



Entramado

ISSN: 1900-3803

ISSN: 2539-0279

Universidad Libre de Cali

Bulla-Castañeda, Diana María; Díaz-Anaya, Adriana María;  
García-Corredor, Diego José; Pulido-Medellín, Martín Orlando  
Serodiagnóstico de Paratuberculosis en bovinos del municipio de Sogamoso, Boyacá (Colombia)\*  
Entramado, vol. 16, núm. 2, 2020, Julio-Diciembre, pp. 312-320  
Universidad Libre de Cali

DOI: <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6758>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265466153021>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UNAM  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# Serodiagnóstico de Paratuberculosis en bovinos del municipio de Sogamoso, Boyacá (Colombia)\*

## Diana María Bulla-Castañeda

Joven Investigadora, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja - Colombia.  
dianabullamvz17@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-3740-9454>

## Adriana María Díaz-Anaya

Estudiante de Doctorado Biomedical and Pharmaceutical Sciences, Universidad de Namur, Namur - Bélgica.  
adrima43@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-8192-6379>

## Diego José García-Corredor

Docente ocasional Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja - Colombia.  
diegojose.garcia@uptc.edu.co  <https://orcid.org/0000-0001-5122-5435>

## Martín Orlando Pulido-Medellín

Docente asociado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja - Colombia.  
martin.pulido@uptc.edu.co  <https://orcid.org/0000-0003-4989-1476>

## RESUMEN

La Paratuberculosis Bovina (PTB) o Enfermedad de John, es una infección del tracto gastrointestinal causada por *Mycobacterium avium*, subespecie *paratuberculosis* (Map), que se caracteriza por generar enteritis granulomatosa crónica y linfadenitis en rumiantes. La preocupación más relevante en relación con la importancia de la PTB es su posible vínculo con la Enfermedad de Crohn (EC) en humanos, sin embargo, esta asociación aún está bajo investigación. Se determinó la seroprevalencia de PTB en el municipio de Sogamoso (Boyacá), donde se recolectaron 604 muestras de sangre, cuyo suero fue procesado mediante la técnica de ELISA indirecta con el kit comercial PARACHEK® 2 KIT (Prionics, Suiza). La seroprevalencia fue de 10,9% (66/604), donde el grupo etario de 2 a 3 años y la raza Jersey fueron los de mayor seroprevalencia. Se encontró asociación estadística significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre la edad de los individuos evaluados y el suministro de concentrado. La seroprevalencia encontrada indica que se está produciendo una transmisión activa de la enfermedad y que las medidas de control disponibles no están siendo llevadas a cabo o no son lo suficientemente efectivas.

## PALABRAS CLAVE

Paratuberculosis; *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*; Ensayo de Inmunoabsorción Enzimática; Bovinos (DeCS)

Recibido: 16/04/2020 Aceptado: 01/06/2020

\* Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

**Cómo citar este artículo:** BULLA-CASTAÑEDA, Diana María; DÍAZ-ANAYA, Adriana María; GARCÍA-CORREDOR, Diego José; PULIDO-MEDELLÍN, Martín Orlando. Serodiagnóstico de Paratuberculosis en bovinos del municipio de Sogamoso, Boyacá (Colombia). En: Entramado. Julio - Diciembre, 2020 vol. 16, no. 2, p. 312-320 <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6758>



# Serodiagnosis of Paratuberculosis in cattle of the municipality of Sogamoso, Boyacá (Colombia)

V  
A B S T R A C T

Bovine Paratuberculosis (BPT), or Johne's Disease, is an infection of the gastrointestinal tract caused by *Mycobacterium avium*, subspecies *paratuberculosis* (Map), which is characterized by chronic granulomatous enteritis and lymphadenitis in ruminants. The most relevant concern regarding the importance of BPT is its possible link to Crohn's disease (CD) in humans, however this association is still under investigation. The seroprevalence of BPT was determined in the municipality of Sogamoso (Boyacá), where 604 blood samples were collected, their serum was processed by the indirect ELISA technique with the commercial PARACHEK® 2 KIT (Prionics, Switzerland), following the manufacturer's instructions. The seroprevalence was 10,9% (66/604), with the 2 to 3 years age group and the Jersey breed having the highest seroprevalence. A significant statistical association was found ( $p \leq 0,05$ ) with the age of the individuals tested and the supply of concentrate. The seroprevalence found indicates that active transmission of the disease is taking place, and that the available control measures are not being carried out or are not effective enough.

## KEYWORDS

Paratuberculosis; *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*; Enzyme-Linked Immunosorbent Assay; Cattle (DeCS)

# Serodiagnóstico da paratuberculose no gado do município de Sogamoso, Boyacá (Colômbia)

R E S U M O

A Paratuberculose Bovina (PTB) ou Doença de Johne é uma infecção do trato gastrointestinal causada pela *Mycobacterium avium* subespécie *paratuberculosis* (Map), caracterizada por gerar enterite granulomatosa crônica e linfadenite em ruminantes. A preocupação mais relevante em relação à importância da PTB é seu possível vínculo com a Doença de Crohn (DC) em seres humanos, no entanto, essa associação ainda está sob investigação. A soroprevalência da PTB foi determinada no município de Sogamoso (Boyacá), onde foram coletadas 604 amostras de sangue, cujo soro foi processado pela técnica ELISA indireta com o kit comercial PARACHEK® 2 KIT (Prionics, Suíça). A soroprevalência foi de 10,9% (66/604), onde a faixa etária de 2 a 3 anos e a raça Jersey foram as que apresentaram maior soroprevalência. Foi encontrada associação estatisticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) com a idade dos indivíduos avaliados e o suprimento de concentrado. A soroprevalência encontrada indica que a transmissão ativa da doença está ocorrendo e que as medidas de controle disponíveis não estão sendo realizadas ou não são eficazes o suficiente.

## PALAVRAS-CHAVE

Paratuberculose; *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*; Ensaio imunossorvente ligado a enzima; Bovino (DeCS)

## 1. Introducción

La Paratuberculosis bovina (PTB), también conocida como Enfermedad de Johne, es una infección del tracto gastrointestinal causada por *Mycobacterium avium*, subespecie *paratuberculosis* (Map), un bacilo grampositivo de crecimiento lento de la familia Mycobacteriaceae que posee pared celular rica en lípidos (Bannantine et al., 2017; Palacios et al., 2019). Esta enfermedad se caracteriza por causar enteritis granulomatosa crónica y linfadenitis en

rumiantes domésticos y salvajes (Harris y Barletta, 2001; Sweeney, 2011; Arsenault et al., 2014).

La preocupación más relevante en relación con la importancia de la PTB como enfermedad del ganado lechero, es su posible vínculo con la EC en humanos (McAloon et al., 2019). Sin embargo, esta asociación aún está bajo investigación (Pierce, 2018), ya que la evidencia epidemiológica de un mayor riesgo de EC con una mayor exposición a través de posibles vías de transmisión es débil,

y la prueba definitiva de la causalidad no está disponible ([Waddell, Rajic, Stärk y McEwen, 2016](#)).

Existe poca evidencia de campo en medidas de control específicas, aunque se ha demostrado una disminución de la prevalencia asociada con la implementación de un programa combinado de manejo, prueba y descarte ([McAloon et al., 2019](#)). Actualmente, no existe una cura efectiva para la enfermedad y la vacunación posiblemente puede interferir con el diagnóstico de otras enfermedades bovinas ([Juste, 2012](#); [Coad, Vordermeier, Whelan y Clifford, 2013](#)). Sin embargo, en la actualidad se están desarrollando estudios basados en genómica para el desarrollo de vacunas contra *Map* que no presenten estos problemas ([Barkema et al., 2018](#)).

Los estudios realizados en Colombia son insuficientes para reflejar con exactitud la situación epidemiológica y el impacto económico y en salud pública de la enfermedad. Aunque se ha confirmado su existencia durante casi un siglo, el pequeño número de estudios limita las pruebas sobre la magnitud de la circulación del *Map* en los animales, los humanos, el medio ambiente y los alimentos en Colombia ([Correa, García y Fernández, 2018](#)). Boyacá es un departamento que se caracteriza por poseer una cantidad considerable de cabezas de ganado bovino, en donde la mayoría de las explotaciones se dedican a la producción de leche. A pesar de esto, no hay evidencia de la prevalencia de la enfermedad en el departamento. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar la seroprevalencia y los principales factores de riesgo asociados con la presentación de PTB en el municipio de Sogamoso, Boyacá; lo que permitiría realizar un primer acercamiento epidemiológico local de la enfermedad y ofrecería las bases para el desarrollo de investigaciones que establezcan la dinámica del patógeno en el departamento.

## 2. Marco teórico

*Map* es el agente causante de la enfermedad de Johne, una enteritis crónica inflamatoria que afecta a rumiantes domésticos y salvajes como ovinos, caprinos, bovinos, antílopes, camellos y llamas, entre otros, observándose con mayor frecuencia en ganado especializado para la producción de leche ([Windsor, 2015](#); [García y Shalloo, 2015](#); [Benavides, Arteaga y Montezuma, 2015](#); [DeKuijper y Coussens, 2019](#)).

La enfermedad infecta el íleon e induce inflamación severa y alteración del revestimiento intestinal, lo que conlleva a reducir la capacidad de los animales clínicamente infectados para absorber de manera adecuada los nutrientes, causando diarrea crónica persistente e incurable que se acompaña

de la excreción de grandes cantidades de *Map*, pérdida de peso significativa y emaciación intratable que resulta en la muerte ([APHIS, 2007](#); [García y Shalloo, 2015](#); [McAloon et al., 2016](#); [Kirkeby, Græsbøll, Nielsen, Toft y Halasa, 2017](#)). Los terneros de hasta seis meses de edad son particularmente susceptibles a la infección por *Map*. La transmisión se produce por la ruta fecal-oral a través de heces o leche contaminadas ([Doré et al., 2012](#)). Las consecuencias de la infección neonatal se desarrollan de manera lenta y progresiva y, generalmente, toma hasta dos o más años para que aparezcan los síntomas clínicos ([Irenge et al., 2009](#)).

Sin embargo, la mayoría de los animales infectados permanecen subclínicos durante toda su vida productiva, sin mostrar signos de la enfermedad y representan derramamientos latentes del patógeno. Sumado a esto, a menudo demuestran una amplia gama de respuestas inmunes a *Map*, dentro del mismo animal a lo largo del tiempo y en diferentes animales dentro de un rebaño ([Nielsen y Toft, 2008](#); [Frie, Sporer, Kirkpatrick y Coussens, 2017](#); [Verdugo, Valdes y Salgado, 2020](#)). Esto conlleva a que se presente un largo periodo de incubación, que, junto con las prácticas de manejo del rebaño, la larga supervivencia del patógeno en el medio ambiente y el bajo rendimiento de las pruebas de diagnóstico disponibles, ha facilitado la propagación de la infección ([Verdugo et al., 2020](#)).

El diagnóstico de laboratorio de la enfermedad de Johne se logra comúnmente mediante la detección del agente causal en muestras fecales o de tejido, o indirectamente al demostrar la presencia de anticuerpos específicos de patógenos en muestras de suero o leche ([Tiawari, Vanleeuwen, McKenna, Keefe y Barkema, 2006](#); [Collins, 2011](#)). Sumado a esto, existen pruebas de tipo molecular que se implementan para diagnosticarla, sin embargo, debido a las peculiaridades del patógeno, la detección de *Map* en las heces sigue siendo difícil ([Schwalm, Obiegala, Pfeffer y Sting, 2018](#)). Los procedimientos de diagnóstico basados en la detección directa de *Map* son desafiantes debido a la eliminación del patógeno en bajas concentraciones, la alta estabilidad de la pared celular del patógeno, los inhibidores de PCR en las heces y la microbiota intestinal acompañante. Estos obstáculos importantes requieren procedimientos sofisticados para la preparación de muestras fecales ([Acharya, Dhand, Whittington y Plain, 2017](#)).

La extracción de ADN y la PCR en tiempo real para la detección de *Map* en heces bovinas (PCR directa) se han refinado, también se han desarrollado procedimientos factibles para la detección rápida, sensible y automatizable del agente patógeno ([Schwalm et al., 2018](#)). La PCR en tiempo real es una herramienta cuantitativa rápida para la detección de *Map* en muestras fecales de ganado de alto

desprendimiento, los fabricantes ofrecen cada vez más kits completos que incluyen una combinación de reactivos de extracción de ADN y ensayos de PCR en tiempo real ([Schwalm et al., 2018](#)).

Esta enfermedad tiene un impacto económico negativo a nivel mundial, el cual es perjudicial en el ganado y otras industrias ganaderas de rumiantes, debido a la pérdida de producción, el sacrificio temprano de los animales infectados, el valor reducido de los mismos, la mortalidad, los posibles efectos adversos sobre la fertilidad y los costos de las pruebas de diagnóstico ([Windsor, 2015](#); [García y Shalloo, 2015](#); [McAloon et al., 2016](#); [Kirkeby et al., 2017](#); [DeKuiper y Coussens, 2019](#)). En el ganado bovino, la vacunación contra *Map* puede limitar la presentación de síntomas clínicos, pero no previene la infección o la eliminación de bacterias infecciosas en las heces ([Stabel, Barnhill, Bannantine, Chang y Osman 2012](#)). Sin embargo, se están desarrollando estudios basados en genómica para el desarrollo de vacunas contra *Map* que no presenten estos problemas de interferencia con otros agentes etiológicos ([Barkema et al., 2018](#)).

### 3. Materiales y métodos

**Lugar de estudio:** el estudio se realizó en el municipio de Sogamoso, ubicado en el centro-oriente del departamento de Boyacá (Colombia) en la región del Alto Chicamocha. Es la capital de la Provincia de Sugamuxi, se encuentra 228,5 km al noreste de Bogotá, la capital del país, y a 75,8 km de Tunja, la capital del departamento. Posee una altitud de 2.569 msnm y tiene temperaturas promedio de 18 °C ([Alcaldía Municipal de Sogamoso, 2019](#)).

**Tamaño de la muestra:** según el Censo Pecuario Nacional, el municipio de Sogamoso registró una población de hembras bovinas de 13.491 animales ([ICA, 2019](#)). Teniendo en cuenta esta información, se determinó una muestra de 604 individuos a través del programa estadístico OpenEpi, Versión 3, con un intervalo de confianza del 95%.

**Variables:** se tuvieron en cuenta la edad, raza y presencia de diarrea como variables en los animales. Para las fincas, se incluyeron la fuente de agua (acueducto, aljibe y quebrada) y fuente de alimentación (silo, heno y concentrado) como variables que pudieran guardar una posible relación con la presencia de PTB.

**Toma de muestras:** la muestra de sangre se obtuvo a partir de venopunción coccígea de los bovinos, implementando el sistema de tubos al vacío (tipo Vacutainer). El tubo que contenía la sangre sin anticoagulante se centrifugó a 1500 r.p.m. durante 10 minutos para separar las células del suero,

el cual fue transferido a tubos de almacenamiento tipo Eppendorf para su congelación a -20°C.

**Diagnóstico serológico:** las muestras se procesaron bajo la técnica de ELISA indirecta en el Laboratorio de Parasitología Veterinaria de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), utilizando el kit comercial PARACHEK® 2 KIT (Prionics, Suiza) para la detección de anticuerpos específicos frente a *M. paratuberculosis* en muestras de suero, siguiendo el protocolo del fabricante. Este kit comercial refiere una sensibilidad del 80% y especificidad del 99%.

**Análisis estadístico:** el estudio epidemiológico fue Observacional Descriptivo de corte (Transversal), se realizó un muestreo aleatorio simple. La asociación entre las variables de la encuesta epidemiológica y la seroprevalencia fue evaluada mediante la prueba de Chi cuadrado. Las variables que presentaron asociación significativa fueron analizadas mediante regresión logística. El procesamiento de la información se realizó con el software estadístico SPSS versión 20.0.

**Consideraciones éticas:** el estudio se realizó bajo las condiciones de la Ley 576 del 2000 y la Ley 84 de 1989 de la República de Colombia. Se obtuvo consentimiento informado por parte de los propietarios de los bovinos antes de la recolección de las muestras.

### 4. Resultados

La seroprevalencia de PTB en la población de estudio fue de 10,9% (66/604) (95% IC= 8.4 – 13.4). En relación con los grupos etarios, los individuos de 2 a 3 años presentaron el porcentaje más alto con 18,7% (20/107), seguido de los bovinos de 3 a 4 años con 9,4% (38/406) y los mayores de 4 años con 8,8% (8/91). Asimismo, los individuos de la raza Jersey tuvieron la seroprevalencia más alta 16% (26/162), seguidos de la raza Holstein 10,6% (23/218), Ayrshire 8,8% (12/137) y Normando 5,7% (5/87).

Se encontró asociación estadística significativa entre la edad de los individuos evaluados y la presentación de la enfermedad ( $p \leq 0,05$ ). No se encontró asociación entre las variables raza y presencia de diarrea con la seropositividad a PTB ([Tabla 1](#)).

No se encontró asociación estadística significativa ( $p \geq 0,05$ ) entre la presentación de anticuerpos contra *Map* con las fuentes de agua analizadas como posibles factores de riesgo ([Tabla 2](#)). En relación con las fuentes de alimentación evaluadas, solo el consumo de concentrado presentó asociación estadística significativa con la seropositividad a la enfermedad ( $p \leq 0,05$ ) ([Tabla 3](#)).

Tabla 1.

Factores de riesgo asociados a la infección por PTB. Los resultados se presentan como Odds Ratio (OR) e intervalo de confianza (IC) del 95%.

Variable	Parámetro	OR	IC	p-valor
Edad	2-3 años	--	--	0,018
	3- 4 años	0,449	0,249 – 0,810	<b>0,008</b>
	> 4 años	0,419	0,175- 1,004	0,051
Raza	Ayrshire	NS		0,059
	Holstein			
	Jersey			
	Normando			
Diarrea	Presente	NS		0,277
	Ausente			

Fuente: La investigación

Tabla 2.

Fuentes de agua como posibles factores de riesgo asociados a las infecciones por PTB.

Variable	Parámetro	p-valor
Acueducto	Presente	0,348
	Ausente	
Aljibe	Presente	0,497
	Ausente	
Quebrada	Presente	0,298
	Ausente	

Fuente: La investigación

Tabla 3.

Fuentes de alimentación como posibles factores de riesgo asociados a las infecciones por PTB. Los resultados se presentan como Odds Ratio (OR) e intervalo de confianza (IC) del 95%.

Variable	Parámetro	OR	IC (95%)	p-valor
Silo	Presente	NS		0,189
	Ausente			
Heno	Presente	NS		0,395
	Ausente			
Concentrado	Presente	0.419	0.248 – 0.708	<b>0,001</b>
	Ausente			

Fuente: La investigación

## 5. Discusión de resultados

En el estudio realizado, el 10,9% (66/604) de las hembras evaluadas fueron seropositivas a la presentación de la enfermedad. A nivel nacional, los estudios más recientes revelan que en Nariño la prevalencia es del 8% (Benavides

*et al.*, 2015), en Antioquia se han encontrado prevalencias del 33,8% (Vélez, Rendón, Valencia, Ramírez y Fernández, 2016), 2% (Correa, Ramírez, Olivera y Fernández, 2016), 10% (Fernández, Ramírez y Correa, 2017) y 4,1% (Correa, Ramírez, Arango, Fecteau y Fernández, 2019), y 21,1% en Sucre (Caraballo, Castellar y Pardo, 2018). Es importante destacar que Boyacá forma parte de las zonas del trópico alto en Colombia donde más leche se produce (FEDEGAN, 2014), sin embargo, no se evidencian reportes de la presencia de la enfermedad en este departamento. Los registros de prevalencia de infección por *Map* en Colombia son limitados, debido a que no se realizan pruebas periódicas de la enfermedad en las lecherías, o sólo se realiza en vacas sospechosas de estar clínicamente afectadas (Correa *et al.*, 2019).

Por otro lado, se han establecido prevalencias de 3,53% en Venezuela (Santeliz, Giménez, Bastidas y Cova, 2013) y 0,92% ± 7,37 en la Provincia de Cañete, Perú (Valderrama y Peñaranda, 2014). Una revisión sistemática de literatura, reportó que la prevalencia global no ajustada de la enfermedad para América Latina y el Caribe a nivel de rebaño está en 75,8% (Fernández, Correa y Ramírez, 2014), mientras que en Brasil se reportaron prevalencias de 34,5% a nivel de rebaño y del 10,7% a nivel de animal (Vilar *et al.*, 2015). Finalmente, en Chile la prevalencia se estima en 6,3% (Verdugo *et al.*, 2020).

Se debe tener en cuenta que la alta heterogeneidad detectada en las estimaciones de prevalencia en cada una de las investigaciones podría atribuirse a la gran diversidad en el diseño del estudio o la prueba utilizada (Fernández *et al.*, 2014). Asimismo, la prevalencia de PTB puede verse afectada debido a que ésta tiene un período de incubación relativamente largo y a que los niveles de anticuerpos contra el *Map* solo se detectan mediante la prueba ELISA al final del período de incubación, haciendo que esta prueba sea ineficaz para detectar a los animales infectados en el período de infección temprana (Vilar *et al.*, 2015).

En relación con los grupos etarios, los individuos entre 2 y 3 años presentaron la seroprevalencia más alta a la enfermedad, resultados que concuerdan con lo reportado en Egipto por Selim, Ali y Ramadan (2019), donde la mayor prevalencia de la enfermedad se notificó principalmente en el mismo grupo etario. De la misma forma, se logró establecer que el rango de edad de 3 a 4 años puede considerarse como un factor de protección contra la enfermedad, lo cual puede deberse a que la susceptibilidad a la PTB depende de la edad, y ésta forma parte de la base de los programas de control en granja, por lo que se ha aceptado que la resistencia a la infección por *Map* aumenta con la edad (Larsen, Merkál y Cutlip, 1975; Windsor y Whittington, 2010; McAloon *et al.*, 2019).



De cualquier modo, se debe tener en cuenta que la susceptibilidad de los animales jóvenes está condicionada en primer lugar por la madre, la cual puede experimentar una bacteriemia varios meses antes de que se desencadene la conversión del sistema inmunológico a una producción de anticuerpos detectables en varios casos. En segundo lugar, a que pueden producirse bajos niveles de excreción al medio ambiente antes de que se presente una producción detectable de anticuerpos y estos niveles son suficientes para infectar al recién nacido. En tercer lugar, el parto puede ser un factor estresante que dé lugar a la conversión a la inmunidad humoral, mientras que el *Map* ya se ha transmitido (Saxmose, Frello Hansen, Kvist y Kostoulas, 2016).

En cuanto a la raza, la Jersey presentó la seroprevalencia más alta. Esto se debe a que la susceptibilidad a la infección con PTB puede verse influenciada genéticamente, ya que se ha sugerido que ciertas razas de ganado (Guernsey y Jersey) y ciertas líneas familiares pueden tener una predisposición genética a infectarse con el patógeno (Roussel et al., 2005; Elzo et al., 2006; Osterstock, Fosgate, Cohen, Derr y Roussel, 2008; Fecteau, 2018). Además, se ha estimado que la heredabilidad de la PTB en el ganado lechero es, aproximadamente, del 9% al 12% (Kirkpatrick y Shook, 2011).

A pesar de lo mencionado anteriormente, no se encontró diferencia estadística significativa entre la presencia de la enfermedad y las razas evaluadas en el estudio, resultados que difieren con lo reportado por Vélez et al. (2016), quienes encontraron asociación estadística significativa entre la raza y los resultados de ELISA, indicando que la seropositividad a la enfermedad depende de la raza de los bovinos. Es importante resaltar que la raza juega un papel importante en la epidemiología de la enfermedad, pues ha sido descrita como factor asociado a la presentación de seropositividad en ganado lechero, encontrando efectos y diferencias en diversas poblaciones bovinas que juegan un papel fundamental en la genética de la resistencia a las enfermedades y pueden ser usados como una herramienta para el control de la PTB (Jaramillo, Montoya, Uribe, Ramírez y Fernández, 2017a).

No se encontró asociación estadística significativa entre la enfermedad y la presencia de diarrea en las hembras evaluadas, lo cual se podría deber a que el estudio de la expresión clínica de la infección por *Map* ha demostrado ser difícil, debido a que la PTB se caracteriza por un periodo de incubación prolongado, donde solo una parte de los animales infectados progresará hacia las etapas clínicas de la enfermedad. Por lo tanto, se espera una baja incidencia clínica, lo que conlleva a un aumento en el tamaño de muestra requerido que permita realizar un estudio epidemiológico sólido (Verdugo et al., 2020).

Las diferentes fuentes de agua utilizadas para el consumo animal no presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, se encontró un número significativo de animales seropositivos que consumían agua de aljibe (12,7%) y agua de acueducto (11,7%). Esto cobra importancia debido a que algunos estudios sugieren la posible circulación de cepas de *Map* desde y hacia el medio ambiente, así como también entre diferentes animales del hato (Fernández, Abdulmawjood, Akineden y Bülte, 2011). Además, es importante resaltar que los animales que son infectados a una edad temprana permanecerán en el rebaño, eliminando el patógeno a través de las heces y generando así contaminación del agua y de los alimentos (Vilar et al., 2015).

Por último, se encontró asociación estadística significativa entre el suministro de concentrado y la presentación de la enfermedad. Se ha demostrado que las muestras de polvo ambiental contienen patógenos viables, por lo que el inadecuado almacenamiento de los alimentos puede conllevar a una contaminación de los mismos (Eisenberg et al., 2010).

## 6. Conclusiones

La seroprevalencia encontrada sugiere la presencia de una transmisión activa de la enfermedad entre la población de bovinos lecheros del municipio de Sogamoso, donde las medidas de control disponibles no se llevan a cabo de forma adecuada o no son lo suficientemente efectivas para mejorar las condiciones sanitarias de las producciones. Es importante considerar el desarrollo de estudios de incidencia que permitan realizar un seguimiento del comportamiento epidemiológico de la PTB en la región, de tal forma que se puedan identificar los principales factores de riesgo relacionados con la presentación y distribución geográfica de la enfermedad. ≡

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias bibliográficas

1. ACHARYA, Kamal Ravi; DHAND, Navneet. K.; WHITTINGTON, Richard. J.; PLAIN, Karren. M. PCR inhibition of a quantitative PCR for detection of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis DNA in feces: Diagnostic implications and potential solutions. *En: Frontiers in Microbiology*. 2 de Febrero 2017. Vol. 8. 1 – 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00115>
2. ALCALDÍA MUNICIPAL DE SOGAMOSO. 2019. Vive Sogamoso. [Consultado 28 de febrero de 2020]. Disponible en: <http://www.vivesogamoso.com.co/>

3. APHIS. 2007. Johne's Disease on U.S. Dairies, 1991–2007. [Consultado 28 de febrero de 2020]. Disponible en: [http://www.aphis.usda.gov/animal\\_health/nahms/dairy/downloads/dairy07/Dairy07\\_is\\_Johnes.pdf](http://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairy07/Dairy07_is_Johnes.pdf)
4. ARSENAULT, Ryan J.; MAATTANEN, Pekka; DAIGLE, Joanna; POTTER, Andrew; GRIEBEL, Philip; NAPPER, Scott. From mouth to macrophage: Mechanisms of innate immune subversion by *Mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis*. In: Veterinary Research. 15 de Mayo de 2014. vol. 45. n. 1. 1–15. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-45-54>
5. BANNANTINE, John P; ETIENNE, Gilles; LAVAL, Françoise; STABEL, Judith R.; LEMASSU, Anne; DAFFÉ, Mamadou; BAYLES, Darrell O.; GANNEAU, Christelle; BONHOMME, Frédéric; BRANGER, Maxim; COCHARD, Thierry; SYLVIE, Bay; BIET, Franck. Cell wall peptidolipids of *Mycobacterium avium*: from genetic prediction to exact structure of a nonribosomal peptide. In: Molecular Microbiology. Agosto de 2017. vol. 105. n. 4. 525–539. <https://doi.org/10.1111/mmi.13717>
6. BARKEMA, Herman W.; ORSEL, Karin; NIELSEN, Søren Saxmose; KOETS, Ad P.; RUTTEN, Victor PMG; BANNANTINE, John P.; KEEFE, Greg P.; KELTON, David F.; WELLS, Scott J.; WHITTINGTON, Richard J.; MACKINTOSH, Colin; MANNING, Elizabeth J.; WEBER, Maaten F.; HEUER, Cord; FORDE, Taya L.; RITTER, Caroline; ROCHE, Steven Michael; CORBETT, Caroline; WOLF, Robert; GRIEBEL, Philip; KASTELIC, John P.; DE BUCK, Jeroen. Knowledge gaps that hamper prevention and control of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* infection. In: Transboundary and Emerging Diseases. Mayo de 2018. vol. 65, Suppl. 1. p.125–148. <https://doi.org/10.1111/tbed.12723>
7. BENAVIDES BENAVIDES, Bibiana; ARTEAGA CADENA, Angela Viviana; MONTEZUMA MISNAZA, Carlos Alberto. Estudio epidemiológico de paratuberculosis bovina en hatos lecheros del sur de Nariño, Colombia. En: Revista de Medicina Veterinaria. 2015. vol. 31. 57–66. <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n31/n31a06.pdf>
8. CARABALLO-BLANCO, Libardo; CASTELLAR-MARTÍNEZ, Anaís; PARDO-PÉREZ, Enrique. *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* en heces de bovinos del municipio de Sincelejo, Sucre, Colombia. En: Revista Investigaciones Veterinarias Del Perú. 26 de Junio de 2018. vol. 29. n. 3, 987–995. <https://doi.org/10.15381/riwp.v29i3.14111>
9. COAD, Mick; VORDERMEIER, H. Martin; WHELAN, Adam O.; CLIFFORD, Derek. The consequences of vaccination with the Johne's disease vaccine, Gudair, on diagnosis of bovine tuberculosis. In: Veterinary Record. 9 de Marzo de 2013. vol. 172. n. 10. p. 266. <https://doi.org/10.1136/vr.101201>
10. COLLINS, Michael T. Diagnosis of Paratuberculosis. In: Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice. 2011. vol. 27. 581–591. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.07.013>
11. CORREA-VALENCIA, Nathalia; GARCÍA-TAMAYO, Yady Marcela; FERNÁNDEZ-SILVA, Jorge A. *Mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis* in Colombia (1924–2016): A review. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 25 de Agosto de 2018. vol. 31. n. 3. 165–179. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v31n3a01>
12. CORREA-VALENCIA, Nathalia; RAMÍREZ, Nicolás F.; ARANGO-SABOGAL, Juan C.; FECTEAU, Gilles; FERNÁNDEZ-SILVA, Jorge A. Prevalence of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* infection in dairy herds in Northern Antioquia (Colombia) and associated risk factors using environmental sampling. In: Preventive Veterinary Medicine. 1 de Octubre de 2019. vol. 170. n. 52. 104739. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104739>
13. CORREA-VALENCIA, Nathalia María; RAMÍREZ, Nicolás F.; OLIVERA, Martha; FERNÁNDEZ-SILVA, Jorge A. Milk yield and lactation stage are associated with positive results to ELISA for *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in dairy cows from Northern Antioquia, Colombia: a preliminary study. In: Tropical Animal Health and Production. 10 de Mayo de 2016. vol. 48. n. 6. 1191–1200. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1074-x>
14. DEKUIPER, Justin L; COUSSENS, Paul M. *Mycobacterium avium* sp. *paratuberculosis* (MAP) induces IL-17a production in bovine peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) and enhances IL-23R expression in-vivo and in-vitro. En: Veterinary Immunology and Immunopathology. 26 de Septiembre de 2019. vol. 218. 109952. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2019.109952>
15. DORÉ, Elizabeth; PARÉ, J.; CÔTÉ, G.; BUCZINSKI, S.; LABRECQUE, O.; ROY, J. P.; FECTEAU, G. Risk factors associated with transmission of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* to calves within dairy herd: A systematic review. En: Journal of Veterinary Internal Medicine. Enero-Febrero de 2012. vol. 26. n. 1. 32–45. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2011.00854.x>
16. EISENBERG, Susanne W. F.; NIELEN, Mirjam; SANTEMA, Wiebren; HOUWERS, Dirk J.; HEEDERIK, Dick; KOETS, Ad P. Detection of spatial and temporal spread of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in the environment of a cattle farm through bio-aerosols. En: Veterinary Microbiology. 14 de Julio de 2010. vol. 143. n. 2-4. 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.11.033>
17. ELZO, Mauricio A.; RAE, D. O.; LANHART, S. E.; WASDIN, J. G.; DIXON, W. P.; JONES, J. L. Factors associated with ELISA scores for paratuberculosis in an Angus-Brahman multibreed herd of beef cattle. En: Journal of Animal Science. 1 de Enero de 2006. vol. 84. n. 1. 41–48. <https://doi.org/10.2527/2006.84141x>
18. FECTEAU, Marie Eve. Paratuberculosis in Cattle En: Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice. Marzo de 2018. vol. 34. 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.10.011>
19. FEDEGAN. 2014. Informe: Cuencas lecheras, motores de la producción nacional. [Consultado 28 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.fedegan.org.co/noticias/informe-cuencas-lecheras-motores-de-la-produccion-nacional>
20. FERNÁNDEZ-SILVA, Jorge Arturo; ABDULMAWJOOD, Amir; AKINEDEN, Ömer; BÜLTE, Michael. Serological and molecular detection of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in cattle of dairy herds in Colombia. En: Tropical Animal Health and Production. Diciembre de 2011. vol. 43, 1501–1507. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9833-1>
21. FERNÁNDEZ-SILVA, Jorge Arturo; CORREA-VALENCIA, Nathalia M.; RAMÍREZ, Nicolás Fernando. Systematic review of the prevalence of paratuberculosis in cattle, sheep, and goats in Latin America and the Caribbean. En: Tropical Animal Health and Production. Diciembre del 2014. vol. 46. n. 8. 1321–1340. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0656-8>
22. FERNÁNDEZ SILVA, Jorge Arturo; RAMÍREZ VÁSQUEZ, Nicolás Fernando; CORREA VALENCIA, Nathalia M. Factors associated with *Mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis* in dairy cows from northern Antioquia, Colombia. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 30 de Enero de 2017. vol. 30. n. 48–59. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n1a06>
23. FRIE, Meredith C.; SPORER, Kelly R. B.; KIRKPATRICK, Brian W.; COUSSENS, Paul M. T and B cell activation profiles from cows with and without Johne's disease in response to in vitro stimulation with *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis*. En: Veterinary Immunology and Immunopathology. Diciembre de 2017. vol. 193–194, 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2017.10.005>
24. GARCÍA, Ana B.; SHALLOO, Laurence. Invited review: The economic impact and control of paratuberculosis in cattle. Journal of Dairy Science. Agosto de 2015. vol. 98. n. 8. 5019–5039. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9241>



25. HARRIS, N. Beth; BARLETTA, Raul G. Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis in Veterinary Medicine. In: Clinical Microbiology Reviews. Julio de 2001. vol. 14. n. 3. 489–512. <https://doi.org/10.1128/CMR.14.3.489-512.2001>
26. ICA. 2019. Censo Pecuario año 2019. [Consultado 28 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
27. IRENGE, Léonid M.; WALRAVENS, Karl; GOVAERTS, Marc; GODFROID, Jacques; ROSSEELS, Valérie; HUYGEN, Kris; GALA, Jean Luc. Development and validation of a triplex real-time PCR for rapid detection and specific identification of M. avium sub sp. paratuberculosis in faecal samples. In: Veterinary Microbiology. 14 de Abril de 2009. vol. 136. 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.09.087>
28. JARAMILLO-MORENO, Sebastián; MONTOYA-ZULUAGA, Manuel Alejandro; URIBE-SANTA, Juan Steven; RAMÍREZ-VÁSQUEZ, Nicolás; FERNÁNDEZ-SILVA, Jorge Arturo. Epidemiología y Salud Pública Veterinaria, Grupo Centauro, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia –UdeA–. Medellín, Colombia. En: Veterinaria y Zootecnia. Agosto de 2017. vol. 11. n. 2. 24–33. <https://doi.org/10.17151/vetzo.2017.11.2.3>
29. JUSTE, Ramón A. Slow infection control by vaccination: Paratuberculosis. En: Veterinary Immunology and Immunopathology. 15 de Julio de 2012. 148. 1-2. 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2012.05.017>
30. KIRKEBY, Carsten; GRÆSBØLL, Kaare.; NIELSEN, Søren Saxmose; TOFT, Nils; HALASA, Tariq. Epidemiological and economic consequences of purchasing livestock infected with Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis. En: BMC Veterinary Research. 27 de Junio de 2017. vol. 13. n. 202. 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1119-z>
31. KIRKPATRICK, Brian W.; SHOOK, George E. Genetic Susceptibility to Paratuberculosis. In: Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice. Noviembre de 2011. 27. 3. 559–571. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.07.003>
32. LARSEN, Annette Burkhart; MERKAL, R. S.; CUTLIP, Randall C. Age of cattle as related to resistance to infection with Mycobacterium paratuberculosis. In: American Journal of Veterinary Research. Marzo de 1975. vol. 36. n. 3. 255–257.
33. McALOON, Conor G.; DOHERTY, Michael L.; WHYTE, Paul; O'GRADY, Luke; MORE, Simon J.; MESSAM, Locksley L. M.V.; GOOD, Margaret; MULLOWNEY, Peter; STRAIN, Sam; GREEN, Martin J. Bayesian estimation of prevalence of paratuberculosis in dairy herds enrolled in a voluntary Johne's Disease Control Programme in Ireland. In: Preventive Veterinary Medicine. 1 de Junio de 2016. vol. 128. 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.04.014>
34. McALOON, Conor G.; ROCHE, Steven; RITTER, Caroline; BARKEMA, Herman W.; WHYTE, Paul; MORE, Simon; O'GRADY, Luke; GREEN, Martin J.; DOHERTY, Michael L. A review of paratuberculosis in dairy herds — Part 2: On-farm control. In: Veterinary Journal. Abril de 2019. vol. 246. 54–58. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.01.009>
35. McALOON, Conor G.; ROCHE, Steven; RITTER, Caroline; BARKEMA, Herman W.; WHYTE, Paul; MORE, Simon; O'GRADY, Luke; GREEN, Martin J.; DOHERTY, Michael L. Invited review A review of paratuberculosis in dairy herds — Part 1: Epidemiology. In: The Veterinary Journal. Abril de 2019. vol. 246. 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.01.010>
36. NIELSEN, Søren Saxmose; TOFT, Nils. Ante mortem diagnosis of paratuberculosis: A review of accuracies of ELISA, interferon-γ assay and faecal culture techniques. En: Veterinary Microbiology. Junio de 2018. vol. 129. n. 3 – 4. 217–235. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2007.12.011>
37. OSTERSTOCK, Jason B.; FOSGATE, G. T.; COHEN, Noah D.; DERR, James N.; ROUSSEL, Allen J. Familial and herd-level associations with paratuberculosis enzyme-linked immunosorbent assay status in beef cattle. In: Journal of Animal Science. Agosto de 2008. vol. 86. n. 8. 1977–1983. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0910>
38. PALACIOS, Ainhoa; SAMPEDRO, Leticia; SEVILLA, Iker A.; MOLINA, Elena; GIL, David; AZKARGORTA, Mikel; ELORTZA, Félix; GARRIDO, Joseba M.; ANGUIA, Juan; PRADOS-ROSALES, Rafael. Mycobacterium tuberculosis extracellular vesicle-associated lipoprotein LpqH as a potential biomarker to distinguish paratuberculosis infection or vaccination from tuberculosis infection. In: BMC Veterinary Research. Junio de 2019. vol. 15. n. 1. 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1941-6>
39. PIERCE, Ellen. S. Could Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis cause Crohn's disease, ulcerative colitis and colorectal cancer? In: Infectious Agents and Cancer. 4 de Enero de 2018. vol. 13. n. 1., 1–6. <https://doi.org/10.1186/s13027-017-0172-3>
40. ROUSSEL, Allen J.; LIBAL, Melissa C.; WHITLOCK, Robert L.; HAIRGROVE, Thomas B.; BARLING, Kerry S.; THOMPSON, James A. Prevalence of and risk factors for paratuberculosis in purebred beef cattle. En: Journal of the American Veterinary Medical Association. 1 de Marzo 2005. vol. 226. n. 5. 773–778. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.226.773>
41. SANTELIZ, Sonia; GIMÉNEZ, Jose Francisco; BASTIDAS, Zoleida; COVA, Valsovia. Seroprevalencia de Paratuberculosis en Bovinos de la parroquia Buría. Municipio Simón Planas estado Lara 2008. En: Revista Del Colegio de Medicos Veterinarios Del Estado Lara. Enero de 2013. vol. 5. n. 1. 1–9.
42. SAXMOSE NIELSEN, Søren; FRELLO HANSEN, Kira; KVIST, Louise; KOSTOULAS, Polychronis. Dam's infection progress and within-herd prevalence as predictors of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis ELISA response in Danish Holstein cattle. En: Preventive Veterinary Medicine. 1 de Marzo de 2016. vol. 125. 54–58. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.01.010>
43. SCHWALM, A. Katharina; OBIEGALA, Anna; PFEFFER, Martin; STING, Reinhard. Enhanced sensitivity and fast turnaround time in laboratory diagnosis for bovine paratuberculosis in faecal samples. In: Journal of Microbiological Methods. Septiembre de 2018. vol. 152. 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.07.010>
44. SELIM, Abdelfattah; ALI, Abdel Fattah; RAMADAN, Eman. Prevalence and molecular epidemiology of Johne's disease in Egyptian cattle. In: Acta Tropica. Julio de 2019. vol. 195. 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.04.019>
45. STABEL, Judy R.; BARNHILL, A.; BANNANTINE, John. P.; CHANG, Yungfu F.; OSMAN, M. A. Evaluation of protection in a mouse model after vaccination with Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis protein cocktails. En: Vaccine. 17 de Diciembre de 2012. vol. 31. n. 1., 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2012.10.090>
46. SWEENEY, Raymond. W. Pathogenesis of Paratuberculosis. En: Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice. Noviembre de 2011. vol. 27. n. 3. 537–546. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.07.001>
47. TIWARI, Ashwani; VANLEEUWEN, John A.; MCKENNA, Shawn L. B.; KEEFE, Greg P.; BARKEMA, Herman W. Johne's disease in Canada Part I: Clinical symptoms, pathophysiology, diagnosis, and prevalence in dairy herds. In: Canadian Veterinary Journal. Septiembre de 2006. vol. 47. n. 9. 874–882. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1555680/>
48. VALDERRAMA B. William; PEÑARANDA W., Cristina. Seroprevalencia de paratuberculosis en hatos lecheros en Quilmaná, Imperial, Nuevo Imperial, San Luis y Cerro Azul de la Provincia de Cañete. En: Científica. Agosto de 2014. vol. 11. n. 2. 107–117.

49. VÉLEZ A., María; RENDÓN D., Yinedy; VALENCIA R., Andrés; RAMÍREZ V., Nicolás; FERNÁNDEZ-S, Jorge. Seroprevalencia de *Mycobacterium avium* Subsp. *paratuberculosis* (MAP) en una granja de ganado de carne de bosque húmedo tropical en Cauca, Antioquia, Colombia. En: Revista Colombiana de Ciencia Animal – RECIA. 1 de Julio de 2016. vol. 8. n. 2. 167. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n2.2016.184>
50. VERDUGO, Cristobal; VALDES, María Francisca; SALGADO, Miguel. Herd level risk factors for *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* infection and clinical incidence in dairy herds in Chile. En: Preventive Veterinary Medicine. Marzo de 2020. vol. 176. 104888. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.104888>
51. VILAR, Ana L. T.; SANTOS, Carolina S. A. B.; PIMENTA, Carla L. R. M.; FREITAS, Theonys D.; BRASIL, Aathur W. L., CLEMENTINO, Inácio J., ALVES, Clebert, BEZERRA, Camila, RIET-CORREA, Franklin, OLIVEIRA, Taynara y AZEVEDO, S. Sergio. Herd-level prevalence and associated risk factors for *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in cattle in the State of Paraíba, Northeastern Brazil. In: Preventive Veterinary Medicine. 1 de Septiembre de 2015. vol. 121. 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.06.003>
52. WADDELL, Lisa; RAJIĆ, Andrijana; STÄRK, Katharina; MCEWEN, Scott A. *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* detection in animals, food, water and other sources or vehicles of human exposure: A scoping review of the existing evidence. En: Preventive Veterinary Medicine. 15 de Septiembre de 2016. vol. 132. 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.08.003>
53. WINDSOR, Peter A. Paratuberculosis in sheep and goats. En: Veterinary Microbiology. 14 de Diciembre de 2015. vol. 181. n. 1–2. 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.vcietmic.2015.07.019>
54. WINDSOR, Peter A.; WHITTINGTON, Richard J. Evidence for age susceptibility of cattle to Johne's disease. En: Veterinary Journal. Abril de 2010. vol. 184. 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.01.007>