



Avances en el diagnóstico molecular de la tuberculosis bovina: implicaciones para la vigilancia de enfermedades en fauna silvestre y enfoques de tratamiento homeopático

Advancements in Molecular Diagnostics for Bovine Tuberculosis: Implications for Wildlife Disease Surveillance and Homeopathic Treatment Approaches

Sandeep Fellows ^{1*}

Kajal Jadhav ²

Himanshu Joshi ³

Shailendra Singh Yadav ¹

Dilshad Masih ¹

¹State Forest Research Institute, Jabalpur, Madhya Pradesh, India

²Nanaji Deshmukh Veterinary Science University, Jabalpur, Madhya Pradesh, India

³Wildlife Conservation Trust, Mumbai, Maharashtra, India

Recibido: 22 Oct. 2023 | Aceptado: 27 Dic. 2024 | Publicado: 20 Ene. 2025

Autor de correspondencia*: sandeepfellows2016@gmail.com

Cómo citar este artículo: Fellows, S., Jadhav, K., Joshi, H., Singh Yadav, S. & Masih, D. (2025). Avances en el diagnóstico molecular de la tuberculosis bovina: implicaciones para la vigilancia de enfermedades en fauna silvestre y enfoques de tratamiento homeopático. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 5(1), e1146. <https://doi.org/10.51252/revza.v5i1.1146>

RESUMEN

La tuberculosis bovina (bTB) es una enfermedad crónica, infecciosa y zoonótica causada principalmente por *Mycobacterium bovis*, miembro del complejo *Mycobacterium tuberculosis*. Afecta al ganado, a otros animales domésticos y a la fauna silvestre, generando serios retos para la salud animal, la salud pública y la productividad pecuaria. La infección humana ocurre sobre todo por el consumo de productos lácteos no pasteurizados o el contacto directo con animales infectados, lo que convierte a los trabajadores agrícolas, ganaderos y veterinarios en poblaciones especialmente vulnerables. A nivel global, la bTB sigue siendo un problema persistente. Según la Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH), 29 de 82 países encuestados (35,4%) notificaron la presencia de casos tanto en ganado como en fauna silvestre, lo que refleja su amplia distribución y la complejidad de la transmisión entre especies. La coexistencia de la enfermedad en animales domésticos y silvestres dificulta los esfuerzos de erradicación y exige un enfoque integral de Una Sola Salud (One Health). En la India, la prevalencia estimada en el ganado es de aproximadamente 7,3%, lo que equivale a unos 21,8 millones de animales infectados. Esta elevada tasa reduce la productividad pecuaria y aumenta el riesgo de transmisión zoonótica. Para su control se requieren estrategias coordinadas como pruebas periódicas y sacrificio de animales positivos, pasteurización de la leche, prácticas de bioseguridad más estrictas y campañas de sensibilización, junto con el fortalecimiento de las capacidades veterinarias y la integración de la salud animal, humana y ambiental.

Palabras clave: Tuberculosis bovina; Homeopatía; Complejo *Mycobacterium tuberculosis*; reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real; prueba cutánea de tuberculina

ABSTRACT

Bovine tuberculosis (bTB) is a chronic, infectious, and zoonotic disease caused mainly by *Mycobacterium bovis*, a member of the *Mycobacterium tuberculosis* complex. It affects cattle, other domestic animals, and wildlife, generating serious challenges for animal health, public health, and livestock productivity. Human infection occurs primarily through the consumption of unpasteurized dairy products or direct contact with infected animals, making agricultural, dairy, and veterinary workers particularly vulnerable. Globally, bTB remains a persistent issue. According to the World Organisation for Animal Health (WOAH), 29 of 82 surveyed countries (35.4%) reported cases in both cattle and wildlife, highlighting its widespread nature and the complexity of cross-species transmission. The coexistence of infection in livestock and wildlife complicates eradication and requires a One Health perspective to achieve sustainable control. In India, the estimated prevalence of bTB in cattle is about 7.3%, meaning nearly 21.8 million animals could be infected. This high rate reduces productivity and elevates the risk of zoonotic transmission. Addressing bTB demands coordinated, multisectoral strategies, including regular testing and culling, milk pasteurization, stronger biosecurity, and awareness programs. Enhancing veterinary capacity and integrating animal, human, and environmental health approaches are essential to mitigate the impact of bTB.

Keywords: Bovine tuberculosis; Homeopathy; *Mycobacterium tuberculosis* complex; Real time Polymerase chain reaction; Tuberculin skin test



1. INTRODUCCIÓN

La tuberculosis bovina (bTB) es una enfermedad bacteriana crónica causada por miembros del complejo *Mycobacterium tuberculosis* (MTBC), en particular *M. bovis*. La fauna silvestre, los animales domésticos y el ganado son susceptibles a esta grave enfermedad zoonótica (1). En 2019, la OIAH declaró que 29 (35,4%) de las 82 naciones presentan bTB tanto en el ganado como en la vida silvestre (2). Con un alto número de casos y muertes, la región de Asia-Pacífico constituye un foco importante de tuberculosis. En 2021, se estimaron 10,6 millones de casos de TB en todo el mundo, con más del 63% de esas infecciones ocurriendo en dichas regiones (3-4). La incidencia de bTB en el ganado vacuno en India se estima en un 7,3%, lo que significa que alrededor de 21,8 millones de cabezas de ganado están infectadas con tuberculosis bovina (5-6).

Taxonomía

Morfología bacteriana: en forma de bacilo (14), a veces ramificado (15), superficie de colonia similar a moho (11).

Pared celular: rica en lípidos cerosos, con presencia de ácido micólico (12).

Clasificación: Gram-positiva, aerobia (14).

Diagnóstico: tinción ácido-alcohol resistente (13).

La causa principal de la tuberculosis bovina es *Mycobacterium bovis*, mientras que otras especies del MTBC, incluyendo *M. caprae* y *M. tuberculosis*, también han sido identificadas en ganado enfermo (7-8). El MTBC se caracteriza por secuencias 16S rRNA prácticamente idénticas y una similitud a nivel de nucleótidos del 99,9% (9-10). Los diagnósticos clínicos de bTB incluyen emaciación progresiva, fiebre fluctuante de bajo grado, debilidad, inapetencia y disnea. Las infecciones pueden permanecer inactivas durante años y reaparecer en la vejez o en situaciones de estrés. Las lesiones de bTB en el ganado sacrificado forman parte del diagnóstico patológico. Los granulomas encapsulados, amarillentos y calcificados son característicos de la bTB. El ganado presenta tubérculos en los ganglios linfáticos y en otras cavidades corporales (69-73).

Contexto médico

Los animales infectados pueden toser o exhalar gotículas invisibles (aerosoles) que transportan las bacterias de la TB, que posteriormente pueden ser inhaladas por animales o personas vulnerables. En espacios cerrados, el riesgo de exposición es mayor (16). El contacto directo con aerosoles de animales infectados es el principal método de transmisión (17). Sin embargo, el contacto directo con leche, placenta, saliva o secreción nasal de un animal infectado puede transmitir la bTB (18), así como indirectamente en entornos insalubres o mediante el consumo de alimentos o bebidas contaminados (19), o por excretas de un animal infectado (20-21).

Tasa y modos de transmisión

La patogenicidad de *M. bovis* es alta tanto para humanos como para animales (22). A nivel mundial, representa entre el 10 y el 15% de los casos de tuberculosis humana en países en desarrollo (22) y constituye la cuarta enfermedad ganadera más importante, con graves riesgos para los humanos, otros animales de granja y la fauna silvestre (23). Aunque los aerosoles infecciosos son la principal vía de transmisión de las infecciones por *M. bovis*, también pueden transmitirse mediante el consumo de pasto o alimento contaminado, o al beber leche contaminada (24). Los períodos de incubación pueden variar de meses a años (25). Esta enfermedad crónica puede progresar y agravarse rápidamente (26-27). Los animales suelen mostrar síntomas clínicos a medida que envejecen o durante períodos de mayor estrés (28).

Intervenciones de salud pública

Dado que *M. bovis* puede cruzar la barrera de especies e infectar a los humanos y otros mamíferos con una enfermedad similar a la TB, actualmente no se recomienda tratar la tuberculosis bovina debido a su naturaleza contagiosa (29). Si un animal presenta síntomas, debe ser retirado del rebaño (30), asegurando que no haya interacción directa o indirecta con humanos, fauna silvestre o ganado sano (16).

La prohibición de la caza y la alimentación de animales infectados (28), las terapias farmacológicas (31), el sacrificio de animales infectados, la mejora de los estándares sanitarios e higiénicos en las granjas lecheras (32), la vigilancia y el tamizaje regular son algunas de las medidas de control de la infección por bTB. Diversos programas de control y erradicación de la TB se están implementando a nivel global y nacional para contener la propagación de la bTB.

Calmette y Guerin desarrollaron la vacuna de *M. bovis* en la década de 1920. Esta no impide la infección, pero reduce la gravedad de la enfermedad al permitir que la bacteria infecte un número limitado de ganglios linfáticos. Debería desarrollarse y administrarse una vacuna mejorada para la fauna silvestre, con el fin de evitar la transmisión de la enfermedad hacia o desde el ganado (16, 28). La vacunación de la vida silvestre plantea diversas dificultades, especialmente en cuanto a la forma de administración (33). La distribución de cebos orales es la estrategia de administración más factible (34).

Transmisión en fauna silvestre

El diagnóstico en fauna silvestre es (i) un componente clave del control y manejo de la enfermedad (35), pero también es crucial para (ii) evaluar tácticas de monitoreo, (iii) estudios de etiología, epidemiología y transmisión, y (iv) determinar la eficacia de los ensayos de vacunas (35–37). Sin embargo, diagnosticar animales silvestres puede ser difícil (35). No obstante, la tuberculosis en animales sigue siendo un tema importante de investigación (38).

Factores de riesgo para la transmisión

Compartir lugares de pastoreo y abrevaderos entre rebaños y con fauna silvestre, consumir carne poco cocida, beber leche cruda o fermentada, y no tomar precauciones al sacrificar ganado son ejemplos de prácticas sociales y culturales que se han identificado como riesgosas para la propagación de la infección por *M. bovis* (39).

Especies de fauna silvestre afectadas o hospedadores

La siguiente tabla recoge información esencial sobre la prevalencia de la tuberculosis (TB) en diferentes especies, ubicaciones, años y patógenos estudiados en diversas investigaciones. A continuación, se detallan las columnas.

Tabla 1. Estudios de casos de prevalencia de tuberculosis bovina en la fauna silvestre

S. No	Especie afectada	Nombre científico	Ubicación	Año	Patógeno	Observación	Ref.
1	Tigre de Bengala	<i>Panthera tigris</i>	Gwangju Uchi Park Zoo, Gwangju, Republica de Korea	2006	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>avium</i>	Alimentación de tigres con pollos sacrificados infectados con <i>M. avium</i> .	(40)

2	Tigre siberiano	<i>Panthera tigris altaica</i>	Budapest Zoological and Botanical Garden	Octubre 2001	<i>M.bovis</i> subsp. <i>caprae</i>	Infección del tracto digestivo por ingestión de carne infectada	(41)
3	Leopardo	<i>Panthera pardus</i>	Stellenbosch University	2020-23	<i>M.bovis</i>	Ingestión de presas infectadas	(42)
4	Leopardo de las nieves	<i>Panthera uncia</i>		1998	<i>M.bovis</i>	Ingestión de presas infectadas	(43)
			Maharaj Bag Zoo, Nagpur	2016	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>		(44)
5	Oso perezoso	<i>Melursus ursinus</i>	Jaipur zoo	1999		Infección mixta de <i>Mycobacteria</i> y <i>Cornebacterium pygens.</i>	(45)
6	Perro salvaje africano	<i>Lycaon pictus</i>	Kruger National Park, Sud Africa	2019	<i>Mycobacterium bovis</i>	Contacto directo con miembros de la manada infectados e ingesta de presas infectadas.	(46)
				1988	<i>M. bovis</i>		(47)
7	Gaur	<i>Bison bison</i>	Bandhavgarh National Park, Madhya Pradesh, central India	2016-2020	<i>Mycobacterium orygis</i>		(48)
			Nepal	2015	<i>M.orygis,</i>		(49)
			India	2010	<i>M.avium</i>		(50)
8	Ciervo moteado	<i>Cervus Axis</i>	Wildlife Sanctuary, Gujarat, western India	2016-2020	<i>M.tuberculosis, M.bovis, M.orygis</i>	Heces en pastos, agua contaminada	(51-55)
			Safari park, Rio Grande do Sul, Brazil	2021	<i>Mycobacterium bovis</i>		(56-57)
9	Ciervo sambar	<i>Cervus unicolor</i>	Assam State Zoo	1984-1993		<i>Mycobacterium</i> de humanos y bovinos	(58)
			Gujarat			Cautiverio, <i>Mycobacterium</i> de humanos y bovinos	(59)
10	Ciervo moteado blanco (chital)	<i>Axis axis</i>	Ranthambore National park, India	1985		Contacto con ganado y compartir la misma fuente de agua	60)
			Kamla Nehru Park, Indore	1990		Transmisión de humanos a otros animales del zoológico	(61)

11	Ciervo sika	<i>Cervus nippon</i>	Maltro Garden Zoo, Bhillai Stell Plant, Bhillai	1993	<i>M.tuberculosis</i>	(62)
12	Langur	<i>Presbytis obscurus</i>	Metro park zoo, Ohio	1978	<i>Mycobacterium bovis</i>	(63)
13	Chimpancé	<i>Pan troglodytes</i>	Sri Chamarajendra Zoological Gardens, Mysore	1985	<i>Mycobacterium bovis</i>	(64)
14	Orangután	<i>Pongo pygmaeus</i>		1984	<i>M.hominis, M.avium</i>	
15	Mono	<i>Cercocebus torquatus</i>	Nehru Zoo Park, Hyderabad	1979	<i>M.tuberculosis</i>	(65)
16	Macaco rhesus	<i>Macaca Mulatta</i>	Central Drug Research Institute Lucknow	1987-89	<i>Mycobacterium de humanos y bovinos</i>	(66)
17	Rinoceronte negro	<i>Diceros bicornis</i>	Mysore zoo	1992-94	<i>M.tuberculosis, M.bovis</i>	(67)
18	Elefante asiático	<i>Elephantas maximus</i>	Kerela	1995	<i>Mycobacterium elephantis</i>	(68)

En la tabla anterior se resumen estudios de caso de diversos animales silvestres infectados con tuberculosis bovina, según el patógeno causante, el nombre científico de la especie, la ubicación del estudio y el año de realización. Estos estudios ofrecen información nueva e importante sobre cómo la tuberculosis bovina afecta a diversas especies animales en diferentes zonas geográficas. El desarrollo de planes de gestión eficientes para proteger las poblaciones de ganado y fauna silvestre requiere comprender los efectos y la transmisión de la enfermedad.

2. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

2.1. Radiografía

En 1930, la tuberculosis pulmonar fue descrita en la primera descripción radiográfica de la micobacteriosis felina (74). La nomenclatura estándar proporciona una descripción clara de las anomalías pulmonares junto con un diagnóstico por patrones (75–76). Se ha sugerido que la radiografía podría ser una técnica diagnóstica útil para las infecciones micobacterianas. Se ha informado que los cambios torácicos causados por infecciones de *M. bovis*, *M. microti* o *M. avium* son muy variables e incluyen derrame pleural, linfadenopatía traqueobronquial, infiltración pulmonar bronquial o de patrón mixto, alteraciones intersticiales no estructuradas, miliar o nodulares (77–83). Se han reportado muy pocos casos de afectación de los ganglios linfáticos axilares o de calcificación pulmonar y/o ganglionar (84–85).

2.2. Prueba de tuberculina (TST)

La prueba ante mortem típica para tuberculina en el ganado se basa en la hipersensibilidad retardada a micobacterias (16). Es el “estándar de oro” para la detección diagnóstica de infecciones por el MTC, siendo práctica y económica (86). Según lo recomendado por la OIE, la prueba cutánea de tuberculina sigue siendo el método preferido para diagnosticar la bTB en el ganado, con el ensayo de IFN- γ como prueba complementaria (87). En muchos países del mundo, la prueba cutánea se ha utilizado como test individual para ayudar a erradicar la bTB de los rebaños contaminados (88). La prueba cutánea de tuberculina *in vivo* (TST), que mide la reacción de hipersensibilidad retardada a los antígenos de Derivado Proteico Purificado (PPD) micobacterianos, ha sido el test más ampliamente utilizado para diagnosticar tuberculosis en animales durante el último siglo en la mayoría de especies (89–93).

2.3. Secreción nasal

El ganado que reacciona a la tuberculina puede tener micobacterias aisladas de sus secreciones nasales. Los exudados pulmonares bovinos suelen ser ingeridos y viajan a través de las heces para contaminar el alimento y el suelo (94). Según los informes, el 70% de los bovinos reactivos tenían lesiones pulmonares tuberculosas cuando se detectaron animales positivos a TB; en solo el 19% de los casos verificados se aisló *M. bovis* a partir de hisopados nasales o traqueales (95–96). En consecuencia, un diagnóstico más preciso de la bTB puede ser posible mediante la integración de información de la patología y del cultivo bacteriano (97–98).

2.4. Diagnóstico genético

La proliferación de células T específicas de antígeno es un componente de las respuestas CMI *in vitro*, y esta puede medirse utilizando ensayos de inmunoabsorción ligados a enzimas (ELISA) para cuantificar la producción de citocinas o mediante reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa en tiempo real (*real-time qPCR*) para medir la expresión génica de citocinas (99–101). En muchas especies, se considera que estos ensayos ofrecen una forma más rápida y precisa de detectar individuos infectados que las pruebas basadas en reacciones humorales (102–103).

Métodos recomendados de diagnóstico de la tuberculosis bovina

ELISA: El ELISA basado en anticuerpos tiene una sensibilidad superior para identificar animales anérgicos y es práctico, rentable y fácil de aplicar. Sin embargo, la TST mejora la respuesta de anticuerpos, por lo que el ELISA sin la prueba cutánea puede reducir la sensibilidad. En los últimos años, las pruebas ELISA se utilizan como complemento de la TST (105–110).

PCR: Los ensayos de PCR en tiempo real dirigidos a la región RD4 para *M. bovis* en heces de ganado utilizaron un ensayo bacteriano universal para verificar la calidad del ADN. Aunque la detección por PCR proporciona alguna evidencia de la eliminación de *M. bovis* en las heces bovinas, no indica de manera concluyente organismos viables. El ensayo bacteriano universal resultó confiable para obtener ADN amplificable. Más técnicas basadas en PCR podrían aumentar los límites de detección y hacer más eficaz la detección de *M. bovis* en muestras fecales de ganado (111, 116).

Enfoque homeopático: La homeopatía controla eficazmente la tuberculosis bovina, superando los efectos secundarios y los elevados costos. El enfoque metódico, la repertorización y el registro de la sintomatología ayudan a la selección de remedios. La homeopatía mejora la inmunomodulación, reduce la carga de la enfermedad y ofrece una opción de tratamiento integral y a largo plazo en medicina veterinaria.

Para el diagnóstico de la tuberculosis bovina, deben adaptarse los siguientes pasos:

- Observar secreciones, patrones respiratorios y otros síntomas sistémicos.
- Identificar síntomas subyacentes como debilidad, emaciación, tos crónica y glándulas inflamadas.
- Observar el comportamiento general y las preferencias alimenticias.
- Referirse a repertorios estándar como el *Therapeutic Pocket Book* de Boenninghausen, el *Repertory* de Kent o el *General Analysis Synthesis Repertory* de Boger.
- Asignar valores numéricos a cada síntoma según intensidad y frecuencia; el caso debe tabularse y contrastarse con los remedios listados en el repertorio.

Sistema de gradación homeopático (escala de 3 puntos) en la selección de remedios

El sistema de clasificación de la homeopatía evalúa la gravedad y la aplicabilidad de los síntomas a tratamientos específicos. Los grados se asignan según la similitud de los síntomas en el repertorio. El grado 1 indica una indicación débil, lo que significa que el medicamento se recomienda con menos frecuencia. El

grado 2 indica una señal moderada, pero no la coincidencia más fuerte. El grado 3 indica una indicación fuerte, lo que sugiere que la terapia es precisa y se prescribe con frecuencia para el síntoma.

Tuberculinum Bovinum se recomienda para pacientes con tuberculosis crónica con emaciación, tos, esputo y fiebre, asignándole un grado 3. Phosphorus es de grado 2 y se asocia con expectoración hemorrágica, debilidad y enfermedades pulmonares sensibles. Silicea es de grado 1 y se clasifica como tos persistente, inflamación glandular, propensión a la supuración y falta de cicatrización. Calcarea carbonica es de grado 2 y se recomienda de forma leve para la tos, el sudor y la debilidad relacionados con el resfriado.

La **Tabla 2** representa la gradación para la selección rápida en casos de tuberculosis bovina.

Tabla 2. Comparación de remedios homeopáticos según síntomas asociados a la tuberculosis

Síntomas	Tuberculinum Bovinum	Fósforo	Silíceo	Calcárea carbónica	Azufre
Tos crónica con expectoración	3	2	1	2	1
Inflamación glandular	2	1	3	2	2
Emaciación con debilidad	3	3	2	2	2
Febrícula	2	3	2	1	1
Dificultad para respirar	2	2	3	1	2
Pérdida de apetito	2	3	2	3	2
Puntuación total	14	14	13	11	10

Los remedios más probables para los casos de tuberculosis bovina son TuberculinumBovinum y Phosphorus, con Silicea como remedio secundario para la supuración y la afectación glandular, CalcareaCarbonica para casos de desarrollo lento con debilidad y sudoración, y Sulphur para condiciones crónicas profundas con síntomas cutáneos y debilidad.

3. DISCUSIÓN

La tuberculosis bovina (TB), causada principalmente por *Mycobacterium bovis*, constituye una importante preocupación zoonótica debido a su progresión crónica y su considerable potencial de transmisión interespecífica. El diagnóstico en fauna silvestre en libertad presenta obstáculos logísticos, lo que requiere el uso de diagnósticos moleculares como ELISA y RT-PCR para una detección precisa. Los diagnósticos clínicos tradicionales son ineficaces en condiciones no cautivas. La intervención homeopática presenta ventajas inmunomoduladoras, es rentable y complementa las técnicas tradicionales de control. Las técnicas integrales que combinan tecnologías moleculares avanzadas con medicinas alternativas podrían mejorar la vigilancia, el manejo y los esfuerzos de erradicación a largo plazo de la enfermedad en todas las especies. Además, la TB sigue representando una amenaza para las poblaciones de ganado y fauna silvestre debido a su capacidad de propagarse entre especies, incluyendo a los humanos. Una amplia gama de mecanismos de transmisión, como el contacto directo, la contaminación ambiental y la diseminación por aerosoles, dificulta la prevención de la enfermedad. En la fauna silvestre en libertad, donde los procedimientos de diagnóstico tradicionales resultan problemáticos, tecnologías moleculares como ELISA (que detecta anticuerpos) y RT-PCR (que reconoce el material genético de *M. bovis*) se han convertido en herramientas cruciales para una identificación precisa. Estos procedimientos ofrecen una detección temprana, lo que permite una acción inmediata.

Más allá de los procedimientos convencionales, la intervención homeopática ha ganado popularidad como estrategia alternativa, con posibles ventajas inmunomoduladoras que pueden aumentar la resistencia natural a las enfermedades en las poblaciones afectadas. Si bien la homeopatía no es una cura independiente, su bajo costo y su compatibilidad con los métodos de control existentes la convierten en

una excelente opción de tratamiento complementario. La integración de la homeopatía con el diagnóstico molecular y los métodos veterinarios establecidos podría mejorar la vigilancia y el manejo de las enfermedades.

Una estrategia integral de erradicación debe equilibrar las tecnologías moleculares contemporáneas con los remedios tradicionales. Los programas de vigilancia deben abordar los reservorios persistentes en la fauna silvestre que interrumpen constantemente los esfuerzos de erradicación. La coordinación de esfuerzos en diferentes campos, como la veterinaria, la epidemiología y la biología de la conservación, puede mejorar el control de las enfermedades y, al mismo tiempo, reducir el impacto ambiental.

CONCLUSIÓN

La tuberculosis bovina (TB) es una enfermedad infecciosa crónica causada principalmente por *Mycobacterium bovis*. Representa una grave amenaza para los animales, la fauna silvestre y la salud pública. La enfermedad se propaga por contacto directo, inhalación de aerosoles y consumo de agua o alimentos contaminados, por lo que el diagnóstico oportuno y las estrategias de control eficaces son esenciales. En animales domésticos, la TB puede diagnosticarse mediante métodos como radiografías y pruebas cutáneas, observando sus síntomas. Sin embargo, en animales silvestres o en libertad, donde se ha observado la enfermedad, no es posible diagnosticarla mediante radiografías ni pruebas cutáneas. Este trabajo de investigación, tras revisar diversos artículos, concluye que en animales en libertad, la TB puede detectarse mediante técnicas de diagnóstico molecular como ELISA y RT-PCR en muestras fecales. Para su tratamiento, se ha demostrado que la medicina alternativa, como la homeopatía, es eficaz para controlar la enfermedad. Los remedios homeopáticos son fáciles de administrar a los animales, rentables y eficientes. Este enfoque puede ser sin duda muy eficaz en el manejo de la fauna silvestre. La integración de tratamientos convencionales y alternativos requiere fortalecer los marcos de investigación y políticas, lo que puede proporcionar un enfoque más holístico y sostenible para el manejo de la tuberculosis bovina.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente la guía y el oportuno apoyo de nuestro Director, Shri Pradeep Vasudev Sir, durante la redacción de este documento. También agradezco sinceramente a la Dra. Ayesha Ali, Registradora del Consejo de Homeopatía de Madhya Pradesh, a nuestro equipo de S.F.R.I., a mis médicos de cabecera y a mis amigos, quienes me motivaron constantemente a lo largo de este camino. Este trabajo marca un nuevo capítulo en la integración de la homeopatía y la gestión de la fauna silvestre, que sin duda marcará un hito.

FINANCIAMIENTO

Los autores declaran que no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Supervisión, Redacción, revisión y edición: Sandeep Fellows, Kajal Jadhav, Himanshu Joshi, Shailendra Singh Yadav y Dilshad Masih.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Organisation for Animal Health. (2025, January 24). Bovine tuberculosis - WOA - World Organisation for Animal Health. <https://www.woah.org/en/disease/bovine-tuberculosis/>
2. Bovine tuberculosis: global distribution and implementation of prevention and control measures according to WAHIS data - WOA Bulletin. (2019, May 21). WOA Bulletin. <https://bulletin.woah.org/?panorama=3-01-tb-wahis-en>
3. WHO. (2022). Global tuberculosis report 2022. Geneva. Available from: <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2022>
4. Singh, B. B., Dhand, N. K., Cadmus, S., Dean, A. S., & Merle, C. S. (2024). Systematic review of bovine and zoonotic tuberculosis in the Western Pacific and the Southeast Asia regions of the World Health Organization. *Frontiers in Public Health*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1345328>
5. Srinivasan, S., Easterling, L., Rimal, B., Niu, X. M., Conlan, A. J., Dudas, P., & Kapur, V. (2018). Prevalence of bovine tuberculosis in India: a systematic review and meta-analysis. *Transboundary and emerging diseases*, 65(6), 1627-1640.
6. Ramanujam, H., & Palaniyandi, K. (2023). Bovine tuberculosis in India: The need for One Health approach and the way forward. *One Health*, 16, 100495. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100495>
7. Rodriguez, S., Bezos, J., Romero, B., de, J.L., Alvarez, J., Castellanos, E., Moya, N., Lozano, F., Javed, M.T., Saez-Llorente, J.L., Liebana, E., Mateos, A., Dominguez, L., Aranaz, A. 2011. *Mycobacterium caprae* Infection in Livestock and Wildlife, Spain. *Emerg. Infect. Dis.*, 17:532-535.
8. Romero, B., Rodriguez, S., Bezos, J., Diaz, R., Copano, M.F., Merediz, I., Minguez, O., Marques, S., Palacios, J.J., Garcia, d., V, Saez, J.L., Mateos, A., Aranaz, A., Dominguez, L., de, J.L. 2011. Humans as source of *Mycobacterium tuberculosis* infection in cattle, Spain. *Emerg. Infect. Dis.*, 17:2393-2395.
9. Huard, R.C., Fabre, M., de, H.P., Lazzarini, L.C., van, S.D., Cousins, D., Ho, J.L. 2006. Novel genetic polymorphisms that further delineate the phylogeny of the *Mycobacterium tuberculosis* complex. *J Bacteriol.*, 188:4271-4287.
10. Nodal, S. G. D. / . C. A. (n.d.). Etiology of tuberculosis in bovine animals. © 2025 - VISAVET Health Surveillance Centre. <https://www.visavet.es/bovinetuberculosis/animal-tb/etiology.php>
11. *Mycobacteria: Health Advisory* (PDF). Environmental Protection Agency (Report). August 1999.
12. Batt SM, Minnikin DE, Besra GS (May 2020). "The thick waxy coat of mycobacteria, a protective layer against antibiotics and the host's immune system". *The Biochemical Journal*. 477 (10): 1983–2006. doi:10.1042/BCJ20200194. PMC 7261415. PMID 32470138
13. Pennington KM, Vu A, Challener D, Rivera CG, Shweta FN, Zeuli JD, Temesgen Z (August 2021). "Approach to the diagnosis and treatment of non-tuberculous mycobacterial disease". *Journal of Clinical Tuberculosis and Other Mycobacterial Diseases*. 24: 100244. doi:10.1016/j.jctube.2021.100244. PMC 8135042. PMID 34036184
14. Wayne, LG.; Kubica, GP. Genus *Mycobacterium*. In: Sneath, PHA.; Mair, NS.; Sharpe, ME.; Holt, JG., editors. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. II. The Williams and Wilkins Co; Baltimore, Md: 1986. p. 1435-1457.
15. Cook, Gregory M., Berney, Michael, Gebhard, Susanne, Heinemann, Matthias, Cox, Robert A., Danilchanka, Olga, and Niederweis, Michael (2009). *Physiology of Mycobacteria*. *Adv Microb Physiol*. 55: 81–319. doi:10.1016/S0065-2911(09)05502-7.
16. Admassu, B., Kebede, E. and Shite, A. (2015). Review on Bovine Tuberculosis. *European Journal of Biological Sciences* 7 (4): 169-185, 2015
17. Skuce RA, Allen AR, McDowell SWJ (2012) Herd-level risk factors for bovine tuberculosis: a

literature review. *Vet Med Int* 2012:1–10 (<https://doi.org/10.1155/2012/621210>).

18. "What Is Bovine Tuberculosis (TB)? | Department of Agriculture, Environment and Rural Affairs". DAERA, 2015, <https://www.daera-ni.gov.uk/articles/what-bovine-tuberculosis-tb>.
19. Staff, B. B., & Staff, B. B. (2023, May 15). Bovine tuberculosis: a continuing threat to cattle around the world. *Behind the Bench*. <https://www.thermofisher.com/blog/behindthebench/bovine-tuberculosis-a-continuing-threat-to-cattle-around-the-world/>
20. "What is Bovine Tuberculosis (TB)? | Department of Agriculture, Environment and Rural Affairs". DAERA. 2015-05-05. Retrieved 2022-11-18.
21. Santos, N. (2024, September 17). Overview of tuberculosis in animals. *MSD Veterinary Manual*. <https://www.msdvetmanual.com/generalized-conditions/overview-of-tuberculosis-in-animals/overview-of-tuberculosis-in-animals>
22. Michel, A.L., B. Müller and P.D. Van Helden, 2010. *Mycobacterium bovis* at the animal–human interface: a problem, or not? *Vet Microbiol.*, 140: 371-381.
23. Perry, B.D., T.F. Randolph, J.J. McDermott, K.R. Sones and P.K. Thornton, 2002. Investing in Animal Health Research to Alleviate Poverty. ILRI (International Livestock Research Institute): Nairobi, Kenya.
24. Neill, S.D., R.A. Skuce and J.M. Pollock, 2005. Tuberculosis--new light from an old window. *J Appl Microbial*, 98(6): 1261-9.
25. Animal Health Australia (AHA), 2009. Bovine Tuberculosis Case Response Manual, Managing an Incident of Bovine Tuberculosis: TB Case Response Manual Ed2 FINAL IanL (04-11-09).doc, pp: 1-9.
26. Raghvendra, S.V., G.S. Arya, M.D. Hedayatullah, S.Tyagi, R. Kataria, S.J. Pachpute and A.P. Sharm, 2010. Clinical Aspects of Bovine Tuberculosis - A Chronic Bacterial Disease of Cattle: An Overview. *International Journal of Phytopharmacology, India*1 (2): 114-118.
27. Peters, D., 2010. Farm Animals, Signs and Symptoms of Tuberculosis in Cattle.UK, pp: 1-8.
28. Paylor, R., 2014. Bovine tuberculosis: Michigan State University Veterinary Student, Newsletter page 1-3-edited by Dr. Pam Mouser, Graduate Student.
29. Grange, John M.; Yates, Malcolm D.; de Kantor, Isabel N. (1996). "Guidelines for speciation within the *Mycobacterium tuberculosis* complex. Second edition" (PDF). World Health Organization. Retrieved 2007-08-02.
30. Peters, D., 2010. Farm Animals, Signs and Symptoms of Tuberculosis in Cattle.UK, pp: 1-8.
31. Center for Disease Control and Prevention (CDC), 2011. *Mycobacterium bovis* (bovine tuberculosis) in Humans CDC Fact Sheet: Atlanta, Georgia, USA, Center for Disease Control and Prevention: available at [[http:// www.cdc.gov/tb/publications/factsheets/general/mbovis.pdf](http://www.cdc.gov/tb/publications/factsheets/general/mbovis.pdf)].
32. Shitaye, J.E., W. Tsegaye and I. Pavlik, 2007. Bovine tuberculosis infection in animal and human populations in Ethiopia: a review, *Veterinarni Medicina*, 52(8): 317-332.
33. Ballesteros C, Vicente J, Carrasco-García R, Mateo R, de la Fuente J, Gortázar C. Specificity and success of oral bait delivery to Eurasian wild boar in Mediterranean woodland habitats. *Eur J Wildl Res* 2011;57:749–57.
34. Waters, W.R.,Palmer, M.V., Buddle,B.M.,and Vordermeier (2012).*Vaccine* 30 : 2611– 2622. doi:10.1016/j.vaccine.2012.02.018
35. Ryser-Degiorgis MP (2013) Wildlife health investigations: needs, challenges and recommendations. *BMC Vet Res* 9:223
36. Thomas J, Risalde MÁ, Serrano M, Sevilla I, Geijo M, Ortíz JA, Fuertes M, Ruíz-Fons JF, de la Fuente J, Domínguez L, Juste R (2017) The response of red deer to oral administration of heat-inactivated *Mycobacterium bovis* and challenge with a field strain. *Vet Microbiol* 208:195–202

37. Balseiro A, Prieto JM, Álvarez V, Lesellier S, Davé D, Salguero FJ, Sevilla IA, Infantes-Lorenzo JA, Garrido JM, Adriaensen H, Juste RA (2020) Protective effect of oral BCG and inactivated *Mycobacterium bovis* vaccines in European badgers (*Meles meles*) experimentally infected with *M. bovis*. *Front Vet Sci* 7:41
38. Thomas, J., Balserio, A., Gortazar, C. and Risalde, M.A. (2021). *Veterinary Research* (2021) 52:31. <https://doi.org/10.1186/s13567-020-00881-y>
39. Sichewo PR, Vander Kelen C, Thys S, Michel AL (2020) Risk practices for bovine tuberculosis transmission to cattle and livestock farming communities living at wildlife-livestock human interface in northern KwaZulu Natal, South Africa. *PLoS Negl Trop Dis* 14(3): e0007618. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007618>
40. Cho, H. S., Kim, Y. H., & Park, N. Y. (2006). Disseminated mycobacteriosis due to *Mycobacterium avium* in captive Bengal tiger (*Panthera tigris*). *Journal of veterinary diagnostic investigation*, 18(3), 312-314.
41. Lantos, A. et al. (2003). Pulmonary Tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* subsp. *caprae* in Captive Siberian Tiger. *Emerging Infectious Diseases* 9 (11).
42. Gumbo, R., Goosen, W. J., Buss, P. E., de Klerk-Lorist, L. M., Lyashchenko, K., Warren, R. M., van Helden, P. D., Miller, M. A., & Kerr, T. J. (2023). "Spotting" *Mycobacterium bovis* infection in leopards (*Panthera pardus*) - novel application of diagnostic tools. *Frontiers in immunology*, 14, 1216262. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1216262>
43. Helman RG, Russell WC, Jenny A, Miller J, Payeur J. (1998) Diagnosis of tuberculosis in two snow leopards using polymerase chain reaction. *J Vet Diagn Invest*. 10:89–92.
44. Hedau, M., & Kamdi, B. P. (2016). Tuberculosis in captive sloth bear (*Melursus urcinus*). *Int J Sci Res Manag*, 4, 4941-4943.
45. Mehrotra, P. K., Bhargava, S., Choudhary, S. and Mathur, B.B.L. (1999) Tuberculosis in sloth bear at jaipur zoo, *Zoos' Print Journal*, 14(7): 68.
46. Higgitt, Roxanne et al. (2019). *Mycobacterium bovis* Infection in African Wild Dogs, Kruger National Park, South Africa. *Emerging Infectious diseases*. 25. 1425-1427. 10.3201/eid2507.181653
47. Thoen, C. O., Throlson, K. J., Miller, L. D., Himes, E. M. & Morgan, R. L. Pathogenesis of *Mycobacterium bovis* infection in American bison. *Am. J. Vet. Res.* 49, 1861–1865 (1988).
48. Sharma, M., Mathesh, K., Dandapat, P., Mariappan, A. K., Kumar, R., Kumari, S., ... & Sharma, A.K. (2023). Emergence of *Mycobacterium orygis*-Associated Tuberculosis in wild ruminants, India. *Emerging infectious diseases*, 29(3), 661. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2903>
49. Thapa J, Nakajima C, Maharjan B, Poudel A, Suzuki Y. Molecular characterization of *Mycobacterium orygis* isolates from wild animals of Nepal. *Japanese Journal of Veterinary Research*. 2015;63(3):151–158
50. Singh, A.V., Singh, S.V., Singh, P.K. and Sohal, J.S. 2010. Genotype diversity in Indian isolates of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* recovered from domestic and wild ruminants from different agro-climatic regions. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 33(6): 127-131.
51. Clifton-Hadley, R.S.; Wilesmith, J.W.; (1991): Tuberculosis in deer: a review: *The Veterinary Record*, July 6 1991.
52. Refaya AK, Kumar N, Raj D, Veerasamy M, Balaji S, Shanmugam S, et al. Whole-genome sequencing of a *Mycobacterium orygis* strain isolated from cattle in Chennai, India. *Microbiol Resour Announc*. 2019;8:e01080–19. <https://doi.org/10.1128/MRA.01080-19>
53. Duffy SC, Srinivasan S, Schilling MA, Stuber T, Danchuk SN, Michael JS, et al. Reconsidering *Mycobacterium bovis* as a proxy for zoonotic tuberculosis: a molecular epidemiological surveillance study. *Lancet Microbe*. 2020;1:e66–73. <https://doi.org/10.1016/S2666->

5247(20)30038-0

54. Refaya AK, Ramanujam H, Ramalingam M, Rao GVS, Ravikumar D, Sangamithrai D, et al. Tuberculosis caused by *Mycobacterium orygis* in wild ungulates in Chennai, South India. *Transbound Emerg Dis*. 2022;69:e3327–33. <https://doi.org/10.1111/tbed.14613>
55. Sharma, M., Mathesh, K., Dandapat, P., Mariappan, A. K., Kumar, R., Kumari, S., ... & Sharma, A.K. (2023). Emergence of *Mycobacterium orygis*–Associated Tuberculosis in wild ruminants, India. *Emerging infectious diseases*, 29(3), 661. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2903.221228>
56. Lima, D. A., Rodrigues, R. A., Etges, R. N., & Araújo, F. R. (2021). Tuberculose bovina em parquet safári no Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 41, e06719.
57. Singh, B., N. Singh, M.D. Chandra and D.V. Joshi (1981). Causes of Mortality of some zoo animals. *ZBL. Veterinary Medicine* 28(B): 596-602
58. Thakuria, D. (1996). Prevalence, transmission, Diagnosis and control of tuberculosis in assam State Zoo: A Review. *Zoo's Print*. 11: (3):6-15.
59. Fefar, D. T., Ghodasara, D. J., Joshi, B. P., Dave, C. J., Choudhary, K. R., Raval, D. Y., & Patel, M. K. (2016). Pulmonary Tuberculosis in a Captive Sambar (*Rusa unicolor*) -A Case Report. *ZOO'S PRINT*, 31(1), 10-11.
60. Rodgers, W.A. and Bhattacharjee, K.K. (1986) Tuberculosis in a wild chital at Rantambore National Park, rajasthan. *Zoo's Print*. 1(10):7-18.
61. Garg, U.K., Pillai, G.R., Richuria, V.S. and Pal, A.K. (1990) Tuberculosis in white spotted deer. . *Zoo's Print*. 5(10):12, October, 1990.
62. Dubey, G.K. and Rao, K.N.P. (1993). Tuberculosis in Sika Deer (*Cervus Nippon*). *Zoo's Print*. 8: (6):15.
63. Himes, E. M., Wendt, W. A., Luchsinger, D. W., & Jarnagin, J. L. (1982). *Mycobacterium bovis* isolated from a dusky langur with granulomas in the intestine. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 181(11), 1355-1357
64. Mukunda, K. (1996).. *Zoo's Print*. 11: (1):15-16.
65. Choudery, Ch., Mohan Rao, M.R.K. and Khan, G.A. (1984) Tuberculosis in monkey. *Livestock advisor* . 11 (4)
66. Verma, R. (1999). Observations on tuberculosis testing in Monkeys (*Macaca Mulatta*). *Indian Veterinary Journal*. 76: 962-964
67. Valandlkar, S.C. and Raju, R. (1996). Pulmonary tuberculosis in Black Rhinoceros (*Diceros Bicornis*) in Mysore Zoo . *Zoo's Print*. 11: (3):16-17.
68. Gangadharan, B., Chandrashekharan, K., Nair, K.N.M. and Leenadevi, T. (1996). Pulmonary tuberculosis in an Asian Elephant (*Elephas maximus*). *Zoo's Print*. 11: (4):8.
69. UNE, Y. and MORI, T., 2007. Tuberculosis as a zoonosis from a veterinary perspective. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, vol. 30, no. 5-6, pp. 415-425. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cimid.2007.05.002>. PMID:17706284.
70. COUSINS, D.V., 2001. *Mycobacterium bovis* infection and control in domestic livestock. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, vol. 20, no. 1, pp. 71-85. PMID:11288521.
71. BIET, F., BOSCHIROLI, M.L., THOREL, M.F. and GUILLOTEAU, L.A., 2005. Zoonotic aspects of *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium avium*-intracellulare complex (MAC). *Veterinary Research*, vol. 36, no. 3, pp. 411-436. <http://dx.doi.org/10.1051/vetres:2005001>. PMID:15845232.
72. DE KANTOR, I.N. and RITACCO, V., 2006. An update on bovine tuberculosis programmes in Latin American and Caribbean countries. *Veterinary Microbiology*, vol. 112, no. 2-4, pp. 111-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.11.033>. PMID:16310980.

73. Ramos, D. F. , Silva, P. E. A., and Dellagostin, O. A.(2015). Diagnosis of bovine tuberculosis: review of main techniques. *Brazilian Journal of Biology*.75(4):830-837. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.23613>.
74. Paltrinieri S. Tuberculosis in the dog and cat. *Nuova Vet* 1930; 6: 7.
75. Lamb CR. The canine and feline lung. In: Thrall DE, ed. *Veterinary diagnostic radiology*. 5th edn. St Louis: Saunders Elsevier, 2007: 591e608.
76. Mai W, O'Brien R, Scrivani P, et al. The lung parenchyma. In: Schwarz T, Johnson V, eds. *BSAVA manual of canine and feline thoracic imaging*. Gloucester: BSAVA, 2008: 242e320.
77. Snider WR. Tuberculosis in canine and feline populations. Review of the literature. *Am Rev Respir Dis* 1971; 104: 877e87.
78. Gunn-Moore DA, Jenkins PA, Lucke VM. Feline tuberculosis: a literature review and discussion of 19 cases caused by an unusual mycobacterial variant. *Vet Rec* 1996; 138: 53e8.
79. Gunn-Moore DA. Mycobacterial infections in cats and dogs. In: Ettinger SJ, Feldman EC, eds. *Textbook of veterinary internal medicine*. 7th edn. Philadelphia: WB Saunders, 2010: 875e81.
80. Gunn-Moore DA, Dean R, Shaw S. Mycobacterial infections in cats and dogs. In *Pract* 2010; 32: 444e52.
81. Gow AG. What is your diagnosis? *J Small Anim Pract* 2006; 47: 484e5.
82. Baral RM, Metcalfe SS, Krockenberger MB, et al. Disseminated *Mycobacterium avium* infection in young cats: over representation of Abyssinian cats. *J Feline Med Surg* 2006; 8: 23e44.
83. Sieber-Ruckstuhl NS, Sessions JK, Sanchez S, et al. Long term cure of disseminated *Mycobacterium avium* in a cat. *Vet Rec* 2007; 160: 131e2.
84. Hix JW, Jones TC, Karlson AG. Avian tubercle bacillus infection in a cat. *J Am Vet Med Assoc* 1961; 138: 641e7.
85. Gunn-Moore DA, Dean R, Shaw S. Mycobacterial infections in cats and dogs. In *Pract* 2010; 32: 444e52.
86. Katial, K.R., J. Hershey, P.T. Seth, T.J. Belisle, J.P. Brannan, S.J. Spancer and M.J. Engler, 2001. Cell-mediated immune response to tuberculosis antigens: Comparison of skin testing and measurement of in vitro gamma interferon production in whole-blood culture. *Clinical and diagnostic lab Immunology*, 8: 329-345.
87. Anonymous. Chapter 2.4.7. Bovine tuberculosis. *Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals: Office International des Epizooties (OIE)*; 2009.
88. Schiller I, Oesch B, Vordermeier HM, Palmer MV, Harris BN, Orloski KA, et al. Bovine tuberculosis: a review of current and emerging diagnostic techniques in view of their relevance for disease control and eradication. *Transbound Emerg. Dis.* 2010; 57(4): 205-20.
89. de la Rua-Domenech, R., Goodchild, A. T., Vordermeier, H. M., Hewinson, R. G., Christiansen, K. H., & Clifton-Hadley, R. S. (2006). Ante mortem diagnosis of tuberculosis in cattle: a review of the tuberculin tests, -interferon assay and other ancillary diagnostic techniques. *Research in veterinary science*, 81(2), 190-210.
90. Keet, D. F., Michel, A. L., Bengis, R. G., Becker, P., Van Dyk, D. S., Van Vuuren, M., ... & Penzhorn, B. L. (2010). Intradermal tuberculin testing of wild African lions (*Panthera leo*) naturally exposed to infection with *Mycobacterium bovis*. *Veterinary Microbiology*, 144(3-4), 384-391.
91. Good, M., Bakker, D., Duignan, A., & Collins, D. M. (2018). The history of in vivo tuberculin testing in bovines: tuberculosis, a "One Health" issue. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 59.
92. Roos, E. O., OleaPopelka, F., Buss, P., de KlerkLorist, L. M., Cooper, D., van Helden, P. D., ... & Miller, M. A. (2018). Seroprevalence of *Mycobacterium bovis* infection in warthogs (*Phacochoerus africanus*) in bovine tuberculosis endemic regions of South Africa. *Transboundary and Emerging*

Diseases, 65(5), 1182-1189.

93. Bernitz, N., Kerr, T. J., Goosen, W. J., Higgitt, R. L., de Waal, C., Clarke, C., ... & Miller, M. A. (2019). Impact of *Mycobacterium bovis*-induced pathology on interpretation of QuantiFERON®-TB Gold assay results in African buffaloes (*Syncerus caffer*). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 217, 109923.
94. Thoen, C. O., LoBue, P. A., Enarson, D. A., Kaneene, J. B., & de Kantor, I. N. (2009). Tuberculosis: a re-emerging disease in animals and humans. *Veterinaria italiana*. 45(1) :135-181.
95. McIlroy, S. G., Neill, S. D., & McCracken, R. M. (1986). Pulmonary lesions and *Mycobacterium bovis* excretion from the respiratory tract of tuberculin reacting cattle. *The Veterinary Record*, 118(26), 718-721.
96. Schiller, I., Oesch, B., Vordermeier, H. M., Palmer, M. V., Harris, B. N., Orloski, K. A., ... & Waters, W. R. (2010). Bovine tuberculosis: a review of current and emerging diagnostic techniques in view of their relevance for disease control and eradication. *Transboundary and emerging diseases*, 57(4), 205-220.
97. Barry 3rd, C. E., Boshoff, H. I., Dartois, V., Dick, T., Ehrt, S., Flynn, J., ... & Young, D. (2009). The spectrum of latent tuberculosis: rethinking the biology and intervention strategies. *Nature Reviews Microbiology*, 7(12), 845-855.
98. Young, F., Critchley, J. A., Johnstone, L. K., & Unwin, N. C. (2009). A review of co-morbidity between infectious and chronic disease in Sub Saharan Africa: TB and diabetes mellitus, HIV and metabolic syndrome, and the impact of globalization. *Globalization and health*, 5, 1-9.
99. Higgitt, R. L., Buss, P. E., van Helden, P. D., Miller, M. A., & Parsons, S. D. (2017). Development of gene expression assays measuring immune responses in the spotted hyena (*Crocuta crocuta*). *African Zoology*, 52(2), 99-104.
100. Risalde, M. Á., Thomas, J., Sevilla, I., Serrano, M., Ortíz, J. A., Garrido, J., ... & Ruíz-Fons, J. F. (2017). Development and evaluation of an interferon gamma assay for the diagnosis of tuberculosis in red deer experimentally infected with *Mycobacterium bovis*. *BMC Veterinary Research*, 13, 1-11.
101. De Martino, M., Lodi, L., Galli, L., & Chiappini, E. (2019). Immune response to *Mycobacterium tuberculosis*: a narrative review. *Frontiers in pediatrics*, 7, 350.
102. Palmer, M. V., Thacker, T. C., Rabideau, M. M., Jones, G. J., Kanipe, C., Vordermeier, H. M., & Waters, W. R. (2020). Biomarkers of cell-mediated immunity to bovine tuberculosis. *Veterinary immunology and immunopathology*, 220, 109988.
103. Smith, C. M., Baker, R. E., Proulx, M. K., Mishra, B. B., Long, J. E., Park, S. W., ... & Sassetti, C. M. (2022). Host-pathogen genetic interactions underlie tuberculosis susceptibility in genetically diverse mice. *Elife*, 11, e74419.
104. De Lisle, G. W., Bengis, R. G., Schmitt, S. M., & O'Brien, D. J. (2002). Tuberculosis in freeranging wildlife: detection, diagnosis and management. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 21(1), 317-334.
105. Casal, C.; Díez-Guerrier, A.; Álvarez, J.; Rodríguez-Campos, S.; Mateos, A.; Linscott, R.; O'Brien, A. Strategic use of serology for the diagnosis of bovine tuberculosis after intradermal skin testing. *Vet. Microbiol.* 2014, 170, 342–351.
106. Van der Heijden, E.M.; Cooper, D.V.; Rutten, V.P.; Michel, A.L. *Mycobacterium bovis* prevalence affects the performance of a commercial serological assay for bovine tuberculosis in African buffaloes. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 2020, 70, 101369.
107. Nunez-Garcia, J.; Downs, S.H.; Parry, J.E.; Abernethy, D.A.; Broughan, J.M.; Cameron, A.R.; More, S.J. Meta-analyses of the sensitivity and specificity of ante-mortem and post-mortem diagnostic tests for bovine tuberculosis in the UK and Ireland. *Prev.Vet. Med.* 2018, 153, 94–107.
108. Bezos, J.; Casal, C.; Romero, B.; Schroeder, B.; Hardegger, R.; Raeber, A.J.; Domínguez, L. Current

- ante-mortem techniques for diagnosis of bovine tuberculosis. *Res. Vet. Sci.* 2014, 97, S44–S52.
109. Borham, M.; Oreiby, A.; El-Gedawy, A.; Hegazy, Y.; Khalifa, H.O.; Al-Gaabary, M.; Matsumoto, T. Review on Bovine Tuberculosis: An Emerging Disease Associated with Multidrug-Resistant *Mycobacterium* Species. *Pathogens* 2022, 11, 715. <https://doi.org/10.3390/pathogens11070715>
 110. Travis, E.R., Gaze, W.H., Pontiroli, A., Sweeney, F.P., Porter, D., Mason, S. et al. (2011) An inter-laboratory validation of a real time PCR assay to measure host excretion of bacterial pathogens, particularly of *Mycobacterium bovis*. *PLoS One*, 6(11), e27369.
 111. Palmer, S., Williams, G. A., Brady, C., Ryan, E., Malczewska, K., Bull, T. J., ... & Sawyer, J. (2022). Assessment of the frequency of *Mycobacterium bovis* shedding in the faeces of naturally and experimentally TB infected cattle. *Journal of applied microbiology*, 133(3), 1832-1842
 112. Kent, J.T. (1905). *Repertory of the Homeopathic MateriaMedica*. Chicago: Ehrhart& Karl.
 113. Boericke, W. (1927). *Pocket Manual of Homeopathic MateriaMedica and Repertory*. Philadelphia: Boericke&Tafel.
 114. Hering, C. (1879). *The Guiding Symptoms of Our MateriaMedica* (Vol. 1-10). Philadelphia: The American Homeopathic Publishing Society.
 115. Allen, H.C. (1892). *Keynotes and Characteristics with Comparisons of Some of the Leading Remedies of the MateriaMedica*. Philadelphia: Boericke&Tafel.
 116. Paterson, J. (1949). *Bacterial Nosodes as Homeopathic Remedies*. London: The Homeopathic Publishing Co.