



ARTICULO REVISIÓN

Avances recientes y retos en el manejo de la tuberculosis bovina

Recent advances and challenges in the management of bovine tuberculosis

Avanços recentes e desafios no manejo da tuberculose bovina

Mildre Mercedes Vidal-del Río¹  , **Raúl González-Salas¹** , **Jolena Verónica Vinueza-Lara¹** , **Marco Paul Medina-Valencia¹** 

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ambato, Ecuador.

Recibido: 30 de diciembre de 2025

Aceptado: 31 de diciembre de 2025

Publicado: 31 de diciembre de 2025

Citar como: Vidal-del Río MM, González-Salas R, Vinueza-Lara JV, Marco Paul Medina-Valencia MP. Avances recientes y retos en el manejo de la tuberculosis bovina. Rev Ciencias Médicas [Internet]. 2025 [citado: fecha de acceso]; 29(S2): e7045. Disponible en: <http://revcmpinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/7045>

RESUMEN

Introducción: la tuberculosis bovina, causada por *Mycobacterium bovis*, persiste como problema sanitario y económico global, con implicaciones zoonóticas que afectan la salud pública y la sostenibilidad ganadera.

Objetivo: analizar los avances recientes en diagnóstico, epidemiología, prevención y control de la tuberculosis bovina, identificando retos actuales y perspectivas futuras.

Métodos: se efectuó una revisión sistemática de la literatura científica en diversas bases de datos. La búsqueda se realizó mediante un algoritmo con palabras clave y operadores booleanos, permitiendo identificar fuentes relevantes. Los estudios seleccionados, tras aplicar criterios de inclusión y exclusión, fueron analizados críticamente considerando actualidad, calidad metodológica y pertinencia temática, integrándose en la síntesis final de la revisión.

Desarrollo: la literatura evidencia la persistencia de la enfermedad en múltiples regiones, con prevalencias variables y limitaciones diagnósticas asociadas a la prueba de tuberculina. La vacunación con BCG y variantes atenuadas muestra resultados prometedores, aunque aún insuficientes para erradicación. Se destacan factores de riesgo como edad, embarazo y convivencia con fauna silvestre, que actúan como reservorios. Las estrategias de control incluyen programas de bioseguridad, cuarentena y sacrificio, aunque enfrentan barreras económicas y sociales. La OMS y organismos internacionales promueven enfoques integrados bajo el paradigma Una Salud, enfatizando la necesidad de innovación diagnóstica y mayor inversión en investigación.

Conclusiones: la tuberculosis bovina continúa siendo un desafío complejo que requiere estrategias integradas de control, vigilancia y vacunación. La cooperación internacional y el enfoque Una Salud son esenciales para mitigar su impacto zoonótico y económico, fortaleciendo la sostenibilidad ganadera y la salud pública.

Palabras clave: Salud Única; Técnicas y Procedimientos Diagnósticos; Tuberculosis Bovina; Vigilancia de Zoonosis; Zoonosis.

ABSTRACT

Introduction: bovine tuberculosis, caused by *Mycobacterium bovis*, persists as a global health and economic problem, with zoonotic implications that affect public health and livestock sustainability.

Objective: to analyze recent advances in the diagnosis, epidemiology, prevention, and control of bovine tuberculosis, identifying current challenges and future perspectives.

Methods: a systematic review of the scientific literature was conducted across various databases. The search was performed using an algorithm with keywords and Boolean operators, allowing the identification of relevant sources. The selected studies, after applying inclusion and exclusion criteria, were critically analyzed considering timeliness, methodological quality, and thematic relevance, and integrated into the final synthesis of the review.

Development: the literature shows the persistence of the disease in multiple regions, with variable prevalence and diagnostic limitations associated with the tuberculin test. Vaccination with BCG and attenuated variants shows promising results, although still insufficient for eradication. Risk factors such as age, pregnancy, and coexistence with wildlife, which act as reservoirs, are highlighted. Control strategies include biosecurity programs, quarantine, and culling, though they face economic and social barriers. WHO and international organizations promote integrated approaches under the One Health paradigm, emphasizing the need for diagnostic innovation and greater investment in research.

Conclusions: bovine tuberculosis remains a complex challenge that requires integrated strategies of control, surveillance, and vaccination. International cooperation and the One Health approach are essential to mitigate its zoonotic and economic impact, strengthening livestock sustainability and public health.

Keywords: One Health; Diagnostic Techniques and Procedures; Tuberculosis, Bovine; Zoonosis Surveillance; Zoonoses.

RESUMO

Introdução: a tuberculose bovina, causada por *Mycobacterium bovis*, persiste como um problema sanitário e econômico global, com implicações zoonóticas que afetam a saúde pública e a sustentabilidade pecuária.

Objetivo: analisar os avanços recentes no diagnóstico, epidemiologia, prevenção e controle da tuberculose bovina, identificando desafios atuais e perspectivas futuras.

Métodos: foi realizada uma revisão sistemática da literatura científica em diversas bases de dados. A busca foi conduzida por meio de um algoritmo com palavras-chave e operadores booleanos, permitindo identificar fontes relevantes. Os estudos selecionados, após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, foram analisados criticamente considerando atualidade, qualidade metodológica e pertinência temática, sendo integrados na síntese final da revisão.

Desenvolvimento: a literatura evidencia a persistência da doença em múltiplas regiões, com prevalências variáveis e limitações diagnósticas associadas ao teste da tuberculina. A vacinação com BCG e variantes atenuadas mostra resultados promissores, embora ainda insuficientes para a erradicação. Destacam-se fatores de risco como idade, gestação e convivência com fauna silvestre, que atuam como reservatórios. As estratégias de controle incluem programas de biossegurança, quarentena e abate, embora enfrentem barreiras econômicas e sociais. A OMS e organismos internacionais promovem abordagens integradas sob o paradigma Uma Saúde, enfatizando a necessidade de inovação diagnóstica e maior investimento em pesquisa.

Conclusões: a tuberculose bovina continua sendo um desafio complexo que requer estratégias integradas de controle, vigilância e vacinação. A cooperação internacional e a abordagem Uma Saúde são essenciais para mitigar seu impacto zoonótico e econômico, fortalecendo a sustentabilidade pecuária e a saúde pública.

Palavras-chave: Saúde Única; Técnicas e Procedimentos Diagnósticos; Tuberculosis, Bovine; Vigilância de Zoonoses; Zoonoses.

INTRODUCCIÓN

La tuberculosis bovina (TBb), causada principalmente por *Mycobacterium bovis* (M. bovis), sigue siendo una enfermedad endémica que afecta a la ganadería en todo el mundo, y a pesar de los esfuerzos de control, continúa siendo una preocupación significativa para la salud animal, la salud pública y la economía ganadera. La transmisión de la TBb de animales a humanos, aunque menos común que la tuberculosis humana, constituye un riesgo, especialmente en regiones donde la enfermedad es endémica en el ganado. En los últimos años, se han realizado avances significativos en la comprensión de la epidemiología, el diagnóstico y el tratamiento de la TBb. Sin embargo, los desafíos persisten, incluida la necesidad de métodos de diagnóstico más sensibles y específicos, así como estrategias de control más efectivas.⁽¹⁾

La enfermedad afecta tanto a animales domésticos como salvajes en todo el mundo. Se convirtió en una de las primeras entidades patológicas en las que se demostró el papel de una bacteria como causa de enfermedad y, por tanto, tuvo un aporte sustancial a la consolidación de la teoría microbiana de la enfermedad.⁽²⁾ El científico Robert Koch aisló el bacilo tuberculoso y presentó este gran resultado a la sociedad de fisiología de Berlín el 24 de marzo de 1882. Este avance en el conocimiento de la etiología de la tuberculosis, junto con la observación empírica de que algunos individuos que superaron la enfermedad no volver a sufrirlo, sentó las bases para iniciar el diseño científico de las vacunas. Este fue un hito importante y una revolución en la medicina humana a través del cual cambió la historia de la población humana.⁽³⁾

La patogenicidad de las micobacterias es un proceso multifactorial que depende de la participación de varios factores virulentos de lípidos complejos en la pared celular, principalmente, además de proteínas y complejos proteicos. Las micobacterias poseen una pared celular muy gruesa que contiene un lípido hidrofóbico complejo; El núcleo de la pared celular está compuesto por tres moléculas adheridas: peptidoglicano, arabinogalactano y ácido micólico conocido como complejo micolilarbinogalactano-peptidoglicano. Este complejo se encuentra debajo de una capa superficial en forma de lámina de glicolípidos que está formada por lípidos superficiales como micósidos, factor de cordón, cera D, sulfolípidos y sulfátidos.⁽⁴⁾

La globalización y la modernización han llevado a un aumento de la complejidad de la carga de enfermedad de tuberculosis en todo el mundo. Por lo tanto, se vuelve obligatoria una comprensión fundamental de la ecología y la transmisión de la enfermedad. La interdependencia entre humanos, animales y medioambiente juega un papel importante en la transmisión de la enfermedad. Entre los diferentes elementos que impactan en la transmisión, las variables básicas incorporan los atributos naturales de la bacteria y huésped potencial, latencia.⁽⁵⁾ Ante ello, la presente revisión tuvo como objetivo analizar los avances recientes en diagnóstico, epidemiología, prevención y control de la tuberculosis bovina, identificando retos actuales y perspectivas futuras.

MÉTODOS

El estudio se estructuró como una revisión sistemática de la literatura, siguiendo las recomendaciones PRISMA. La búsqueda se realizó entre enero de 2010 y diciembre de 2024, con el propósito de identificar avances recientes y retos en el manejo de la tuberculosis bovina.

Las fuentes de información incluyeron Web of Science, Scopus, PubMed, Redalyc, EBSCO y Google Scholar, además de literatura gris en forma de informes técnicos de organismos internacionales (OMS, FAO, OIE). Se revisaron también referencias secundarias de artículos relevantes para ampliar la cobertura temática. La estrategia de búsqueda se diseñó con palabras clave y operadores booleanos: "bovine tuberculosis" OR "Mycobacterium bovis" AND ("diagnosis" OR "epidemiology" OR "control" OR "biosecurity"). Se consideraron publicaciones en español e inglés, priorizando aquellas revisadas por pares.

Los criterios de inclusión fueron: artículos publicados en el rango temporal definido, estudios clínicos, revisiones narrativas o sistemáticas, y documentos que abordaran aspectos epidemiológicos, diagnósticos, terapéuticos o preventivos de la tuberculosis bovina. Se excluyeron duplicados, artículos sin acceso completo, publicaciones irrelevantes y documentos fuera del rango temporal.

El proceso de selección se realizó mediante lectura de títulos y resúmenes, seguido de análisis de textos completos. Se identificaron inicialmente 74 registros, de los cuales se eliminaron 49 por no cumplir los criterios de inclusión. Finalmente, 25 artículos fueron incorporados en la revisión.

La extracción de datos incluyó variables como autor, año, diseño del estudio, población analizada, hallazgos principales y conclusiones. El análisis se efectuó mediante síntesis cualitativa, agrupando los resultados en categorías relacionadas con epidemiología, diagnóstico, tratamiento y prevención. No se realizó metaanálisis debido a la heterogeneidad de los estudios, pero la integración narrativa permitió identificar avances recientes y retos persistentes en el control de la tuberculosis bovina.

DESARROLLO

Un estudio reciente ha señalado que la tuberculosis zoonótica está resurgiendo como una enfermedad infecciosa en los países de ingresos altos y a su vez una enfermedad desatendida en los países de ingresos bajos y medianos. Además, como se desconoce la carga de tuberculosis zoonótica asociada a *M. bovis*, es probable que se subestime. Las estimaciones de prevalencia de tuberculosis zoonótica también son inexactas, porque las pruebas de laboratorio actuales no pueden distinguir las especies de *Mycobacterium tuberculosis* que infectan a humanos o animales.⁽⁶⁾

La OMS ha estimado la carga de tuberculosis zoonótica según estudios científicos desde 2016 y ha propuesto fortalecer la vigilancia para determinar con mayor precisión la carga de enfermedad. De los 10 millones de personas en 2019 con nuevos casos de tuberculosis activa, se estima que 140.000 (rango: 69,800-235,000) tenían tuberculosis zoonótica (1,4 %) y aproximadamente 11,400 (rango: 4,470-21,600) finalmente murieron (8,1%). Para la tuberculosis zoonótica en ganado bovino, los estudios han informado una prevalencia de tuberculosis zoonótica confirmada por *M. bovis* que oscila entre el 0 % y el 28 %; Sin embargo, algunos de los métodos de cultivo y la variedad de métodos moleculares que se utilizan actualmente en los laboratorios son inadecuados para el diagnóstico de la tuberculosis.⁽⁶⁾

Lograr un mundo libre de tuberculosis es un objetivo deseable con respecto a la salud humana, animal y ambiental, según los principios de Una Salud. Dada la transmisión entre especies del *Mycobacterium tuberculosis* a través de una estrecha interacción entre humanos y animales, la tuberculosis humana no se puede erradicar sin abordar la cuestión de la tuberculosis zoonótica. El informe de progreso de 2020 del secretario general de la ONU recomendó diez acciones prioritarias para acelerar el avance hacia los objetivos mundiales de tuberculosis; Además, la hoja de ruta desarrollada por la OMS, la FAO y la OIE propone diez prioridades para abordar la tuberculosis zoonótica. Ambos exigen un liderazgo de alto nivel, una acción multisectorial y colaborativa, una mayor inversión en investigación e innovación científica de alta calidad y una cobertura sanitaria universal para todos los pacientes con tuberculosis.⁽⁷⁾

La OMS, la sociedad civil y la Alianza Alto a la Tuberculosis han propuesto un fuerte llamado a la acción para un mayor acceso al tratamiento preventivo de la tuberculosis, instando a los gobiernos a apoyar la investigación y la innovación, particularmente en el desarrollo de vacunas, para luchar mejor contra la tuberculosis y garantizar que al menos 30 millones de personas reciban tratamiento preventivo contra la tuberculosis para 2022.⁽⁸⁾

Es importante señalar que, además del ganado vacuno, la tuberculosis afecta a una amplia variedad de animales y especies silvestres tanto en libertad como en cautiverio, incluidas cabras, ovejas, cerdos, cérvidos, jabalíes, tejones, zarigüeyas y hurones, muchos de los cuales son reconocidos como potenciales huéspedes reservorios. De hecho, los ensayos experimentales y de campo para estudiar la respuesta a la vacunación BCG de algunas de estas especies sugieren que, si bien la vacunación confiere una protección incompleta, su uso en especies silvestres domésticas y cautivas o de vida libre debe considerarse seriamente para reducir el riesgo de contagio entre especies.⁽⁸⁾

También se han explorado enfoques alternativos para controlar la tuberculosis, como la prueba y segregación y el tratamiento con agentes antimicobacterianos, incluida la isoniazida. El tratamiento con isoniazida no es económico y no se recomienda dada la larga duración del tratamiento necesario y la necesidad de retirar la leche junto con los informes de que la eliminación bacteriana puede reanudarse tan pronto como se retira la isoniazida. Además, el uso de un agente antimicobacteriano de primera línea en animales destinados al consumo humano es motivo de gran preocupación debido a su posible contribución a la propagación de la tuberculosis resistente a los medicamentos.⁽⁹⁾

La investigación en este campo, durante la última década, también se ha centrado en buscar otras variantes terapéuticas contra la tuberculosis utilizando enfoques alternativos, incluida la estrategia heteróloga de refuerzo-cebado, la introducción de modificaciones genéticas en las cepas de BCG para aumentar la inmunogenicidad y también la sustitución completa de la BCG por cepas atenuadas de *M. bovis*.⁽¹⁰⁾

Según el estudio de Yuta S, et al.,⁽¹¹⁾ se observó un aumento en la prevalencia de la TBb en ganado bovino en un hato ganadero, lo que sugiere una necesidad urgente de intervenciones de control mejoradas. Por otro lado, Kelly RF, et al.,⁽¹²⁾ reportaron una disminución significativa en la eficacia de la prueba de tuberculina en la detección de la TBb en ciertas poblaciones ganaderas. Estos hallazgos resaltan la complejidad de la epidemiología de la TBb y la necesidad de enfoques de control multifacéticos y adaptativos.

Las vacunas de *M. bovis* inactivadas por calor también se han mostrado prometedoras recientemente en jabalíes, cerdos, ciervos, tejones y cabras. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos significativos y los resultados prometedores en los estudios preclínicos, sólo hay evidencia limitada de ensayos clínicos y de campo, ganancias significativas en la eficacia de estas vacunas BCG de nueva generación modificadas.⁽¹³⁾

Curiosamente, tanto las vacunas inactivadas por calor como las atenuadas para otra enfermedad micobacteriana importante, la paratuberculosis (enfermedad de Johne), han sido autorizadas y probadas ampliamente para su uso en ganado vacuno y pequeños rumiantes, pero su uso es limitado en los países debido a la posibilidad de interferencia con las pruebas de tuberculina y herramientas de diagnóstico que se utilizan actualmente en los programas de control y erradicación de la TBb.⁽¹⁴⁾ En países como, se ha utilizado la vacunación para tratar especies silvestres y domésticas reservorios y, por lo tanto, puede ser valiosa como herramienta complementaria para el control de la tuberculosis bovina.⁽¹⁵⁾

Aunque muchos animales son susceptibles, se sabe relativamente poco sobre el estado y el potencial de otros animales salvajes como es el caso del Reino Unido en un estudio de proximidad de tejones y vigilancia de granjas en Irlanda del Norte donde los gatos eran visitantes frecuentes. Los gatos de granja y salvajes se considerarían como hospedadores centinelas potenciales de la tuberculosis bovina en el ganado, pero los informes de *M. bovis* confirmados por cultivo en gatos son relativamente raros y principalmente en áreas endémicas. Hay algunas publicaciones sobre la tuberculosis bovina en gatos de granja, pero aparentemente ninguna sobre gatos salvajes.⁽¹⁶⁾

La erradicación completa de la tuberculosis bovina no se ha logrado en ningún país debido a la presencia de grandes problemas que enfrenta la erradicación: varios factores entre los cuales están las fallas en la revelación de animales afectados por tuberculosis bovina o a través de la confirmación de la infección dentro de los mataderos por cultivo bacteriológico. Las fallas son causadas por portadores anérgicos o una ruptura en la seguridad del rebaño o infección de animales recién introducidos en rebaños libres. Reactores no visibles que crean dificultades administrativas y de relaciones públicas. Presencia de reservorios de vida silvestre. Rebaños

grandes como en América del Norte y América del Sur donde el ganado se cría en condiciones muy extensivas en grandes ranchos o estaciones.⁽¹⁷⁾

Por tratarse de una infección respiratoria; las partículas infecciosas pueden originarse del esputo (el tracto respiratorio) o de partículas finas de polvo contaminadas, una ruta ambiental potencial. La transmisión posterior parece requerir lesiones en los pulmones y los ganglios linfáticos asociados, y contrariamente al dogma, la mayoría (40–73 %) de los reactores confirmados de BTB tienen lesiones pulmonares, aunque muchas son demasiado pequeñas para ser detectadas rutinariamente en la inspección de carne del matadero siendo esto un riesgo de zoonosis.⁽¹⁸⁾

Es importante señalar que, en el año 2022, la Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH) sustituyó el capítulo sobre tuberculosis bovina en su Manual de sanidad para los animales terrestres por un nuevo capítulo sobre tuberculosis de mamíferos, reconociendo así que la definición original de tuberculosis bovina, que se limitaba a la tuberculosis en bovinos causada por *Mycobacterium bovis*, ya no era adecuada. Se demostró que la tuberculosis en bovinos también era causada por otros nuevos miembros recientemente caracterizados del complejo, mientras que al mismo tiempo se demostró que *M. bovis* causaba tuberculosis en una amplia variedad de otros huéspedes mamíferos.⁽¹⁹⁾

A nivel animal, se encontró que la edad y el embarazo eran factores de riesgo potenciales para la tuberculosis bovina en Bangladesh. La inmunosupresión relacionada con el embarazo puede ser responsable de adquirir la infección por tuberculosis bovina donde se encontraron prevalencia en el ganado cruzado en las áreas periurbanas y urbanas. El estudio sugiere la necesidad urgente de desarrollar una estrategia nacional integral para el control de la tuberculosis bovina en grupos de ganado de alto riesgo para minimizar el riesgo de transmisión de animales a humanos y entre animales.⁽²⁰⁾

Sin embargo, en la actualidad, la estrategia de control de la tuberculosis bovina reconocida en Sudáfrica se basa en la "prueba y sacrificio", utilizando la prueba intradérmica de la tuberculina, seguida del sacrificio de los animales que han resultado positivos. Los rebaños afectados se colocan en cuarentena veterinaria con restricciones de movimiento hasta que se erradica el brote; esto puede llevar varios años o durar indefinidamente si el brote no se puede erradicar.⁽²¹⁾

Las mismas medidas se aplican a las poblaciones de búfalos infectadas, a menudo sin perspectivas de erradicarse nunca. Por otro lado, en muchas explotaciones ganaderas de Europa sugieren el uso alternativas para evitar el cierre de empresas como la promoción de intervenciones de bioseguridad para reducir el riesgo de tuberculosis y el desarrollo de planes integrados de lucha contra la enfermedad diseñados para controlar la infección en los reservorios hospedadores adecuados (salvajes y domésticos) e interrumpir así las cadenas primarias de transmisión.⁽²²⁾

La vida silvestre a menudo comparte pastos con el ganado, y según las investigaciones esto es un factor que contribuye a la propagación de micobacterias lo que presenta claramente un riesgo que la enfermedad pueda propagarse a animales domésticos y representar un riesgo zoonótico. Los centros de cría en zoológicos o bisontes todavía existen casos observados en Polonia de animales infectados que pueden representar un riesgo potencial para la salud de los turistas, cuidadores o veterinarios.⁽²³⁾ Se podrían aplicar estrategias de control de la enfermedad más eficaces si comprendiéramos mejor la influencia de los factores de riesgo en esta enfermedad de epidemiología compleja, que probablemente varíe entre rebaños y zonas.⁽²⁰⁾

Las principales consecuencias de esta enfermedad incluyen impactos adversos en: el bienestar animal; el comercio de animales y productos animales; los medios de vida de los productores; los recursos naturales como la preservación de especies silvestres en peligro de extinción; y la salud pública. Las estrategias de control de la tuberculosis en el ganado se basan en gran medida en pruebas ante mortem e inspección del sacrificio para identificar animales infectados, seguidos de investigaciones epidemiológicas de rastreo de entrada y salida para identificar rebaños en riesgo de infección.⁽²¹⁾

No se producen síntomas en la etapa temprana de la enfermedad, que es asintomática. En casos avanzados, el agrandamiento de los ganglios linfáticos puede obstruir las vías respiratorias, el tracto digestivo y los vasos sanguíneos. El examen ante mortem basado en los signos clínicos puede utilizarse para el diagnóstico tentativo y presuntivo. *M. bovis* no es la principal causa de tuberculosis humana, pero puede infectar a los seres humanos ya sea por consumo de productos animales infectados, por inhalación de gotitas infecciosas o por exposición directa a animales infectados. Además, la tuberculosis avanzada puede provocar la muerte de los animales y los seres humanos. Por lo tanto, el control y la prevención de la enfermedad son fundamentales para salvar la vida de los animales y los seres humanos y reducir el comercio prohibido.⁽²²⁾

Un estudio de revisión destinado a estimar la prevalencia de tuberculosis bovina en América del Sur encontró que Ecuador tiene una prevalencia relativamente alta de más del 1 %. Este hallazgo es respaldado por otros informes de Ecuador que registraron un rango de prevalencia de 0,71-8,63 %, dependiendo de la región geográfica o la metodología utilizada, como encuestas de prueba cutánea de tuberculina o inspección en mataderos. En términos del aspecto zoonótico de la tuberculosis bovina, se estima que *M. bovis* representa el 2 % de todos los casos humanos de TB en América del Sur.⁽²³⁾

En un estudio transversal se realizó en el Matadero Municipal del Cantón Mejía se estima la prevalencia aparente de tuberculosis en bovinos sacrificados con base en la inspección post mortem macroscópica y aislamiento de *M. bovis*. En total, se examinaron 395 cabezas de bovinos durante el periodo de estudio, de los cuales 4 animales fueron diagnosticados con lesiones tuberculosas compatibles con la enfermedad a nivel pulmonar, arrojando una prevalencia aparente de 1,01 % (IC95 %: 0,28 % - 2,57 %); mientras que, mediante cultivo bacteriológico, se identificaron aislamientos compatibles con *M. bovis* en seis animales, arrojando una prevalencia aparente de 1,52 % (IC95 % = 0,56 % - 3,28 %).⁽²⁴⁾

Los factores de riesgo como edad, biotipo, sexo y procedencia de los animales no resultaron significativos en la prevalencia aparente de la enfermedad. Se obtuvo una prevalencia significativa de lesiones macroscópicas y de *M. bovis* sin obtener asociación significativa de los factores que predisponen a una mayor presentación de lesiones visibles y del patógeno, por lo que no se pudieron redireccionar estrategias de control en las diferentes poblaciones que pudieran estar en riesgo.⁽²⁵⁾

CONCLUSIONES

Es importante desarrollar una estrategia integral para el control de la tuberculosis bovina para minimizar el riesgo de transmisión de animales a humanos y entre animales mediante el control y la prevención de la enfermedad. Los animales de vida contribuyen a la propagación de micobacterias lo que presenta claramente un riesgo que la enfermedad pueda propagarse a animales domésticos y representar un riesgo zoonótico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Balseiro A, Thomas J, Gortázar C, Risalde MA. Development and Challenges in Animal Tuberculosis Vaccination. *Pathogens* [Internet]. 2020 [citado 23/09/2025]; 9(6):472. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pathogens9060472>
2. Al-Asady IN, Ali JF. Review Article: Virulence Factors of Mycobacterium Tuberculosis. *J. Res. Appl. Sci. Biotechnol.* [Internet]. 2023 [citado 23/09/2025]; 2(3):221-37. Disponible en: <https://jrasb.com/index.php/jrasb/article/view/258>
3. Høiby N. Louis Pasteur and the birth of microbiology in Denmark. *APMIS* [Internet]. 2024 [citado 23/09/2025]; 132(1):43-52. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/apm.13279>
4. Chung ES, Johnson WC, Aldridge BB. Types and functions of heterogeneity in mycobacteria. *Nat Rev Microbiol* [Internet]. 2022 [citado 23/09/2025]; 20(9):529-541. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00721-0>
5. Conteddu K, English HM, Byrne AW, Amin B, Griffin LL, Kaur P, et al. A scoping review on bovine tuberculosis highlights the need for novel data streams and analytical approaches to curb zoonotic diseases. *Vet Res* [Internet]. 2024 [citado 23/09/2025]; 55(1):64. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13567-024-01314-w>
6. Borham M, Oreiby A, El-Gedawy A, Hegazy Y, Khalifa HO, Al-Gaabary M, et al. Review on Bovine Tuberculosis: An Emerging Disease Associated with Multidrug-Resistant Mycobacterium Species. *Pathogens* [Internet]. 2022 [citado 23/09/2025]; 11(7):715. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pathogens11070715>
7. Refaya AK, Bhargavi G, Mathew NC, Rajendran A, Krishnamoorthy R, Swaminathan S, et al. A review on bovine tuberculosis in India. *Tuberculosis (Edinb)* [Internet]. 2020 [citado 23/09/2025]; 122:101923. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tube.2020.101923>
8. World Health Organization. WHO operational handbook on tuberculosis. Module 1: prevention-tuberculosis preventive treatment. World Health Organization, 2020. Disponible en: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis/?gad_source=1&qclid=CjwKCAjw2Je1BhAgEiwAp3KY7yuKK-HbnqmeJVgW8Do5EITWO9ZGIj7E9gU64ejpAe9DbKatUI2KuRoCdIoQAvD_BwE
9. Stephanie F, Saragih M, Tambunan USF. Recent Progress and Challenges for Drug-Resistant Tuberculosis Treatment. *Pharmaceutics* [Internet]. 2021 [citado 23/09/2025]; 13(5):592. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13050592>
10. Choy RKM, Bourgeois AL, Ockenhouse CF, Walker RI, Sheets RL, Flores J. Controlled Human Infection Models To Accelerate Vaccine Development. *Clin Microbiol Rev* [Internet]. 2022 [citado 23/09/2025]; 35(3): e0000821. Disponible en: <https://doi.org/10.1128/cmr.00008-21>
11. Yuta S. Prevalence of Bovine Tuberculosis and the associated risk factors in dairy cattle under different production system in Hawassa City and Yirgalem Town, Sidama National Regional State, Ethiopia. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci* [Internet]. 2023 [citado 23/09/2025]; 10(12): 1-13. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22192/ijarbs.2023.10.12.001>

12. Kelly RF, González Gordon L, Egbe NF, Freeman EJ, Mazeri S, Ngwa VN, et al. Bovine Tuberculosis Antemortem Diagnostic Test Agreement and Disagreement in a Naturally Infected African Cattle Population. *Front Vet Sci* [Internet]. 2022 [citado 23/09/2025]; 9:877534. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.877534>
13. Gortázar C, de la Fuente J, Perelló A, Domínguez L. Will we ever eradicate animal tuberculosis? *Ir Vet J* [Internet]. 2023 [citado 23/09/2025]; 76(Suppl 1):24. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13620-023-00254-9>
14. Juste RA, Geijo MV, Elguezal N, Sevilla IA, Alonso-Hearn M, Garrido JM. Paratuberculosis vaccination specific and non-specific effects on cattle lifespan. *Vaccine* [Internet]. 2021 [citado 23/09/2025]; 39(11):1631-1641. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.01.058>
15. Arnot LF, Michel A. Challenges for controlling bovine tuberculosis in South Africa. *Onderstepoort J Vet Res* [Internet]. 2020 [citado 23/09/2025]; 87(1):e1-e8. Disponible en: <https://doi.org/10.4102/ojvr.v87i1.1690>
16. Allen AR, Ford T, Skuce RA. Does *Mycobacterium tuberculosis* var. *bovis* Survival in the Environment Confound Bovine Tuberculosis Control and Eradication? A Literature Review. *Vet Med Int* [Internet]. 2021 [citado 23/09/2025]; 2021:8812898. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/8812898>
17. Singhla T, Boonyayatra S, Sthitmatee N, Sirimalaisuan A, Maicharoen N, Meemey A, et al. An ELISA test using a circulating *Mycobacterium bovis* peptide for detecting bovine tuberculosis in dairy cattle. *Front Vet Sci* [Internet]. 2024 [citado 23/09/2025]; 11:1384537. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1384537>
18. Bakker D, Buza JJ, Álvarez J, Kapur V. Advancing the development and implementation of regional, national tuberculosis control programs in livestock in Africa, Asia, and Latin America. *Front Vet Sci* [Internet]. 2023 [citado 23/09/2025]; 10: 1192091. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1192091>
19. Islam SKS, Rumi TB, Kabir SML, van der Zanden AGM, Kapur V, Rahman AKMA, et al. Bovine tuberculosis prevalence and risk factors in selected districts of Bangladesh. *PLoS One* [Internet]. 2020 [citado 23/09/2025]; 15(11): e0241717. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241717>
20. Pérez-Morote R, Pontones-Rosa C, Gortázar-Schmidt C, Muñoz-Cardona ÁI. Quantifying the Economic Impact of Bovine Tuberculosis on Livestock Farms in South-Western Spain. *Animals (Basel)* [Internet]. 2020 [citado 23/09/2025]; 10(12):2433. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani10122433>
21. Didkowska A, Orłowska B, Krajewska-Wędzina M, Augustynowicz-Kopeć E, Brzezińska S, Żygowska M, et al. Microbiological and molecular monitoring for bovine tuberculosis in the Polish population of European bison (*Bison bonasus*). *Ann Agric Environ Med* [Internet]. 2021 [citado 23/09/2025]; 28(4):575-578. Disponible en: <https://doi.org/10.2644/aaem/130822>
22. Romero MP, Chang YM, Brunton LA, Parry J, Prosser A, Upton P, et al. Decision tree machine learning applied to bovine tuberculosis risk factors to aid disease control decision making. *Prev Vet Med* [Internet]. 2020 [citado 23/09/2025]; 175:104860. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104860>

23. Aden MA, Tsega T. An overview on Bovine Tuberculosis and its economic significance. Interdisciplinary Journal of Applied and Basics Subjects [Internet]. 2021 [citado 23/09/2025]; 1(11): 1-15. Disponible en: <https://visnav.in/ijabs/article/an-overview-on-bovine-tuberculosis-and-its-economic-significance/>
24. Echeverría G, Zumárraga MJ, Proaño-Pérez F, Blasco FB, de Waard JH. Assessing the impact of various tuberculin PPD brands on bovine tuberculosis diagnosis. Sci Rep [Internet]. 2024 [citado 23/09/2025]; 14(1):5155. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52089-1>
25. Martín Cushicóndor-Collaguazo D, Darwin Coello-Peralta R, Ortega E, Rodríguez Burnham EX. Prevalence of Bovine Tuberculosis (BTB) by post-mortem inspection and bacteriological culture in the municipal slaughterhouse of Mejía canton (Pichincha-Ecuador). Centrosur [Internet]. 2023 [citado 23/09/2025]; 2(1): p74. Disponible en: <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A12%3A2489916/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A162524740&crl=c>