

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

“REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE *Mycoplasma bovis*, SUS EFECTOS PATOLÓGICOS EN EL GANADO VACUNO, MÉTODOS DIAGNÓSTICOS Y TRATAMIENTO”

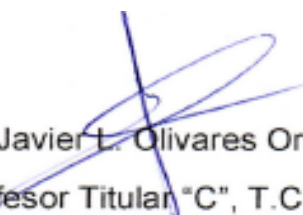
Prestador de servicio social:

Moreno Ramírez Karla Andrea

Matricula:

2152026458

Asesor Interno:


Dr. Javier L. Olivares Orozco
Profesor Titular "C", T.C.

No. Económico: 6288

Lugar de realización: Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco

(Este proyecto se realizó 100% en línea – proyecto Emergente UAM-X). Fecha de inicio y termino: 12 de Marzo de 2021 a 13 de Septiembre de 2021.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Etiología	3
3.2 Métodos de transmisión	4
3.3 Patogenia	5
3.4 Signología (cuadro clínico)	6
3.5 Anatomía patológica:	7
3.6 Diagnóstico clínico:	7
3.7 Tratamiento	8
3.8 Prevención y Control	9
4. OBJETIVOS	10
4.1 Objetivo General	10
4.2 Objetivos Específicos	10
5. METODOLOGIA	10
6. ACTIVIDADES REALIZADAS	11
7. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADAS	12
8. RESULTADOS	12
9. DISCUSION	22
10. CONCLUSIONES	26
11. RECOMENDACIONES	27
12. BIBLIOGRAFÍA	27

1. RESUMEN

Mycoplasma bovis (*M. bovis*) es una de las 13 especies de micoplasmas diagnosticadas en bovinos. *M. bovis* afecta a todos los grupos de edad en el ganado (antes del destete, postdestete, neonatos y adultos) y a todos los sectores ganaderos. *M. bovis* es una bacteria que causa enfermedades respiratorias como la neumonía caseonecrotica, otitis media, artritis, mastitis, queratoconjuntivitis, meningitis, abscesos decubitales, endocarditis y trastornos reproductivos. Se ha demostrado que la prevalencia nasal de *M. bovis* en terneros de hasta 8 meses de edad es del 34% en rebaños que mostraron signos de enfermedad asociados a *M. bovis*, La prevalencia y la incidencia de mastitis clínica por *M. bovis* varían ampliamente entre rebaños y estudios, sin embargo, se indica que casi todos los terneros de rebaños enfermos se infectan con *M. bovis*. El objetivo general del presente informe fue realizar una revisión bibliográfica sobre *Mycoplasma Bovis*, como objetivos específicos el determinar los avances patológicos, diagnósticos y de tratamiento en los últimos 7 años, y como meta realizar un manual sobre la micoplasmosis bovina y difundirlo entre la comunidad veterinaria y ganadera. Para ello se consultaron 10 bases de datos, de las cuales se obtuvieron 32 artículos científicos. Con la información obtenida se procedió a agrupar los resultados en las tres áreas señaladas en la metodología y se procedió a analizar y discutir los avances en el conocimiento acerca de la patología, el diagnóstico y los tratamientos. Se concluye que el conocimiento obtenido en 32 artículos publicados en los últimos 6 años, ha permitido profundizar en los mecanismos de patogenicidad de la bacteria, en el caso de las técnicas para el diagnóstico los avances son escasos, pero con prometedores resultados en los diagnósticos de PCR, mientras que se siguen usando las técnicas bacteriológicas de los últimos 40 años. En el caso de los tratamientos han aparecido en el mercado nuevos antibióticos, aun cuando se siguen usando productos existentes desde hace 40 años.

2. INTRODUCCIÓN

Mycoplasma bovis (*M. bovis*) es una de las 13 especies de micoplasmas diagnosticadas en bovinos. *M. bovis* afecta a todos los grupos de edad en el ganado (antes del destete, postdestete, neonatos y adultos) y a todos los sectores ganaderos (Ramírez Hernández, 2015).

M. bovis es una bacteria que causa enfermedades respiratorias como la neumonía caseonecrotica, otitis media, artritis, mastitis, queratoconjuntivitis, meningitis, abscesos decubitales, endocarditis y trastornos reproductivos (Calcutt *et al.*, 2018). *M. bovis* también es una de las causas de la Enfermedad Respiratoria Bovina (BRD por sus siglas en ingles), sin embargo *M. bovis* no es la única causa de BRD, ya que existen otros agentes etiológicos, tanto bacterianos como virales que se asocian con BRD (Dudek, *et al.*, 2020b)

M. bovis se detectó por primera vez en un caso de mastitis bovina en los Estados Unidos en la década de 1960. Posteriormente se extendió por todo el mundo, llegando al Reino Unido y al resto de Europa a mediados de la década de 1970 (Calcutt *et al.*, 2018). Es importante mencionar que el comercio internacional de ganado y productos como el semen ha permitido la silenciosa propagación de *M. bovis* a todo el mundo (Dudek, *et al.*, 2020b).

Se sabe que el ganado infectado puede convertirse en portador asintomático (reservorio de la enfermedad) y excretar el microorganismo a través de las secreciones nasales o en la leche durante meses o años sin mostrar signos clínicos (Ramírez Hernández, 2015 y Calcutt *et al.*, 2018).

Se ha demostrado que la prevalencia nasal de *M. bovis* en terneros de hasta 8 meses de edad es del 34% en rebaños que mostraron signos de enfermedad asociados a *M. bovis* (Maunsell *et al.*, 2011). La prevalencia y la incidencia de mastitis clínica por *M. bovis* varían ampliamente entre rebaños y estudios, sin embargo, se indica que casi todos los terneros de rebaños enfermos se infectan con *M. bovis* (Maunsell *et al.*, 2011). En cuanto al ganado de carne, la prevalencia es a menudo alta incluso en ausencia de enfermedad clínica en terneros mezclados, terneros transportados o terneros en un corral de engorde

(González Martín, 2018). La mortalidad varia del 5% al 10%, y la morbilidad puede alcanzar hasta un 35% (Calcutt *et al.*, 2018)

Este microorganismo es cada vez más reconocido por la comunidad veterinaria y ganadera por tener un impacto importante en la economía, salud, el bienestar y la productividad del ganado lechero y de carne. Debido a que la enfermedad tiende a ser crónica, los costos por caso suelen ser altos en relación con otros patógenos., dado que la enfermedad a menudo es crónica y no responde al tratamiento (Dudek, *et al.*,2020b y Maunsell *et al.*, 2011).

Mycoplasma bovis no causa ninguna enfermedad en los seres humanos, no es una zoonosis, no afecta a la seguridad alimentaria, la carne, la leche y derivados de los animales portadores puede ser consumida por el ser humano sin problema (González Martín, 2018).

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Etiología

Mycoplasma bovis pertenece al género *Mycoplasma*, a la familia *Mycoplasmataceae* dentro de la clase Mollicutes, los micoplasmas son bacterias muy pequeñas, sin pared celular, en su lugar tienen una membrana que no les permite vivir libres, por lo que se consideran parásitos intracelulares (González Martín, 2018).

Estas bacterias carecen del ciclo del ácido tricarboxílico (TCA) y su pequeño tamaño de genoma limita el rango de sus actividades metabólicas, por lo que dependen en gran medida de fuentes externas de aminoácidos, precursores de ácidos nucleicos y lípidos (Oliveira *et al.*, 2019). *M. bovis* no fermenta la glucosa ni hidroliza la arginina, sino que utiliza ácidos orgánicos como el lactato y el piruvato, como fuentes de energía para el crecimiento (Calcutt *et al.*, 2018). Los micoplasmas no excretan ninguna toxina, pero a través del contacto íntimo con las células del hospedador secretan algunos productos metabólicos débilmente tóxicos, como los iones de amonio y el peróxido de hidrógeno (Ramírez Hernández, 2015).

Mycoplasma bovis es un habitante común del tracto respiratorio en animales sanos. Y su hábitat principal son las membranas mucosas del tracto respiratorio y urogenital (Ramírez Hernández, 2015).

M. bovis puede sobrevivir durante largos períodos en ambientes húmedos y frescos, crece lentamente en el aire a 37 ° C, pero prefiere una atmósfera capnofílica, con alta humedad (Calcutt *et al.*, 2018). Esta bacteria persiste durante meses en la arena de las camas, en estanques de enfriamiento y en lotes de tierra en las lecherías (Maunsell *et al.*, 2011). Debido a la falta de una pared celular rígida, los micoplasmas son pleomórficos (se han visto en forma de cocobacilos, de cocos, de anillos y espirales), y se sabe que aparentemente vienen de bacterias Gram positivas. (Calcutt *et al.*, 2018). Las formas cocoides, tienen un rango de diámetro de 0.2-0.3 μm , tienen muchos otros tamaños dependiendo de la forma. Al igual que los virus pueden traspasar fácilmente membranas con poros de 0.45 μm (Ramírez Hernández, 2015).

3.2 Métodos de transmisión

Las principales rutas de transmisión son a través de secreciones respiratorias por medio de aerosoles por contacto cercano y repetido, a través de leche contaminada, manos de ordeñadores, el alimento, el agua, las instalaciones u otros fómites. (Calcutt *et al.*, 2018; Maunsell *et al.*, 2011).

En el caso de los terneros, la alimentación o lactancia con leche contaminada o de vacas con mastitis por *M. bovis* es el principal medio de transmisión. (Maunsell *et al.*, 2011). Sin embargo, el método de transmisión más relevante y con mayor dificultad de controlar es la introducción de animales infectados asintómicamente, ya que es el medio principal por el cual se infectan los rebaños libres de *M. bovis* (Maunsell *et al.*, 2011).

Se ha demostrado que el canal del pezón y el tracto genital también son vías de infección y que *M. bovis* puede transmitirse de una madre infectada al feto (Calcutt *et al.*, 2018).

El período de incubación es difícil de definir, ya que varía con la edad del animal y los efectos clínicos y patológicos de la infección (Gille *et al.*, 2016). Se sabe que el ganado infectado puede excretar el microorganismo durante meses e

incluso años, por lo tanto, es una fuente de reinfección y posteriores brotes de la enfermedad (Calcutt *et al.*, 2018).

3.3 Patogenia

La patogenia de la enfermedad aún no se tiene del todo clara, *M. bovis* presenta una enzima denominada enolasa, lo que hace esta enzima es que se une a las células embrionarias del pulmón bovino a través de la interacción con el plasminógeno, lo que exagera una fuerte adherencia a las células del hospedador. (Calcutt *et al.*, 2018).

Las adhesinas de *M. bovis* también son parte importante de la patogenicidad de este microorganismo, ya que tienen gran efecto sobre los neutrófilos y linfocitos, resultando en la oxidación y degranulación de estas células. Después de que *M. bovis*, se adhiere a las células, genera productos de virulencia como las adhesinas y las fosfolipasas, (Ramírez Hernández, 2015).

Es de suma importancia mencionar el papel que desarrollan las lipoproteínas ya que a estas se les atribuye el principal mecanismo de evasión de la respuesta inmune, la formación de biocapa y radicales de superóxido los cuales dañan a las células del huésped (Ramírez Hernández, 2015).

La biocapa provoca la interrupción de la fagocitosis y se liberan enzimas fagocíticas las cuales dañan al tejido adyacente exacerbando la infección. El peróxido de hidrógeno (H₂O₂ o agua oxigenada) metabólico, provoca una parálisis de los cilios del tracto respiratorio facilitando el establecimiento de otros patógenos oportunistas (Ramírez Hernández, 2015). Otro de los mecanismos patógenos potenciales en donde *M. bovis* evade la respuesta inmune es inhibiendo la capacidad de mitosis linfoproliferativa, esto lo hace induciendo la muerte celular del linfocito (apoptosis), sin embargo la apoptosis es mediada por la producción de proteínas de la misma bacteria y no por la inducción de mecanismos apoptóticos como sucede con otros micoplasmas (Ramírez Hernández, 2015; González Martín, 2018).

Se cree que la respuesta inmune del animal contribuye al desarrollo de las lesiones, al menos en la etapa crónica, ya que las vacas adultas contagiadas de *M. bovis* pueden permanecer sanas incluso más de un año y después, ante una

bajada de defensas (por ejemplo, al parto), comienzan a desarrollar la enfermedad y contagian a otros individuos (González Martín, 2018).

3.4 Signología (cuadro clínico)

Los signos clínicos que causa *M. bovis* no son patognomónicos, ya que el paciente puede mostrar una tos seca acompañada de hipotermia, depresión leve, ojos llorosos y oreja caída, todos ellos son signos característicos que pueden llegar a observarse (Calcutt *et al.*, 2018). En la neumonía, *M. bovis* casi siempre se asocia con otros patógenos, donde actúan en sinergia. La neumonía puede ocurrir por sí sola o con otros signos, como la poliartritis, mastitis y otitis media (Gaeta *et al.*, 2021).

Mycoplasma bovis causa las siguientes afectaciones clínicas:

- a) Mastitis: La presentación varía desde una enfermedad subclínica endémica hasta brotes graves de mastitis clínica. Las vacas de cualquier edad o etapa fisiológica se ven afectadas. Cuando la enfermedad es clínica, los signos son inespecíficos y los signos de una enfermedad sistémica son leves o inexistentes. La glándula mamaria puede estar inflamada, puede o no doler y las secreciones llegan a ser arenosas o purulentas (González Martín, 2018).
- b) Neumonía: Se presenta en bovinos de cualquier edad, los signos clínicos son inespecíficos e incluyen fiebre, taquipnea, disnea y disminución del apetito, con o sin secreción nasal y tos. Los ruidos pulmonares anormales pueden ser crepitantes, estertores secos y sibilancias. (Gaeta *et al.*, 2021).
- c) Otitis media: Se presenta en terneros, los signos clínicos son dolor de oído, déficit del VII par craneal, caída del oído y la ptosis, estos signos pueden ser unilaterales o bilaterales y puede haber una secreción purulenta si se ha roto la membrana timpánica. La inclinación de la cabeza es el signo clínico más común. El dolor del oído se manifiesta al sacudir la cabeza, rascarse o frotarse las orejas. (Maunsell *et al.*, 2011).
- d) Artritis, sinovitis e infecciones periarticulares: El ganado bovino de cualquier edad puede verse afectado por la artritis por *M. bovis*. Los casos tienden a ser esporádicos y con frecuencia concurren a casos de

neumonía o mastitis. Los signos clínicos son típicos de la artritis séptica, incluida la cojera aguda, inflamación, dolor y calor a la palpación (Maunsell *et al.*, 2011).

- e) Queratoconjuntivitis: La queratoconjuntivitis infecciosa (IKC) rara vez se reporta, y se considera principalmente un agente de predisposición o coinfección (Dudek, *et al.*, 2020b)
- a) Abscesos decubitales: Se han reportado en terneros, los abscesos se manifiestan en el pecho y las articulaciones (Maunsell *et al.*, 2011).
- b) Enfermedad cardíaca: *M. bovis* causa miocarditis, insuficiencia cardíaca, endocarditis fibrinopurulenta y endocarditis mural y valvular (González Martín, 2018).
- c) Trastornos genitales: *Mycoplasma bovis* se ha asociado con infecciones genitales, aborto en vacas y vesiculitis seminal en toros (Maunsell *et al.*, 2011).

3.5 Anatomía patológica:

- a) Pulmones: La neumonía se caracteriza por una bronconeumonía de subaguda a crónica que puede ser supurativa y suele ser necrosante (Oliveira *et al.*, 2019). El pulmón afectado presenta fibrosis y contiene múltiples focos necróticos llenos de material caseoso de color amarillo a blanco (González Martín, 2018).
- b) Articulaciones: Las articulaciones con artritis por *M. bovis* contienen exudado fibrinoso a caseoso no oloroso acompañado de fibrosis. La afectación periarticular es común y puede afectar a tendones, vainas sinoviales, músculos y tejido conectivo. Los tejidos periarticulares afectados contienen focos de necrosis caseosa, lesiones necróticas lineales y fibrosis extensa (Maunsell *et al.*, 2011).
- c) Ubre: Las lesiones se caracterizan como fibrinosupurativas de leves a graves a mastitis caseonecrótica (Oliveira *et al.*, 2019).
- d) Oído: Las ampollas timpánicas afectadas contienen exudado purulento o caseoso y pueden presentar osteólisis (Maunsell *et al.*, 2011).

3.6 Diagnóstico clínico:

En el examen clínico inicial, es casi imposible que *M. bovis* se diagnostique en casos respiratorios, ya que muchos microorganismos pueden causar signos respiratorios similares. Es por esa razón, que se necesitan pruebas sensibles, precisas y rápidas para emitir un diagnóstico confiable, por ejemplo, el cultivo microbiológico de *M. bovis* es un método estándar súper preciso, pero requiere mucho tiempo y condiciones específicas para el crecimiento del microorganismo (Yurdakul, 2019).

Independientemente de la vía de exposición, *M. bovis* se puede aislar de múltiples sitios del cuerpo durante la infección temprana, particularmente del tracto respiratorio superior, la glándula mamaria, la conjuntiva, las articulaciones, el tracto urogenital y de la leche en animales individuales o en tanques a granel (Maunsell *et al.*, 2011).

Los métodos de detección moleculares se dividen en aquellos que permiten la detección específica de *M. bovis* (utilizando PCR convencionales o en tiempo real) y aquellos que permiten la detección simultánea de *M. bovis* con otras especies de micoplasmas (PCR multiplex y PCR con electroforesis en gel en gradiente desnaturante) (Calcutt *et al.*, 2018).

Otro método de detección es el serológico, ELISA se utiliza para la detección de anticuerpos frente a *Mycoplasma bovis* (Bokma *et al.*, 2020). En terneros se realiza ELISA en suero y se puede tomar muestras con hisopos nasales de la nasofaringe y hacer cultivos o PCR (González Martín, 2018).

La necropsia también se utiliza como método diagnóstico, en donde se observan las lesiones de pulmón, oído medio y articulaciones causadas por *Mycoplasma bovis*. Se debe obtener muestras de tejido para realizar estudios histológicos, inmunohistoquímicos e incluso cultivos bacterianos (González Martín, 2018).

3.7 Tratamiento

Puesto que *M. bovis* no tienen pared celular, los antibióticos que ejercen su efecto dañando la pared bacteriana no les afectan, ese es el caso de los betalactámicos como la penicilina, amoxicilina, ampicilina o las cefalosporinas. Los animales infectados con este microorganismo necesitan tratamientos muy

largos que en la mayoría de las ocasiones no tienen mucho sentido ya que los animales no recuperarán su productividad. Además, se corre el riesgo de generar más resistencia antimicrobiana (González Martín, 2018).

No se recomienda el tratamiento antimicrobiano en vacas que cursan con mastitis por *M. bovis*, ya que difícilmente recuperan su productividad. Sin embargo, las vacas que resuelven espontáneamente la mastitis clínica deben considerarse infectadas permanentemente (Yurdakul, 2019).

Actualmente hay dos fármacos antimicrobianos aprobados para el tratamiento de *M. bovis*, estos son tulatromicina y florfenicol. Sin embargo, existe otro macrólido que es la gamitromicina, que también está aprobado para el tratamiento de *M. bovis*. La oxitetraciclina, la tilmicosina y la tilosina tienen un efecto menos eficaz contra *M. bovis* (Maunsell *et al.*, 2011).

Es importante recordar que ante la presencia de una infección por *Mycoplasma b.* el tratamiento antimicrobiano temprano con los fármacos eficaces para tratar la infección ofrece la mejor oportunidad para controlar la enfermedad (Yurdakul, 2019).

3.8 Prevención y Control

Asegurarse que cuando se introduzcan nuevos animales estos estén libres de infección por *M. bovis*, que cumplan las medidas de cuarentena adecuadas y con las inspecciones sanitarias periódicas puede ser muy eficaz para mantener la ausencia de *M. bovis* en un rebaño (Calcutt *et al.*, 2018).

Se debe contar con buenas prácticas de manejo, las cuales incluyen no alimentar a los terneros con calostro o leche infectada, observar regularmente y detenidamente a los animales que estén cursando con un cuadro clínico que nos haga sospechar de una infección por *Mycoplasma bovis*, asegurarse de aislar a los animales infectados y evitar la mezcla de terneros de diferentes edades (Calcutt *et al.*, 2018).

Realizar la desinfección adecuada y periódica de bebederos, comederos, camas, corrales, sala(s) de ordeño y otros equipos e instalaciones (Dudek, *et al.*, 2020b).

Los desinfectantes más eficaces contra *M. bovis* son aquellos a base de cloro, como la clorhexidina, el ácido o el yodo (González Martín, 2018).

Aquellos animales enfermos y los sanos portadores deben separarse del rebaño, ya sea a una enfermería o a un área de cuarentena, en caso de que se llegue a la resolución de la enfermedad preferiblemente no se deben destinar a la producción láctea, de no ser así se tienen que mantener en corrales separados y ordeñarlas al último, e idealmente en otra sala de ordeño (González Martín, 2018).

En los casos graves de infección se requiere el sacrificio por motivos de bienestar animal, lo que también reduce la carga de infección en el rebaño y en las instalaciones (Calcutt *et al.*, 2018).

Siempre que sea posible, se deben examinar los registros sanitarios tanto de vacas adultas como de los terneros para determinar si en algún momento se han observado enfermedades asociadas con *M. bovis* (Maunsell *et al.*, 2011). Por último, es importante el muestreo de los casos clínicos de mastitis, específicamente de vacas con alto recuento de células somática (Maunsell *et al.*, 2011).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre *Mycoplasma Bovis*.

4.2 Objetivos Específicos

1. Determinar cuáles son los efectos patológicos que provoca *Mycoplasma bovis* en el ganado vacuno.
2. Identificar los métodos diagnósticos actuales para *M. bovis*.
3. Mostrar los tratamientos más recientes y eficaces contra *M. bovis*.

5. METODOLOGIA

Se consultaron las siguientes bases de datos y revistas de divulgación científica planteadas en el protocolo (cuadro1) para la obtención de la información bibliográfica.

Cuadro 1. Bases de datos y revistas científicas

Base de Datos o Revista	Liga	Nº de Artículos
Google académico	https://scholar.google.es/	1
Redalyc Sistema de Información Científica Redalyc Red de Revistas Científicas	https://www.redalyc.org/	0
Scielo Scientific Electronic Library Online	https://scielo.org/es/	1
PudMed	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/	0
Wiley Online Library	https://onlinelibrary.wiley.com/	5
ProQuest	https://www.proquest.com/	3
ELSEVIER	https://www.elsevier.com/es-mx	0
Journal of Veterinary Internal Medicine	https://www.acvim.org/Publications/JVIM	0
Transboundary and Emerging Diseases	https://www.wiley.com/en-us/Transboundary+and+Emerging+Diseases-p-9780JRNL67700	1
Pathogens	https://www.mdpi.com/journal/pathogens	3

Con la información bibliográfica obtenida se analizaron los temas propuestos en el protocolo (cuadro 2 en resultados).

6. ACTIVIDADES REALIZADAS

Se realizó una búsqueda bibliográfica en 10 bases de datos, a partir de las cuales se identificaron tres temáticas relevantes desde el año 2015 a la fecha

(Patología, diagnóstico y tratamiento). En esas temáticas se consultaron 32 artículos científicos que sirvieron de apoyo para el desarrollo del presente trabajo.

7. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADAS

Se cumplió con los objetivos y las metas planteadas.

1. Se recopiló información bibliográfica sobre *Mycoplasma Bovis*.
2. Se elaboró un manual con información confiable y actualizada sobre la micoplasmosis bovina, y se encuentra en proceso de difundirlo entre la comunidad veterinaria y ganadera del entorno en donde actualmente me encuentro trabajando.

8. RESULTADOS

La recopilación de la información bibliográfica se desglosa en los cuadros 2, 3, 4 y 5.

Cuadro 2 Numero de artículos consultados en las áreas propuestas (Patología, diagnóstico y tratamiento)

Aspecto	Número de Artículos	Años
Determinar cuáles son los efectos patológicos que provoca <i>Mycoplasma Bovis</i>	10	2015 al 2019
Identificar los métodos diagnósticos actuales para <i>M. bovis</i> .	13	2015 al 2021
Mostrar los tratamientos más recientes y eficaces contra <i>M. bovis</i> .	9	2015 al 2021

Cuadro 3. Revisión bibliográfica de los efectos patológicos más relevantes provocados por *Mycoplasma bovis* en el ganado vacuno en los últimos 7 años.

A) Mecanismos de patogenicidad		
Mecanismo	Descripción	Autor y año
Invasión Celular	<i>M. bovis</i> , invade el citoplasma de células como macrófagos, neutrófilos, hepatocitos, células epiteliales del conducto biliar y células tubulares renales.	Bürki <i>et al.</i> , 2015
Adhesión	La adhesina más importante es la proteína P26 y algunos miembros de la familia de lipoproteínas variables de superficie (Vsps).	Bürki <i>et al.</i> , 2015 Ramírez Hernández, 2015
Metabolitos secundarios	Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂ o agua oxigenada), óxido nítrico, oxígeno reactivo y especies de nitrógeno (ROS y RNS).	Ramírez Hernández, 2015
Genes	<i>M. bovis</i> posee 13 genes de vsp que mejoran la colonización, adhesión o evasión de los sistemas de defensa inmunes del huésped.	Ramírez Hernández, 2015
Inmunidad	La inmunidad innata que se presenta como respuesta es la fagocitosis y la inflamación. La inmunidad humoral que se presenta primero es la actividad de IgM e IgA, seguida de IgG.	Bürki <i>et al.</i> , 2015 Ramírez Hernández, 2015

B) Anatomopatología		
Órgano	Descripción	Autor y año

Pulmón	Congestionado, colapsado y hemorrágico. Con consolidación multilobulillar (lesiones marmoleadas), abscesos, microabscesos y necrosis coagulativa. Estenosis de las vías respiratorias, compresión y colapso del parénquima. Bronconeumonía exudativa, lesiones caseonecróticas, fibrosis, pleuritis, neumonía fibrinopurulenta y no purulenta, neumonía intersticial. Enfisema, atelectasia y hepatización.	Bürki <i>et al.</i> , 2015 Yilmaz <i>et al.</i> , 2016 Calcutt <i>et al.</i> , 2018 Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Goswami, Banga y Mahajan, 2019 Hamad, AL-Jumaa, Al-Aalim y Jaber Mayahi, 2019
Tráquea	Abundante exudado mucoso.	Dudek <i>et al.</i> , 2019a
Corazón	Pericarditis fibrinosa.	Goswami, Banga y Mahajan, 2019
Hígado	Hepatomegalia leve.	Goswami, Banga y Mahajan, 2019
Linfonodos	Agrandados.	Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Goswami, Banga y Mahajan, 2019
Articulaciones	Inflamación de la articulación del carpo, artritis, cavidad articular llena de material caseoso y fibrinoso, necrosis ósea y fractura patológica. Capsula articular engrosada y estrecha.	Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Yurdakul, 2019
Lengua	Erosiones y úlceras de aproximadamente 1 cm de diámetro en los lados laterales de la lengua.	Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018

C) Histopatología		
Patrones pulmonares	Descripción	Autor y año
Bronconeumonía fibrinopurulenta	Prominente exudado fibrinoso y purulento, junto con epitelio descamado y células inflamatorias.	Yilmaz <i>et al.</i> , 2016 Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Goswami, Banga y Mahajan, 2019
Neumonía broncointersticial no purulenta	Células mononucleares alrededor de los bronquios. y bronquiolos, así como en el tejido intersticial.	Yilmaz <i>et al.</i> , 2016 Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Goswami, Banga y Mahajan, 2019
Bronconeumonía no purulenta	Células mononucleares en la submucosa de los bronquios, bronquiolos, así como en los alvéolos.	Yilmaz <i>et al.</i> , 2016 Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Goswami, Banga y Mahajan, 2019
Bronconeumonía purulenta	Infiltraciones de neutrófilos en la submucosa de bronquios, bronquiolos y alvéolos.	Yilmaz <i>et al.</i> , 2016 Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Oliveira <i>et al.</i> , 2019 Goswami, Banga y Mahajan, 2019
Bronconeumonía necrótico-purulenta	Áreas de necrosis con densa infiltración de neutrófilos en la submucosa de los	Yilmaz <i>et al.</i> , 2016

	bronquios, bronquiolos y alvéolos. Manguitos linfocíticos peribronquiales.	Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Oliveira <i>et al.</i> , 2019a Goswami, Banga y Mahajan, 2019
Bronconeumonía fibrinopurulenta necrótica	Similar a la bronconeumonía necróticopurulenta. Sin embargo, se observa una exudación prominente de fibrina en los alvéolos.	Yilmaz <i>et al.</i> , 2016 Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Goswami, Banga y Mahajan, 2019
Neumonía piogranulomatosa	Se observan focos piogranulomatosos en el parénquima pulmonar. El tejido linfoide asociado al bronquio (BALT) se observa hiperplásico.	Yilmaz <i>et al.</i> , 2016 Hananeh, Al Momani, Ababneh y Abutarbush, 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Goswami, Banga y Mahajan, 2019

D) Inmunohistoquímica

Patrones pulmonares	Descripción	Autor y año
Pulmones	Inmunorreactividad intracitoplasmática positiva a los antígenos de <i>M. bovis</i> en bronquiolos, la inmunorreactividad se puede observar dentro de las células epiteliales del bronquiolo y macrófagos periféricos. Inmunomarcaje intralesional de bacterias dentro de focos necróticos. La inmunohistoquímica revela a T como la	Yilmaz <i>et al.</i> , 2016 Dudek <i>et al.</i> , 2019 Oliveira <i>et al.</i> , 2019

	célula inflamatoria más prominente en la neumonía por <i>M. bovis</i> .	
Tráquea	Antígeno de <i>M. bovis</i> en la tráquea.	Dudek <i>et al.</i> , 2019a

Cuadro 4. Métodos diagnósticos en los últimos 7 años para *Mycoplasma Bovis*

Prueba	Descripción	Autor y año
Microscopia de fluorescencia	Los núcleos celulares aparecen en azul y la F-actina en rojo. Los <i>M. bovis</i> intracelulares están teñidos de verde y los micoplasmas extracelulares, así como los adheridos a las células, están marcados de amarillo oscuro a naranja. El uso de esta técnica es laborioso, costoso, difícil de realizar.	Bürki <i>et al.</i> , 2015
Cultivo	Es laborioso y requiere mucho tiempo (hasta 7 días) ya que la bacteria tiene condiciones de crecimiento específicas y puede ser contaminado con otras bacterias. Los aislamientos se cultivan preferentemente en caldo PPLO modificado a 37 ° C en 5% de CO ₂ . Las colonias características de <i>M. bovis</i> son en forma de “huevos fritos”.	Calcutt <i>et al.</i> , 2018 Wisselink <i>et al.</i> , 2019 Katarzyna, Robin A J, Ewelina y Dariusz, 2020 McDaniel y Derscheid, 2021 Niu <i>et al.</i> , 2021
ELISA	Existen diferentes kits comerciales, los kits más utilizados son el Monoscreen AgELISA <i>Mycoplasma bovis</i> , Monoscreen AbELISA <i>Mycoplasma bovis</i> (BIO K 341/2 y BIO K 260/2 respectivamente), Bio-X Diagnostics Jemelle Bélgica, ID Screen® ELISA (IDvet), y Bovicheck (Biovet Inc., Quebec, Canadá). El kit ELISA BIO K	Nielsen <i>et al.</i> , 2015 Andersson <i>et al.</i> , 2019 Dudek <i>et al.</i> , 2019a AL-farha <i>et al.</i> , 2020 Niu <i>et al.</i> , 2021

	302 <i>M. bovis</i> detecta anticuerpos y el kit PathoProof Mastitis Major-3 Thermo Fisher Scientific, Helsinki, Finlandia detecta antígenos.	
PCR	Las técnicas basadas en ADN más comúnmente utilizadas son PCR en tiempo real, PCR triplex, PCR Multiplex, Nested PCR, PCR con desnaturalización y electroforesis en gel de gradiente (DGGE) y una micromatriz de ADN. El qPCR para la detección de <i>M. bovis</i> en muestras de aspirado traqueal. Existe un kit comercial denominado kit PathoProof Mastitis Major-3 Thermo Fisher Scientific, Helsinki, Finlandia que detecta antígenos.	Behera <i>et al.</i> , 2018 Calcutt <i>et al.</i> , 2018 Wisselink <i>et al.</i> , 2019 Bokma <i>et al.</i> , 2020 Katarzyna, Robin A J, Ewelina y Dariusz, 2020 Li <i>et al.</i> , 2021
Western Blot	La inmunotransferencia se ha considerado un método adecuado como prueba de confirmación, pero el método requiere mucho tiempo y no es adecuado para el cribado de un gran número de muestras.	Andersson <i>et al.</i> , 2019
Inmunohistoquímica	La IHC permite detectar el antígeno de <i>M. bovis</i> en la superficie y dentro del citoplasma de las células epiteliales bronquiolares y en el citoplasma de los fagocitos en el margen de los exudados bronquiolares. La reacción positiva se manifiesta como gránulos de color marrón oscuro.	Calcutt <i>et al.</i> , 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Katarzyna, Robin A J, Ewelina y Dariusz, 2020

Hibridación in situ (ISH)	Detecta la localización del antígeno o ADN de <i>M. bovis</i> , en el tejido examinado de los animales infectados.	Katarzyna, Robin A J, Ewelina y Dariusz, 2020
LAMP	LAMP permite recibir los resultados rápidamente y la reacción normalmente se completa en menos de 2 h, además, no es necesario disponer de costosos equipos de laboratorio, ya que se realiza a una sola temperatura.	Katarzyna, Robin A J, Ewelina y Dariusz, 2020 Li <i>et al.</i> , 2021
RPA	Ensayo de amplificación de ADN isotérmico, una técnica basada en la amplificación de la polimerasa recombinasa (RPA) con tira reactiva de flujo lateral (LFD), permite obtener el resultado en 30 minutos y está dedicada al ADN de <i>M. bovis</i> extraído directamente de muestras clínicas, es decir, hisopos nasales, muestras de tejido pulmonar, fluidos articulares y muestras de leche de tanque a granel	Katarzyna, Robin A J, Ewelina y Dariusz, 2020 Li <i>et al.</i> , 2021
Espectrometría de masas de tiempo de vuelo de ionización / desorción láser asistida por matriz (MALDI-TOF MS)	Permite la identificación de <i>M. bovis</i> a partir del líquido de lavado broncoalveolar (BALF) después del enriquecimiento en cultivo. La principal ventaja de MALDI-TOF MS es que solo detecta bacterias viables, lo que indica que el ganado tiene infecciones activas en lugar de históricas.	Calcutt <i>et al.</i> , 2018 Katarzyna, Robin A J, Ewelina y Dariusz, 2020 McDaniel y Derscheid, 2021 Bokma <i>et al.</i> , 2020

Cuadro 5. Revisión bibliográfica de los tratamientos más recientes y eficaces contra *Mycoplasma bovis* en los últimos 7 años.

Fármacos Resistentes

Fármaco	Descripción	Autor y año
Macrólidos Aminoglucósidos Lincosamidas β-lactámicos	Eritromicina, gamitromicina, oleandomicina, espiramicina, tildipirosina, tilmicosina, tulatromicina tilosina y tilvalosina. Amikacina, apramicina, dihidroestreptomicina, framicitina, gentamicina, kanamicina, neomicina, paromomicina, estreptomicina y tobramicina. Lincomicina y clindamicina. Penicilinas, cefalosporinas, monobactámicos y carbapenemes.	Bürki <i>et al.</i> , 2015 Lysnyansky y Ayling, 2016 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Becker <i>et al.</i> , 2020 Liu <i>et al.</i> , 2020 Niu <i>et al.</i> , 2021
Polimixinas Sulfonamidas Rifamicinas Quinolonas Tetraciclinas Anfenicoles	Colistina, polimixina B, trimetoprima, ácido nalidíxico y rifampicina. Cinoxacino, marbofloxacino, danofloxacino, norfloxacino, difloxacino, orbifloxacino, enrofloxacino, ácido oxolínico, flumequina, pradofloxacino y ibafloxacino. Clortetraciclina, doxiciclina, oxitetraciclina y tetraciclina. Cloranfenicol, florfenicol y tianfenicol.	Lysnyansky y Ayling, 2016 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Becker <i>et al.</i> , 2020 Liu <i>et al.</i> , 2020

Fármacos viables para controlar la infección		
Fármaco	Descripción	Autor y año
Aminoglucósidos Tetraciclinas Quinolonas	Sensibles o moderadamente sensibles a kanamicina. Doxiciclina. Enrofloxacina, danofloxacina y marbofloxacina	Lysnyansky y Ayling, 2016 Calcutt <i>et al.</i> , 2018 Dudek <i>et al.</i> , 2019a Becker <i>et al.</i> , 2020 Niu <i>et al.</i> , 2021

	<p>La enrofloxacin administrada sola estimula una fuerte respuesta inmune, reduce la manifestaci3n clnica y las lesiones pulmonares.</p> <p>Las fluoroquinolonas siguen siendo los 3nicos antimicrobianos con menor resistencia, lo que podr3a deberse a su uso restringido en medicina veterinaria.</p>	Klein <i>et al.</i> , 2019
<p>Macr3lidos</p> <p>Anfenicoles</p> <p>Tetraciclinas</p> <p>Pleuromutilinas</p>	<p>Gamitromicina espiramicina,</p> <p>tilmicosina, tulatromicina y tilosina.</p> <p>Florfenicol.</p> <p>Oxitetraciclina.</p> <p>Tiamulina y valnemulina.</p>	<p>Calcutt <i>et al.</i>, 2018</p> <p>Klein <i>et al.</i>, 2019</p>
<i>Lactobacillus</i> spp.	<p>La adici3n de concentraciones superiores a 10⁸ UFC/mL de <i>Lactobacillus</i> spp. Afecta negativamente la viabilidad de <i>M. bovis</i> en el moco cervical bovino en condiciones in vitro. Aunque el efecto parece estar relacionado con la disminuci3n del pH.</p>	Gal3n <i>et al.</i> , 2020
AINES	<p>Flunixin de meglumine, carprofen, ketoprofen o meloxicam se utilizan en combinaci3n con antibioterapia.</p>	Dudek <i>et al.</i> , 2019a
Inmunoestimulantes	<p>El pegbovigrastim es un activador inespec3fico de la inmunidad del ganado, es una forma modificada de citosina unida al polietilenglicol que estimula las colonias de granulocitos bovinos.</p>	Dudek <i>et al.</i> , 2019a

9. DISCUSION

Es importante conocer los diferentes procesos patológicos que desencadena *Mycoplasma bovis*, ya que debemos reconocer los signos clínicos de este microorganismo, es por ello que a través de los años se han realizado diversos estudios en donde se explican los mecanismos de invasión de *M. bovis*, por ejemplo, en un estudio realizado por Maunsell y Chase en 2019 mencionan que algunos miembros de la familia de lipoproteínas variables de superficie (Vsps) se consideran adhesinas y que el principal metabolito secundario es el peróxido de hidrogeno (H₂O₂) un factor de virulencia importante que causa daño oxidativo al tejido pulmonar. También se ha investigado la respuesta inmune de *Mycoplasma*, esto ha sido de suma importancia porque se deben de conocer los mecanismos inmunitarios que se desencadenan, en el estudio realizado por Askar *et al* en 2021 se menciona que *Mycoplasma bovis* provoca una respuesta humoral a los 21 días, predominando la inmunoglobulina IgG. Estos hallazgos concuerdan con lo encontrado en la revisión bibliográfica en los artículos de Ramírez Hernández (2015) y Bürki *et al* (2015).

Por otro lado, Dudek en 2020b reporta que, en los pulmones de terneros infectados, se observaron múltiples focos de células CD3 positivas en el parénquima pulmonar, lo cual coincide con los resultados de Ramírez Hernández (2015), Burki *et al* (2015), Yilmaz (2016) y Oliveira *et al* (2019).

Mycoplasma bovis es conocido por afectar los pulmones de los bovinos, autores como Burki *et al* (2015), Yilmaz (2016), Calcutt *et al* (2018), Hananeh *et al* (2018), Dudek *et al* (2019a), Goswami *et al* (2019a) y Hamad *et al* (2019) mencionan que la micoplasmosis provoca, bronconeumonía caseonecrotica, bronconeumonía exudativa con focos extensos de necrosis coagulativa, neumonía subclínica y enfisema pulmonar, esto coincide con los estudios más recientes publicados por Cai *et al* (2019), Maunsell y Chase (2019) y Askar *et al* (2021).

Del mismo modo en 2015 Aebi *et al* notifican que en corrales de engorda de 6 a 8 meses de edad se han encontrado casos de bronconeumonía caseonecrotica con consolidaciones en el pulmón y acompañado de una tasa de mortalidad alta.

Mycoplasma también es causa de lesiones en otros órganos, y como señalan Hananeh *et al* (2018) y Yurdakul (2019) provocan mastitis, otitis, neumonía, queratoconjuntivitis, problemas reproductivos y artritis del carpo o en una o más articulaciones diferentes con o sin cojera, lo cual coincide con los informes más recientes de Aebi *et al* (2015) y Askar *et al* (2021).

A través del tiempo se han ido implementando diferentes técnicas diagnósticas para la detección de *Mycoplasma bovis*, por ejemplo, el cultivo bacteriano se ha considerado tradicionalmente el método estándar de oro para la identificación de *M. bovis*, sin embargo, Andersson *et al* (2019) y Appelt *et al* (2019) indican que el cultivo demanda mucho tiempo, es laborioso requiere al menos 7 días, y debe satisfacer los exigentes requisitos nutricionales del microorganismo. Askar *et al* (2021) informan que los medios de cultivo se deben incubar durante 7 a 10 días a 37 ° C y a 5% de CO₂, lo que da como resultado el crecimiento de colonias con una apariencia morfológica de "huevos fritos". En cambio, Calcutt *et al* (2018) señalan que el cultivo no es la mejor opción, ya que el resultado puede verse influido por varios factores tales como el tratamiento antimicrobiano de animales enfermos antes de tomar la muestra, y por el crecimiento excesivo de otras bacterias. Estos hallazgos coinciden con los encontrados por Wisselink *et al* (2019), Katarzyna *et al* (2020); y McDaniel *et al* (2021). No obstante Parker *et al* (2018) indican que la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) tiene una mayor eficiencia, especificidad y sensibilidad para el diagnóstico de laboratorio en comparación con los métodos convencionales basados en cultivos, ya que los resultados por PCR se pueden obtener en 24 horas, lo que hace que el método de PCR sea más rápido que el cultivo. No obstante, existen diferencias entre PCR, ya que de acuerdo con Behera *et al* (2018) y Appelt *et al* (2019) señalan que la PCR en tiempo real detecta hasta 100 fg de ADN de la cepa estándar de *M. bovis*, mientras que el límite de detección de la PCR convencional es de 100 pg. Por lo tanto, la PCR en tiempo real es más sensible, rápida (se completa en <2 h) y tiene un costo relativamente bajo. Subsecuentemente Parker *et al* (2018) indican que también se encuentran disponibles ensayos comerciales (Kits) de PCR en tiempo real dirigidos a especies de *Mycoplasma*, que proporcionan resultados en 4 horas. Esto incluye a PathoProof de Thermo Fisher Scientific (Scoresby, Victoria, Australia), que ha demostrado una especificidad a

nivel de rebaño de 97% a 100%. Sin embargo, existe una discrepancia ya que Itoh *et al* (2020) y por Bokma *et al* (2020) mencionan que las técnicas de PCR no pueden considerarse técnicas estándar de oro, ya que la sensibilidad y la especificidad no son del 100%, porque se han visto casos en donde la sensibilidad del cultivo es a veces mayor que la de los ensayos de PCR.

Existe otro método para el diagnóstico de *Mycoplasma bovis*, esta técnica se denomina ELISA y de acuerdo con Parker *et al* (2018) mide la exposición pasada al organismo en forma de respuestas humorales, por lo tanto, no requiere detección de un organismo, esto concuerda con Nielsen *et al* (2015) y Parker *et al* (2018), en sus estudios indican que existen además del ELISA convencional pruebas rápidas, kits comerciales, como el kit ELISA Bio-X BIO K 302 *M. bovis*, y Bovicheck (Quebec, Canadá), asimismo estos autores han demostrado que tienen una mejor sensibilidad (Se) que los PCR. Además, Andersson *et al* (2019) evaluó la sensibilidad (Se) y la especificidad (Sp) de dos pruebas ELISA disponibles comercialmente (ID Screen® ELISA (IDvet) y BIO K302 ELISA (BIO-X Diagnostics)) donde se determinó que la Se era más alta en BIO K302 que en ID Screen®, el kit BIO K302 también resultó ser más específico que el ID Screen®. Estos hallazgos coinciden con los informados por Dudek *et al* (2019a), AL-farha *et al* (2020) y Niu *et al* (2021).

Otro de los métodos diagnósticos menos favorables es el señalado por Appelt *et al* (2019) donde ha indicado que la inmunofluorescencia, aunque se utiliza para la verificación de *Mycoplasma bovis*, no es la técnica más recomendada ya que el uso de esta técnica es laborioso, costoso y difícil de realizar. Lo señalado por Appelt concuerda con lo reportado en 2015 por Bürki *et al*. De igual manera Appelt *et al* informa que los métodos diagnósticos LAMP y RPA tienen una sensibilidad y especificidad mayor que la PCR, debido a que LAMP se realiza a una sola temperatura, y que el RPA puede detectar *Mycoplasmas* en menos de 50 min y no se necesitan equipos especializados. Además, Itoh *et al* (2020), señalan que los reactivos de RPA son independientes de la cadena de frío. Estas ventajas hacen que los ensayos de RPA sean perfectos para detectar *M. bovis* en campo ya que, son métodos sencillos, rápidos y fiables para detectar directamente *M. bovis* en la leche bovina en granja. Dichos hallazgos coinciden con lo encontrado por Katarzyna *et al* (2020) y Li *et al* (2021).

En los últimos años el enfoque de los tratamientos se ha centrado en el uso de los antibióticos, sin embargo la resistencia antimicrobiana va en aumento con el paso de los años, es por ello que Sulyok *et al* (2017) y Cai *et al* (2019) durante un periodo de tiempo de 1978 a 2009 donde el objetivo del estudio fue determinar los cambios en la resistencia de diferentes antimicrobianos a través de los años, llegaron a la conclusión de que la enrofloxacin y danofloxacin se mantuvieron estables durante las últimas 3 décadas, no así para las tetraciclinas, tilmicosina y tartrato de tilosina, ya que los niveles de resistencia fueron en aumento con el paso de los años.. Estos hallazgos concuerdan con Jelinski *et al* (2020) en donde demostraron que el ganado era resistente a dichos fármacos en los últimos 10 años. En otro orden Pohjanvirta *et al* (2020), Liu *et al* (2020) y Askar *et al* (2021) han demostrado un aumento en la resistencia a macrólidos, cloranfenicol, florfenicol, espectinomicina y doxiciclina, en aislados recientes de *M. bovis* en comparación con los aislados antes del 2000. Lysnyansky y Ayling (2016) y Klein *et al* (2019) refieren que los micoplasmas también son naturalmente resistentes a polimixinas, sulfonamidas, trimetoprima, ácido nalidíxico y rifampicina. No obstante, se han ido explorando nuevos tratamientos antimicrobianos que muestran efectividad contra *Mycoplasma bovis*, para el año 2019 Appelt *et al* demostraron que el uso de gamitromicina (Zactran®, Merial®, 6 mg / kg intramuscular (IM), cada 7 días) y neomicina y penicilina (Neopen®, MSD®, 500 mg / 100 kg Neomicina, 1.000.000 UI / 100 kg de penicilina (IM), diariamente) durante 5 semanas han sido eficaces para el tratamiento de la micoplasmosis bovina. Asimismo, Cai *et al* (2019) informan que los antimicrobianos eficaces para la micoplasmosis son la tulatromicina (Draxxin; Zoetis, Parsippany, Nueva Jersey, EE. UU) y la gamitromicina (Zactran; Merial, Ingelheim, Alemania). Mientras que Sulyok *et al* (2017) y Pohjanvirta y col. en 2020 indican que los antibióticos eficaces para *Mycoplasma bovis* pertenecen a cuatro clases de antibióticos: las fluoroquinolonas (danofloxacin, enrofloxacin, marbofloxacin); los macrólidos (gamitromicina, espiramicina, tilmicosina, tulatromicina y tilosina), los anfenicoles (florfenicol) y tetraciclinas (oxitetraciclina).

Finalmente, los artículos publicados en los últimos 6 años, han permitido profundizar en los mecanismos de patogenicidad de la bacteria, en el caso de

las técnicas para el diagnóstico los avances son escasos, pero con prometedores resultados en los diagnósticos de PCR, mientras que se siguen usando las técnicas bacteriológicas de los últimos 40 años. En el caso de los tratamientos han aparecido en el mercado nuevos antibióticos, aun cuando se siguen usando productos existentes desde hace 40 años.

10. CONCLUSIONES

Se revisaron 10 bases de datos de tres áreas de importancia en la entidad patológica de *Mycoplasma bovis*.

Se consultaron un total de 32 artículos científicos relacionados con las áreas temáticas de patología, diagnóstico y tratamiento en el período de 2015 a 2021

El número de artículos para cada una de las temáticas revisadas en los últimos seis años fue similar (10, 13 y 9 para las correspondientes áreas de patología, diagnóstico y tratamiento, respectivamente).

La comunidad veterinaria y ganadera reconocen cada vez más este patógeno por tener un impacto importante en la salud, bienestar y productividad del ganado lechero y de carne.

La micoplasmosis bovina es difícil de diagnosticar y controlar debido a las grandes lagunas en la comprensión de la epidemiología y fisiopatología de esta enfermedad, aunando la falta de vacunas eficaces y la resistencia antimicrobiana.

Es importante desarrollar pruebas de diagnóstico eficaces, rápidas, de bajo costo y que se puedan aplicar en campo para la detección temprana de la enfermedad, así mismo se deben realizar pruebas de resistencias antimicrobianas antes de implementar algún tratamiento antimicrobiano, ya que la resistencia a los antibióticos cada vez es más fuerte, es por ello que la *Micoplasmosis bovina*, tiene que ser tratada solo con antibióticos autorizados y efectivos contra este microorganismo.

11. RECOMENDACIONES

Tener buenas instalaciones, evitar el hacinamiento, mantener una buena higiene y ventilación en los corrales.

Se tiene que controlar la enfermedad destinando áreas de hospitalización y/o enfermería, área de cuarentena y de sacrificio para los animales enfermos.

Evitar comprar animales enfermos y de dudosa procedencia. En caso de comprar nuevos ejemplares evitar mezclarlos con el rebaño sin previa cuarentena.

Aislamiento y sacrificio de vacas que presenten signos clínicos asociados con la enfermedad o mastitis por *M. bovis*.

Pasteurización de la leche destinada a la crianza de becerros, no alimentar a los becerros con leche contaminada.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Aebi, M., van den Borne, B., Raemy, A., Steiner, A., Pilo, P. and Bodme, M., 2015. Mycoplasma bovis infections in Swiss dairy cattle: a clinical investigation. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 57(1), p.1-10. Disponible en: [https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13028-015-0099-](https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13028-015-0099-x#citeas)

[x#citeas](#)

2. Al-farha, A., Wawegama, N., Hemmatzadeh, F., Firestone, S., Moffat, J., Kojouri, G., Azari, A., Amanollahi, R., Hoare, A. y Petrovski, K., 2020. Application of an indirect MiIA ELISA for the detection of Mycoplasma bovis antibodies in bovine milk. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 44, pp.752-755

3. Andersson, A., Aspán, A., Wisselink, H., Smid, B., Ridley, A., Pelkonen, S., Autio, T., Lauritsen, K., Kensø, J., Gaurivaud, P. y Tardy, F., 2019. A European inter-laboratory trial to evaluate the performance of three serological methods for diagnosis of Mycoplasma bovis infection in cattle using latent class analysis. *BMC Veterinary Research*, 15(369), pp.1-10. Disponible en: <https://bmcvetres.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12917-019-21170.pdf>

4. Appelt, S., Aly, S., Tonooka, K., Glenn, K., Xue, Z., Lehenbauer, T. y Marco, M., 2019. Development and comparison of loop-mediated isothermal amplification and quantitative polymerase chain reaction assays for the detection of *Mycoplasma bovis* in milk. *Journal of Dairy Science*, 102 (3), pp. 1985-1996. Disponible en: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(19\)30011-6/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(19)30011-6/fulltext)
5. Askar, H., Chen, S., Hao, H., Yan, X., Ma, L., Liu, Y. and Chu, Y., 2021. Immune Evasion of *Mycoplasma bovis*. *Pathogens*, 10(3), pp.1-12. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-0817/10/3/297/htm>
6. Becker, C., Ambroset, C., Huleux, A., Vialatte, A., Colin, A., Tricot, A., Arcangioli, M. y Tardy, F., 2020. Monitoring *Mycoplasma bovis* Diversity and Antimicrobial Susceptibility in Calf Feedlots Undergoing a Respiratory Disease Outbreak. *Pathogens*, 9(7), pp.1-15. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7400015/>
7. Behera, S., RanaP, R., Gupta, P., Kumar, D., Rekha, V., Arun, T. y Jena, D., 2018. Development of real-time PCR assay for the detection of *Mycoplasma bovis*. *Tropical Animal Health and Production*, 50, pp.:875–882. Disponible en: <https://bidi.uam.mx:7823/article/10.1007/s11250-018-1510-1>
8. Bokma, J., Driessche, L., Deprez, P., Haesebrouck, F., Vahl, M., Weesendorp, E., Deurenberg, R., Pardon, B. y Boyen, F., 2020. Rapid Identification of *Mycoplasma bovis* Strains from Bovine Bronchoalveolar Lavage Fluid with Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization–Time of Flight Mass Spectrometry after Enrichment Procedure. *Journal of Clinical Microbiology*, 58(6), pp.1-10. Disponible en: <https://bidi.uam.mx:4050/doi/10.1128/jcm.00004-20>
9. Bürki, S., Freya, J. y Piloa, P., 2015. Virulence, persistence and dissemination of *Mycoplasma bovis*. *Veterinary Microbiology*, 179, pp.15-22. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378113515000796>
10. Cai, H., McDowall, R., Parker, L., Kaufman, E. and Caswell, J., 2019. Changes in antimicrobial susceptibility profiles of *Mycoplasma bovis* over time. *The Canadian Journal of Veterinary Research*, 83(1), pp.34-41. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6318825/>

11. Calcutt, M., Lysnyansky, I., Sachse, K., Fox, L., Nicholas, R. y Ayling, R., 2018. Gap analysis of *Mycoplasma bovis* disease, diagnosis and control: An aid to identify future development requirements. *Transbound Emerging Diseases*, 65(1), pp.91-109. Disponible en: <<https://bidi.uam.mx:3610/doi/full/10.1111/tbed.12860>>
12. Dudek, K., Bednarek, D., Ayling, R., Kycko, A. y Reichert, M., 2019a. Preliminary study on the effects of enrofloxacin, flunixin meglumine and pegbovigrastim on *Mycoplasma bovis* pneumonia. *BMC Veterinary Research*, 371(15), pp.1-13. Disponible en: <<https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-019-2122-3>>
13. Dudek, K., Bednarek, D., Lisiecka, U., Kycko, A., Reichert, M., Kostro, K. y Winiarczyk, S., 2020b. Analysis of the Leukocyte Response in Calves Suffered from *Mycoplasma bovis* Pneumonia. *Pathogens*. 9 (5), pp. 1-11. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-0817/9/5/407/htm>
14. Dudek, K., Nicholas, R. A. J., Szacawa, E., y Bednarek, D. 2020. *Mycoplasma bovis* Infections—Occurrence, diagnosis and control. *Pathogens*, 9(8), pp. 1-21. Disponible en: <http://bidi.uam.mx:2199/10.3390/pathogens9080640>
15. Gaeta, N., Ribeiro, B., Alemán, M., Yoshihara, E., Nassar, A., Marques, L., Timenetsky, J. and Gregory, L., 2021. Patógenos bacterianos del tracto respiratorio inferior de terneros de hatos de asentamientos rurales brasileños y su asociación con signos clínicos de enfermedad respiratoria bovina. *Investigación Veterinaria Brasileña*, 38(3), pp.374-381. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100736X2018000300374&lang=es
16. Galán, A., De la Fe, C., Gomis, J., Bataller, E., Sánchez, A., Quereda, J., García-Roselló, E. y Gómez-Martín, A., 2020. The addition of *Lactobacillus* spp. negatively affects *Mycoplasma bovis* viability in bovine cervical mucus. *BMC Veterinary Research*, 16(251), pp.1-7. Disponible en: <<https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-020-02454-9>>
17. Gille, L., Pilo, P., Valgaeren, B., Driessche, L., Loo, H., Bodmer, M., Bürki, S., Boyen, F., Haesebrouck, F., Deprez, P. and Pardon, B., 2016. A new predilection site of *Mycoplasma bovis*: Postsurgical seromas in beef cattle. *Veterinary Microbiology*, 186, pp.67-70. Disponible en:

<<https://bidi.uam.mx:3276/science/article/pii/S0378113516300360?via%3Dihub>>

18. González Martín, J., 2018. Mycoplasma bovis, “una bacteria de moda”. *Revista Frisona*, 226, pp.98-101. Disponible en: <https://www.revistafrisona.com/Noticia/mycoplasma-bovis-una-bacteria-de-moda>

19. Goswami, P., Banga, H. y Mahajan, V., 2019. Pathological description of naturally occurring Mycoplasma bovis associated pneumonia in bovine calves. *INDIAN JOURNAL OF ANIMAL RESEARCH*, 53(6), pp.799-806.

20. Hamad, M., AL-Jumaa, Z., Al-Aalim, y Jaber Mayahi, M., 2019. Detection of Mycoplasma bovis in Pneumonic Calves. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 13(4), pp.2437-2443.

21. Hananeh, W., Al Momani, W., Ababneh, M. y Abutarbush, S., 2018. Mycoplasma bovis arthritis and pneumonia in calves in Jordan: An emerging disease. *Vet World*, 11(12), pp.1663–1668. Disponible en: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6362338/>>

22. Itoh, M., Hirano, Y., Yamakawa, K., Yasutomi, I., Kuramoto, K., Furuoka, M. y Yamada, K., 2020. Combination of procedure for ultra rapid extraction (PURE) and loop-mediated isothermal amplification (LAMP) for rapid detection of Mycoplasma bovis in milk. *Journal Veterinary Medical Science*, 82 (7), pp.875–880. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7399326/>

23. Jelinski, M., Kinnear, A., Gesy, K., Lasheras, S., Zaheer, R., Weese, S. and McAllister, T., 2020. Antimicrobial Sensitivity Testing of Mycoplasma bovis Isolates Derived from Western Canadian Feedlot Cattle. *Microorganisms*, 8(12), pp.1-23. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7022776/>

24. Katarzyna, D., Robin A J, N., Ewelina, S. y Dariusz, B., 2020. Mycoplasma bovis Infections—Occurrence, Diagnosis and Control. *Pathogens*, 8, pp.1-21. Disponible en: <<https://bidi.uam.mx:3350/docview/2432275709?https://search.proquest.com/technologycollection&pq-origsite=summon>>

25. Klein, U., de Jong, A., Youala, M., El Garch, F., Stevenin, C., Moyaert, H., Rose, M., Catania, S., Gyuranecz, M., Pridmore, A. y Ayling, R., 2019. New antimicrobial susceptibility data from monitoring of Mycoplasma bovis isolated in

Europe. *Veterinary Microbiology*, 238, pp.1-6. Disponible en: <<https://bidi.uam.mx:3276/science/article/pii/S0378113519307953?via%3Dihub>>

26. Li, R., Wang, J., Sun, X., Liu, L., Wang, J. y Yuan, W., 2021. Direct and Rapid Detection of *Mycoplasma bovis* in Bovine Milk Samples by Recombinase Polymerase Amplification Assays. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11, pp.1-8. Disponible en: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcimb.2021.639083/full>>

27. Liu, Y., Xu, S., Li, M., Zhou, M., Huo, W., Gao, J., Liu, G., Kastelic, J. y Han, B., 2020. Molecular characteristics and antibiotic susceptibility profiles of *Mycoplasma bovis* associated with mastitis on dairy farms in China. *Preventive Veterinary Medicine Volume*, 182, pp.1-9. Disponible en: <https://bidi.uam.mx:3276/science/article/pii/S0167587720300726?via%3Dihub>

28. Lysnyansky, I. y Ayling, R., 2016. *Mycoplasma bovis*: Mechanisms of Resistance and Trends in Antimicrobial Susceptibility. *Frontiers Microbiology*, 7(595), pp.1-7. Disponible en <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2016.00595/full>>

29. Maunsell, F., Woolums, A., Francoz, D., Rosenbusch, R., Step, D., Wilson, D. y Janzen, E., 2011. *Mycoplasma bovis* Infections in Cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 25 (4), pp. 772-783. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1939-1676.2011.0750.x>

30. Maunsell, FP y Chase, C. 2019. *Mycoplasma bovis* *Mycoplasma bovis* Interactions with the Immune System and Failure to Generate an Effective Immune Response. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 35(3), pp. 471–483. doi: 10.1016/j.cvfa.2019.08.003

31. McDaniel, A. y Derscheid, R., 2021. MALDI-TOF mass spectrometry and high-resolution melting PCR for the identification of *Mycoplasma bovis* isolates. *BMC Veterinary Research*, 17(170), pp.1-6. Disponible en: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8052663/>>

32. Nielsen, P., Petersen, M., Nielsen, L., Halasa, T. y Toft, N., 2015. Latent class analysis of bulk tank milk PCR and ELISA testing for herd level diagnosis of *Mycoplasma bovis*. *Preventive Veterinary Medicine*, 121, pp.338-342, Disponible en:<https://bidi.uam.mx:3276/science/article/pii/S0167587715002731?via%3Dihub>

33. Niu, J., Wang, D., Yan, M., Chang, Z., Xu, Y., Sizhu, S., Li, Z., Hu, S. y Bi, D., 2021. Isolation, identification and biological characteristics of *Mycoplasma bovis* in yaks. *Microbial Pathogenesis*, 150, pp.1-8. Disponible en: <https://bidi.uam.mx:3276/science/article/pii/S0882401020310573?via%3DiDu>
34. Oliveira, T., Pelaquim, I., Flores, E., Massi, R., Valdiviezo, M., Pretto-Giordano, L., Alfieri, A., Saut, J. y Headley, S., 2019. *Mycoplasma bovis* and viral agents associated with the development of bovine respiratory disease in adult dairy cows. *Transboundary and Emerging Diseases*, 67(2), pp.82-93. Disponible: <<https://bidi.uam.mx:3610/doi/full/10.1111/tbed.13223>>
35. Parker, A., Sheehy, P., Hazelton, M., Bosward, K. and House, J., 2018. A review of mycoplasma diagnostics in cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(3), pp.1241-1252. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jvim.15135>
36. Pohjanvirta, T., Vähänikkilä, N., Simonen, H., Pelkonen, S. y Autio, T., 2020. Efficacy of Two Antibiotic-Extender Combinations on *Mycoplasma bovis* in Bovine Semen Production. *Pathogens*, 9 (10), pp. 1-11. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-0817/9/10/808>
37. Ramírez Hernández, C., 2015. *Lesiones Macroscópicas y Microscópicas en Pulmones de Bovinos Engordados en corral que ameritan decomiso en rastro*. Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León.
38. Sulyok, K., Kreizinger, Z., Wehmann, E., Lysnyansky, I., Bányai, K., Marton, S., Jerzsele, Á., Rónai, Z., Turcsányi, I., Makrai, L., Jánosi, S., Nagy, S. y Gyuranecz, M., 2017. Mutations Associated with Decreased Susceptibility to Seven Antimicrobial Families in Field and Laboratory-Derived *Mycoplasma bovis* Strains. *Antimicrob Agents Chemother.*, 61 (2), pp. 1-14. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5278709/>
39. Wisselink, H., Smid, B., Plater, J., Ridley, A., Andersson, A., Aspán, A., Pohjanvirta, T., Vähänikkilä, N., Larsen, H., Høgberg, J., Colin, A. y Tardy, F., 2019. A European interlaboratory trial to evaluate the performance of different PCR methods for *Mycoplasma bovis* diagnosis. *BMC Veterinary Research*, 86, pp.1-12. Disponible en: <<https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-019-1819-7>>
40. Yilmaz, R., Cangu, I., Onat, K., Akkoc, A., Ozyigit, M. y Akdesir, E., 2016. Histopathological, Immunohistochemical and Bacteriological Characterization of

Mycoplasma bovis Pneumonia in Cattle. *Pakistan Veterinary Journal*, 36(3), pp.316-321. Disponible en: http://pvj.com.pk/pdf-files/36_3/316-321.pdf

41. Yurdakul, İ., 2019. Evaluación de los hallazgos clínicos, radiológicos, ultrasonográficos y microbiológicos de la artritis séptica en 50 becerros. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(1), pp.254-266. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v10n1/2448-6698-rmcp-10-01-254.pdf>