

**Seroprevalencia de paratuberculosis (*Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis) en un hato de lechería especializada del altiplano norte de Antioquia, Colombia<sup>1</sup>**

**ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN**

Sebastián Jaramillo-Moreno <sup>1</sup>, Manuel Alejandro Montoya-Zuluaga <sup>1</sup>, Juan Steven Uribe-Santa <sup>1</sup>, Nicolás Fernando Ramírez-Vásquez <sup>1</sup>, Jorge Arturo Fernández-Silva <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Epidemiología y Salud Pública Veterinaria, Grupo Centauro, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia –UdeA–, Medellín, Colombia.*

[jorge.fernandez@udea.edu.co](mailto:jorge.fernandez@udea.edu.co)

Recibido: 6 de Marzo de 2017 y aprobado: 2 de Junio de 2017, Actualizado: 5 de Septiembre de 2017

**DOI: 10.17151/vetzo.2017.11.2.3**

**RESUMEN:** El objetivo de este estudio fue determinar la seroprevalencia de paratuberculosis (*Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*) y explorar los factores individuales de vaca asociados al estatus serológico en un hato de lechería especializada ubicado en el altiplano norte de Antioquia, Colombia. Se realizó un estudio observacional analítico seccional cruzado, en el cual se muestreó la totalidad del ganado bovino mayor de dos años de edad (n=83) del hato, del cual se extrajeron muestras de sangre para obtener suero que se analizó por ELISA indirecta en octubre de 2014. El mismo día del muestreo se recolectó información sobre factores individuales de los animales (raza, edad, lote de producción, y número de partos) con la cual se efectuó análisis de la asociación entre los factores individuales estudiados y la seropositividad a MAP por medio de la prueba de Chi cuadrado y la prueba de Fisher. La seroprevalencia aparente a MAP del hato fue del 17%. La exploración de factores individuales o de animal asociados a los resultados de ELISA, arrojó asociación estadística significativa entre la seropositividad a MAP y la raza. La seroprevalencia de MAP se ha incrementado en los últimos años en el hato, lo que puede relacionarse con la ausencia de un programa de control.

**Palabras clave:** ELISA, factores de riesgo, ganado vacuno, infecciones bacterianas.

**Seroprevalence of paratuberculosis (*Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis) in a specialized dairy herd of the northern high plateau of Antioquia, Colombia**

**ABSTRACT:** The aim of the study was to determine the seroprevalence of paratuberculosis (*Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*) and explore individual cow factors associated to the serological status in a specialized dairy herd located in the northern high plateau of Antioquia, Colombia. An observational analytic

cross-sectional study was performed in which all cattle over two years of age (n=83) in the herd was sampled for blood in order to obtain serum, which was analyzed by indirect ELISA in October 2014. On the same day of the sampling, individual factors data (breed, age, production lot, and parity) were collected, and an association between the individual factors studied and MAP-seropositivity was analyzed using Pearson Chi square test and Fisher test. The apparent MAP seroprevalence in the herd was 17%. The exploration of individual or animal factors associated with ELISA results yielded a statistical significant association between MAP seropositivity and the breed. MAP seroprevalence in the herd has increased in the last years, which can be related to the absence of a control program.

**Key words:** bacterial infections, cattle, ELISA, risk factors.

---

## Introducción

La paratuberculosis (PTB) o enfermedad de Johne es una inflamación crónica granulomatosa del tracto intestinal causada por *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP) el cual es un patógeno intracelular, ácido-alcohol resistente y anaerobio facultativo (Sweeney et al., 2012). La enfermedad de Johne afecta principalmente a los rumiantes domésticos y es de distribución mundial. La enfermedad se transmite principalmente por vía fecal-oral, pero también puede transmitirse por el calostro, la leche, la vía transplacentaria, el semen de machos positivos y los embriones contaminados (Burgelt et al., 2004; Bielanski et al., 2006; Collins & Manning, 2010). Los signos clínicos de la enfermedad de Johne en el ganado son diarrea crónica, pérdida de peso y edema, debido a la hipoproteïnemia causada por la enteropatía que lleva a la pérdida de proteína (Sweeney et al., 2012).

La enfermedad puede causar pérdidas económicas sustanciales a la industria ganadera por el incremento en el descarte prematuro, el descenso en el rendimiento lechero, la reducción en la eficiencia de la conversión alimenticia, la reducción en los valores al sacrificio, el incremento en la susceptibilidad a otras enfermedades, los costos de mortalidad, los asociados al reemplazo, la infertilidad, el costo del diagnóstico, los costos veterinarios, el impacto en el bienestar animal y asuntos relacionados con la salud pública (García & Shalloo, 2015).

Para determinar el estatus de MAP en un hato o determinar su prevalencia se pueden aplicar estrategias diagnósticas como la detección del agente a partir de muestras ambientales (estiércol recolectado, tanque estercolero, suelo, etc.), el análisis de muestras de animales individuales (casi siempre vacas mayores de 36 meses) por ELISA (en suero o leche), o muestras de materia fecal individual para detección del microorganismo tomadas de cada animal en el hato, de un subconjunto de animales seleccionados ya sea aleatoriamente o teniendo en cuenta ciertas características (edad, apariencia/condición corporal) (Sweeney et al., 2012).

Por casi un siglo se ha debatido intensamente si MAP podría causar la enfermedad de Crohn humana, o si este microorganismo es solo un hallazgo incidental sin importancia clínica en esta enfermedad. La relación causal, si alguna existe, no está completamente

entendida y no ha sido enteramente aceptada (Calderón & Góngora, 2008; Waddell et al., 2015).

Según Raizman et al. (2011) conocer la prevalencia en un hato es importante debido a que esta es un parámetro clave en el desarrollo de estrategias de evaluación y control de la enfermedad, teniendo en cuenta que, para documentar los cambios de la prevalencia en el tiempo de forma válida, se debe usar la misma prueba en cada evaluación subsecuente del hato (Collins et al., 2006). Adicionalmente, la implementación de estrategias de manejo específicas en las fincas lecheras para reducir la transmisión intrahato depende de su estimación previa, la cual es útil para valorar el progreso en los programas de control (Raizman et al., 2011). La prevalencia intrahato incrementa gradualmente hasta 50% después de cada 20 años sin ningún esfuerzo de control, por lo que esta es la medida de éxito de cualquier programa de control (Raizman et al., 2011).

En Suramérica y el Caribe pocos estudios han reportado prevalencias regionales o nacionales, y se ha estimado que la prevalencia a nivel animal y a nivel hato de paratuberculosis en la región oscila entre 2,7 y 72%, y entre 18,7 y 100%, respectivamente (Fernández-Silva et al., 2014). En Colombia, la enfermedad de Johne fue diagnosticada por primera vez en 1924, en la hacienda El Hato en Usme, Cundinamarca (Vega, 1947). A partir de esa fecha se han realizado varios estudios sobre la enfermedad, su agente causal y factores de riesgo asociados en bovinos, en varios departamentos del país y empleando diferentes pruebas diagnósticas para su detección (De Waard, 2010; Fernández-Silva et al., 2011a; Fernández-Silva et al., 2011b; Benavides et al., 2016; Correa-Valencia et al., 2016; Fernández-Silva et al., 2017). A pesar de esto no se cuenta con estudios sobre la prevalencia de la enfermedad para el hato bovino nacional o sobre prevalencias departamentales. En Colombia el Instituto Colombiano Agropecuario considera a la paratuberculosis como una enfermedad de denuncia obligatoria y común a varias especies animales (ICA, 2015).

El objetivo de este estudio fue determinar la seroprevalencia de MAP basada en ELISA, compararla con estimaciones previas usando la misma técnica diagnóstica, y explorar los factores asociados al estatus serológico en un hato de lechería especializada ubicado en el municipio de San Pedro de Los Milagros, altiplano norte de Antioquia, Colombia.

---

## **Materiales y Métodos**

### ***Tipo de estudio***

Se realizó un estudio observacional analítico seccional cruzado (Dohoo et al., 2010).

### ***Localización***

La granja en la cual se encuentra el hato está ubicada en la vereda Monterredondo, municipio de San Pedro de Los Milagros, región del altiplano norte del departamento de Antioquia, Colombia, a 3 km de la cabecera municipal y a 41 km de Medellín. La granja está ubicada a una altura entre 2350 a 2500 msnm, en zona de vida de bosque húmedo montano bajo, precipitación anual de 1575 mm, humedad relativa del 72% y una

temperatura promedio de 15°C. Al momento del muestreo, el hato tenía el estatus sanitario libre de brucelosis y tuberculosis, además de estar certificado en buenas prácticas ganaderas.

### ***Población en estudio y tamaño de muestra***

La totalidad del ganado bovino mayor de dos años de edad del hato (n=83) fue muestreado en el estudio. Todos los animales estaban asintomáticos para PTB al momento del muestreo. El número total de animales en el hato a la fecha del muestreo fue de 118.

### ***Toma de muestras***

De cada bovino se tomó una muestra sanguínea por una sola vez. Las muestras de sangre se recolectaron en el mes de octubre de 2014 y se obtuvieron de la vena coccígea, previa limpieza y desinfección local con alcohol antiséptico. Las muestras se tomaron en tubo sin anticoagulante, se dejaron a temperatura ambiente para facilitar la retracción del coágulo y posteriormente se centrifugaron a 2000 rpm por 5 min, con el fin facilitar la extracción del suero. Posteriormente, el suero fue transportado en refrigeración hasta su llegada al Laboratorio Clínico y de Serología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia en Medellín, donde fueron congeladas a -20°C hasta su análisis posterior por medio de la prueba de ELISA.

### ***Prueba de ELISA***

La prueba de ELISA se realizó empleando el kit comercial ID Screen Paratuberculosis Indirect, Screening test (ID VET, Grabels, Francia) según el protocolo del fabricante. La sensibilidad y especificidad de este kit comercial se ha estimado en dos estudios que han evaluado su desempeño comparativamente con otras pruebas en ganado lechero. Sensibilidad 41,5% (95% IC 28,1-55,9) y especificidad 99,42% (97,92-99,93) (Fry et al., 2008) y sensibilidad 58,2% (49,0-67,4) y especificidad 99,3% (96,3-100) (Köhler et al., 2008).

### ***Exploración de factores asociados***

Para la exploración de la asociación entre los factores de individuo y el resultado individual de ELISA, se recolectó información sobre las variables edad, raza, lote de producción e información sobre el número de partos. Los datos se almacenaron en hojas de Excel y luego se exportaron al software estadístico Stata 12.0 para su análisis. La base de datos se examinó en búsqueda de entradas biológicamente no plausibles y aquellos datos erróneos fueron descartados o removidos. Para el análisis estadístico, la variable edad se recategorizó en las categorías  $\leq 4$  años y  $> 4$  años, la variable raza se recategorizó en las categorías Holstein y No Holstein, la variable lote de producción se recategorizó en las categorías “Producción” (alta, media y baja) y “No producción” (transición, horra y novilla de vientre), y la variable número de partos se recategorizó en las categorías  $\leq 2$  partos y  $> 2$  partos (Tabla 1). Con la información de las variables y el resultado del ELISA se efectuó análisis de la asociación de los factores individuales del animal con la seropositividad a MAP, esto último por medio de la prueba de Chi cuadrado de Pearson y para aquellas variables que presentaban menos de cinco datos en

al menos una celda en la tabla de contingencia de los valores esperados, se utilizó la prueba exacta de Fisher. Se estableció un nivel de significancia de  $P < 0,1$ .

### *Consideraciones éticas*

El presente estudio cumple con los lineamientos establecidos por el Comité de Ética para la Experimentación con Animales de la Universidad de Antioquia (Acta No. 87 del 30 de enero de 2014).

---

## **Resultados y Discusión**

Al momento de la recolección de la información no se pudieron encontrar registros sobre todas las variables de interés en todos los 83 animales mayores de dos años muestreados. Por esta razón, los análisis de cada variable se presentan teniendo en cuenta el número de observaciones para cada una, que corresponden al número de animales con datos disponibles sobre la variable al momento del muestreo. Setenta y siete animales tenían datos disponibles sobre edad. Para esta variable el promedio fue de cinco años (Desviación estándar (DE) = 2,6, rango: 2-12). Setenta y ocho animales tenían datos disponibles sobre raza, de los cuales, el 87,2% fueron de raza Holstein y el restante 12,8% fueron de otras razas diferentes a Holstein. Setenta y ocho animales tenían datos disponibles sobre lote de producción de leche, de los cuales tenían distribuciones de 33,3; 16,7; 20,5, 9; 15,4, y 5,1% para los lotes de producción de leche de alta, media, baja, transición, horra y novilla de vientre, respectivamente. Setenta y siete animales tenían datos disponibles sobre número de partos. Para la variable número de partos, el promedio fue de 2,6 partos (DE = 2,3, rango: 0-10) (Tabla 1).

El 17% (14/83) de las muestras recolectadas fueron positivas a la presencia de anticuerpos contra MAP, mientras que el 83% (69/83) fueron negativas. El 3,6% (3/83) de los animales arrojó resultados clasificados por la prueba de ELISA como dudosos, los cuales se consideraron como positivos y están incluidos dentro estos últimos. En consecuencia, la seroprevalencia aparente del hato fue del 17% (IC 95% 12,5-21,3). La comparación de los resultados de seroprevalencia obtenidos en el hato usando el mismo ELISA absorbido en la población bovina adulta, revela un aumento en la seroprevalencia del 2,7% (Fernández-Silva et al., 2011b) al 17% (este estudio) de 2009 a 2015. Este aumento de más de 14 puntos porcentuales en la seroprevalencia del hato en seis años, confirma que sin ningún esfuerzo de control la prevalencia a paratuberculosis de un hato incrementa hasta 50% después de cada 20 años (Raizman et al., 2011). Aunque se implemente una estrategia de diagnóstico y descarte de animales adultos infectados, la prevalencia de este hato continuaría aumentando en los próximos años, mientras no se instaure un programa de control que contemple el mejoramiento drástico de la higiene desde el primer día de nacimiento de los terneros (Groenendaal et al., 2002) y si no se eliminan vacas seropositivas e inclusive sus hijas, en especial en un hato como este con un alto nivel de prevalencia (>5%) (Nielsen et al., 2016).

La exploración de factores individuales o de animal asociados a los resultados de ELISA, arrojó asociación estadística significativa entre la seropositividad a MAP y la raza en el test exacto de Fisher ( $p < 0,1$ ). Para las variables edad, lote de producción de

leche y número de partos no se observó asociación estadística. La raza ha sido reportada como factor asociado a la seropositividad a MAP en estudios previos en ganado lechero usando ELISA como prueba diagnóstica (Gasteiner et al., 1999; Jakobsen et al., 2000; Sorge et al., 2011). Los efectos y las diferencias de la raza han sido estudiados y descritos en diferentes poblaciones bovinas y juegan un papel fundamental en la genética de la resistencia a las enfermedades y pueden ser usados como una herramienta para el control de paratuberculosis (Van Hulzen et al., 2011; Vir Sihng et al., 2013).

Tabla 1. Variables individuales según resultado de ELISA para *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* de bovinos adultos en un hato de lechería especializada en el altiplano norte de Antioquia, Colombia

Variable	Categoría	Número de observaciones <sup>a</sup>	Resultado del ELISA		P
			Positivo	Negativo	
Edad	>4 años	34	8	26	0,27 <sup>c</sup>
	<4 años	43	6	37	
	Total	77	14	63	
Raza	Holstein	68	10	58	0,07 <sup>c</sup>
	No Holstein	10	4	6	
	Total	78	14	64	
Lote producción	No producción	55	10	45	1,0 <sup>c</sup>
	En producción	23	4	19	
	Total	78	14	64	
Partos	Más de 2	32	8	24	0,19 <sup>c</sup>
	2 o menos	45	6	39	
	Total	77	14	63	

<sup>a</sup> Corresponden al número de animales de 83 muestreados con datos disponibles sobre la variable al momento del muestreo. <sup>b</sup> Prueba de Chi cuadrado de Pearson. <sup>c</sup> Prueba exacta de Fisher.

## Conclusiones

La seroprevalencia aparente a MAP del hato fue del 17%. La exploración de factores individuales o de animal asociados a los resultados de ELISA, arrojó una posible asociación entre la seropositividad a MAP y la raza. La seroprevalencia de MAP se ha incrementado en los últimos años en el hato, lo que puede relacionarse con la ausencia de un programa de control.

## Agradecimientos

Al Departamento de Formación Académica de Haciendas de la Facultad de Ciencias Agrarias, UdeA. A Laura Vásquez Jaramillo, a Colciencias (convocatoria 617 de 2013) y al grupo Centauro (Estrategia de Sostenibilidad CODI 2013-2014) de la UdeA.

## Conflictos de intereses

El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

---

## Referencias bibliográficas

- Benavides, B.; Arteaga, Á.V.; Montezuma, C.A. Estudio epidemiológico de paratuberculosis bovina en hatos lecheros del sur de Nariño, Colombia. **Revista Medicina Veterinaria**, v. 31, p.57-66, 2016.
- Bielanski, A.; Algire, J.; Randall, G.C.B. et al. Risk of transmission of *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* by embryo transfer of *in vivo* and *in vitro* fertilized bovine embryos. **Theriogenology**, v.66, p.260-266, 2006.
- Buergelt, D.C.; Donovan, G.A.; Williams, J.E. Identification of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* by polymerase chain reaction in blood and semen of a bull with clinical paratuberculosis. **International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine**, v.2, p.130-134, 2004.
- Calderón, J.; Góngora, A. Similaridades clinicopatológicas entre paratuberculosis y enfermedad de Crohn. ¿Posible vínculo zoonótico? **Revista MVZ Córdoba**, v.13, p.1226-1239, 2008.
- Collins, M.T.; Gardner, I.A.; Garry, F.B. et al. Consensus recommendations on diagnostic testing for the detection of paratuberculosis in cattle in the United States. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.229, p.1912-1919, 2006.
- Collins, M.T.; Manning, E.J.B. **Epidemiology of Paratuberculosis**. In: Behr, M.A.; Collins, D.M. (Ed). Paratuberculosis Organism, Disease, Control. Oxfordshire: CAB International, 2010. p.22-28.
- Correa-Valencia, N.M.; Ramírez, N.F.; Olivera, M. et al. 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. **Tropical Animal Health and Production**, v.48, p.1191-200, 2016.

- De Waard, J.H. ¿Ordeñando micobacterias del ganado? Impacto económico y en salud de tuberculosis bovina y paratuberculosis en Colombia. **Revista MVZ Córdoba**, v.15, p.2037-2040, 2010.
- Dohoo, I.; Martin, W.; Stryhn, H. **Introduction to observational studies**. In: McPike, S.M. (Ed). *Veterinary Research Epidemiology*. 2 ed. Charlottetown: VER Inc., 2010. p.151-166.
- Fernández-Silva, J.A.; Abdulmawjood, A.; Akineden, O. et al. Serological and molecular detection of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in cattle of dairy herds in Colombia. **Tropical Animal Health and Production**, v.43, p.1501-1507, 2011a.
- Fernández-Silva, J.A.; Abdulmawjood, A.; Bülte, M. Diagnosis and molecular characterization of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* from Dairy Cows in Colombia. **Veterinary Medicine International**, v.2011, n.352561, p.1-12, 2011b.
- Fernández-Silva, J.A.; Correa-Valencia, N.M.; Ramírez, N.F. Systematic review of the prevalence of paratuberculosis in cattle, sheep, and goats in Latin America and the Caribbean. **Tropical Animal Health and Production**, v.46, p.1321-1340, 2014.
- Fernández-Silva J.A.; Ramírez, N.F.; Correa-Valencia, N.M. Factors associated with *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in dairy cows from Northern Antioquia, Colombia. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v.30, p.48-59, 2017.
- Fry, M.P.; Kruze, J.; Collins, M.T. Evaluation of four commercial enzyme-linked immunosorbent assays for the diagnosis of bovine paratuberculosis in Chilean dairy herds. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v.20, p.329-332, 2008.
- Garcia, A.B.; Shalloo, L. Invited review: The economic impact and control of paratuberculosis in cattle. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.8, p.501939, 2015.
- Gasteiner, J.; Wenzl, H.; Fuchs, K. et al. Serological cross-sectional study of paratuberculosis in cattle in Austria. **Zentralblatt Veterinärmedizin Reihe B**, v.46, n.7, p.457-466, 1999.
- Groenendaal, H.; Nielen, M.; Jalvingh, A.W. et al. A simulation of Johne's disease control. **Preventive Veterinary Medicine**, v.54, n.3, p.225-45, 2002.
- ICA - Instituto Colombiano Agropecuario. **Resolución 3714**, 2015. 9p.
- Jakobsen, M.B.; Alban, L.; Nielsen, S.S. A cross-sectional study of paratuberculosis in 1155 Danish dairy cows. **Preventive Veterinary Medicine**, v.46, n.1, p.15-27, 2000.
- Köhler, H.; Burkert, B.; Pavlik, I. et al. Evaluation of five ELISA test kits for the measurement of antibodies against *Mycobacterium*

*avium* subspecies *paratuberculosis* in bovine serum. **Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift**, v.121, n.5-6, p.203-210, 2008.

- Nielsen, S.S.; Hansen, K.F.; Kvist, L. et al. Dam's infection progress and within-herd prevalence as predictors of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* ELISA response in Danish Holstein cattle. **Preventive Veterinary Medicine**, v.125, p.54-8, 2016.
- Raizman, E.A.; Wells, S.J.; Muñoz-Zanzi, C.A. et al. Estimated within-herd prevalence (WHP) of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in a sample of Minnesota dairy herds using bacterial culture of pooled fecal samples. **Canadian Journal Veterinary Research**, v.75, n.2, p.112-6, 2011.
- Sorge, U.S.; Lissemore, K.; Godkin, A. et al. Associations between paratuberculosis milk ELISA result, milk production, and breed in Canadian dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.2, p.754-61, 2011.
- Sweeney, R.W.; Collins, M.T.; Koets, A.P. et al. Paratuberculosis (Johne's disease) in cattle and other susceptible species. **Journal of veterinary internal medicine**, v.26, n.6, p.1239-50, 2012.
- Van Hulzen, K.J.; Nielen, M.; Koets, A.P. et al. Effect of herd prevalence on heritability estimates of antibody response to *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis*. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.2, p.992-7, 2011.
- Vega, A. **Relación entre el diagnóstico de la paratuberculosis bovina por el examen coprológico y de la prueba alérgica de termorreacción con la tuberculina aviaria por vía subcutánea**. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1947. 32p. Tesis (Medicina Veterinaria).
- Vir Singh, S.; Dhama, K.; Chaubey, K.K. et al. Impact of host genetics on susceptibility and resistance to *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* infection in domestic ruminants. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.16, n.6, p.251-66, 2013.
- Waddell, L.A.; Rajić, A.; Stärk, K.D. et al. The zoonotic potential of *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis*: a systematic review and meta-analyses of the evidence. *Epidemiology and infection*, v.143, n.15, p.3135-57, 2015.

---

1 Financiado por Colciencias (convocatoria 617 de 2013) y el grupo Centauro (Estrategia de Sostenibilidad CODI 2013-2014) de la Universidad de Antioquia.

---

**Cómo citar:** Jaramillo-Moreno, S.; Montoya-Zuluaga, M.A.; Uribe-Santa, J.S.; Ramírez-Vásquez, N.F.; Fernández-Silva, J.A. Seroprevalencia de paratuberculosis (*Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis) en un hato de lechería especializada del altiplano norte de Antioquia, Colombia. **Revista Veterinaria y Zootecnia**, v.11, n.2, p.24-33, 2017. DOI: 10.17151/vetzo.2017.11.2.3

---

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](#)

