



REVISTA ARGENTINA DE MICROBIOLOGÍA

www.elsevier.es/ram



ORIGINAL

Factores de riesgo asociados a la presentación de brucelosis en establecimientos mixtos de caprinos-bovinos de la provincia de Formosa, Argentina

Iris Carolina Elías ^{a,*}, María Nair Viola ^a, Ana Maria Russo ^a
y Marcelo Signorini Porchietto ^b

^a Centro de Investigaciones y Transferencia (CIT Formosa), Formosa, Argentina

^b Instituto de Investigación de la Cadena Láctea (INTA-CONICET), Santa Fe, Argentina

Recibido el 4 de junio de 2024; aceptado el 10 de octubre de 2024

PALABRAS CLAVE

Factores de riesgo;
Sanidad animal;
Brucelosis

Resumen La brucelosis es una enfermedad zoonótica de distribución mundial que genera importantes pérdidas productivas e impactos negativos sobre la salud pública. El objetivo de este trabajo fue identificar factores de riesgo asociados a la presencia de brucelosis en explotaciones mixtas, con bovinos y caprinos, en la región centro-oeste de la provincia de Formosa. Se muestrearon de manera aleatoria 67 establecimientos mixtos con un total de 7.855 animales (2.943 bovinos y 4.912 caprinos) durante 2022 y el primer semestre de 2023. Las muestras fueron analizadas serológicamente (antígeno tamponado [BPA] + prueba de fluorescencia polarizada [FPA]) para determinar el número de animales positivos. Asimismo, en cada establecimiento se realizó una encuesta confidencial al productor para detectar potenciales variables asociadas a la presencia de la enfermedad. El análisis estadístico se realizó empleando modelos lineales generalizados mixtos (MLGM) con distribución binomial, función de enlace logarítmico y rodeo como variable aleatoria. La prevalencia estimada de brucelosis en establecimientos mixtos fue del 9% y por animal del 2,75% de manera conjunta (caprinos-bovinos). La prevalencia de brucelosis en bovinos y caprinos estuvo explicada por la presencia de animales con signología reproductiva (*odds ratio* [OR] = 40), presencia de abortos de edades gestacionales avanzadas o nacimiento de crías débiles (OR = 5,3), el tratamiento incorrecto de los abortos (OR = 8) y el ingreso de animales desde otras explotaciones (OR = 5,9), sin certificado negativo de brucelosis (OR = 9,6). Es importante el manejo que se lleva a cabo en cada establecimiento para el control de la brucelosis, lo que debería abarcar medidas preventivas, prácticas de sanitización en los corrales y la protección de los operarios.

© 2024 Los Autores. Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Asociación Argentina de Microbiología. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: iriscarolinae@hotmail.com (I.C. Elías).

<https://doi.org/10.1016/j.ram.2024.10.003>

0325-7541/© 2024 Los Autores. Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Asociación Argentina de Microbiología. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/>).

Cómo citar este artículo: I.C. Elías, M.N. Viola, A.M. Russo et al., Factores de riesgo asociados a la presentación de brucelosis en establecimientos mixtos de caprinos-bovinos de la provincia de Formosa, Argentina, Revista Argentina de Microbiología, <https://doi.org/10.1016/j.ram.2024.10.003>

KEYWORDS

Risk factors;
Animal health;
Brucellosis

Risk factors associated with the presence of brucellosis in mixed establishments (caprine and bovine) in the province of Formosa, Argentina

Abstract Brucellosis is a zoonotic disease with a worldwide distribution that causes significant productive losses and negative impacts on public health. The aim of this work was to identify the risk factors associated with the presence of brucellosis in mixed farms (cattle/goats) in the central-western region of the province of Formosa. Sixty seven mixed farms with 7,855 animals (2,943 cattle and 4,912 goats) were randomly sampled during 2022/2023. The samples were serologically analyzed (BPA + FPA) to determine which animals were positive. Likewise, in each farm, a confidential survey was carried out to evaluate potential associated variables. The statistical analysis was performed using Generalized Linear Mixed Models (GLMM) with binomial distribution, logarithmic link function, and farm as a random variable. The estimated prevalence of brucellosis in mixed farms was 9%, while the joint prevalence per animal (cattle and goats) was 2.75%. The prevalence of brucellosis in cattle and goats was explained by the presence of animals with reproductive signs (*odds ratio*, OR = 40), the occurrence of abortions in the last term of gestation and the birth of weak offspring (OR = 5.3), incorrect treatment of abortions (OR = 8), the introduction of animals from other farms (OR = 5.9), and not having a negative brucellosis certificate (OR = 9.6). The management practices conducted in each farm such as preventive measures, sanitation practices for the pens, and prevention measures for the workers, are important for the control of brucellosis.

© 2024 The Author(s). Published by Elsevier España, S.L.U. on behalf of Asociación Argentina de Microbiología. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La brucelosis es una patología zoonótica de distribución mundial conocida desde hace muchos años; sin embargo, continúa siendo un problema sanitario y económico de envergadura. Es una enfermedad infectocontagiosa producida por bacterias intracelulares del género *Brucella*^{8,43}.

Algunas especies como *Brucella abortus*, *Brucella melitensis*, *Brucella suis*, *Brucella ovis*, *Brucella canis*, *Brucella neotomae*, *Brucella microti*, *Brucella vulpis*, *Brucella inopinata* y *Brucella papionis* afectan a animales terrestres; otras especies afectan a mamíferos marinos (*Brucella ceti* y *Brucella pinnipedialis*). *B. abortus*, *B. melitensis*, *B. suis* y *B. canis* son patógenas para los humanos; como zoonosis, esta enfermedad está muy extendida en todo el mundo, ubicándose como una de las siete enfermedades más desatendidas según la Organización Mundial de la Salud (OMS)^{20,22}. El riesgo de contraerla es más elevado para quienes trabajan con animales susceptibles de padecer la enfermedad, lo que abarca productores agropecuarios, veterinarios, trabajadores rurales y personal de frigoríficos^{27,29,43}.

Las principales vías de transmisión de *Brucella* en los animales son la placenta, los líquidos fetales y las secreciones vaginales expulsadas por las hembras infectadas, ya sea al abortar o varios meses después del aborto o el parto. Una vez que esta bacteria ingresa al organismo, aquellas células que logran escapar del sistema inmune pueden llegar hasta los ganglios linfáticos de la cabeza y el cuello debido a que la vía de entrada más común es la oral/digestiva. Si la bacteria no es detenida, se establece una infección persistente con la posibilidad de producir una bacteriemia al dispersarse por todo el organismo. La bacteria puede llegar al bazo y órganos

asociados a la reproducción (útero, epidídimo y testículos), así como a las articulaciones^{14,22,28}.

El reservorio de estos microorganismos son especies domésticas de ganado vacuno, porcino, caprino y ovino, así como bisontes, camélidos americanos, alces y algunas especies de ciervos y de animales silvestres (liebre, zorro, comadreja, etc.)²⁶.

La infección por *Brucella* en ganado bovino suele estar causada por biovariedades de *B. abortus*. Sin embargo, en algunos países del sur de Europa, África y Asia occidental, en los que el ganado bovino se suele criar en estrecha relación con ganado ovino o caprino, la infección también puede deberse a *B. melitensis*. En ocasiones, *B. suis* puede causar infecciones en ganado bovino^{2,22,27}.

Esta patología está muy difundida a nivel mundial; sin embargo, y a pesar de ser la brucelosis una de las enfermedades más importantes del ganado bovino en América Latina y otras zonas de desarrollo preindustrial, muchos países carecen de programas de control⁴³.

En la Argentina, rige el Plan de Control y Erradicación de la brucelosis (Resolución 67/2019 y sus modificatorias)⁴¹ y, como medida preventiva, se indica la vacunación antibrucélica obligatoria de todas las terneras de tres a ocho meses de edad con vacuna *B. abortus* cepa 19, controlada y aprobada por el Servicio Nacional de Sanidad Animal y Calidad Agroalimentaria (SENASA) e identificada con estampilla oficial, con su número de serie y fecha de vencimiento⁴⁰.

Si bien el plan continúa vigente, existe una prevalencia predial de brucelosis bovina en el país del 12,4%³⁸. En la provincia de Formosa, la cifra es del 13,55%. Estudios previos citan una prevalencia del 22%³³ y, para el periodo 2018-2021, se estimó una prevalencia predial del 17,1%, mientras que la prevalencia por animal fue del 0,88% en la provincia¹⁶.

Con respecto a la especie caprina, en particular, la distribución de la enfermedad dentro del país no es homogénea³². Se identificaron áreas con alta prevalencia, como la provincia de Mendoza, sur de San Juan, este de Salta, oeste de Formosa y parte de La Rioja y Catamarca, y también áreas con prevalencias bajas en determinadas zonas de las provincias de San Luis, Córdoba, Tucumán, Santiago del Estero y oeste de Chaco. Incluso hay áreas donde no hay indicios de la enfermedad, como en la Quebrada de Humahuaca, los valles áridos de Salta y algunos departamentos de Catamarca y Tucumán. Tampoco en las provincias de Buenos Aires, La Pampa, Corrientes, Misiones, Entre Ríos y Santa Fe. Finalmente, la Patagonia fue declarada región libre de *B. melitensis*³¹. En la provincia de Formosa, se estimó una prevalencia global del 2%, con un incremento de este a oeste (0,22%, 1,22% y 3,76% en las zonas este, centro y oeste, respectivamente). La prevalencia de majadas positivas fue del 3,6% en la región este, del 12% en la región centro y del 36% en la región oeste³⁴. Dichos valores son elevados y cabe mencionar que mediante la Resolución n.º 372/2017 se aprobó el Plan Nacional de Control de brucelosis caprina; sin embargo, dicho plan no se lleva a cabo hasta el día de la fecha en la provincia.

Por lo mencionado, es importante diseñar estrategias de control y erradicación de la enfermedad en sistemas mixtos de zonas con crianza familiar o de baja escala. Y para ello, es necesario identificar los factores de riesgo que modulan la presencia y difusión de la brucelosis. El presente trabajo tuvo como objetivo contribuir al conocimiento de la epidemiología de la brucelosis, identificando los factores de riesgo que modifican la prevalencia de la enfermedad en explotaciones mixtas compuestas de bovinos y caprinos, ubicadas en la región centro-oeste de la provincia de Formosa.

Materiales y métodos

Área de estudio y muestreo

Se realizó un estudio observacional transversal en establecimientos pecuarios mixtos (bovinos y caprinos) en los departamentos Patiño y Bermejo, provincia de Formosa. Estos tienen la particularidad de incluir rodeos de tamaño mediano a pequeño (hasta 500 animales), excepcionalmente los rodeos son más grandes (más de 500 cabezas). La mayoría de los propietarios son familias que utilizan sus animales para consumo propio, con bajo número de ventas.

El número de establecimientos para ser muestreados se determinó empleando la ecuación general del tamaño muestral para estimar una proporción (prevalencia), con una prevalencia esperada del 22% (considerando datos reportados en 2013³³), un intervalo de confianza del 95% (IC 95%) y un error aceptable < 10%. De tal forma, se muestrearon de manera aleatoria 67 establecimientos ubicados en el centro-oeste de la provincia de Formosa, con un total de 7.855 animales (2.943 bovinos y 4.912 caprinos) durante el año 2022 y el primer semestre de 2023.

Dentro de cada establecimiento, se tomaron muestras de sangre de al menos un 25% de la totalidad de los animales de cada especie (bovinos: hembras mayores de 18 meses y machos mayores de seis meses; caprinos: hembras y machos mayores de seis meses, según recomendaciones

del SENASA). Las muestras de sangre se recolectaron por venopunción de la vena yugular sin anticoagulante. Luego de la extracción e identificación, fueron trasladadas inmediatamente (< 6 h) hasta el laboratorio bajo refrigeración e identificadas para su posterior procesamiento.

En cada establecimiento, el investigador también realizó una encuesta confidencial a cada productor. El objetivo de esta encuesta fue evaluar el efecto de potenciales variables explicativas sobre la prevalencia de brucelosis. La encuesta incluyó los siguientes aspectos generales: ubicación geográfica, número de animales, condiciones ecológicas, prácticas pecuarias cotidianas y antecedentes de la enfermedad, en el caso de que hubiera.

Identificación de los animales serológicamente positivos a *Brucella* spp.

Las muestras de sangre fueron centrifugadas para lograr la correcta separación del suero, en el que se efectuó la prueba de aglutinación en placa con antígeno tamponado (BPA) como prueba tamiz¹ y luego la prueba de fluorescencia polarizada (FPA) como prueba confirmatoria. Los resultados de la FPA se obtuvieron en unidades de milipolarización (UmP)³⁹. De acuerdo con los datos reportados por SENASA³⁹, los bovinos se diagnosticaron como negativos cuando los valores fueron < 94 UmP, sospechosos con valores entre 94 y 104 UmP y positivos con valores iguales o mayores de 105 UmP. Por otro lado, las muestras tomadas de caprinos fueron consideradas positivas cuando la prueba arrojó un valor igual o mayor de 85 UmP. De esta forma, una muestra se consideró positiva cuando ambas pruebas aplicadas en serie arrojaron resultados positivos.

Análisis estadístico e identificación de factores de riesgo

La cuantificación del grado de asociación entre los factores de riesgo identificados en la encuesta y la prevalencia de brucelosis en los rodeos (número de animales positivos/número total de animales muestreados) se realizó siguiendo la metodología epidemiológica clásica y ya aplicada en otros estudios epidemiológicos similares²⁵. En una primera etapa, todas las variables independientes fueron comparadas con la presencia de brucelosis de manera individual empleando modelos lineales generalizados mixtos (MLGM) con distribución binomial, función de enlace logarítmico y rodeo como variable aleatoria¹⁵. Solo las variables asociadas con la variable dependiente luego del análisis univariado con un $p < 0,15$ fueron ofrecidas, en una segunda etapa al MLGM con distribución binomial, función de enlace logarítmico y rodeo como variable aleatoria. Antes de realizar el análisis multivariado, se analizó la existencia de colinealidad, calculando la correlación entre pares de variables que expliquen situaciones similares, usando el coeficiente de correlación de Spearman o X^2 , dependiendo el tipo de variables. Cuando dos potenciales factores de riesgo se encontraron altamente correlacionados (coeficientes de correlación > 0,6), solamente se ofreció al modelo multivariado aquella variable con menor valor de p en el modelo univariado. Se efectuó una selección de modelos tipo *backward* para seleccionar el más explicativo, quitando una por

Tabla 1 Prevalencia de brucelosis en bovinos y caprinos en sistemas productivos mixtos (n=67). Departamentos Patiño y Bermejo, provincia de Formosa (Argentina)*

Categoría	Animales			Establecimientos	
	n	FPA+	Prevalencia (%)	FPA+	Prevalencia (%)
Caprinos	4.912	130	2,65	11	16,4
Bovinos	2.943	86	3	11	16,4
Total	7.855	216	2,75	6	9

FPA: prueba de fluorescencia polarizada.

* El periodo de muestreo abarcó todo 2022 y mitad de 2023

una las variables con mayor valor de significancia hasta que los coeficientes de regresión estimados para todas las variables del modelo tuvieran un $p < 0,05$. Finalmente, las variables que fueron eliminadas al inicio del proceso fueron reintroducidas en el modelo y se eliminaron si el valor de significancia era $> 0,05$ o la variación en los coeficientes estimados era menor del 20%⁹. Todos los análisis estadísticos fueron realizados empleando el programa Infostat (Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina).

Resultados

Seroprevalencia de la enfermedad

En los establecimientos mixtos muestreados de Patiño y Bermejo, la prevalencia de brucelosis fue del 9% (IC 95%: 4-17%), considerando establecimiento positivo a todo aquel con al menos un bovino y un caprino positivo. Sin embargo, discriminando por especie, se obtuvo una prevalencia a nivel de rodeo del 16,4% (IC 95%: 9-25%), tanto para caprinos como para bovinos. Evaluando la prevalencia por animal, se obtuvo un 2,75% (IC 95%: 2,3-3,1%) de positividad de manera conjunta (caprinos-bovinos), 3% en bovinos (IC 95%: 2,3-3,5%) y 2,65% (IC 95%: 2,2-3,0%) en caprinos (tabla 1).

Análisis univariado y multivariado

A partir de la encuesta realizada a cada productor, surgieron 39 variables que fueron incluidas en el análisis univariado con el establecimiento como factor aleatorio (tabla 2). De acuerdo con el análisis univariado, la prevalencia de brucelosis se incrementa conforme aumenta la cantidad de animales existentes en los establecimientos, los cuales comparten fuentes de agua y pastorean frecuentemente de manera conjunta.

De igual manera, se refuerza la presencia de brucelosis cuando en los establecimientos no se desarrollan determinadas prácticas diarias como la recorrida de los potreros, lo que permite encontrar abortos o restos de ellos, placenta retenida o animales nacidos débiles; no se tienen presentes ciertas precauciones cuando ingresan animales, como solicitud de comprobante de seronegatividad y realización de la cuarentena correspondiente; o no se mantienen las medidas sanitarias como vacunar, tomar muestras periódicamente para el diagnóstico serológico, incluso aquellas referidas a movimientos o compra/venta de animales.

Otros puntos destacados son aquellos relacionados con las instalaciones y la geografía del establecimiento. A partir de estos resultados, se observa que la probabilidad de tener la enfermedad se incrementa cuando no es factible mantener el predio cerrado en su totalidad, lo que acarrea la posible circulación sin restricciones de animales domésticos de otros rodeos, así como la de animales silvestres cuya situación sanitaria se desconoce y quienes actúan como potenciales difusores del microorganismo. Adicionalmente, se incrementa la propagación del agente a través del curso que toman las aguas, ya sea porque se recibe el drenaje de predios vecinos o se drena hacia estos. Dado que el microorganismo tiene la particularidad de poder sobrevivir por periodos relativamente largos en el medio ambiente, esta situación sería preocupante cuando los rodeos vecinos son positivos a la enfermedad.

El modelo multivariado indica que la prevalencia de brucelosis en bovinos y caprinos está influenciada por la presencia de animales con signos reproductivos, presencia de abortos de edades gestacionales avanzadas o nacimiento de crías débiles, el tratamiento incorrecto de los abortos y el ingreso de animales desde otras explotaciones y sin certificado negativo de brucelosis (tabla 3).

Aquellos establecimientos que manifestaron tener problemas reproductivos tuvieron una probabilidad 40 veces mayor de tener brucelosis en su rodeo que aquellos donde no se reportó la presencia de animales con signos reproductivos. Además, el hecho de encontrar abortos o restos de estos, así como animales nacidos débiles, supone una probabilidad 5,3 veces mayor de tener brucelosis respecto de aquellos establecimientos en los que no se ha dado esta situación.

Es importante destacar que el destino que se les asigna a los abortos encontrados desempeñaría un papel importante, con mayor probabilidad de tener la enfermedad en aquellos predios en donde los dejan en el lugar (ocho veces mayor) o los llevan a un lugar alejado (5,4 veces mayor) que en los establecimientos que realizan algún tipo de práctica, como la quema, la desinfección o el enterrado de los abortos o secundinas encontrados.

Por otro lado, el ingreso de animales nuevos sin certificado negativo de brucelosis tuvo una probabilidad 9,6 veces mayor de tener la enfermedad en comparación con aquellos predios en los que sí se exige una certificación negativa de la enfermedad con los ingresos de animales. Además, existe una probabilidad 5,9 veces mayor de tener brucelosis cuando se permite el ingreso al predio de animales externos o no se refuerzan los controles para evitar esta situación.

Tabla 2 Resultados del análisis univariado ($p < 0,15$)

Variable	Niveles	Media	valor p
Tamaño del establecimiento	Mediano-grande	0,06	< 0,001
	Pequeño	0,01	
Producción simple	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,03	
Producción mixta	No	0,03	0,212
	Sí	0,02	
Pastoreo en conjunto	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,03	
Frecuencia de pastoreo	A veces	0,01	< 0,001
	Nunca	0,001	
	Siempre	0,05	
Comparten puntos de agua	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,03	
Tipo de bebedero	Estanque	0,03	< 0,001
	Pozo	0,01	
	Río	0,08	
Presencia de perros/gatos en el lugar	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,03	
Alambrado perimetral completo	No	0,04	< 0,001
	Sí	0,02	
Presencia de montes	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,03	
Acceso de animales silvestres al alimento	No	0,03	0,364
	Sí	0,03	
Acceso de animales silvestres al agua	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,03	
Ha realizado muestreo en caprinos	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,03	
Ha realizado muestreo en bovinos	No	0,01	< 0,001
	Sí	0,03	
Realiza vacunación	No	0,05	< 0,001
	Sí	0,02	
Animales positivos/sospechosos con signos reproductivos	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,1	
Usa servicios veterinarios	No	0,02	0,010
	Sí	0,03	
Existen puntos de agua estancada	No	0,03	0,549
	Sí	0,03	
Bebederos/comederos con materia fecal	No	0,03	< 0,001
	Sí	0,001	
Drena la explotación a otra	No	0,01	< 0,001
	Sí	0,05	
Recibe drenaje de otra explotación	No	0,01	< 0,001
	Sí	0,05	
Usa estiércol como abono	No	0,03	< 0,001
	Sí	0,001	
Divide las cabras por categoría	No	0,03	< 0,001
	Sí	0,02	
Horas cabra/corral	1 a 5	0,04	< 0,001
	6 a 10	0,03	
	más de 10	0,01	
Encontró abortos a término o nacidos débiles	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,06	
Encontró restos de abortos/secundinas	No	0,03	< 0,001
	Sí	0,001	

Tabla 2 (continuación)

Variable	Niveles	Media	valor <i>p</i>
Presencia de retención de placenta	No	0,01	< 0,001
	Sí	0,04	
Extraen la placenta	No	0,02	< 0,001
	Sí	0,05	
Destino de los abortos	Deja en el lugar	0,06	< 0,001
	Lleva lejos	0,03	
	Aplica tratamientos previos, entierra o quema	0,01	
Aíslan hembras próximas al parto	No	0,02	0,074
	Sí	0,03	
Intercambia reproductores	No	0,03	0,689
	Sí	0,03	
Ingresa animales de otra explotación	No	0,01	< 0,001
	Sí	0,04	
Ingresaron bovinos	No	0,02	< 0,001
	Sí	0,05	
Ingresaron caprinos	No	0,04	< 0,001
	Sí	0,001	
Realiza cuarentena (animales nuevos)	No	0,04	< 0,001
	Sí	0,001	
Los animales nuevos tenían certificado negativo a brucelosis	No	0,04	< 0,001
	Sí	0,001	
Elimina de inmediato animales positivos	No	0,04	< 0,001
	Sí	0,001	
Realiza reposición propia	No	0,001	< 0,001
	Sí	0,03	
Realiza controles al personal	No	0,03	< 0,001
	Sí	0,001	

Tabla 3 Resultados del análisis multivariado (MLGM) *p* < 0,05

Variable	Niveles	valor <i>p</i>	OR	IC inferior	IC superior
Animales positivos/sospechosos con signos reproductivos	Sí	< 0,001	40	17,241	90
	No	Referencia			
Encontró abortos a término o nacidos débiles	Sí	< 0,001	5,319	2,525	11,236
	No	Referencia			
Los animales nuevos tenían certificado negativo a brucelosis	No	< 0,001	9,573	3,827	23,946
	Sí	Referencia			
Ingresa animales de otra explotación	Sí	< 0,001	5,872	2,133	16,164
	No	Referencia			
Destino de los abortos	Deja en el lugar	< 0,001	8,001	2,97	21,556
	Lleva lejos	< 0,001	5,369	1,98	14,561
	Aplica tratamientos desinfectantes	Referencia			

IC: intervalo de confianza; MLGM: modelos lineales generalizados mixtos; OR: *odds ratio*.

Discusión

La producción pecuaria se ve afectada permanentemente por enfermedades de origen infeccioso que influyen negativamente en la reproducción, algunas de ellas son zoonóticas y provocan, además, problemas de salud pública¹². Estas

enfermedades interfieren en el buen desempeño productivo y reproductivo del ganado, lo que ocasiona enormes pérdidas económicas. En determinadas situaciones, incluso actúan como una barrera potencial para el comercio internacional de animales y de sus productos^{3,18,44}. La brucelosis, en particular, lleva años siendo estudiada y se han establecido

programas para su control y erradicación. No obstante, en muchas regiones la frecuencia de presentación se mantiene constante, constituyéndose en una endemia^{11,42}.

En este estudio, la prevalencia estimada de brucelosis en rodeos mixtos de dos departamentos de Formosa fue inferior a la reportada en estudios previos efectuados en la misma zona^{16,33,38}, probablemente por la condición de tener que presentar al menos un individuo positivo de cada especie para que el establecimiento fuese considerado positivo. Cabe destacar que los estudios citados fueron realizados en establecimientos bovinos y caprinos en forma separada, y que no hay datos de prevalencia de brucelosis de manera conjunta, tal como se describe en el presente trabajo. A pesar de ello, al determinar la prevalencia por especie, se observaron valores superiores a los reportados anteriormente. Esto podría deberse a la falta de controles periódicos en la zona (a pesar de la obligatoriedad de muestrear bovinos impuesta por entes nacionales), lo que lleva a que animales positivos permanezcan en los predios por tiempo indeterminado, constituyéndose en una fuente de infección tanto en rodeos mixtos como en aquellos de una sola especie.

La presencia de animales con signos reproductivos incrementa el riesgo de que los rodeos presenten bovinos y caprinos positivos a brucelosis. Esto es esperable, ya que las hembras, luego de abortar o incluso en ausencia de abortos, eliminan masivamente microorganismos a partir de la placenta, los líquidos o las membranas fetales, las secreciones vaginales y a través de la glándula mamaria^{6,28}. De esa forma, estarían eliminando constantemente el agente responsable al medio, lo que predispondría al contagio de animales negativos, por lo que es imprescindible eliminar de manera inmediata todo bovino o caprino afectado para así poder disminuir el riesgo de infección^{7,24}.

Asociado a lo anterior, encontrar abortos o animales nacidos débiles incrementa el riesgo de brucelosis en los rodeos mixtos, dado que, posiblemente, estos se constituyen en un foco de infección continuo. La presencia de estos signos nos demuestra que la enfermedad se perpetúa y que la infección uterina y mamaria permanecen. Adicionalmente, los productos del parto y la leche también contienen microorganismos que son eliminados al ambiente y se mantienen por largos periodos en el suelo y la materia fecal (80 días), e incluso mucho más tiempo (seis a ocho meses) en los productos del aborto^{14,23}. En definitiva, a pesar de tratarse de una bacteria no esporulada, la resistencia de *Brucella* a los agentes físicoquímicos y su viabilidad en el medio ambiente pueden calificarse como considerables, si bien estas dependen de factores tales como la temperatura, la humedad y la presencia de materia orgánica¹³.

Ligado con lo anterior, dejar el feto y las membranas fetales en el mismo lugar donde se produjo el aborto o incluso transportarlos a un lugar más alejado incrementan el riesgo de que los establecimientos sean positivos a brucelosis. No aplicar algún tratamiento desinfectante en los productos del aborto o no eliminarlos de manera segura predispone aún más a la diseminación de microorganismos en el ambiente y, consecuentemente, incrementa el riesgo de transmisión hacia individuos susceptibles³⁶.

Se ha documentado que los perros, los gatos y otros carnívoros salvajes, como los zorros, pueden ser importantes diseminadores mecánicos de la infección, transportando

material infectado (fetos o restos de placenta procedentes de abortos) por diferentes zonas del establecimiento, esparciendo eficientemente el agente causal y con ello incrementando la tasa de diseminación del patógeno¹¹. Si no existen medidas de protección, la presencia de estos animales en las proximidades de los rodeos afectados por la enfermedad o de las zonas de enterramiento de animales enfermos sacrificados puede incrementar los riesgos de transmisión del agente patógeno¹³.

En coincidencia con Vanzini et al.⁴³, consideramos que la vigilancia epidemiológica de los rodeos debería reforzarse, no solo realizando muestreos sistemáticos para identificar posibles focos, sino también asegurando que los animales que ingresan al rodeo sean negativos o, si no cumplen esta condición, que permanezcan en cuarentena hasta la obtención de los resultados de sus respectivos análisis. Estas consideraciones se encuentran descritas en el Plan Nacional de Control y Erradicación de la Brucelosis, donde, a su vez, se nombra la Determinación Obligatoria del Estatus Sanitario (DOES)⁴⁰.

Sin embargo, gran parte de los establecimientos no llevan a cabo las pautas establecidas. En ocasiones, se adjudica este comportamiento a cuestiones económicas. En este sentido, cabe advertir que probablemente debido al desconocimiento, los productores no notan los beneficios que conlleva lograr un rodeo libre y, por el contrario, las pérdidas que ocasiona el continuar con animales positivos o de situación desconocida frente a la enfermedad⁵. Todo propietario debería exigir animales serológicamente negativos o evitar el ingreso de animales con serología desconocida, ya que solo de esta manera podría proteger a su rodeo de posibles brotes y evitaría el ingreso de la enfermedad a su establecimiento. Frente a los brotes, no solo se afecta la producción, sino que también quedan expuestas las poblaciones de riesgo^{32,35,43}.

Similar situación se produce con el ingreso no intencional de animales de otra explotación, al desconocerse su estatus sanitario. Como se pudo observar en este estudio, en predios donde la cría es extensiva, los alambrados perimetrales muchas veces no se encuentran en condiciones adecuadas, lo que hace que los animales recorran no solo el predio de su propietario sino también los predios vecinos, y esto es difícil de controlar. Tal como afirma Díaz¹⁴, es común que se compartan pasturas y aguadas entre animales de distintos rodeos, que luego regresan a sus potreros o corrales. Esta mezcla podría influir en los rodeos libres complicando el control de la enfermedad.

Franc et al.¹⁹ han señalado que la enfermedad tiende a permanecer en un rodeo por las prácticas de cría de diferentes especies animales compartiendo pasturas y bebederos. Sin embargo, en este estudio, las variables que hacen referencia a ese tipo de manejo no arrojaron resultados significativos. Probablemente esto se deba a que la mayoría de los animales bovinos no permanecen en un predio determinado, no se presenta la convivencia de manera constante ni existe hacinamiento en esta especie. Lo contrario ocurre en las cabras, que a menudo son contenidas durante toda la noche en corrales de dimensiones pequeñas, es decir, es común que en un mismo predio estas especies sean criadas de manera muy distinta y en estrecho contacto con sus propietarios.

Lo anterior acarrea un gran riesgo para la salud de los productores debido a su condición de enfermedad zoonótica. La brucelosis es un problema de salud común entre las personas que de forma constante están en relación estrecha con el ganado o incluso en aquellas que viven en zonas rurales^{45,46}. La infección en humanos podría presentarse por el contacto con secreciones de animales infectados, traslado de fetos abortados o consumo de leche cruda o queso contaminado. Estas actividades son habituales en la zona bajo estudio, ya que son las familias las encargadas del manejo de los animales y suelen estar en estrecho contacto con ellos todo el tiempo, criándolos en condiciones de subsistencia, en su mayoría^{10,34}. La bacteria podría ingresar al organismo a través de las vías respiratorias o de lesiones en la piel mientras se manipulan animales infectados o sus desechos^{30,37}. De esa forma, la enfermedad puede ser adquirida por los propietarios de los animales cuando realizan prácticas diarias o durante la exposición ocupacional de los trabajadores de mataderos, carniceros y veterinarios^{4,17}.

Sumado a lo anterior, los propietarios dedicados a la cría de animales a pequeña escala presentan el hábito de comercializar productos artesanales derivados de la leche (quesillos) sin tener en cuenta la práctica de pasteurización. Además, suelen faenar los animales sin los debidos controles sanitarios siendo esta una de las rutas más comunes de transmisión²¹.

Conclusión

A través de este estudio fue posible identificar factores involucrados en la permanencia de la enfermedad en los rodeos, y son estos factores una pieza fundamental en la elaboración de estrategias de manejo del riesgo basadas en ciencia. Se pudo demostrar la importancia que reviste el manejo de los animales en cada establecimiento, en especial, la toma de medidas preventivas con respecto a los ingresos o movimientos de animales, así como también en lo referido a prácticas de sanitización de los corrales y medidas de prevención por parte de los operarios. Uno de los puntos fundamentales es la eliminación inmediata de todo animal positivo a brucelosis, así como el control epidemiológico continuo.

Es necesario reforzar el compromiso constante de los entes sanitarios nacionales y provinciales para incentivar el control de la brucelosis, ya que existe un gran desconocimiento por parte de los productores debido a la falta de información y asesoramiento. Sin dudas, esto es un trabajo que necesita del compromiso de todos los ejes involucrados para lograr resultados reales y visibles, cuidando no solo de la ganadería, sino también de la salud pública.

Financiación

Los análisis de laboratorio realizados en este estudio fueron financiados con fondos provenientes del Centro de Investigaciones y Transferencia (CIT Formosa).

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Angus R, Barton C. The production and evaluation of a buffered plate antigen for use in the presumptive test for brucellosis. *Dev Biol Stand.* 1984;56:349–56.
2. Acha PN, Szyfres B. Zoonosis y enfermedades comunes al hombre y a los animales. Volumen I. Bacteriosis y Micosis. 3 ed. Washington, DC: OPS Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la OMS; 2001. p. 28–52.
3. Alves AJ, Rocha F, Amaku M, Ferreira F, Telles EO, Grisi Filho JH, Ferreira Neto JS, Zylbersztajn D, Dias RA. Economic analysis of vaccination to control bovine brucellosis in the States of Sao Paulo and Mato Grosso, Brazil. *Prev Vet Med.* 2015;118:351–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.12.010>.
4. Álvarez Hernaández NE, Díaz Flores M, Ortiz R. Brucellosis, una zoonosis frecuente. *Rev Med Invest.* 2015;3:129–33.
5. Avila-Granados LM, Garcia-Gonzalez DG, Zambrano-Varon JL, Arenas-Gamboa AM. Brucellosis in Colombia: Current status and challenges in the control of an endemic disease. *Front Vet Sci.* 2019;6:321, <http://dx.doi.org/10.3389/fvets.2019.00321>.
6. Antoniassi NAB, Juffo GD, Pescador CA, Corbellini LG, Sonne L, Gomes MJP, Nakazato L, Driemeier D. Occurrence and characterization of bovine abortion caused by *Brucella abortus* infection in southern Brazil. *Arch Med Vet.* 2016;48:43–9, <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2016000100006>.
7. Borba MR, Stevenson MA, Gonçalves VS, Neto JS, Ferreira F, Amaku M, Telles EO, Santana SS, Ferreira JC, Lôbo JR, Figueiredo VC, Dias RA. Prevalence and risk-mapping of bovine brucellosis in Maranhão State, Brazil. *Prev Vet Med.* 2013;110:169–76, <http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.11.013>.
8. Castro HA, González SR, Prat MI. Brucellosis: una revisión práctica. *Acta Bioquim Clin Latinoam.* 2005;39:203–16.
9. Chowdhury S, Sandberg M, Themudo GE, Ersboll AK. Risk factors for *Campylobacter* infection in Danish broiler chickens. *Poult Sci.* 2012;91:2701–9.
10. Cisterna C, Conde S, Hollender D, Martino PE, Samartino L. Diagnóstico serológico de brucelosis en caprinos: comparación de técnicas. *InVet.* 2015;17:203–10.
11. Coelho A, García Díez J, Coelho AC. Brucellosis en pequeños rumiantes: etiología, epidemiología, sintomatología, diagnóstico, prevención y control. *Rev Electron Vet.* 2014;15:1–31.
12. Contreras AM, Figueredo GM, Carrillo AC. Actualización de la Neosporosis bovina. *Conex Agrop JDC.* 2012;2:49–66.
13. Crespo León F. Brucellosis ovina y caprina. Paris, Francia: Ed. Office International des Epizooties – OIE; 1994.
14. Díaz Aparicio E. Epidemiology of brucellosis in domestic animals caused by *Brucella melitensis*, *Brucella suis* and *Brucella abortus*. *Rev Sci Tec.* 2013;32:43–60.
15. Dohoo I, Martin W, Stryhn H. Veterinary Epidemiology Research. Charlottetown, Prince Edward Island (Canadá): Ed. AVC Inc.; 2003. p. 706.
16. Elías IC, Viola MN, Russo AM, Lozina LA, Signorini ML. Situación y distribución de la brucelosis bovina en la provincia de Formosa, Argentina. *Rev Inv Vet Perú.* 2023;34:e24958, <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v34i6.24958>.
17. Fiori PL, Mastrandrea S, Rappelli P, Cappuccinelli P. *Brucella abortus* infection acquired in microbiology laboratories. *J Clin Microbiol.* 2000;38:2005–6, <http://dx.doi.org/10.1128/JCM.38.5.2005-2006.2000>.
18. Fosgate GT, Diptee MD, Ramnanan A, Adesiyun AA. Brucellosis in domestic water buffalo (*Bubalus bubalis*) of Trinidad and Tobago with comparative epidemiology to cattle. *Trop Anim Health Prod.* 2011;43:1479–86, <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-011-9846-9>.
19. Franc KA, Krecek RC, Häsler BN, Arenas-Gamboa AM. Brucellosis remains a neglected disease in the developing world: a call for interdisciplinary action. *BMC Public Health.* 2018;18:125, <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-017-5016-y>.

20. Hull NC, Schumaker BA. Comparisons of brucellosis between human and veterinary medicine. *Infect Ecol Epidemiol.* 2018;8:1500846, <http://dx.doi.org/10.1080/2008686.2018.1500846>.
21. López Vega CA, Andraca RA, Leopoldo Rodríguez W. Brucelosis. Una infección vigente. *Acta Med.* 2008;6:158-65.
22. Lucero NE, Escobar GI, Ayala SM, Hasan DB. Manual de Procedimientos Técnicas para el Diagnóstico de Brucelosis Humana. Argentina: Servicio de Brucelosis Instituto Nacional de Enfermedades Infecciosas A.N.L.I.S. «Dr. Carlos G. Malbrán» Centro Regional de Referencia del WHO Global Salm Surv para América del Sur.; 2008 [consultado 28 Feb 2024] Disponible en: <https://www.brizuela-lab.com.ar/resumenes/WHO2008Brucella.pdf>
23. Martínez Hernández S, Ordóñez Velázquez II, Martínez Falcón AP. Evaluación de la incidencia de brucelosis en ganado ovino, caprino, y bovino en México (2017-2019). *Bol Cienc Agrop ICAP.* 2021;7:1-5.
24. Martínez DE, Cipolini NF, Storani CA, Russo AM, Martínez EI. Prevalencia y factores de riesgo asociados en bovinos, bubalinos, caprinos y ovinos de Formosa, Argentina. *Rev Vet.* 2018;29:40-4.
25. Molineri A, Giacobino A, Pacini A, Bulacio Cagnolo N, Fondevila N, Ferrufino C, Merke J, Orellano E, Bertozzi E, Masciángelo G, Pietronave H, Signorini M. Risk factors for the presence of Deformed wing virus and Acute bee paralysis virus under temperate and subtropical climate in Argentinian bee colonies. *Prev Vet Med.* 2017;140:106-15, <http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.02.019>.
26. Moral M, Laplume H, Sardi F, Jacob N, Lucero N, Reynes E. Enfermedades infecciosas. Brucelosis - Guía para el equipo de salud. Argentina: Dirección de Epidemiología - Ministerio de Salud de la Nación; 2013 [consultado 25 Feb 2024] Disponible en: <https://es.readkong.com/page/brucelosis-guia-para-el-equipo-de-salud-4130453>
27. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Manual of Diagnostic Test and Vaccines for Terrestrial Animals. 7 ed. París (Francia): World Organization for Animal Health; 2018.
28. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Acceso en línea al Manual Terrestre. Capítulo 3.1.4. Brucelosis (*Brucella abortus*, *B. melitensis* y *B. suis*). 2022 [consultado 21 Feb 2024]. Disponible en: <https://www.woah.org/es/que-hacemos/sanidad-y-bienestar-animal/recopilacion-de-datos-sobre-enfermedades/>.
29. Pappas G, Papadimitriou P, Akritidis N, Christou L, Tsianos EV. The new global map of human brucellosis. *Lancet Infect Dis.* 2006;6:91-9, [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(06\)70382-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(06)70382-6).
30. Rivers R, Andrews E, González-Smith A, Donoso G, Oñate A. *Brucella abortus*: inmunidad, vacunas y estrategias de prevención basadas en ácidos nucleicos. *Arch Med Vet.* 2006;38:7-18, <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2006000100002>.
31. Robles CA, Rivero SR, Chodilef MM. Control de la brucelosis caprina mediante el uso de la vacuna *Brucella melitensis* REV 1 en la provincia de Mendoza, Argentina. *Evaluación de 10 años de vacunación.* *Vet Arg.* 2020;37:1-3913.
32. Robles CA, Gaido A, Späth E, Torioni de Echaide S, Vanzini V, Zielinski G, Aguirre D, Samartino L, Rossanigo C. Brucelosis caprina en la Argentina. Argentina: INTA Ediciones; 2014.
33. Russo AM, Torioni de Echaide S, Mancebo OA, Casco RD, Gait JJ, Monzon CM. Epidemiología de la brucelosis caprina en la provincia de Formosa. En: *Memorias Primer Congr. Arg. Prod. Caprina. Serie Estudios sobre el Ambiente y el Territorio.* N.º 9. 2013. p. 400-3.
34. Russo AM, Mancebo OA, Monzón CM, Gait JJ, Casco RD, Torioni de Echaide SM. Epidemiología de la brucelosis caprina y ovina en la provincia de Formosa, Argentina. *Rev Arg Microbiol.* 2016;48:147-53.
35. Samartino L. Brucelosis bovina. XLVI Jornada Uruguaya de Buía-tria. 2016:30-4.
36. Sánchez Castilleja YM, Iglesias Reyes AE, López López MI, Rodríguez Diego JG. Factores de riesgo asociados a la seroprevalencia de brucelosis en hatos bovinos de Xochimilco, Ciudad de México. *Rev Salud Anim.* 2021;43:1-5.
37. Sánchez-Jiménez MM, Cardona-Castro N. Diseño y evaluación de una prueba de PCR para detección de *Brucella* spp. y *Brucella abortus*. *CES Med Vet.* 2013;8:73-82.
38. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Informe del muestreo para determinación de prevalencias de brucelosis bovina en la zona de mayor producción bovina en la República Argentina. 2014 [consultado 25 Feb 2024]. Disponible: <https://biblioteca.senasa.gov.ar/items/show/3883#c=0&m=0&s=0&cv=0>.
39. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Manual de diagnóstico serológico (*B. abortus*, *B. melitensis*, *B. suis*). Versión 4.0/2019 [consultado 23 Feb 2024]. Disponible en: <https://biblioteca.senasa.gov.ar/items/show/3907>.
40. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Plan Nacional de Control y Erradicación de la Brucelosis Bovina. RESOL-2019-67-APN-PRES#SENASA [consultado 23 Feb 2024]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-67-2019-319485/texto>.
41. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Plan Nacional de Control y Erradicación de la Brucelosis Bovina. RESOL 77/2021-APN-PRES#SENASA [consultado 25 Feb 2024]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-77-2021-347230/texto>.
42. Taboada N, Campos M, Leiva R, Gómez J, Mansilla C, Salazar M. Seroprevalencia de brucelosis en ganado caprino en hatos del Callao, Perú, 2003. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.* 2005;22:139-44.
43. Vanzini V, Bergamasco M, Cervera M, Aguirre N, Torioni de Echaide S, Gramaglia J, Sordiro A, Estrubia A, Lenarduzzi L, Muñoz P, Carbajales J, Gonzalez N, Aufranc C, Canal A. Reseña epidemiológica de la brucelosis bovina en la provincia de Santa Fe. Argentina: INTA; 2015.
44. Villanueva MA, Mingala CN, Tubalinal GAS, Gaban PBV, Nakajima C, Suzuki Y. Emerging infectious diseases in water Buffalo: An economic and public health concern. Londres, Reino Unido: InTech; 2018 [consultado 20 Feb 2024] Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/6811>
45. Wallach JC, Samartino LE, Efron A, Baldi P. Human infection by *Brucella melitensis*: an outbreak attributed to contact with infected goats. *FEMS Immunol Med Microbiol.* 1997;19:315-21.
46. Zambrano Aguayo MD, Díaz Salavarría IV, Pérez-Ruano M. Presencia de factores de riesgo asociados a la diseminación de brucelosis al humano en unidades procesadoras de leche y mataderos de la provincia Manabí, Ecuador. *Rev Invest Vet Perú.* 2018;29:310-8, <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14083>.