y en julio de 2023 para los estados de Campeche y Tabasco, respectivamente y en febrero del 2024 para Oaxaca. En cada una de las UPB participantes se realizó una encuesta general para obtener información sobre el manejo de los animales, calendarios de vacunación, desparasitación e información general. De manera individual se identificó a cada animal por medio del número de arete de SINIIGA cuando fue posible o numeración interna correspondiente a cada UPB, además se colectaron datos como la edad, el sexo, condición corporal, entre otros.

Tamaño de muestra

Con base en la aceptación de los productores, y conociendo el total del hato de cada UPB, se obtuvo la sumatoria de la población bufalina de cada estado (N). En Campeche 2,309 búfalos, 1971 en Tabasco y 190 para Oaxaca. Se calculó la población a muestrear en cada estado utilizando el programa estadístico EpiMuestra⁽⁹⁾ para un muestreo simple aleatorio con prevalencia esperada de 0.5 %⁽⁴⁾, obteniendo “n” de 330 búfalos en Campeche, 322 en Tabasco y 128 en Oaxaca. El número de animales por UPB fue correspondiente con la proporción de la población total del estado al que pertenece, seleccionando los animales al azar e incluyendo búfalos de todas las edades, acorde al manejo individual de cada UPB. Finalmente, se colectaron 393, 300 y 132 muestras en Campeche, Tabasco y Oaxaca, respectivamente.

Toma de muestras biológicas

La colecta de sangre se llevó a cabo por punción de la vena yugular externa, utilizando tubos con sistema de vacío sin anticoagulante. Los tubos permanecieron a temperatura ambiente por 50 min, posteriormente se mantuvieron en refrigeración. Las muestras fueron centrifugadas a 7,280 (g) durante 10 min, posteriormente, el suero se separó y depositó en alícuotas plásticas mantenidas a -28 °C hasta su empleo en las pruebas serológicas.

Pruebas serológicas

La prueba de tarjeta con Rosa de Bengala (RB) fue usada como tamiz y Rivanol (RV) como confirmatoria. En ambas pruebas los sueros y soluciones se utilizaron a temperatura ambiente, después de su homogenización.

Para la prueba de tarjeta con RB se utilizó una suspensión de células inactivadas de *Brucella abortus* de la cepa 1119-3, tamponadas y teñidas, con pH 3,6 a concentración del 8 % (Lote 4720042, caducidad: marzo, 2025). Se mezclaron 30 μ l suspensión tamponada con igual cantidad de suero, las muestras se mezclaron y mantuvieron en movimiento durante 4 min usando un balancín. La lectura se hizo en un aglutinoscopio, dependiendo de la presencia o ausencia de aglutinación, la prueba se interpretó como sospechosa o negativa.

En el caso de la prueba de RV, se empleó paquete celular de *Brucella abortus* cepa 1119-3 inactivada por calor, coloreado, concentrado al 4 % y pH 5.8 a 6.2 (Aba Test Rivanol). Se colocaron 400 μ l de solución de rivanol con la misma cantidad de suero en microtubos de 1.5 ml, la solución se mezcló invirtiendo el microtubo varias veces y se dejó reposar a temperatura ambiente; pasados 25 min los viales se centrifugaron a 2,000 rpm. (29 g) durante 5 min. Del sobrenadante, de izquierda a derecha se colocaron 80, 40, 20, 10 y 5 μ l en cada cuadrante de la placa (las diluciones corresponden a concentraciones de 1:25, 1:50, 1:100, 1:200, 1:400, respectivamente), mezclándolos con 30 μ L de antígeno. Las soluciones se mezclaron y extendieron en un diámetro aproximado de 2-3 cm, la placa se mantuvo en rotación hacia la derecha durante 6 min y 6 más hacia la izquierda. La lectura se realizó en un aglutinoscopio, la prueba se interpretó como positiva cuando se presentó aglutinación en concentraciones \geq 1:25. En ambas pruebas se usó como control positivo un suero vacuno previamente identificado y clasificado como positivo fuerte (+++).

Análisis estadístico

Con el uso de la página VassarStats: Website for Statistical Computation (en línea) se estimaron las frecuencias e intervalos de confianza al 95 %.

Resultados

Se analizaron 825 sueros bufalinos con la prueba de RB, estos sueros fueron obtenidos de 18 unidades de producción bufalina, nueve municipios y tres estados; 33 de los cuales mostraron aglutinación, representando el 4 %; con la prueba de RV, 25 sueros aglutinaron a concentración de 1:25, correspondiendo al 3 % (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1: Presencia de aglutinación en sueros bufalinos para las pruebas RB y RV en los tres estados y unidades de producción bufalina

Estado	n	RB	RV	RV	RV	RV	RV	UPB +
			1:25	1:50	1:100	1:200	1:400	
Campeche	393	11	8	7	6	5	4	4/7
Tabasco	300	19	14	14	11	8	5	7/9
Oaxaca	132	3	3	3	2	2	1	1/2
Total	825	33	25	24	19	15	10	12/18
Frecuencia, %		4.0	3.0	2.9	2.3	1.8	1.2	66.6
IC _{95%}		2.8-5.6	2.0-4.5	1.9-4.3	1.4-3.6	1.0-3.0	0.06-2.2	43.7-83.7

El estado de Tabasco fue el que presentó la mayor frecuencia serológica, con 8 % de búfalos que tuvieron anticuerpos a concentraciones $\geq 1:100$ y la menor frecuencia la reportó Oaxaca.

Cuadro 2: Serofrecuencia general a *Brucella* spp. con rivanol por estado

Estado	n	$\leq 1:50$	Frecuencia	IC _{95%}	\geq	Frecuencia	IC _{95%}
			(%)		1:100	(%)	
Campeche	393	15	3.82	2.3-6.3	15	3.8	2.3-6.3
Tabasco	300	28	9.33	6.3-13.3	24	8.0	5.3-11.8
Oaxaca	132	6	4.55	1.8-10.0	5	3.8	1.4-9
Total	825	49	5.9	4.4-7.8	44	5.3	3.9-7.1

En los tres estados se encontraron búfalos seropositivos, sin embargo, algunas UPB y municipios reportaron solo animales negativos como en el caso de Carmen en Campeche o Macuspana en Tabasco (Cuadro 3).

Cuadro 3: Serofrecuencia con RV para los municipios estudiados

Estado	Municipio	n	≤ 1:50	Frecuencia (%)	IC _{95%}	≥ 1:100	Frecuencia (%)	IC _{95%}
	Palizada	255	13	5.1	3-8.51	12	4.7	2.7-8.0
Campeche	Escárcega	11	2	18.1	5.1- 47.7	3	27.2	9.7-57.5
	Carmen	127	0	-	-	0	-	-
	Centro	198	24	12.1	8.2- 17.4	23	11.6	7.8-16.8
Tabasco	Nacajuca	15	0	-	-	0	-	-
	Huimanguillo	45	4	8.8	3.5- 20.7	1	2.2	3.9- 11.56
	Macuspana	42	0	-	-	0	-	-
Oaxaca	San Pedro Mixtepec	31	0	-	-	0	-	-
	Pinotepa Nacional	101	6	5.9	2.7- 12.3	5	4.9	2.1-11.7
	Total	825	49	5.9	4.4-7.8	44	5.3	3.9-7.1

Con respecto al sexo de los animales, 93 machos y 723 hembras fueron muestreados, ningún macho resultó positivo. Un total de 33 y 25 hembras presentaron aglutinación en sus sueros con las pruebas RB y RV (1:25), respectivamente, de las cuales, solo 10 mostraron aglutinación a concentración de 1:400. Se encontró diferencia estadística con esta variable ($J_i^2 = 7.4$; $P = 0.025$).

Referente a la edad de los animales, en este estudio se incluyeron animales de todas las edades, teniendo animales desde un mes hasta 22 años. Cinco sueros de animales menores de un año aglutinaron con RB; de estos, cuatro presentaron anticuerpos con RV. En el estado de Campeche un bucerro con seis meses de edad presentó aglutinación a concentración de 1:400 (UPB 7). En Tabasco, tres bucerros presentaron anticuerpos y solo uno de ellos presentó concentración de 1:400, todos con siete meses de edad (UPB 10).

El suero de 24 animales >1 año y <10 años fueron positivos para RB, de los cuales, 19 tuvieron aglutinación con RV; cuatro animales de Campeche (UPB 1, 2, 6 y 7), 13 de Tabasco (UPB 10 y 16) y tres en Oaxaca (UPB 16), las concentraciones de anticuerpos fueron desde 1:25 a 1:400.

El suero de cuatro animales >10 años presentó aglutinación con RB y solo dos presentaron anticuerpos con RV (Cuadro 4). El primero de estos aglutinó a concentración de 1:50, perteneciente a un animal de 20 años (UPB 1) y el otro a concentración de 1:25 con 12 años

(UPB 7), ambos de Campeche. No se encontró diferencia estadística entre los grupos de edad ($Ji^2= 14.4$, $P= 0.702$)

Cuadro 4: Detección de aglutinación en sueros bufalinos con RB y RV con respecto a la edad

Edad (meses)	n	RB	RV 1:25	RV 1:50	RV 1:100	RV 1:200	RV 1:400
≤ 12	204	5	4	4	3	2	2
13 – 120	525	24	19	19	16	13	8
≥121	96	4	2	1	0	0	0
Total	825	33	25	24	19	15	10

Discusión

Existen pocos estudios sobre *Brucella* spp. en búfalos de agua de México. En ellos se presentan resultados superiores a los reportados en ganado vacuno; según el primer reporte en el sur del estado de Veracruz, donde trabajaron tres hatos, describen una seroprevalencia en *B. bubalis* del 13 y 7 % para RB y RV, respectivamente⁽¹⁰⁾; mientras que para el año de 2017 se reportó según SENASICA, un total de 8,119 pruebas de tarjeta positivas de un total de 3,312 de las cuales 166 (0.24 %) fueron realizadas en ganado bovino⁽¹¹⁾, publicando también una frecuencia nacional de 0.22 % basándose en las cuarentenas establecidas⁽¹²⁾.

Para el año de 2022, se publicó un segundo estudio que incluyó tres UPB en Veracruz y dos en Tabasco, aquí reportan una prevalencia del 0.5 % empleando la prueba de ELISA⁽⁴⁾. Según los últimos reportes del 2023, la frecuencia en ganado vacuno fue del 0.05 % a nivel nacional⁽¹³⁾; en este contexto, se menciona que previo al 2010 la seroprevalencia mundial en *B. bubalis* era del 20.8 %, por encima de la reportada en el periodo que comprendió entre 2010 al 2020 del 4.2 %, atribuyendo dicha reducción a las medidas de control *in situ* propuestas por la Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH, por sus siglas en inglés), que reconoce una mejoría en el control de las enfermedades zoonóticas dentro de los países en vías de desarrollo⁽¹⁾. En este tenor, los reportes serológicos existentes en México demuestran también una reducción; sin embargo, las dos publicaciones consideran únicamente la región sur de Veracruz y norte de Tabasco, conocida popularmente por la cantidad de búfalos de agua presentes. Tomando en cuenta los números y estados que menciona la SADER en su blog⁽⁸⁾, es necesario considerar más estados y zonas para obtener una imagen más real de la situación epidemiológica en la que se encuentran los búfalos de agua y en especial cuando se habla de una zoonosis potencial como lo es brucelosis⁽¹⁴⁾.

Contrastar los resultados de las investigaciones resulta útil para ubicarse dentro del universo de la problemática en cuestión, se pueden tomar ideas de las políticas públicas y de sanidad

animal de los países que dejaron el problema atrás como Canadá, Japón, Australia y Nueva Zelanda⁽¹⁵⁾; también se debe considerar que aun cuando algunos países tienen seroprevalencias de cero para *Brucella* spp.⁽¹⁶⁾, siguen teniendo un pobre desempeño en su producción y sanidad pecuaria con otras enfermedades; lo que nos sugiere mirar a estas otras enfermedades como un todo y buscar soluciones integrales, dando prioridad a aquellas enfermedades que afectan la salud humana⁽¹⁾.

En los tres estados fueron detectados animales seropositivos; sin embargo, en Campeche y Oaxaca no había reportes previos. Llama la atención que el estado de Campeche actualmente se encuentre en fase de erradicación⁽¹⁷⁾; en las UPB de los municipios de Palizada y Escárcega que presentaron animales seropositivos a RV y cuatro de estos mostraron concentraciones de 1:400. Por el contrario, el municipio de Carmen no reportó animales seropositivos.

El estado de Tabasco y la zona noreste de Oaxaca, donde se ubican las UPB estudiadas, son actualmente zonas en fase de control⁽¹⁷⁾. En los tres estados se reportan UPB sin animales seropositivos, en este caso se debe considerar que solo se tomó una muestra de la población total. Por otra parte, es bien conocido que la asociación de factores humanos y animales con el ambiente pueden contribuir al aumento o disminución de los factores de riesgo en cada nicho ecológico o área endémica⁽¹⁸⁾.

Recientemente se propuso una asociación, teniendo a la lluvia como factor determinante en el aumento de la seroprevalencia en búfalos de agua frente a *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii* y *Brucella abortus* en México⁽⁴⁾. Esto puede ayudar a entender las diferencias entre las seroprevalencias de los estados, el clima de Oaxaca es más seco que en Tabasco y Campeche, siendo Aw (cálido subhúmedo con lluvias en verano), Af (cálido húmedo con lluvias todo el año) y Am (cálido húmedo con lluvias en verano), respectivamente⁽¹⁹⁾. También existe diferencia entre los municipios y la ubicación de cada UPB. Como ejemplo, el municipio de Carmen, Campeche, cuentan con los tres tipos de climas descritos renglones arriba, según el INEGI⁽²⁰⁾ y no presentó animales seropositivos. Otra forma de contrastar la influencia de las condiciones climáticas es en el estado de Oaxaca, ambos municipios y UPB cuentan con las mismas características climatológicas^(21,22) y solo en Pinotepa Nacional se encontraron tres animales positivos con RV y uno de ellos presentó concentración de 1:400.

Con relación a la edad, los estados promediaron 7.21, 3.38 y 4.59 años para Campeche, Tabasco y Oaxaca, respectivamente. Como antes se mencionó, la edad máxima registrada fue de 22 años y la mínima de un mes. La edad es un importante factor de riesgo que aumenta año con año el caso de enfermedades parasitarias como neosporosis y toxoplasmosis en búfalos de agua⁽⁴⁾; también se ha registrado ese comportamiento en el caso de enfermedades de origen bacteriano como leptospirosis y virales como el herpesvirus en *B. bubalis*⁽²³⁾. Con respecto a la presencia de anticuerpos maternos en animales jóvenes; se manifestó el uso de

vacunas contra la brucelosis en tres de las 18 UPB; sin embargo, la última aplicación fue en 2017 según los administradores de las UPB.

Con los búfalos, las medidas de control de ecto y endoparásitos, además de la suplementación alimenticia y planes de vacunación son menos estrictos que con vacunos, la resistencia innata que *B. bubalis* presenta, hace que en la mayoría de las UPB las medidas de control sean más relajadas⁽²⁴⁾. También se ha descrito que la forma de vida de los búfalos de agua y su cercano contacto con bebederos comunales para otras especies domésticas y silvestres, provocan que la posibilidad de contacto con una gran cantidad de agentes patógenos sea mayor que en los vacunos u otro tipo de ganado⁽²⁵⁾. Lo mencionado y las condiciones climatológicas, sumado a la particular forma de manejo bufalino de cada hato, son los responsables en las diferentes frecuencias encontradas entre los estados y UPB^(3,24,25).

Ya bien descritos están los factores de riesgo para animales y humanos, las complicaciones que existen en cuanto a normativa, las dificultades económicas para la eliminación del ganado infectado, el corto alcance de los programas de monitoreo efectuados por los Comités Estatales de Fomento Pecuario y 30 años después de la publicación de las NOM-041-ZOO-1995 y NOM-022-SSA2-1994, la brucelosis sigue siendo un problema de salud pública y animal^(1,3,26). Tener una serofrecuencia del 3 % con RV (1:25) en los tres estados es una luz roja; ya que México es uno de los países con mayor presencia de brucelosis en la región del Caribe y Centroamérica⁽²⁶⁾. La interpretación de los resultados debe ser muy prudente, cada UPB, región, estado o país tiene características muy particulares y la seroprevalencia puede variar a lo largo del tiempo⁽¹⁾.

Vale la pena hacer mención de las limitaciones que se observaron durante la realización de este estudio; entre las más notorias se pueden anotar la falta de una base de datos con acceso público e información actualizada sobre la población bufalina. El muestreo a conveniencia producirá sesgo con respecto a las UPB que decidieron no participar en el estudio y con los que no tuvieron conocimiento del mismo, enmascarando la situación real de la población total. Por otra parte, la falta de registros productivos o de medicina preventiva en la mayoría de las UPB dificultan el análisis de los datos y modifican los resultados. Finalmente, resulta necesario el uso de diferentes técnicas de diagnóstico para enriquecer la información generada en torno a los búfalos de agua y animales de producción, sugiriendo el uso de diferentes técnicas como inmunofluorescencia, ELISA, inmunodifusión radial con hapteno nativo, histopatología, PCR, aislamiento y caracterización de cepas de campo, etc. que, sin duda, ayudarán a fortalecer la información generada.

Conclusiones e implicaciones

A pesar de las bondades y oportunidades que presentan los búfalos de agua y su aparente resistencia frente a la brucelosis, son necesarias acciones para definir el estado epidemiológico de estos animales tales como: desarrollar nuevas técnicas diagnósticas, aislamientos bacterianos y su análisis, es indispensable también considerar la introducción de *B. bubalis* a las NOM pertinentes; además, es urgente la apertura de nuevas líneas de investigación por parte de instituciones públicas y privadas para contribuir al control de esta y otras enfermedades que los búfalos de agua comparten con los vacunos y otros animales domésticos y silvestres.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado a cada una de las UPB que permitieron trabajar con sus animales y en especial a la Asociación de Criadores de búfalos de agua de México. A.C. Cría Búfalos Mx. por todo el apoyo brindado. Esta investigación se llevó a cabo con el financiamiento otorgado por CONAHCYT para Estancias Posdoctorales por México 2022 (3) en modalidad académica otorgada al primer autor y el estímulo económico del SNII para el CVU 437053. Agradecemos el apoyo a la FMVZ-UV por las facilidades brindadas y en especial al Laboratorio de Parasitología del Rancho Torreón del Molino, Universidad Veracruzana por el apoyo técnico y humano.

Conflicto de interés

Los autores manifiestan no tener conflicto de interés alguno.

Literatura citada:

1. Shi JF, Gong QL, Zhao B, Ma BY, Chen ZY, Yang Y, *et al.* Seroprevalence of brucellosis in buffalo worldwide and associated risk factors: A systematic review and meta-analysis. *Front Vet Sci* 2021;8:649252. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.649252>.
2. Wyatt HV. Lessons from the history of brucellosis. *Rev Sci Tech* 2013;32(1):17–25.
3. Lozano-López E, Austreberta-Nazar-Beutelspacher D, Nahed-Toral J. Brucelosis bovina y humana en el sur de México: Una zoonosis desatendida. *Rev Chil Infectol* 2022;39(2):157-165. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182022000200157>.

4. Baltazar-Pérez J, Utrera-Quintana F, Camacho-Ronquillo J, González-Garduño R, Jiménez-Cortez H, Villa-Mancera A. Prevalence of *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii* and *Brucella abortus* in water buffalo (*Bubalus bubalis*): Climatic and environmental risk factors in eastern and southeast Mexico. *Microb Patholog* 2022;173:105871. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105871> .
5. Khurana SK, Sehrawat A, Tiwari R, Prasad M, Gulati B, Shabbir M Z, *et al.* Bovine brucellosis a comprehensive review. *Vet Q* 2021;41(1):61–88. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1868616>.
6. Borriello G, Capparelli R, Bianco M, Fenizia D, Alfano F, Capuano F, *et al.* Genetic resistance to *Brucella abortus* in the water buffalo (*Bubalus bubalis*). *Infect Immun* 2006;74(4):2115–2120. <https://doi.org/10.1128/iai.74.4.2115-2120.2006> .
7. Romero SD, Pérez LAA. Bubalinocultura en México: retos de industria pecuaria naciente. Gonzales-Stagnaro N, Madrid-Bury E, Soto-Belloso L. Logros y desafíos de la ganadería doble propósito. Venezuela: Ed. Astro Data SA; 2014;707-715.
8. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Bubalinocultura, sustancial contribución alimentaria. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/bubalinocultura-sustancial-contribucion-alimentaria>. 2022. Consultada 4 Abr, 2024.
9. Segura-Correa JC. EpiMuestra, un programa para el tamaño de muestra para estudios epidemiológicos. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México. 2008.
10. Suazo-Cortez R, Romero-Salas D, Villagómez-Cortés JA. First notification on the presence of brucellosis in water buffalo (*Bubalus bubalis*) in Mexico by serological tests. *Afr J Microbiol Res* 2012;6:3242–3247. https://academicjournals.org/article/article1380712971_Suazo-Cortez%20et%20al.pdf.
11. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Dirección General de Salud Animal, Dirección de Campañas Zoonosanitarias. Datos sobre la vigilancia de la brucelosis bovina mediante pruebas de tarjeta. Enero-diciembre 2017. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/326646/4_BR_VIG_BOVINOS_PR_UEBA_TARJETA_ENE_DIC_2017.pdf. Consultada 5 Abr, 2024.
12. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Dirección General de Salud Animal, Dirección de Campañas Zoonosanitarias. Datos sobre la frecuencia de la brucelosis con base en las cuarentenas establecida. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/326649/7_BR_FRECUENCIAS_EN_E_DIC_2017.pdf. Consultada 5 Abr, 2024.

13. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Dirección General de Salud Animal, Dirección de Campañas Zoonosanitarias. Campaña nacional contra la brucelosis en los animales seroprevalencia de la brucelosis. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/891783/4_SEROPREVALENCIA_BR_-_4TRIM_2023.pdf Consultada 5 Abr, 2024.
14. Organización Mundial de Sanidad Animal. Brucelosis. <https://www.woah.org/es/enfermedad/brucelosis/> Consultada 5 Abr, 2024.
15. Olmo L, Dye MT, Reichel MP, Young JR, Nampanya S, Khounsy S, *et al.* Investigation of infectious reproductive pathogens of large ruminants: Are neosporosis, brucellosis, leptospirosis and BVDV of relevance in Lao PDR? *Acta Trop* 2018;177:118-126. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.10.007>.
16. Aguilar-Romero F, Cantú-Covarrubias A, Díaz-Aparicio E, Favila-Humara LC, Herrera-López E, *et al.* Prevención de brucelosis en rumiantes. Manual de capacitación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal, Cuajimalpa, DF. México. 2011. ISBN: 978-607-425-557-7.
17. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Dirección General de Salud Animal, Dirección de Campañas Zoonosanitarias. Situación actual del control de la brucelosis en México. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-del-control-de-la-brucelosis-en-mexico>, Consultada 10 Abr, 2024.
18. López-Del-Águila WY. Prevalencia de brucelosis bovina en la cuenca ganadera del Alto Imaza, región Amazonas, Perú. *Rev Cient UNTRM: Cienc Nat Ing* 2021;4(2):15. <https://doi.org/10.25127/ucni.v4i2.722> .
19. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Primera ed. México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 1981.
20. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Carmen, Campeche. 2010. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/04/04003.pdf. Consultada 10 Abr, 2024.
21. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca. 2010. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20482.pdf. Consultada 10 Abr, 2024.

22. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, San Pedro Mixtepec, Oaxaca. 2010. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20318.pdf. Consultada 10 Abr, 2024.
23. Romero-Salas D, Alvarado-Esquivel C, Domínguez-Aguilar G, Cruz-Romero A, Ibarra-Priego N, Barrientos-Salcedo C, *et al.* Seroepidemiology of infection with *Neospora caninum*, leptospira, and bovine herpesvirus type 1 in water buffaloes (*Bubalus Bubalis*) in Veracruz, Mexico. *Eur J Microbiol Immunol* 2017;7(4):278–283. <https://doi.org/10.1556/1886.2017.00029> .
24. Hernández-Herrera G, Lara-Rodríguez DA, Vázquez-Luna D, Ácar-Martínez N, Fernández-Figueroa JA, Velásquez-Silvestre MG. Búfalo de agua (*Bubalus bubalis*): Un acercamiento al manejo sustentable en el sur de Veracruz, México. *Agroproductividad* 2018;11(10)27-32.
25. Neverauskas CE, Nasir A, Reichel MP. Prevalence and distribution of *Neospora caninum* in water buffalo (*Bubalus bubalis*) and cattle in the northern territory of Australia. *Parasitol Int* 2015;64(5):392-396.
26. Bonilla-Aldana DK, Trejos-Mendoza AE, Pérez-Vargas S, Rivera-Casas E, Muñoz-Lara F, Zambrano LI, *et al.* A systematic review and meta-analysis of bovine brucellosis seroprevalence in Latin America and the Caribbean. *NMNI* 2023;54. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2023.101168>.