



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“Comparación de casos sospechosos a
Tuberculosis bovina, identificados del año 2014 al 2019
en el Rastro Municipal de Toluca”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A**

RENÉ CORONA FLORENCIO

ASESORES

**Dra. en C Adriana del Carmen Gutiérrez Castillo
PhD. Carlos Galdino Martínez García
Dra. en C. Alejandra Donají Solís Méndez**



Toluca, México, abril 2022.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
1.....	INTRODUCCIÓN
.....	1
3. REVISIÓN DE LITERATURA	2
3.1. Importancia de la Tuberculosis bovina en la producción animal	2
3.2. Agente etiológico	3
3.3. Epidemiología de la Tuberculosis bovina	5
3.4. Patogenia	8
3.5. Complejo primario de la Tuberculosis bovina	11
3.6. Formas clínicas de la Tuberculosis Bovina	14
3.7. Control y erradicación de la Tuberculosis bovina.....	20
3.8. Diagnóstico de la Tuberculosis bovina	22
3.9. Examen post mortem de la Tuberculosis bovina	26
3.10. Medidas a adoptar durante y después de la inspección de la Tuberculosis bovina.....	28
3.11. Inspección <i>post mortem</i> de la Tuberculosis bovina	28
3.12. Guía para inspección en faena de Bovinos.....	29
4. JUSTIFICACIÓN.....	31
5. Hipótesis.....	32
6. OBJETIVOS	33
6.1. Objetivo general	33
6.2. Objetivos específicos.....	33
7. MATERIAL Y MÉTODO	34
7.1. Material.....	34
7.1.1. Material de campo	34
7.1.2. Material de oficina	34
7.2. Método.....	34
7.2.1. Técnica de recolección de datos	34
7.2.2. Método en la sala de procesamiento	35
7.2.3. Análisis de datos	39

8. LIMITE DE TIEMPO.....	41
9. LÍMITE DE ESPACIO	42
10. RESULTADOS	43
10.1. Decomisos por lesiones causadas por Tuberculosis bovina en el Rastro Municipal de Toluca durante el período 2014 - 2019.....	43
10.2. Decomisos por lesiones de Tuberculosis bovina, durante el período 2014 a 2019.....	43
10.3. Identificación de diferencias significativas entre años con respecto a animales faenados, vísceras torácicas y decomisos totales.	47
10.4. Identificación de diferencias entre años con respecto a decomisos de vísceras abdominales, cabezas y canales completas.....	48
10.5. Identificación de pérdidas económicas por decomisos totales sospechosos a Tuberculosis bovina.....	49
11. DISCUSIÓN.....	51
12. CONCLUSIONES.....	56
13. LITERATURA CITADA.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estatus zoonosario de la Tuberculosis bovina en México.....	7
Figura 2. Patogenia y evolución de Tuberculosis bovina en el organismo animal. .	9
Figura 3. Pulmón. Lesión microscópica granulomatosa por tuberculosis bovina. Agregados de macrófagos transformados en células epitelioideas o histiocitos epitelioideos, rodeados por un collar de células mononucleares, predominantemente linfocitos y células plasmática.....	11
Figura 4. Ganglio linfático mediastino. Presencia de abundantes granulomas de diferentes tamaños en el parénquima del ganglio que se aprecian en la superficie del órgano y al corte.	11
Figura 5. Presencia de abundantes granulomas sugestivos a Tuberculosis Bovina en parénquima pulmonar.....	14
Figura 6. Presencia de Tuberculosis miliar en parénquima pulmonar y cavidad torácica de un bovino.....	15
Figura 7a. Cavidad torácica de bovino. Lesiones de tuberculosis miliar.....	16
Figura 7b. Cavidad torácica de bovino. Tuberculosis miliar con forma prominente y pedunculada en forma de racimo o coliflor.	17
Figura 8. Hígado. Lesiones granulomatosas multifocales sugestivas a tuberculosis bovina en un corte realizado en el parénquima hepático.....	18
Figura 9. Canal de bovino decomisada por presentar lesiones macroscópicas compatibles con Tuberculosis miliar y peritonitis severa.	19
Figura 10. Ganglios linfáticos mediastínicos de bovino. Lesiones calcificada sugestivas a tuberculosis bovina.	20
Figura 11. Valores de sensibilidad y especificidad de las pruebas de tuberculina.	23
Figura 12. Representación actual de los viales de PPD autorizados para campaña, elaborados exclusivamente por PRONABIVE.....	25
Figura 13. Representación esquemática de la composición de la pared celular de las micobacterias.	26

Figura 14. Técnica de laminado de ganglios linfáticos para la búsqueda de lesiones por Tuberculosis bovina.....	27
Figura 15. Ganglios linfáticos de carácter obligatorio que se de inspeccionar cuando se sospecha de Tuberculosis bovina.	30
Figura 16. Ubicación del Rastro Municipal de Toluca.	42
Figura 17. Animales faenados por año en el Rastro Municipal de Toluca.	44
Figura 18. Vísceras torácicas decomisadas por año en el Rastro Municipal de Toluca.	45
Figura 19. Vísceras abdominales decomisadas por año en el Rastro Municipal de Toluca.....	45
Figura 20. Decomiso de cabezas por año en el Rastro Municipal de Toluca.	46
Figura 21. Canales completas decomisadas por año en el Rastro Municipal de Toluca.	46
Figura 22. Decomisos totales por año en el Rastro Municipal de Toluca.	47
Figura 23. Pérdidas económicas totales por año, por decomisos por Tuberculosis bovina	50
Figura 24. Pérdidas económicas por año por decomisos individuales.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Supervivencia de las bacterias <i>Mycobacteriaceae</i>	5
Tabla 2. Cronograma de actividades.....	41
Tabla 3. Tendencia mensual de animales faenados y decomisos en el Rastro Municipal de Toluca del período 2014 a 2019.	43
Tabla 4. Cuento anual de decomisos por lesiones de Tuberculosis bovina, período 2014 a 2019.....	44
Tabla 5. Diferencias entre años con respecto a animales faenados, vísceras torácicas y decomisos totales.....	48
Tabla 6. Diferencias estadísticas por decomiso entre años con respecto a decomisos de vísceras abdominales, cabezas y canales completas.	49

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue comparar el número de casos sospechosos a Tuberculosis bovina identificados, durante el período comprendido del año 2014 al 2019 en el Rastro Municipal de Toluca. Para lo cual, se utilizó estadística descriptiva, análisis de varianza (ANOVA) de una vía y prueba Kuskal-Wallis. Debido a que los resultados de la prueba Shapiro Wilks se observó que las variables “bovinos sacrificados”, “decomisos de viseras torácicas”, “decomisos totales” a través de los años presentaron distribución normal. Y las variables “decomisos viseras abdominales”, “decomisos de cabeza” y “decomisos de canales completas” tuvieron distribución atípica. El total de animales faenados del año 2014 al 2019 fue de 104,489 bovinos de los cuales se realizaron 524 decomisos totales. El promedio de animales faenados al año fueron 17,415 bovinos y el promedio de animales faenados al mes es de 1451 bovinos. El decomiso de vísceras torácicas representó el mayor número de decomisos con 58.20% de los casos, seguido por el decomiso de cabezas con 19.84%, el decomiso de vísceras abdominales fue de 16.60% y el de canales completas fue de 5.34%. Del ANOVA aplicado, se observó que la cantidad de animales faenados por año mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) siendo 2014 el año que presentó mayor volumen de bovinos faenados con 20,298. En 2019 se presentó menos volumen de bovinos faenados con 15,116 bovinos faenados. Las variables de vísceras torácicas y decomisos totales no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) a través de los años del período de estudio. La prueba de Kruskal-Wallis mostró que los decomisos de vísceras abdominales presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los años del período, siendo el año 2017 donde se presentó el mayor número de decomisos por mes. Finalmente, se observó que en año 2016 se tuvo mayor pérdida económica por decomisos a pesar de que el año 2017 el número de decomisos fue mayor. La pérdida económica por decomisos totales durante el período de estudio, del año 2014 al 2019 fue aproximadamente un millón de pesos. Con esto se concluye que no disminuyó el número de casos sospechosos a Tuberculosis bovina durante el período 2014 a 2019: Se incrementaron a partir del 2015 con máximos en 2017 y 2018 con tendencia a disminuir en 2019

1. INTRODUCCIÓN

La Tuberculosis es una enfermedad de distribución mundial, que reviste gran importancia económica y sanitaria en los países afectados. En el ser humano la infección es causada principalmente por *Mycobacterium tuberculosis*, pero también puede ser ocasionada por otras especies como *M. bovis* (del 8 al 12% de los casos). Debido a esto la Tuberculosis bovina es considerada una zoonosis y es la segunda causa más común de Tuberculosis en humanos (SAGARPA y SENASICA, 2015). Sin embargo, el patógeno propio de los animales, principalmente de los bovinos es *Mycobacterium bovis*, probablemente el agente zoonótico más importante en la historia de la humanidad (Abalos y Retamal, 2004). Dado que la Tuberculosis bovina (TB) es una enfermedad infectocontagiosa que produce un deterioro de la salud y disminución de la producción en los hatos infectados, las cifras de pérdidas por deterioro de ganado bovino han sido estimadas desde hace décadas, en millones de dólares anuales, debido a la afectación de la producción de carne y lácteos, incremento en insumos sanitarios y decomisos en canales (Arcelles *et al.*, 2005). Estas pérdidas económicas son notables para los ganaderos que llevan a sus animales al faenado, debido a que se les decomisa canales o piezas por la presencia de lesiones compatibles con la enfermedad (SENASICA, 2011).

Por otra parte, *M. bovis* puede ingresar en el organismo humano tanto por vía digestiva como por inhalación e incluso por vía cutánea. La transmisión por vía digestiva tiene lugar principalmente por el consumo de leche no pasteurizada. La transmisión por vía cutánea se da por contacto con tejidos contaminados, esta vía es de mayor peligro en los rastros. La vía digestiva por el consumo de carne es menos conocida (Moreno, 2003).

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia de la Tuberculosis bovina en la producción animal

Las enfermedades transmitidas por los alimentos son generalmente de carácter infeccioso o tóxico y son causadas principalmente por bacterias que ingresan al organismo a través del agua o los alimentos contaminados.

Bacterias como *M. bovis*, *Salmonella spp*, *Campylobacter spp* y *Escherichia coli* enterohemorrágica figuran entre los patógenos de transmisión alimentaria más comunes que afectan a millones de personas cada año, a veces con consecuencias graves o mortales. Los síntomas son fiebre, dolores de cabeza, náuseas, vómitos, dolores abdominales y diarrea. Los alimentos asociados con los brotes de salmonelosis son los huevos, la carne de ave y otros productos de origen animal. Los casos de infección por *Campylobacter* de transmisión alimentaria son ocasionados principalmente por la ingestión de leche cruda, carne de ave cruda o poco cocinada y agua contaminada. *Escherichia coli* enterohemorrágica se asocia con el consumo de leche no pasteurizada, carne poco cocinada y fruta y hortalizas frescas (OMS, 2020a).

De la misma manera la Tuberculosis bovina puede afectar a prácticamente todos los mamíferos incluido el humano. Los becerros lactantes y el humano se contagian al ingerir leche cruda procedente de vacas enfermas, o bien por el consumo de productos lácteos contaminados no pasteurizados (PRONABIVE, 2018).

Una enfermedad emergente se define como una nueva presentación de un problema antiguo con una enfermedad, infección o infestación, que causa un importante impacto en la sanidad animal y la salud humana, o también puede ser una enfermedad existente que aparece en una nueva área geográfica (OIE, 2001).

La emergencia de enfermedades ha sido un tema relevante en medicina humana, existiendo también gran interés por aquellas infecciones emergentes que afectan a los animales, pues limitan la producción de alimentos para la población (Abalos y Retamal, 2004).

Los establecimientos de faenado de animales de abasto, frigoríficos e industrializadoras de productos y subproductos cárnicos tienen el propósito de obtener productos de óptima calidad higiénico-sanitaria (Diario Oficial de la Federación, 1994).

Para elevar la producción y mejorar la calidad sanitaria de los productos de origen animal, es necesario establecer un control estricto sobre la Tuberculosis bovina que permita a la ganadería nacional desarrollarse en mejores condiciones sanitarias, así como mantener e incrementar la exportación de ganado bovino en pie (Diario Oficial de la Federación, 1995).

La Tuberculosis es una enfermedad transmisible en humanos que constituye una importante causa de morbilidad, una de las diez primeras causas de mortalidad del mundo y la principal debida a un solo agente infeccioso (por encima del VIH/SIDA), que afecta a ambos sexos, pero la carga más elevada se registra en los hombres (OMS, 2019).

3.2. Agente etiológico

En el género *Mycobacterium* de la familia de las *Mycobacterias* perteneciente al orden *Actinomycetales* se incluyó a las bacterias que se caracterizan por la propiedad de ramificarse y por ser resistentes a los ácidos, alcoholes y álcalis (Piatkin y Krivoshein, 1986).

El descubrimiento del agente infeccioso causante de la Tuberculosis lo dio a conocer Robert Koch en la sesión del 24 de marzo de 1882 de la Sociedad Berlinesa de Fisiología, después Paul Erlich puso de manifiesto la característica ácido-resistente del microbio. En 1890 Robert Koch obtuvo la tuberculina, la cual fue utilizada por Pirquet y Schick como importante medio de diagnóstico. Los gérmenes productores de la Tuberculosis son el *Mycobacterium tuberculosis* variedades *M. tub. hominis* (tipo humano), *M. tub. bovis* (tipo bovino), *M. tub. avium* (tipo aviar) (Bartels *et al.*, 1971 y Chambers *et al.*, 2018).

La Tuberculosis bovina proviene de la infección por *Mycobacterium bovis*, una bacteria Grampositiva, ácido-alcohol resistente del complejo *Mycobacterium tuberculosis* de la familia *Mycobacteriaceae* (CFSPH, 2010).

Las micobacterias son bacilos ácidos – alcohol resistentes, porque resisten a la decoloración con el alcohol ácido, debido a que sus paredes son ricas en contenido lipídico por los ácidos micólicos. Son bacilos no móviles, no esporulados, pleomórficos, aerobios. En medios de cultivo sólido desarrollan colonias lisas o rugosas generalmente opacas, son ureasa positivos y catalasa negativos. Tiene una temperatura óptima de crecimiento de 37°C (Mantilla *et al.*, 2008).

El microorganismo cuando es expuesto a la luz solar es destruido en dos horas. En cambio, en los medios secos como el polvo, los exudados y las descargas diarreicas no expuestas a la luz solar, el microorganismo puede resistir viable por varios meses (Vidales, 1987). Sin embargo, estudios muestran que persiste hasta 150 días en suelos a 4 °C y 90 días a 22 °C (Barbier *et al.*, 2017). En heno y granos de maíz puede persistir hasta 40 días, en agua de 20 a 60 días, en suelo 14 días en verano y 3 meses en invierno (Robertson, 2020).

Sobre la supervivencia de las bacterias tuberculosas pueden darse los datos siguientes:

Tabla 1. Supervivencia de las bacterias *Mycobacteriaceae*

En órganos tuberculosos después del cuadro clínico	45 días
En embutidos escaldados de menos de 40 mm, calentado a + 85° C	15 minutos
En leche acidificada	15 días
En quesos blandos preparados a partir de suero o leche sin pasteurizar	305 días
En mantequilla de nata dulce	4 semanas
En congelación de 1 hasta 8 °C	120 días
En heces de bovino caídas al prado durante el verano	2 meses
En las aguas residuales	11 a 15 meses

Fuente: Bartels *et al.*, 1971 y Nasr *et al.*, 2014.

3.3. Epidemiología de la Tuberculosis bovina

Mycobacterium bovis es un microorganismo zoonótico y debe tratarse como perteneciente al grupo de riesgo/peligro III con las precauciones adecuadas para prevenir una infección en el ser humano (OIE, 2018), ya que se reportan más de ocho millones de casos nuevos al año de Tuberculosis, entre ellos, dos millones de muertes, la mayoría de estas son prevenibles (Arciniegas *et al.*, 2005). En el mundo se considera que *M. bovis* es responsable del 2 al 8 % de los casos de TB pulmonar en humanos y estos porcentajes aumentan en los casos clínicos de Tuberculosis no pulmonar. En México se desconoce con certeza el impacto que tiene, pero existen evidencias para considerar a la Tuberculosis por *M. bovis* como zoonosis importante en nuestro país (SAGARPA, 2013).

Mycobacterium bovis se ha aislado e identificado en muestras clínicas de humanos en la mayoría de los países donde se han caracterizado cepas de micobacterias (OIE, 2018). Actualmente, muchos países con alta carga de Tuberculosis no están en vías de alcanzar las metas intermedias para 2020 de la “Estrategia fin a la Tuberculosis” (OMS, 2019).

Aproximadamente 1.4 millones de personas murieron por enfermedades relacionadas con la Tuberculosis en 2019. De los diez millones de personas que se estima que desarrollaron Tuberculosis ese año, unos tres millones no fueron diagnosticados con la enfermedad o no fueron informados oficialmente a las autoridades nacionales (OMS, 2020b).

La situación es aún más grave para las personas con Tuberculosis farmacorresistente. La OMS refiere que aproximadamente 465,000 personas fueron diagnosticadas recientemente con TB farmacorresistente en 2019 y, de ellas, menos del 40% pudieron acceder al tratamiento (OMS, 2020b).

Aproximadamente 14 millones de personas fueron tratadas por TB en el período 2018-2019, poco más de un tercio para conseguir la meta de cinco años (2018-2022) de 40 millones. Aproximadamente 6.3 millones de personas comenzaron el tratamiento preventivo de la Tuberculosis en 2018-2019, aproximadamente una quinta parte para conseguir la meta de 30 millones a cinco años (OMS, 2020b).

En el año 2020, se alcanzó la financiación de 6,500 millones de dólares para la prevención, diagnóstico, tratamiento y atención de la Tuberculosis, lo que representa solo la mitad del objetivo de 13,000 millones de dólares acordado por los líderes mundiales en la Declaración Política de la ONU sobre la Tuberculosis (OMS, 2020b).

En México, SENASICA a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria en noviembre de 2020, indicó que el 86.12% del territorio nacional se encontraba en la fase de erradicación de la Tuberculosis bovina. Prevalencia menor al 0.5%, esto quiere decir que la prevalencia es baja, debido a los trabajos realizados como parte de la Campaña Nacional contra dicha enfermedad (Gobierno de México, 2020).



Figura 1. Estatus zoonosanitario de la Tuberculosis bovina en México.

Fuente. SENASICA (2020).

En el caso de México la prevalencia de la Tuberculosis bovino se estima en 16 % para el ganado productor de leche, y en poco menos del 1 % para ganado de carne en la mayor parte del territorio nacional. En el ganado lechero el problema es más grave por la baja participación de los productores en actividades de campaña, la cual es menor al 30 %, como consecuencia del pobre comportamiento de las

pruebas de diagnóstico *in vivo* y la falta de esquemas de compensación por los animales faenados (González *et al.*, 2018).

3.4. Patogenia

No existen mayores diferencias en la patogenia de la infección por *M. bovis* entre humanos y bovinos. Una vez que infecta al hospedero, la micobacteria genera una pequeña lesión granulomatosa en el sitio de ingreso y en el ganglio linfático regional, lo que en conjunto se conoce como complejo primario de la infección (Abalos y Retamal, 2004).

El microorganismo penetra al hospedero principalmente por vía aerógena. La Tuberculosis por vía entérica es importante en terneros amamantados con leche que contiene los bacilos. La forma clínica y patológica más común es la Tuberculosis pulmonar. El agente causal, al penetrar en los pulmones y multiplicarse, forma el foco primario, que está acompañado por una lesión tuberculosa presente en los nódulos linfáticos bronquiales del mismo lado y de esa manera se crea el complejo primario. Estas lesiones pueden permanecer latentes o progresar. Si se pierde la homeostasis del animal frente al bacilo tuberculoso, la infección puede difundirse a otros órganos por vía linfohemática con una difusión generalizada. Los focos nuevos se producen sobre todo en pulmones, riñones, hígado, bazo y en sus nódulos linfáticos correspondientes. La generalización también puede dar lugar a la presentación de una Tuberculosis miliar (SAGARPA y SENASICA, 2016).

Los animales afectados con esta enfermedad no presentan signos clínicos o pueden presentar signos característicos como emaciación progresiva, tos, disnea, aumento de los ganglios linfáticos y disminución en la producción (Reyes *et al.*, 2018).

La principal vía de ingreso de la infección en los rebaños es mediante la introducción de bovinos enfermos o portadores de *M. bovis*, debido a que el sistema respiratorio es la principal ruta por la cual ocurre y se disemina la infección (Abalos y Retamal, 2004).

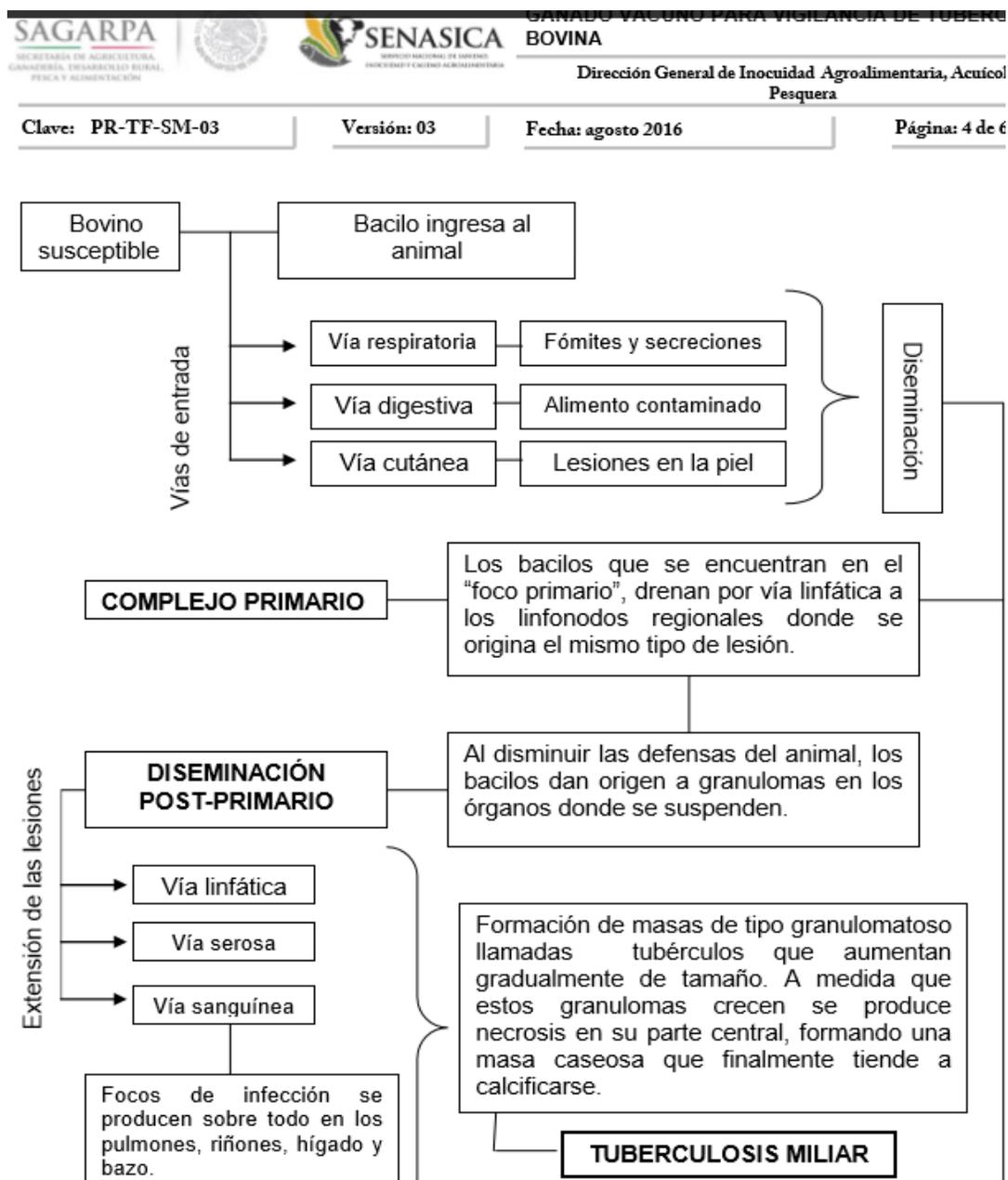


Figura 2. Patogenia y evolución de Tuberculosis bovina en el organismo animal.

Fuente: SAGARPA y SENASICA, 2016.

Paralelamente a este proceso, transcurridos de 10 a 15 días desde la infección, se produce un fenómeno de hipersensibilidad de tipo IV. Los macrófagos que son incapaces de destruir a los bacilos experimentan transformaciones tanto funcionales como morfológicas que los hacen evolucionar hasta células epitelioides y de Langhans, entonces son capaces de producir una intensa acción fagocítica e hidrolítica. Esta respuesta inmune es mediada por los linfocitos que al liberar las linfocinas, atraen, inmovilizan y activan a las células mononucleares en los lugares donde se encuentran las micobacterias o sus productos. Esto ocurre mediante la liberación del "Factor Quimiotáctico de Macrófagos" (MCF), el "Factor inhibidor de Migración" (MIF), y el "Factor Mitógeno" (MF), los cuales determinan la infiltración, activación y división celular respectivamente, como resultado se forma el granuloma, que una vez desarrollado estará formado por una zona necrótica central con o sin presencia de caseificación, rodeada por células epitelioides alternadas con células gigantes, rodeados a su vez por linfocitos así como de un importante encapsulamiento de tejido conectivo, formando así la estructura típica granulomatosa de la Tuberculosis (De la Torre y Portillo, 2001).

Histológicamente los eventos que ocurren una vez que el microorganismo penetra a los espacios tisulares es el de una acumulación de neutrófilos alrededor del bacilo. Después de un corto período los neutrófilos se necrosan y los macrófagos o histiocitos se transforman en células gigantes del tipo Langhans para facilitar la fagocitosis de dicho microorganismo rodeándolo. A los elementos anteriores se agregan numerosos linfocitos y fibras de tejido conectivo fibroso que intentan formar un tabique de contención a la lesión causada. Con frecuencia el centro de la lesión contiene focos de necrosis caseosa (Figura 3) (Vidales, 1987).

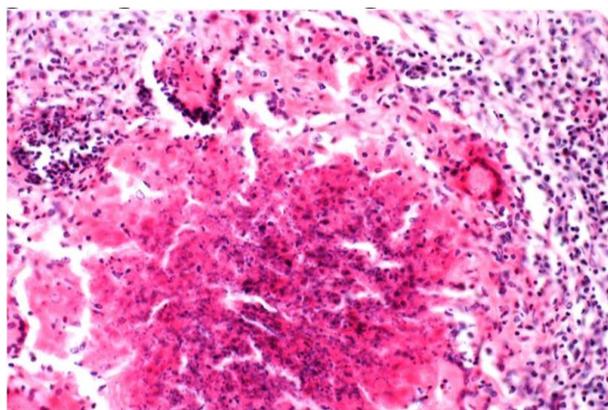


Figura 3. Pulmón. Lesión microscópica granulomatosa por tuberculosis bovina. Agregados de macrófagos transformados en células epitelióideas o histiocitos epitelióideas, rodeados por un collar de células mononucleares, predominantemente linfocitos y células plasmática (Mantilla *et al.*, 2008).

3.5. Complejo primario de la Tuberculosis bovina

El complejo primario o lesión primaria (Figura 4) es la combinación de un tubérculo (lesión macroscópica que no excede de 1 mm), y la adenopatía regional, llamado también complejo de Ghon (Vidales, 1987).



Figura 4. Ganglio linfático mediastino. Presencia de abundantes granulomas de diferentes tamaños en el parénquima del ganglio que se aprecian en la superficie del órgano y al corte.

Fuente. Propia.

Los bacilos tuberculosos ingresados en el cuerpo manifiestan su presencia en forma de una reacción tisular inflamatoria que se asienta en los órganos de entrada y en los ganglios linfáticos correspondientes (complejo primario). Como consecuencia de la reacción local del cuerpo, en el punto de entrada resultan destruidas las micobacterias en distintas fracciones. Se ha descrito una fracción proteica responsable ante todo de la sensibilización del organismo y otra fracción lipóidea, que actúa como cuerpo extraño generador de las reacciones tuberculosas específicas. La intensidad alcanzada por la lesión depende de la resistencia congénita de cada individuo, manifestada por su capacidad de reacción constitucional característica (Bartels *et al.*, 1971 y Chambers *et al.*, 2018).

La infección primaria del individuo (libre de anticuerpos contra la Tuberculosis) puede resultar en el establecimiento del complejo primario el cual puede recuperarse completamente por cicatrización o puede desarrollarse el foco o estadio inactivo encapsulado en el que el microorganismo puede permanecer por meses o años.

El destino del complejo primario puede ser:

- La curación por organización conjuntiva o calcificación del ganglio caseificado, muy poco frecuente en el ganado vacuno.
- El encapsulamiento de focos inactivos latentes o en reposo, donde persisten los bacilos, pudiendo activarse y dar origen a la fase post primaria de Tuberculosis.
- Progresión de las lesiones en el pulmón.
- La generalización precoz en la que los bacilos se diseminan por vía linfohematógena y originan, hasta los 6 meses de edad del animal, formas de Tuberculosis enmarcadas en la primoinfección tuberculosa.

Las formas de Tuberculosis derivadas de la generalización precoz son dos:

- a) La Tuberculosis miliar: se presenta cuando la generalización por vía linfohematógena es aguda y hay bacilemia intensa. Se trata de una forma de Tuberculosis muy importante en la inspección de carnes ya que supone la presencia de bacilos en sangre y músculos, se observan lesiones generalizadas en vísceras y serosas.
- b) La Tuberculosis crónica de los órganos o Tuberculosis de generalización progresiva: cuando la generalización es lenta, progresiva o repetida, principalmente por vía linfática, pero la resistencia del animal determina que las lesiones sean de tipo productivo volviéndola una Tuberculosis menos peligrosa en la inspección de carnes (Moreno, 2003).

En estos animales se desarrolla cierta inmunidad, la cual es relativa y nunca absoluta. El bacilo tuberculoso que se ha multiplicado en el foco es llevado por la linfa a los ganglios linfáticos regionales en estadios tempranos. En general la determinación del complejo primario sirve para conocer la vía de entrada del bacilo tuberculoso (Chamizo, 2019).

Al diseminarse en el organismo, el *Mycobacterium bovis* a partir de una primoinfección, puede ocasionar enfermedad en cualquier tipo de tejido del bovino, pero con especial predilección por el tejido pulmonar (Figura 5), ya que existe una relación directa de requerimiento de oxígeno para su crecimiento.

Las micobacterias fagocitadas por los macrófagos en los alvéolos son drenadas hasta los nódulos linfáticos mediastinales y torácicos, donde se desarrollará la adenopatía y la lesión satélite adoptará la misma característica que la desarrollada en el pulmón (De la Torre y Portillo 2001).

En la Tuberculosis adquirida por vía oral, uno de los signos principales consiste en la tumefacción de los linfonodos retrofaríngeos. En los terneros la lesión primaria suele presentarse en los linfonodos mesentéricos, sin que esté afectada la mucosa intestinal (SAGARPA y SENASICA, 2016).

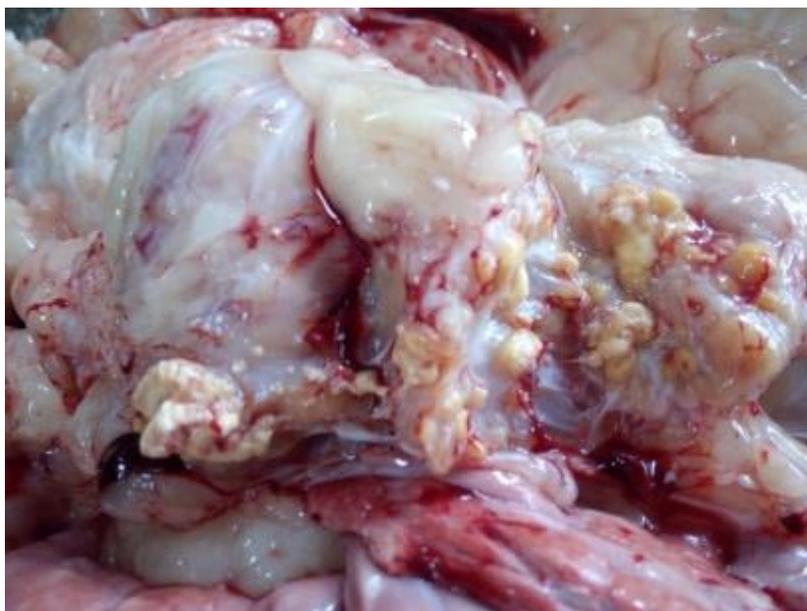


Figura 5. Presencia de abundantes granulomas sugestivos a Tuberculosis Bovina en parénquima pulmonar.

Fuente. Propia.

3.6. Formas clínicas de la Tuberculosis Bovina

Acorde a Bartels, *et al.* (1971) y SAGARPA y SENASICA (2016), la Tuberculosis bovina se presenta en dos fases:

1. Fase de infección primitiva (en todos los animales)
 - A) Foco primario.
 - B) La generalización (diseminación precoz y directa y subsiguiente al foco primario, precisamente en forma de:
 - a) Generalización aguda (Tuberculosis miliar aguda hematógica)
 - b) Generalización crónica (difusión retrasada).
2. Fase de reinfección, sólo en los bóvidos):
 - C) Tuberculosis crónica orgánica.
 - D) Generalización en el período de reinfección, precisamente en forma de:

- a) Tuberculosis miliar aguda típica
- b) Generalización aguda en ocasión de determinadas formas de Tuberculosis de rápida propagación.

Tuberculosis miliar aguda. Este tipo es relativamente infrecuente en el período de la generalización post primaria temprana. Cuando ocurre gran número de pequeños tubérculos miliares están presentes en los órganos (Figura 6). En los pulmones la distribución de las lesiones no es uniforme, tampoco los nódulos son del mismo tamaño (Chamizo, 2019).



Figura 6. Presencia de Tuberculosis miliar en parénquima pulmonar y cavidad torácica de un bovino.

Fuente. Propia.

En la Tuberculosis de las membranas serosas (pericardio, pleura y peritoneo) pueden presentarse formaciones esferoidales, duras y consistentes (nódulos perlados), estos nódulos se asientan en una ancha base en la membrana serosa, que a veces adquiere varios centímetros de espesor, o bien cuelgan como prominencias pedunculares (Figura 7). Pueden soldarse unos con otros, lo que da lugar a formaciones en forma de racimo o coliflor (Bartels *et al.*, 1971 y Mohd Azmi *et al.*, 2018).

También pueden hallarse lesiones en los ganglios linfáticos mesentéricos, el hígado, el bazo, las superficies de las serosas y otros órganos (OIE, 2018), en el hígado, las lesiones generan un engrosamiento, puede haber pequeños tubérculos y focos caseosos o abscesos rodeados de tejido conjuntivo compacto con un contenido caseoso-purulento (Bartels *et al.*, 1971 y Gathogo *et al.*, 2012)



Figura 7a. Cavidad torácica de bovino. Lesiones de tuberculosis miliar.

Fuente. Propia.



Figura 7b. Cavidad torácica de bovino. Tuberculosis miliar con forma prominente y pedunculada en forma de racimo o coliflor.

Fuente. Propia.

Cuando se encuentran lesiones de Tuberculosis bovina en hígado (Figura 8) la vía de infección es hematógica, sea por venas umbilicales (forma congénita), por arterias (desde un foco primario en pulmón) o por vena porta (desde un foco primario en el intestino). Las lesiones pueden ser miliares o nodulares y al corte presentan una espesa cápsula y contenido amarillento, caseificado que puede estar en parte calcificado (Torres y Kantor, 2000).

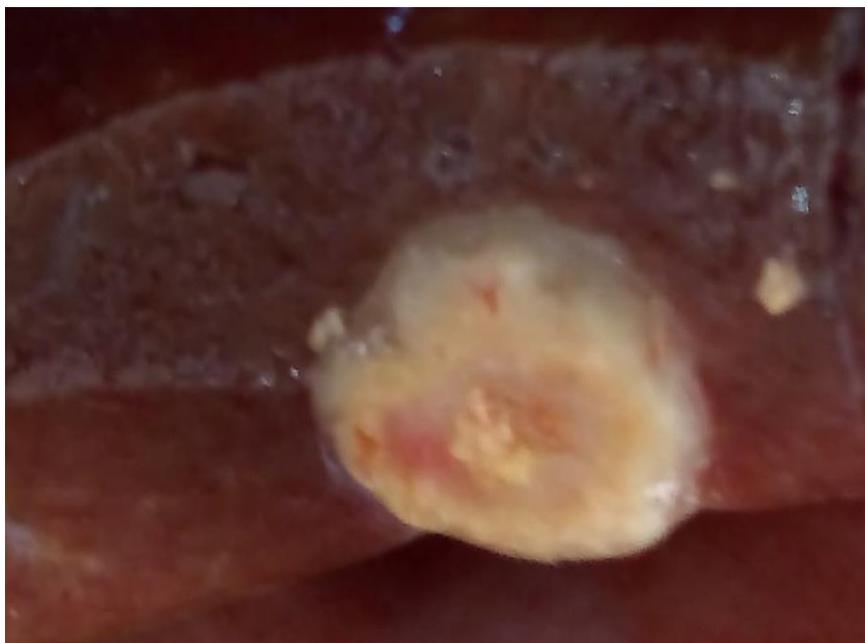


Figura 8. Hígado. Lesiones granulomatosas multifocales sugestivas a tuberculosis bovina en un corte realizado en el parénquima hepático.

Fuente. Propia.

Tuberculosis primaria en los bovinos adultos. En estos casos no se considera la enfermedad como una progresión de la infección en el ternero. La mayoría de los bovinos se infectan entre los seis meses y los dos años, período en el cual entran en contacto con otros animales adultos infectados (Chamizo, 2019).

Algunos bacilos tuberculosos escapan de la lesión original y entran al sistema linfático diseminándose a través de los vasos o conductos linfáticos a la subpleura y al subperitoneo formando tubérculos los cuales se proyectan sobre la superficie serosa causando pleuritis crónica tuberculosa o enfermedad de Pearl y peritonitis crónica tuberculosa (Figura 9) (Vidales, 1987).



Figura 9. Canal de bovino decomisada por presentar lesiones macroscópicas compatibles con Tuberculosis miliar y peritonitis severa.

Fuente. Propia.

Generalmente, cuando hay lesiones tuberculosas también se afectan los ganglios linfáticos regionales, en especial los faríngeos, laríngeos, y mamarios, si bien en la Tuberculosis crónica de los órganos no siempre puede comprobarse esta circunstancia. Cuando hay una lesión los ganglios aparecen aumentados de tamaño, con una superficie un tanto irregular. Al progresar la enfermedad en especial si se trata de órganos respiratorios y digestivos va empeorando progresivamente el estado de carnes (caquexia), como resultado de la acción tóxica de la bacteria. La expresión de los animales es triste, el pelo pierde su brillo, los ojos están hundidos; hay pérdida de apetito y posteriormente este desaparece. Así mismo por compresión de los ganglios mediastínicos caudales muy engrosados sobre el esófago (Figura 10) producen dificultades en la rumia que conducen a

timpanismo; la compresión de los ganglios mediastínicos craneales abultados sobre los vasos regionales provoca la estasis de las venas yugulares (Bartels *et al.*, 1971 y Whipple *et al.*, 1996).

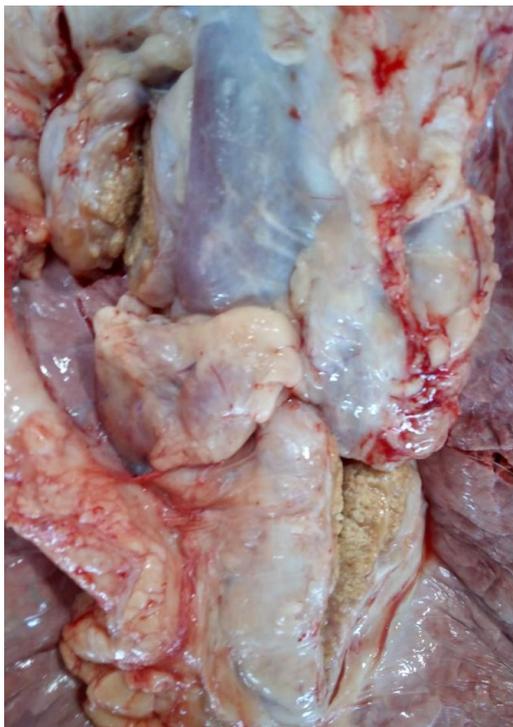


Figura 10. Ganglios linfáticos mediastínicos de bovino. Lesiones calcificadas sugestivas a tuberculosis bovina.

Fuente. Propia.

3.7. Control y erradicación de la Tuberculosis bovina

La Tuberculosis bovina se puede controlar mediante métodos de prueba y sacrificio, o prueba y segregación. Los grupos afectados se someten nuevamente a pruebas periódicas para eliminar a los que pudieran propagar el microorganismo. La prueba empleada es la tuberculina. Los grupos infectados son sometidos a cuarentenas y se rastrean los animales que estuvieron en contacto con reactores positivos. Sólo las técnicas de prueba y sacrificio garantizan la erradicación de la Tuberculosis de los animales domésticos. Sin embargo, algunos países emplean programas de

prueba y segregación durante la primera fase de la erradicación, y pasan a métodos de prueba y sacrificio en la fase final (CFSPH, 2010).

La Campaña Nacional contra la Tuberculosis bovina (*Mycobacterium bovis*) tiene sustento en la NOM-031-ZOO-1995 (DOF, 1995), consiste en establecer el diagnóstico, prevención y control para la erradicación de la enfermedad en bovinos.

Fases de campaña

5.1. La Campaña contempla las siguientes fases de operación:

- a) Control
- b) Erradicación
- c) Libre

Los procedimientos generales para el control y erradicación de la Tuberculosis bovina se basan en tres fases operativas, las cuales se llevan en forma consecucional y tienen como propósito el saneamiento de los hatos hasta alcanzar la condición de hatos libres de la enfermedad.

La primera fase. Consiste en la aplicación de pruebas de tuberculina al ganado, con el objetivo de identificar a los animales reactivos. Cuando la prueba caudal comparativa (PCC) resulta positivo o sospechoso, el ganado será enviado al faenado.

La segunda fase. Consiste en la inspección en rastros de los animales faenados por haber sido reactivos a las pruebas de tuberculina. El objetivo de la inspección es identificar lesiones sospechosas a Tuberculosis, tomar muestras de nódulos linfáticos con esas lesiones y enviarlos a los laboratorios especializados y autorizados en el diagnóstico histopatológico y bacteriológico de esta enfermedad.

La tercera fase. Comprende, una vez que se ha diagnosticado *M. bovis*, las acciones de rastreo y cuarentena de los hatos de origen y sus hatos de contacto, así como su tuberculinización. La identificación y de animales reactivos brinda la seguridad de actuar en forma objetiva, lograr el control de la enfermedad y eventualmente erradicarla (SAGARPA y SENASICA, 2015).

En el contexto general del sistema de vigilancia epidemiológica de la TB, la participación de los frigoríficos y mataderos constituyen un eslabón de fundamental importancia en las actividades de notificación de la enfermedad y su registro, a fin de analizarlos, interpretarlos, tomar las decisiones y acciones correspondientes (Torres, 2006).

3.8. Diagnóstico de la Tuberculosis bovina

Para los bovinos, el punto de referencia sobre la existencia de una infección tuberculosa en los animales de abasto es el resultado positivo de la reacción tuberculínica. La enfermedad en los bovinos vivos se advierte con gran dificultad y frecuentemente pasa inadvertida del todo. En los casos avanzados se observa con frecuencia en los animales afectados Tuberculosis pulmonar, tos breve, seca y fuerte, que al principio se manifiesta al levantarse los animales, durante el ejercicio, tras la inhalación de aire frío o polvoriento. Más tarde la tos seca se hace más frecuente y dolorosa tornándose seca y áspera o húmeda y debilitada, en cuyo caso los animales eliminan a veces una secreción muco-purulenta y gris amarillenta (Bartels, et al., 1971 y PRONABIVE, 2018).

El diagnóstico de la Tuberculosis bovina se puede lograr mediante el uso de métodos de laboratorio convencionales como cultivo y frotis al microscopio. Estos métodos son económicos pero su sensibilidad es baja. El método de diagnóstico más utilizado para la detección de animales tuberculosos es la prueba de tuberculina, que puede realizarse de tres formas: por la prueba simple cervical, cervical comparativa o del pliegue caudal. Recientemente, técnicas moleculares de

mejor rendimiento y más accesibles han sido introducidas, como PCR. (Reyes *et al*, 2018).

La prueba de la tuberculina resulta el elemento fundamental para la detección de la infección por gérmenes tuberculosos en el ganado bovino

La prueba de la tuberculina es altamente sensible (Figura 11), pero no en 100 %. En algunos casos pueden presentarse reacciones inespecíficas o para-específicas, o sea animales con reacción tuberculínica positiva sin lesiones macro o microscópicas de Tuberculosis.

El diagnóstico anatómo-patológico se basa en la observación de las lesiones específicas de la enfermedad. Tanto el nódulo tuberculoso macroscópico como el granuloma microscópico resultan lesiones de un alto grado de especificidad para la infección tuberculosa (Chamizo, 2019).



15.7 Valores de sensibilidad y especificidad de las pruebas de tuberculina.

Prueba	Sensibilidad	Falsos Neg.	Especificidad	Falsos Pos.
PPC	85-90%	10-15%	95-98%	2-5%
PCC	74%	26%	98%	2%
PCS	90-95%	5-10%	90%	10%

PPC = Prueba del pliegue caudal
PCC = Prueba cervical comparativa
PCS = Prueba cervical simple

Figura 11. Valores de sensibilidad y especificidad de las pruebas de tuberculina.

Fuente: SAGARPA y SENASICA, 2015.

La sensibilidad se define como la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo enfermo, es decir, la probabilidad de que para un sujeto enfermo se obtenga en la prueba un resultado positivo. La sensibilidad es por lo tanto la capacidad de la prueba para detectar la enfermedad (representa los verdaderos positivos).

La especificidad se define como la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo sano, es decir, la probabilidad de que para un sujeto sano se obtenga un resultado negativo. En otras palabras, se puede definir la especificidad como la capacidad para detectar a los animales sanos que representan los verdaderos negativos (SAGARPA, 2013).

Las pruebas de tuberculinización autorizadas por la Secretaría y que serán aplicadas por Médicos Veterinarios aprobados en Tuberculosis bovina y/o personal oficial aprobado, son:

- a) Prueba en el pliegue caudal
- b) Prueba cervical comparativa 9
- c) Prueba cervical simple

Las tuberculinas autorizadas para efectos de Campaña se muestran en la (Figura 12).

- a) PPD bovino: elaborado con *Mycobacterium bovis* cepa AN5, que se utilizará en la prueba caudal, cervical comparativa y cervical simple.
- b) PPD aviar: elaborado con *Mycobacterium avium* cepa D4, que será utilizada en la prueba cervical comparativa (Diario Oficial de la Federación, 1995).



Figura 12. Representación actual de los viales de PPD autorizados para campaña, elaborados exclusivamente por PRONABIVE.

Fuente: SAGARPA, 2013.

La dosis recomendada de PPD bovino en ganado bovino es de al menos 2,000 Unidades Internacionales (UI) y en la prueba comparativa de la tuberculina, las dosis no deben ser inferiores a las 2,000 UI cada vez (OIE, 2018).

PPD: Derivado Proteico Purificado, preparado a partir de filtrados de cultivo de *Mycobacterium bovis* o *avium*, autorizado para su empleo por la Dirección (Diario Oficial de la Federación, 1995).

La tinción Ziehl – Neelsen es la técnica comúnmente usada en el diagnóstico rutinario de la Tuberculosis.

La sensibilidad de esta tinción para identificar bacilos ácido-alcohol resistentes es de 74% y la especificidad es del 98%. La pared celular de las micobacterias es extremadamente compleja en cuanto a su composición bioquímica. La pared celular está compuesta por ácido mesodiaminopimérico, alanina, ácido glutámico, glucosamida, ácido murámico, arabinosa y galactosa (Figura 13). Los ácidos micólicos (70 – 90 números de átomos de carbono) junto con lípidos libres, proveen a la célula de una barrera hidrofóbica (López *et al.*, 2014).

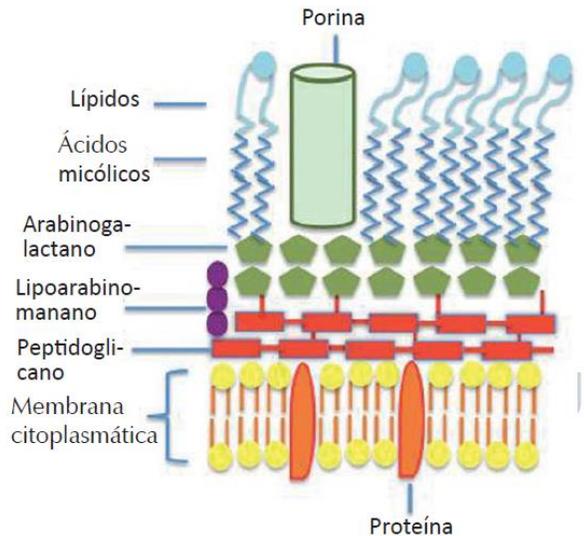


Figura 13. Representación esquemática de la composición de la pared celular de las micobacterias.

Fuente. Tomado de (López *et al*, 2014).

3.9. Examen post mortem de la Tuberculosis bovina

En el examen post mortem se procede de la siguiente manera:

Inspeccionar de rutina los nódulos linfáticos de la cabeza, las vísceras rojas y verdes, así como de los nódulos linfáticos localizados en estas.

Tomar el criterio de decomiso de acuerdo con la extensión de las lesiones y los órganos afectados.

Inspección post mortem de animales expuestos, sospechosos o reactivos.

 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN		 SERVICIO NACIONAL DE SALUD INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION SANITARIA DE GANADO VACUNO PARA VIGILANCIA DE TUBERCULOSIS BOVINA Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera
Clave: PR-TF-SM-03	Versión: 03	Fecha: agosto 2016	Página: 13 de 64

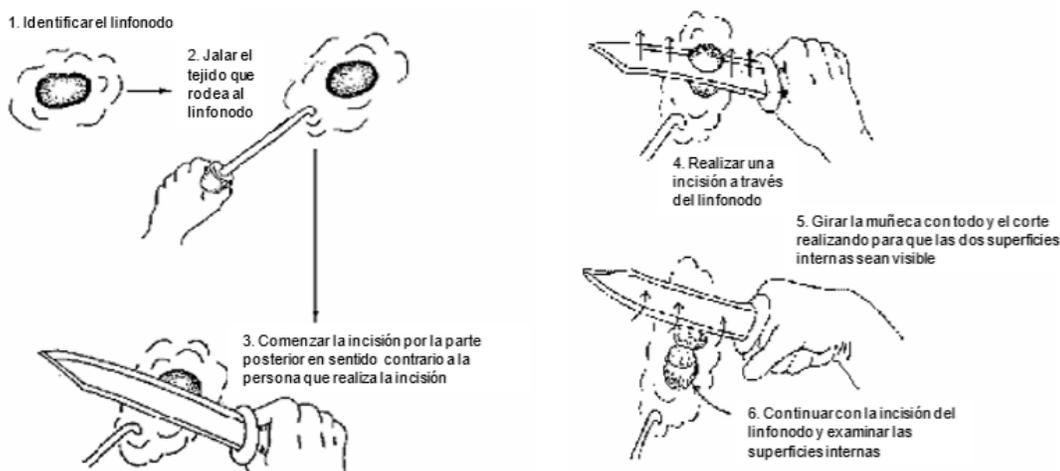


Figura 14. Técnica de laminado de ganglios linfáticos para la búsqueda de lesiones por Tuberculosis bovina.

Fuente: SAGARPA y SENASICA, 2016.

Los ganglios linfáticos deberán ser incididos en busca de afecciones. La técnica de la incisión es crítica, en primer lugar, los bordes de los cortes deben ser suaves, no se deben presentar cortes irregulares o desgarrados ya que esto impediría la observación adecuada de las lesiones. Los ganglios linfáticos deben ser cortados en rodajas finas y paralelas como se muestra en la (Figura 14), que permitan exponer el cuerpo del ganglio. El corte de laminación bien realizado permite observar a ambos lados de la división (SAGARPA y SENASICA, 2016).

3.10. Medidas a adoptar durante y después de la inspección de la Tuberculosis bovina.

Al diagnosticar la Tuberculosis o sospechar de su existencia en el transcurso del reconocimiento de los animales en vivo, el faenado lo autorizará el médico veterinario inspector de carnes, con las medidas correspondientes de precaución. Si durante el faenado o la inspección de la carne se comprueba o sospecha la presencia de Tuberculosis, hay que tener cuidado de que no se difunda la enfermedad. Para reconocer una Tuberculosis generalizada hay que recurrir a la inspección de gánglios linfáticos de la canal.

Cuando no se puede emitir diagnóstico, se procederá a la práctica de otras pruebas complementarias (histológico o bacteriológico). Las muestras a remitir se manejarán con especial cuidado y la sospecha de que exista Tuberculosis se expresará en el informe. El personal técnico que haya de realizar las pruebas debe pensar tanto en su seguridad al realizarlas como en la seguridad de todo el personal de laboratorio.

La canal y sus diferentes partes, incluida la sangre, se deben de guardar hasta la confirmación del diagnóstico y su saneamiento para consumo humano. Las personas que tengan contacto con los animales, porciones o utensilios utilizados en el faenado deben ser notificadas del peligro. Después del faenado, todas las personas que tuvieron contacto con los animales en la matanza están obligadas a limpiarse y desinfectarse.

Siempre que exista Tuberculosis evidente en los bovinos con estado avanzado en los pulmones, mamas, útero, o intestino, debe notificarse a las autoridades correspondientes (DOF, 1995).

3.11. Inspección *post mortem* de la Tuberculosis bovina

La inspección *post mortem* es la parte más importante del proceso en la vigilancia dentro del rastro; aquí se buscarán y detectarán las lesiones sugerentes a Tuberculosis bovina (TB) en los animales faenados.

El MVZ determinará el destino final de los órganos y canales.

En la búsqueda de lesiones sugestivas a TB un buen laminado en los nódulos garantiza una inspección correcta.

Los lugares principales en donde se encuentran lesiones sugerentes de TB son:

1° Cabeza. 2° Pulmones. 3° Hígado. (SAGARPA y SENASICA, 2016).

En base al SENASA (2014) el Servicio de inspección veterinaria realiza el examen sistemático de todos los órganos y canales, con el objeto de detectar lesiones compatibles con TB.

A tal efecto, se sigue una determinada técnica, que es de rigor en todos los casos y que consiste en:

- a) Observación visual
- b) Palpación
- c) Corte de órganos y nódulos linfáticos, viscerales y parietales
- d) Exámenes complementarios

3.12. Guía para inspección en faena de Bovinos

La inspección de la canal, cabeza, vísceras y respectivos ganglios linfáticos es un procedimiento de carácter obligatorio. Dicha inspección se realiza mediante visualización, palpación y corte de ganglios linfáticos de carácter obligatorio que se muestran en la (figura 15).

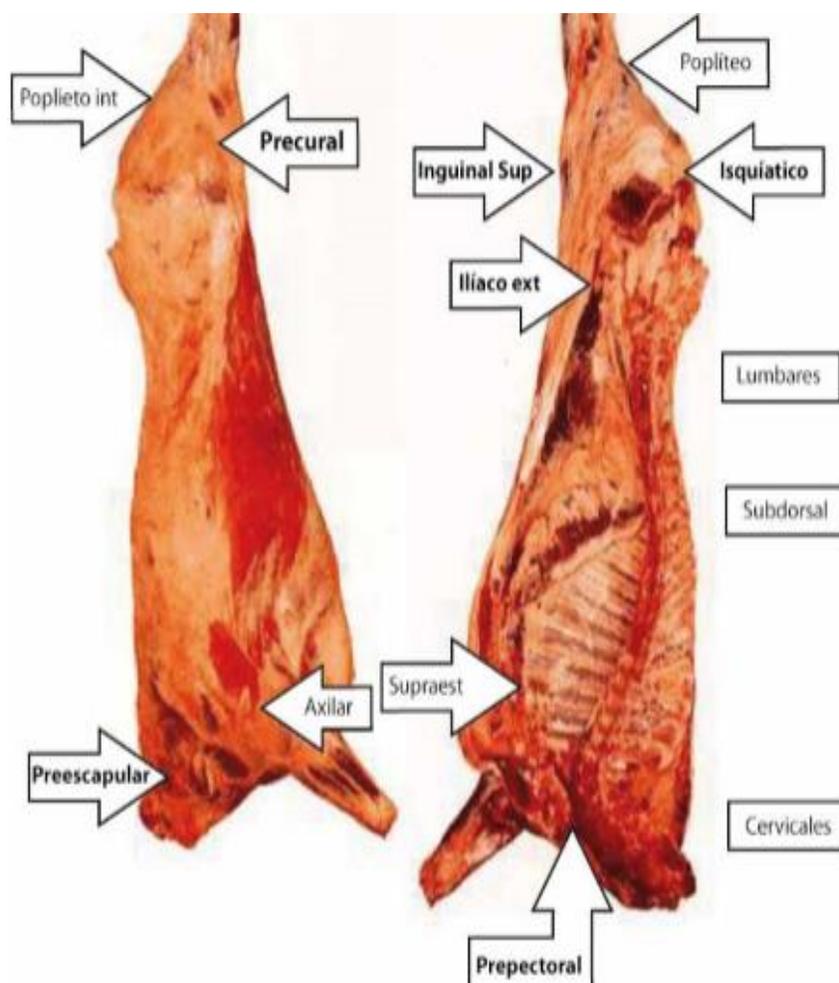


Figura 15. Ganglios linfáticos de carácter obligatorio que se de inspeccionar cuando se sospecha de Tuberculosis bovina.

Fuente: SENASA, 2014.

4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la Tuberculosis se considera un problema de salud pública de primera magnitud, constituye la causa de muerte más frecuente por agente infeccioso y representando aproximadamente la cuarta parte de la mortalidad evitable en los países en desarrollo, en donde se registran la gran mayoría de los casos y de los fallecimientos (Bermejo *et al.*, 2007). Anualmente, ocurren 10 millones de casos nuevos y más del 95% en países en vías de desarrollo. Es un problema de salud fuertemente vinculado a las condiciones sociales y económicas de la población (Paz, *et al.*, 2018). Es por lo que el manejo de esta enfermedad no solo puede ser individualizado, sino que, desde un punto de vista de salud pública, se deben implantar medidas para intentar controlar su transmisión y diseminación en la comunidad (Caminero, 2003).

La conducta en la inspección de carne tuberculosa reflejada en los reglamentos de carne está condicionada por estos tres aspectos:

- a) Por un lado, está la salud pública en cuya defensa es preciso prevenir la transmisión de enfermedades al hombre por la carne.
- b) Por otra parte, la sanidad animal que obliga a prevenir la transmisión de ciertas epizootias entre los animales.
- c) Por último, el interés representado por la economía (punto de vista económico y social), que aconseja la utilización al máximo de la carne producida (Moreno, 2003).

Los productos y subproductos cárnicos pueden ser una fuente de zoonosis y diseminadores de enfermedades a otros animales y consecuentemente, afectan a la salud pública, la economía y el abasto nacional. (Diario Oficial de la Federación, 1994)

5. Hipótesis

El número de casos sospechosos a Tuberculosis bovina basados en la identificación de lesiones macroscópicas mediante inspección *post mortem* en bovinos faenados en el Rastro Municipal de Toluca, disminuirán del año 2014 al año 2019.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Realizar una comparación del número de casos sospechosos a Tuberculosis bovina con base a lesiones macroscópicas identificadas durante el período de año 2014 al 2019.

6.2. Objetivos específicos

- Identificar el valor promedio por mes de decomisos de animales faenados, vísceras torácicas, vísceras abdominales y cabezas decomisadas, así como decomisos de canales completas y decomisos totales.
- Identificar los años que presentaron más animales faenados, vísceras torácicas, vísceras abdominales y cabezas decomisadas, así como decomisos de canales completas y decomisos totales.
- Identificar diferencias entre los seis años de evaluación con respecto a los decomisos de animales faenados, vísceras torácicas, vísceras abdominales y cabezas decomisadas, así como decomisos de canales completas y decomisos totales.
- Identificar las pérdidas económicas por año (2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019), causadas por decomiso de animales faenados, vísceras torácicas, vísceras abdominales y cabezas decomisadas, así como decomisos de canales completas y decomisos totales.

7. MATERIAL Y MÉTODO

7.1. Material

7.1.1. Material de campo

Cuchillo, chaira, gancho, mandil, guantes tipo industrial, gafas, cofia, casco, botas de hule, cubre bocas, camara fotografica.

7.1.2. Material de oficina

Se utilizaron los registros de todos los bovinos (hembras y machos) faenados en el Rastro Municipal de Toluca. Así como registros de decomisos diarios sospechosos a Tuberculosis bovina del año 2014 al 2019.

Computadora (Microsoft Excel y Word), hojas blancas, pluma y libreta.

7.2. Método

7.2.1. Técnica de recolección de datos

Se hizo una recolección de datos de los libros de decomisos diarios del año 2014 al 2019. Estos libros pertenecen al área de verificación sanitaria e higiene de la carne del Rastro Municipal de Toluca.

Durante el año 2019 se tomaron fotos que evidenciaron la inspección e identificación de lesiones macroscópicas sospechosas a Tuberculosis bovina.

La identificación y numeración de los animales inicio desde la separación de la cabeza de la canal hasta el corte longitudinal de la misma, colocando el número correspondiente a la cabeza, canal, cola, víscera torácica y víscera abdominal en un lugar visible.

Una vez terminada la inspección total, los decomisos sospechosos por Tuberculosis bovina se documentaron en un libro de decomisos diarios, los cuales posteriormente se registraron en tablas por mes y por año. Las variantes de decomiso fueron: decomiso de canales, vísceras torácicas, vísceras abdominales y cabezas.

Los decomisos de cada variante fueron registrados por mes en tablas para obtener el total de decomisos por año.

7.2.2. Método en la sala de procesamiento

Se verificaron en el Rastro Municipal de Toluca todos los bovinos hembra y macho. A los propietarios se les otorgó un turno al momento de entrar a las instalaciones, el cual indicaba su nombre y número de animales a faenar. Los animales permanecieron en las corraletas de las instalaciones y el turno se entregó a la persona responsable en el momento que sus animales entraron al cajón de insensibilización, con la finalidad de llevar un orden en la numeración de las canales, vísceras, cabezas y colas. El nombre referido en el turno tuvo como finalidad identificar y notificar al propietario en caso de que sus animales presentaran lesiones sugestivas a Tuberculosis bovina al momento de hacer la verificación correspondiente.

Posteriormente se realizó la inspección sanitaria de todos los animales a partir de las 5:00 am hasta la finalización del proceso de matanza.

Se realizó la inspección *post mortem* de todas las canales de bovino hembra y macho.

Se inspeccionaron los principales ganglios linfáticos de cada una de las canales, vísceras torácicas, vísceras abdominales y cabeza de cada animal.

La inspección de los ganglios linfáticos se realizó con cortes laminares transversales de 1 a 3 mm, con la finalidad de encontrar lesiones sugestivas a Tuberculosis bovina.

Para la inspección ganglionar se utilizó un gancho y un cuchillo, colocando el gancho en un extremo del ganglio y del otro extremo con el cuchillo se realizaron cortes firmes y uniformes sin cortar por completo el ganglio, se hicieron los máximos cortes posibles que permitieron la mayor exposición del ganglio para ser inspeccionado.

La inspección se inició con la visualización, palpación y cortes laminares de los principales ganglios de la canal, después se procedió con los ganglios mediastínicos y hepáticos de la víscera torácica, posteriormente se inspeccionaron los ganglios mesentéricos de las vísceras abdominales y finalmente se inspeccionaron los ganglios de la cabeza.

Se revisó la cavidad torácica de ambas medias canales después de que hayan sido partidas longitudinalmente con el objetivo de identificar lesiones de Tuberculosis miliar.

La metodología para inspeccionar nódulos linfáticos se basó como lo recomienda el SENASA (2014) acorde al siguiente orden de inspección:

Cabeza:

Retrofaríngeo lateral y medial, mandibulares y parotídeos.

Por lateral. Inspección obligatoria:

Pre-escapular y Pre-crural.

Media canal. Inspección obligatoria:

Pre-pectoral, ilíaco externo, isquiático, retromamario y testicular.

Ganglios de Reinspección

Poplíteo, cervical anterior, medio y posterior.

Supraesternal.

Axilar, Poplíteo interno.

Vísceras:

Traqueobronquial izquierdo y derecho.

Mediastínico craneal, medio y caudal.

Mesentéricos craneal y caudal.

Hepáticos y renales.

La canal, cabeza y vísceras se identificaron con el mismo número y permanecieron en el área de faenado, hasta obtener el dictamen final del médico veterinario oficial o aprobado (Diario Oficial de la Federación, 1994).

Durante todo el procedimiento de inspección se llevó a cabo una relación de la numeración de todos los animales, el número de la canal correspondiente se colocó en el área de la escápula, a la cabeza se le colocó el número en la lengua, a la víscera torácica, víscera abdominal y cola se les colocó el número correspondiente en un lugar visible, esto con la finalidad de tener un mejor control en la identificación y evitar anomalías a la hora de realizar la inspección correspondiente.

Al finalizar el proceso de faenado de todos los bovinos los decomisos totales o parciales se registraron en actas oficiales de aseguramiento y destrucción, en la

cual se indicó el motivo de decomiso, se anotaron los datos del propietario el cual firmó de enterado y aceptación al igual que el MVZ responsable.

Los decomisos fueron totales y parciales, estos se realizaron con base a la localización de la lesión, distribución de lesiones, tipo de lesiones (caseosas o calcificadas).

Cuando existió presencia de lesiones miliares difusa en cavidad torácica se procedió al decomiso total de la canal, que incluyó vísceras, cabeza y cola.

Dictamen de decomiso.

DECOMISO TOTAL Se procedió al decomiso total de la res, cabeza y sus vísceras:

a) Cuando concomitantemente con lesiones tuberculosas el animal presentó fiebre inmediatamente antes de su faenado.

b) Cuando la Tuberculosis fue concomitante con un estado caquéxico.

c) Cuando se comprobaron alteraciones de origen tuberculoso en músculos o tejidos intramusculares o huesos, articulaciones o ganglios linfáticos intramusculares como resultado del pasaje del bacilo a través de los músculos, huesos o articulaciones.

d) Cuando se presentaron lesiones tuberculosas miliares simultáneas en dos parénquimas o en un parénquima y una de las serosas esplénicas o extendidas a las dos serosas esplénicas o una tumefacción de los ganglios linfáticos cualquiera fuera la localización de las lesiones miliares.

DECOMISOS PARCIALES.

Cuando la res presentó lesiones tuberculosas de un órgano de una sola cavidad esplénica con alteración de la serosa correspondiente como consecuencia de un proceso originado por infección por antigüedad, se destinó el cuarto diafragma a conserva, extirpando la lesión.

Cuando se observaron lesiones fibrosas o calcificadas en los órganos de las dos grandes cavidades esplénicas con alteraciones poco extendidas de las serosas correspondientes, siempre que se comprobó que no había evidencia de una invasión reciente de bacilos por el sistema sanguíneo o linfático, la res fue destinada a conserva.

Las cabezas con lesiones tuberculosas fueron decomisadas a biodigestor, con excepción de aquellas que pertenecían a reses que por no presentaron lesiones tuberculosas fueron liberadas al consumo, siempre que no presentaran más de dos ganglios linfáticos afectados (SENASA, 2014).

7.2.3. Análisis de datos

Para identificar el valor promedio de decomisos mensuales de bovinos faenados, vísceras torácicas, vísceras abdominales y cabezas decomisadas, así como decomisos de canales completas y decomisos totales se utilizó estadística descriptiva: mediana, media, desviación estándar, valores mínimos y máximos (Field, 2013).

Para identificar la tendencia de las variables (bovinos faenados, vísceras torácicas, vísceras abdominales, cabezas, decomisos de canales completas y decomisos totales por año) a través de los años (2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019), se utilizaron gráficas de barras (Field, 2013).

Se realizó una exploración de datos, para identificar datos atípicos y si las variables contaban con distribución normal a través de la prueba de Shapiro Wilks, la cual es recomendada para muestras menores a 50 observaciones (Field, 2013). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía completamente al azar a las variables que presentaron distribución normal (bovinos faenados, vísceras torácicas y

decomisos totales) y se realizó la prueba de Tukey para comparar las medias de los años (tratamientos). Mientras que para las variables que no presentaron distribución normal se realizó la prueba de Kruskal Wallis con una comparación de pares para identificar diferencias entre años. Se utilizó el programa estadístico SPSS v.22.

Para identificar las pérdidas económicas por año (2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019), causadas por decomiso de cada una de las variables (bovinos faenados, vísceras torácicas, vísceras abdominales y cabezas decomisadas, decomisos de canales completas y decomisos totales) se utilizaron gráficas de barras (Field, 2013).

8. LIMITE DE TIEMPO

Se realizó inspección sanitaria (proceso *post mortem*) en el año 2019 con la finalidad de recolectar datos y fotografías de lesiones sugestivas a Tuberculosis, mismos que se utilizaron para este trabajo. En el mismo año se recolectó información de los años, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, que fue extraída de los libros de decomisos diarios.

En la Tabla 2. Se describen las actividades realizadas en cada mes para el trabajo de tesis “Comparación de casos sospechosos a Tuberculosis bovina, identificados del año 2014 al 2019 en el Rastro Municipal de Toluca”.

Tabla 2. Cronograma de actividades

Actividades	ene- feb 2019	mar- abr 2019	may- jun 2019	jul- ago 2019	sep- oct 2019	nov- dic 2019	feb- mar 2021	abr- may 2021	jun- jul 2021	ago- dic 2021
Estancia especial en el RMT										
Obtención de datos										
Revisión de literatura										
Elaboración de Protocolo de Tesis										
Análisis de Resultados										
Registro de protocolo de tesis										
Redacción y revisión de tesis										

9. LÍMITE DE ESPACIO

El presente trabajo se realizó en el Rastro Municipal de Toluca ubicado en: Carretera Toluca –Naucalpan km 2.5; Col. La Magdalena, Toluca de Lerdo, México.

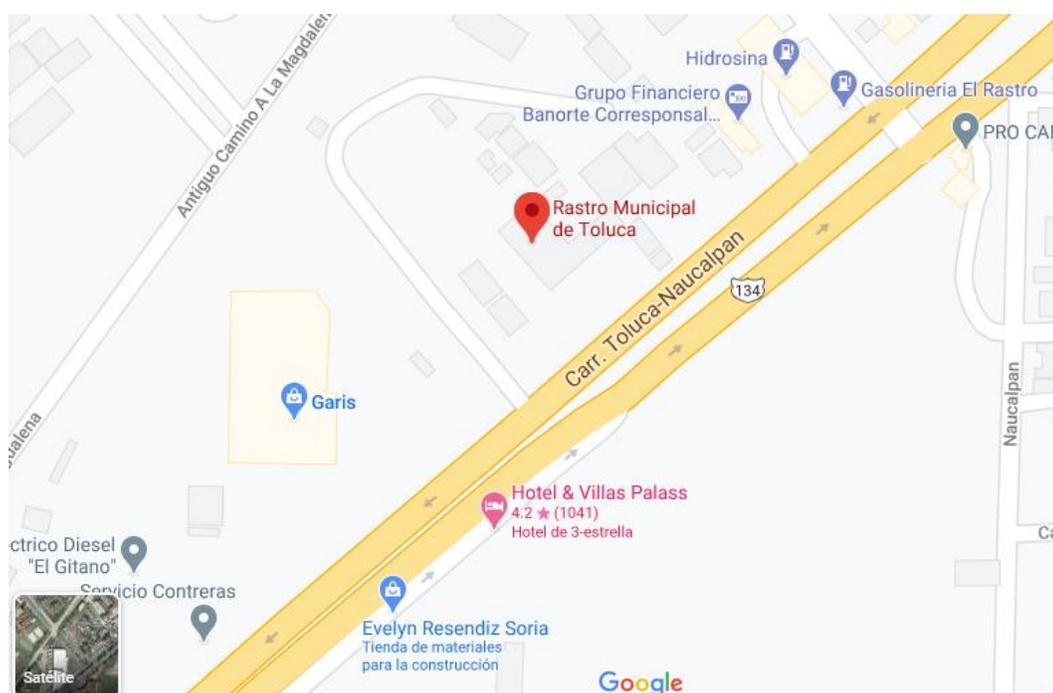


Figura 16. Ubicación del Rastro Municipal de Toluca.

Fuente: www.google.com.

10. RESULTADOS

10.1. Decomisos por lesiones causadas por Tuberculosis bovina en el Rastro Municipal de Toluca durante el período 2014 - 2019.

La media de bovinos faenados por mes en el Rastro Municipal de Toluca durante el período de estudio (2014 a 2019) fue de 1451. Los decomisos parciales estuvieron entre 1.1 a 4.2 casos al mes. La media de los decomisos mensuales de canales completas fue de 0.4 (Tabla 3). Lo que sugiere que mensualmente se realizan un total de siete decomisos principalmente parciales.

Tabla 3. Tendencia mensual de animales faenados y decomisos en el Rastro Municipal de Toluca del período 2014 a 2019.

Variable	Mediana (n=72)	Media (n=72)	DE	Mínimo	Máximo
Bovinos faenados	1427.5	1451.0	187.8	1121.0	1938.0
Decomiso vísceras torácicas	4.0	4.2	2.4	0.0	10.0
Decomiso vísceras abdominales	1.0	1.1	1.0	0.0	4.0
Decomiso de cabezas	1.0	1.4	1.3	0.0	6.0
Decomiso de canales completas	0.0	0.4	0.74	0.0	4.0
Decomisos totales	6.5	7.0	4.4	0.0	20.0

DE= Desviación estándar. n=número de decomisos por mes.

10.2. Decomisos por lesiones de Tuberculosis bovina, durante el período 2014 a 2019.

En la Tabla 4, se observa que en el año 2014 se presentó la mayor cantidad de bovinos faenados, seguido del año 2017 (Figura 17). En los años 2016, 2017 y 2018, se presentaron el mayor número de decomisos de vísceras torácica (Figura 18), en cuanto a las vísceras abdominales el año 2017 presentó el mayor número de decomisos, seguido del año 2018 (Figura 19), por otra parte el año 2018 y 2019

presentaron el mayor número de cabezas decomisadas (Figura 20), continuo a esto el año 2016 presentando el mayor decomiso de canales completas (Figura 21) y finalmente en la figura 22 se observa que el año 2017 fue el año con el mayor número de decomisos totales, seguido del año 2018.

Tabla 4. Decomisos anuales por lesiones de Tuberculosis bovina, período 2014 a 2019

Variable	Años					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bovinos faenados	20298	17254	16097	18104	17620	15116
D. Vísceras torácicas	32	47	56	61	58	48
D. Vísceras abdominales	8	9	15	21	19	15
D. Cabezas	12	12	20	18	21	21
D. Canales completas	1	5	8	6	6	2
Decomisos totales	56	73	99	106	104	86

D = Decomisos.

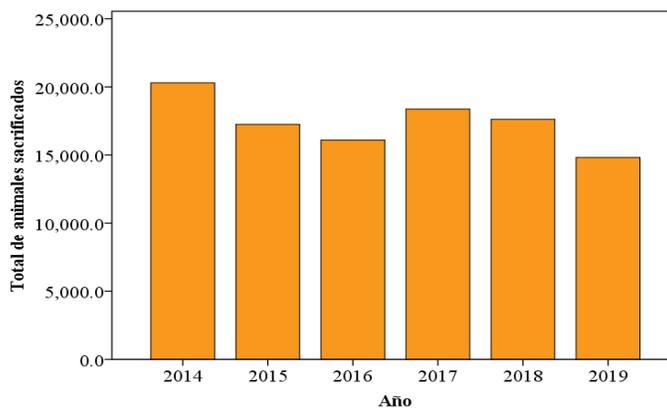


Figura 17. Animales faenados por año en el Rastro Municipal de Toluca.

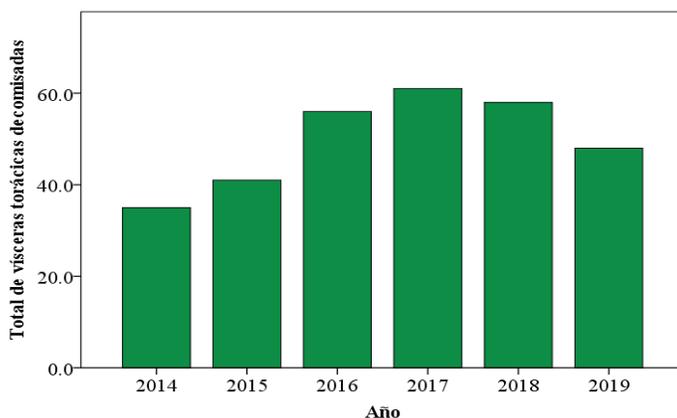


Figura 18. Vísceras torácicas decomisadas por año en el Rastro Municipal de Toluca.

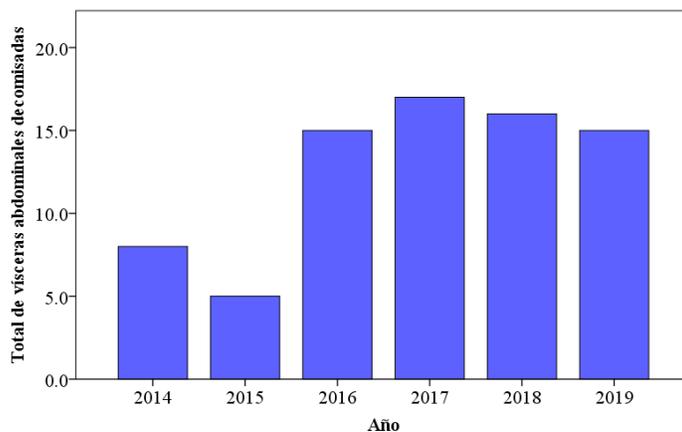


Figura 19. Vísceras abdominales decomisadas por año en el Rastro Municipal de Toluca.

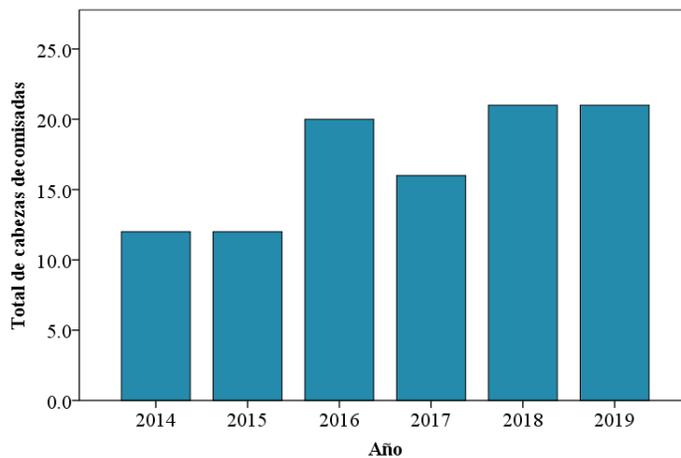


Figura 20. Decomiso de cabezas por año en el Rastro Municipal de Toluca.

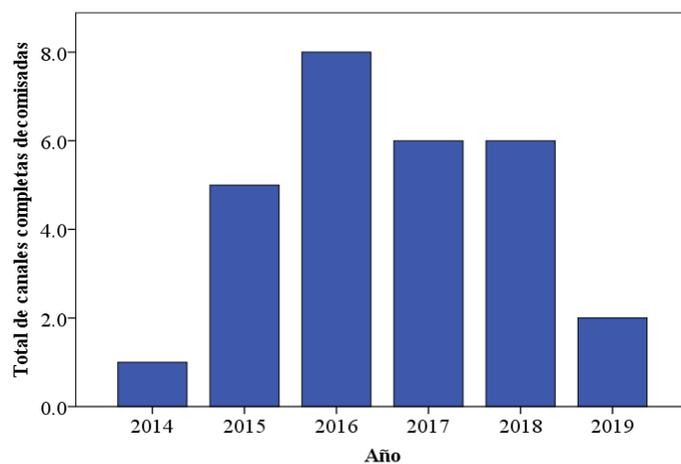


Figura 21. Canales completas decomisadas por año en el Rastro Municipal de Toluca.

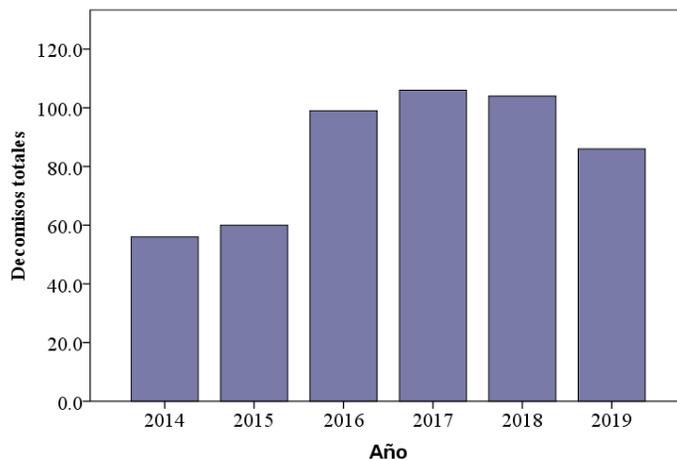


Figura 22. Decomisos totales por año en el Rastro Municipal de Toluca.

10.3. Identificación de diferencias significativas entre años con respecto a animales faenados, vísceras torácicas y decomisos totales.

En la Tabla 5, se observa la variable de animales faenados, esta mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.001$). Fue el año 2014 el que presentó la mayor cantidad de animales faenados. Sin embargo, las variables de vísceras torácicas y decomisos totales no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre años.

Tabla 5. Diferencias entre años con respecto a animales faenados, vísceras torácicas y decomisos totales.

Variable	Años						EEM ¹	P ²
	2014 (n=12) Media	2015 (n=12) Media	2016 (n=12) Media	2017 (n=12) Media	2018 (n=12) Media	2019 (n=12) Media		
Bovinos faenados	1691.5 ^a	1437.8 ^{bc}	1341.4 ^{cd}	1531.4 ^b	1468.3 ^{bc}	1235.3 ^d	22.1316	<.001
Vísceras torácicas	2.9	3.4	4.7	5.0	4.8	4.0	0.2802	0.163
Decomisos totales	4.6	5.0	8.2	8.8	8.7	7.2	0.5200	0.054

¹EEM= Error estándar de la media. ²P=Análisis de varianza (ANOVA) con una significancia de ($P<0.05$).

a,b,c,d Literales diferentes indican diferencias significativas ($P<0.05$), prueba de Tukey.

10.4. Identificación de diferencias entre años con respecto a decomisos de vísceras abdominales, cabezas y canales completas.

En la Tabla 6 se muestra que los decomisos de vísceras abdominales presentaron diferencias significativas ($P<0.05$) entre años, Fue el año 2017 donde se presentó el mayor número de decomisos por mes; sin embargo, el decomiso de cabezas y canales completas no presentó diferencias significativas ($P>0.05$) entre años.

Tabla 6. Diferencias estadísticas por decomiso entre años con respecto a decomisos de vísceras abdominales, cabezas y canales completas.

Variable	Años						P ³
	2014 (n=12)	2015 (n=12)	2016 (n=12)	2017 (n=12)	2018 (n=12)	2019 (n=12)	
	\tilde{x}^1 (RIC) ²						
Vísceras abdominales	0.5 ^c (1.0)	0.0 ^c (1.0)	1.0 ^b (2.0)	2.0 ^a (1.0)	1.0 ^b (1.8)	1.0 ^b (1.8)	<0.046
Cabezas	1.0 (1.0)	1.0 (1.9)	1.5 (1.8)	1.0 (1.0)	1.0 (3.5)	2.0 (2.8)	0.556
Canales completas	0.0 (0.0)	0.0 (1.0)	0.0 (1.5)	0.5 (1.0)	0.0 (1.0)	0.0 (0.0)	0.348

¹ \tilde{x} = Mediana. ²RIC=Rango Intercuartil. ³P=Análisis de Kruskal Wallis con una significancia de ($P<0.05$). ^{a,b,c}Literales diferentes indican diferencias significativas ($P<0.05$), prueba de comparación de pares.

10.5. Identificación de pérdidas económicas por decomisos totales sospechosos a Tuberculosis bovina.

En la Figura 23, se observa que el año 2016 presenta la mayor pérdida económica por decomisos totales, seguido del año 2017 y 2018. Por otra parte, la Figura 24 muestra los decomisos individuales. Los decomisos de canales completas representaron la mayor pérdida monetaria, seguida de los decomisos de vísceras torácicas.

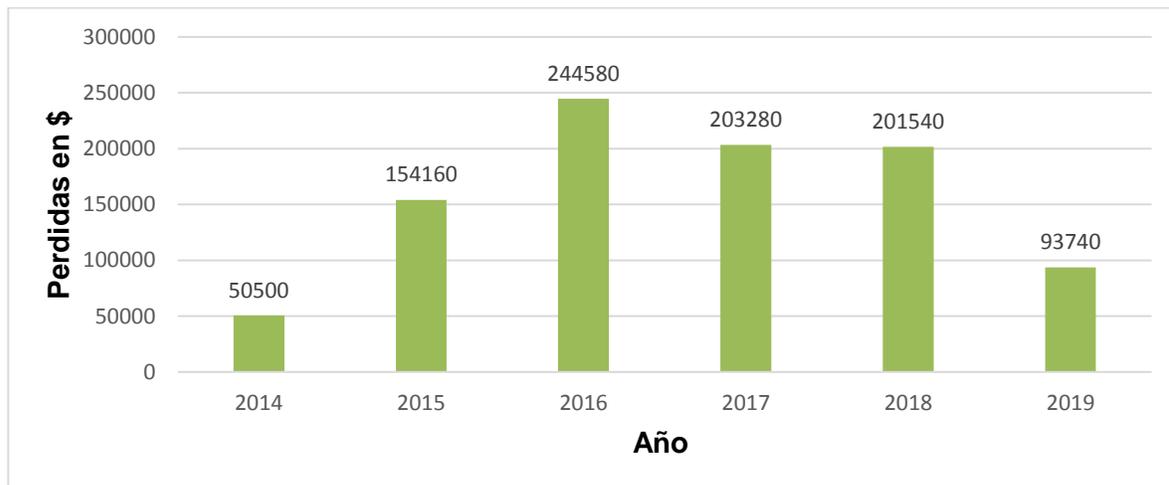


Figura 23. Pérdidas económicas totales por año, por decomisos por Tuberculosis bovina.

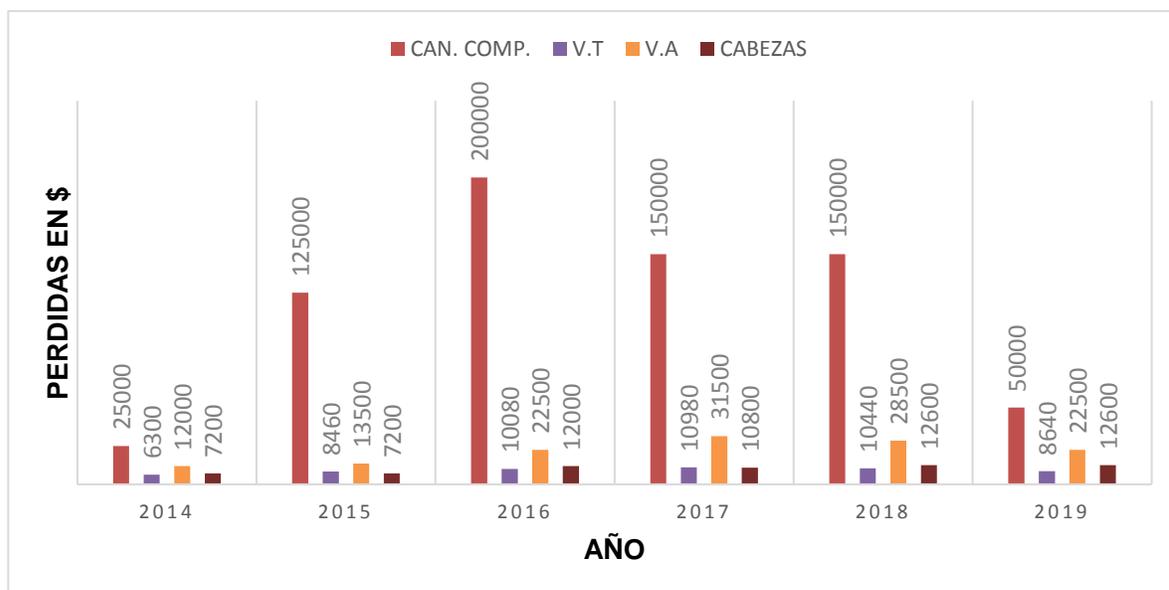


Figura 24. Pérdidas económicas por año por decomisos individuales.

CAN.COMP= canales completas, V.T.= vísceras torácicas, V.A.= vísceras abdominales.

11. DISCUSIÓN

A pesar de todos los esfuerzos para controlar la Tuberculosis bovina, la enfermedad persiste con graves implicaciones. Esta enfermedad zoonótica es una carga económica significativa para el sector agrícola y para la salud humana (Ramos *et al.*, 2015), en países como Canadá y Australia. Los programas de control de la Tuberculosis bovina giran en torno a la técnica de prueba y sacrificio. Esto implica el uso de la prueba de tuberculina intradérmica o la prueba cutánea de tuberculina intradérmica comparativa para identificar los animales reactivos, y segregarlos para el faenado inmediato y la necropsia para identificar lesiones compatibles con la Tuberculosis (Luciano y Roess, 2020). Patraca (2015) realizó un estudio retrospectivo del 2012 al 2013 en México, donde analizó 5,482 muestra de nódulos linfáticos macerados para el diagnóstico de tuberculosis bovina. Todas las muestras fueron provenientes del país y los resultados demostraron que durante el tiempo de estudio hubo un decremento de animales positivos a tuberculosis bovina tomando en cuenta que los resultados positivos eran de animales reactivos a la prueba de tuberculina y animales faenados, esto sugiere que el trabajo de campo en conjunto con la labor de rastros tiene un papel fundamental en el control y erradicación de la tuberculosis bovina, esto difiere de los resultados de este trabajo ya que hubo un incremento considerable de casos sospechosos a Tuberculosis bovina con base a lesiones macroscópicas a través de los años.

Pero la importancia de esta enfermedad no sólo recae en lo anterior ya que la exposición al ganado y a productos como leche no pasteurizada y carne contaminada con lesiones de Tuberculosis bovina está asociada con la Tuberculosis zoonótica en humanos. La OIE (2018), menciona que la incidencia de Tuberculosis pulmonar causada por *M. bovis* es mayor en trabajadores de explotaciones ganaderas y de mataderos que en habitantes urbanos. Sin embargo, un estudio realizado en los Altos Sur de Jalisco demostró que la Tuberculosis extrapulmonar

es mayor que la Tuberculosis pulmonar y que es la Tuberculosis zoonótica la que está relacionada con la Tuberculosis extrapulmonar. Las estadísticas de la región sanitaria III Altos Sur de Jalisco presenta una frecuencia de TB extrapulmonar del 56 % en este estudio, la que es superior a la reportada en Querétaro del 31% y en el Estado de Jalisco del 25%, lo que pudiera estar asociado a una mayor exposición al agente etiológico del ganado y al *M. bovis*. Debido a la presencia de tuberculosis bovina, la prevalencia de la enfermedad en ganado en la región de estudio es 16% y los hatos ganaderos son manejados en su mayoría por los miembros de la familia. Por lo tanto, las probabilidades del consumo de leche bronca y quesos frescos elaborados con leche sin pasteurizar son mayores. El resultado esperado era que las personas con actividades ganaderas tuvieran una tasa de infección más alta que el resto de la población, pero las personas con mayor frecuencia son las amas de casa, a la fecha se desconocen los factores de riesgo asociados a los que se encuentran expuestas como, la venta de leche bronca en las casas cercanas a las fuentes de producción de leche en la zona de estudio (Higareda, *et al.*, 2015). Esto nos indica que el conocimiento de la gravedad de Tuberculosis bovina por las personas no es lo suficiente, tal como lo demostró un estudio realizado en Portugal en donde se entrevistaron a 154 ganaderos (132 hombres y 22 mujeres) con la finalidad de saber cuánto conocimiento tenían sobre la Tuberculosis bovina, demostró que el 27.9% de los ganaderos desconoce las pérdidas económicas asociadas a las restricciones comerciales causadas por la Tuberculosis bovina el 25% desconoce que la transmisión principal es por vía aerógena, de la misma forma que el 46.7% también desconoce que la fauna salvaje puede actuar como reservorio de la enfermedad (García y Coelho, 2014). Esto concuerda con este trabajo ya que la mayoría de las personas que ingresan ganado al Rastro Municipal de Toluca desconocen la gravedad de la enfermedad, los problemas de salud pública y las pérdidas económicas que se generan por Tuberculosis bovina.

En cuanto a los hallazgos en el examen *post mortem*, la Tuberculosis en el ganado es principalmente una enfermedad respiratoria. Se ha informado que después de la detección de animales positivos a la tuberculina, las lesiones pulmonares tuberculosas eran evidentes en el 70% de los bovinos reactivos (Ramos *et al.*, 2015). Esto concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación ya que fueron las vísceras torácicas las que presentaron mayor número de decomisos en todos los años del período de estudio.

De acuerdo con nuestros resultados, los ganglios mediastínicos y retrofaríngeos fueron los que presentaron más lesiones (viseras torácica 58.2%), similar a un estudio realizado por Verdugo, *et al.* (2020) en el que describen de un total de 332 muestras de tejido bovino de cuatro mataderos de los Altos del Sur de Jalisco, los ganglios linfáticos mediastínicos y retrofaríngeos fueron los tejidos más afectados representando un 32.4%.

El hecho de que en el año 2014 haya habido *menos* casos sospechosos a Tuberculosis con un número más alto en el volumen de faenado, en comparación con el año 2017 en donde hubo *más* casos sospechosos a Tuberculosis bovina con un volumen de faenado menor se asocia a la movilización de ganado infectado de otros estados como: Puebla, Durango y principalmente Zacatecas hacia el Estado de México: Esto con base al registro de la procedencia de los animales al momento de ingresar al Rastro Municipal de Toluca. Posiblemente, también contribuyó a este volumen más alto de casos sospechosos a Tuberculosis bovina la movilización de ganado infectado del Sur de Estado de México al resto del Estado. Debido a que Zaragoza *et al.* (2017) reportaron 122 hatos positivos en su estudio realizado en varios municipios del Sur del Estado de México, de los cuales en 50 hatos se aisló *M bovis* y 72 hatos resultaron positivos a la prueba cervical de tuberculina. Estos resultados fueron obtenidos de la campaña de erradicación del año 2005 al 2010 y fueron brindados por el Comité de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de México.

McDaniel *et al.* (2014), refieren que la identificación de Tuberculosis bovina en mataderos, rastros y frigoríficos contribuyen de manera importante contra la erradicación de esta enfermedad, pero existen factores que lo impiden, como el aumento de la población mundial tanto de personas como de ganado bovino, el transporte de ganado y la movilización de este. Acorde con Usabiaga (2001), quien menciona que el combate a la Tuberculosis debe basarse en el diagnóstico a través de las pruebas de intradermorreacción con tuberculina, aunando a la segregación y sacrificio de los animales reactivos. La vigilancia epidemiológica en los establecimientos de faenado del ganado mediante la inspección de las canales permite detectar animales con lesiones sospechosas de Tuberculosis a fin de iniciar el rastreo epidemiológico hasta el control del foco en el origen para lograr la erradicación todos los animales reactivos deben ser sacrificados para evitar que la enfermedad se siga difundiendo; de no llevarse a cabo esta práctica, y permitir la permanencia de animales infectados, todos los esfuerzos para el control y la erradicación resultarán poco eficientes.

Por otra parte, el lugar de origen y la migración determinan la probabilidad de infectarse. Por ejemplo: una persona nacida en África tiene aproximadamente 100 veces más riesgo en promedio de estar expuesto a alguien con Tuberculosis bovina que una persona que nació en los Estados Unidos de América debido a las tasas de incidencia, siendo en África de 300 casos por cada 100,000 y en Estados Unidos de América la tasa es de 2.8 casos por cada 100,000 (Langer *et al.*, 2019).

Desafortunadamente, la infección por *Mycobacterium bovis* en el ganado mexicano ha empeorado debido a que los ganaderos de pequeña escala no realizan la notificación de infecciones (Verdugo *et al.*, 2020). Aún más grave que lo anterior, es la aparición de cepas resistentes a los tratamientos farmacológicos estándares antituberculosos. La prevención de la aparición de Tuberculosis multirresistente es una de las principales preocupaciones en todo el mundo (Zager y McNerney, 2008).

Los anteriores estudios nos muestran que los programas de erradicación son la base para combatir a la Tuberculosis bovina. Sin embargo, habrá que considerar la medicina preventiva como otra manera de combatir la enfermedad. Como lo demuestra el estudio de Solís (2012), con bovinos recién nacidos logró disminuir la prevalencia de Tuberculosis bovina en un hato lechero mediante vacunación y buenas prácticas de manejo. El estudio se realizó en Baja California, México, duró tres años y los resultados fueron significativos con la reducción del 22% de la prevalencia. En el primer año (2007) la prevalencia de Tuberculosis bovina fue de 75% y al tercer año (2010) la prevalencia fue de 53%.

12. CONCLUSIONES

El número de casos sospechosos a Tuberculosis bovina basados en la identificación de lesiones macroscópicas mediante inspección *post mortem* en bovinos faenados en el Rastro Municipal de Toluca, no disminuyeron durante el período 2014 a 2019: Se incrementaron a partir del 2015 con máximos en 2017 y 2018 con tendencia a disminuir en 2019.

El año 2014 presentó 56 decomisos totales y en 2017 se presentaron 106 casos. Siendo los años con menor y mayor número de decomisos totales, respectivamente. Los casos sospechosos fueron en aumento desde el año 2015 al año 2018, fue hasta el año 2019 en donde los casos disminuyeron, esto demuestra que el monitoreo realizado en rastro ha sido y será un elemento esencial para erradicar la enfermedad. Debido a que en la zona de afluencia del Rastro Municipal de Toluca los esfuerzos realizados a través de la Campaña Nacional Contra la Tuberculosis bovina no están siendo efectivos. En la etapa final de la fase de erradicación es la forma más eficaz de detectar infección residual en el ganado. Una vez que se ha logrado la erradicación de la enfermedad, es la forma más efectiva para comprobar que el ganado se mantiene libre de infección (Flores, 2012).

En cuanto a las pérdidas económicas en el año 2016 se perdieron \$244,580 pesos por decomisos totales por Tuberculosis bovina, siendo el año con más pérdidas económicas. En contraste, el año 2014 fue el que presentó menor pérdidas económicas con un total de \$50,500 pesos por decomisos totales por Tuberculosis bovina. Diferente a lo esperado. Las pérdidas económicas por el total de decomisos durante el periodo de estudio fue de alrededor de 1 millón de pesos.

13. LITERATURA CITADA

- Abalos P. y Retamal P. (2004). Tuberculosis: una zoonosis reemergente. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 23(2): 583-594.
- Arcelles PM. Delgado CA. Alzamora PC. Manchego SA. y Gavidia ChC. (2005). Prevalencia de Tuberculosis Bovina en el Distrito de Végueta, Huaura. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, RIVEP, 16(2):154-157.
- Arciniegas QW. Orjuela ZDL y Bolivar GF. (2005). Tuberculosis Pleural. *Revista de la Universidad Industrial de Santander Salud*, 37(2): 127-132.
- Bartels B G, Hadlok R. y Wagemann H. (1971). *Inspección veterinaria de la carne*. Zaragoza: Acribia.
- Bermejo MC., Clavera I., De la Rosa MFJ., y Marín B. (2007). Epidemiología de la Tuberculosis. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 30 (Supl. 2): 07-19.
- Caminero JA. (2003) Epidemiología de la Tuberculosis. Guía de la Tuberculosis para médicos especialistas. París: Unión Internacional Contra la Tuberculosis y Enfermedades Respiratorias (UICTER).
- Center for Food Security and Public Health (CFSPH) (2010), Tuberculosis Bovina. Última actualización, Julio, 2009. EE. UU. Fecha de consulta, diciembre, 2020.
- Chambers, M., Gordon, S., Olea-Popelka, F. y Barrow, P. (2018). *Bovine tuberculosis*. CABI. 269pp.
- Chamizo PEG. (2019). Tuberculosis Bovina. *Anuario Ciencia en la UNAH*. 17(1).
- De la Torre CJL. y Portillo GL. (2001). Evaluación de la eficacia diagnóstica de Tuberculosis bovina por la prueba de tuberculina, mediante la identificación de las lesiones histológicas, usando como referente la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), estudio prospectivo. Tesis de Posgrado. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Zapopan, Jalisco.

- Diario Oficial de la Federación (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne. Disponible en: <http://www.porcimex.org/NORMAS/NOM-009-ZOO-1994.pdf>. Fecha de consulta, noviembre, 2020.
- Diario Oficial de la Federación (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-031-ZOO-1995, Campaña Nacional Contra la Tuberculosis Bovina (*Mycobacterium bovis*). Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-031-zoo-1995>. Fecha de consulta, noviembre, 2020.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 4th ed. SAGE Publications. Great Britain.
- Flores S.H.O. (2012). Prevalencia y pérdidas económicas provocadas por Tuberculosis bovina (*Mycobacterium bovis*) en una planta faenadora de la región de los Lagos, 2006-2010. Boletín Veterinario Oficial No. 14.
- García DJ y Coelho AC (2014). Evaluación del conocimiento de los ganaderos sobre la tuberculosis bovina e implicaciones para su control. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(2):213-229.
- Gathogo, SM., Kuria, JK., y Ombui, JN. (2012). Prevalence of bovine tuberculosis in slaughter cattle in Kenya: a postmortem, microbiological and DNA molecular study. *Tropical animal health and production*, 44(7): 1739-1744.
- Gobierno de México (2021). Situación actual de Tuberculosis Bovina. SENASICA, Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-de-tuberculosis-bovina?state=published>. Consulta. octubre, 2021.
- González RS. Cantó AGJ. Rodríguez HE. Flores VS. Román PSI. y Milián SF. (2018). Resistencia natural contra la Tuberculosis en ganado. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9(2): 328-345.
- Higareda-de Sales, LG., Ramírez-Cervantes, FJ., Razo-Ibarra, F., Milián-Suazo, F., Aguilar-Tipacamú, G., y Herrera-Rodríguez, SE. (2018). Potencial presencia de tuberculosis zoonótica en la región Altos Sur de Jalisco, México. *Salud Jalisco*, 2(1): 25-29.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/265353/Procedimiento de inspección sanitaria de ganado vacunoTB.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/265353/Procedimiento_de_inspeccion_sanitaria_de_ganado_vacunoTB.pdf). Fecha de consulta: Noviembre, 2020.

- Langer AJ, Navin TR, Winston CA y LoBue P. (2019). Epidemiology of Tuberculosis in the United States. *Clin Chest Med.* 40(4): 693–702.
- López LE, Hernández M, Colín CA, Ortega S, Cerón G. y Cendejas F. (2014). Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología. *Investig. en discapacidades*, 3(1):10-18.
- Luciano SA, Roess A. (2019). Human zoonotic Tuberculosis and livestock exposure in low-and middle-income countries: A systematic review identifying challenges in laboratory diagnosis. *Zoonoses Public Health.* 67:97–111.
- Mantilla GJ, Ortiz MM, Acosta AM, Acosta GR, y Sousa ZJ. (2009). Diagnóstico de Tuberculosis bovina por aislamiento bacteriológico o histopatológico de vacunos reactivos a la prueba de tuberculina. *MV Rev. de C. Vet*, 25(1): 7-9.
- McDaniel CJ, Cardwell DM, Moeller RB, Gray GC. (2014). Humans and cattle: a review of bovine zoonoses. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 14(1): 1-19.
- Mohd Azmi, UZ., Yusof, NA., Kusnin, N., Abdullah, J., Suraiya, S., Ong, P. S., y Mohamad Fathil, M. F. (2018). Sandwich electrochemical immunosensor for early detection of tuberculosis based on graphene/polyaniline-modified screen-printed gold electrode. *Sensors*, 18(11): 3926.
- Moreno, B. (2003). Higiene e inspección de carnes (II). *Madrid*. Ed. ACRIBA.
- Moutou F. y Pastoret PP. (2015). Definición de «enfermedad emergente» *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 34 (1): 49-52.
- Nasr, SE., Saad, NM., Nasr, EA., Nahed, MW., y Walaa, MAE. (2014). The viability of *Mycobacterium bovis* in yoghurt and Kareish cheese. *Global Journal of Agriculture and Food Safety Sciences*, 1(2): 261-269.
- OMS (2019) Informe mundial sobre la Tuberculosis 2019. https://www.who.int/tb/publications/global_report/es/. Consulta. Diciembre 2020.

- OMS (2020a) Inocuidad de los alimentos. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>. Publicado el 30 de abril. 2020. Consulta. 18 marzo, 2021.
- OMS (2020b). El progreso mundial en lucha contra la Tuberculosis en riesgo. 14 de octubre, 2020. Disponible en: <https://www.onu.org.mx/oms-el-progreso-mundial-en-la-lucha-contra-la-Tuberculosis-en-riesgo>. Consulta. Marzo, 2021.
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2017) Informe mundial sobre la Tuberculosis 2017. https://www.who.int/tb/publications/global_report/gtbr2017_executive_summary_es.pdf Consulta. septiembre, 2020.
- Organización Mundial de Sanidad Animal OIE (2001) La importancia de las Enfermedades Emergentes para la Sanidad Animal, Salud Pública y el Comercio. EE.UU. En línea. <https://www.oie.int/doc/ged/D5206.PDF>. Consulta, marzo, 2021.
- Organización Mundial de Sanidad Animal OIE (2018) Manual Terrestre de la OIE. Capítulo 3.4.6. Tuberculosis bovina. Consulta. Diciembre. 2020.
- Patraca Rosas, A. (2015). Tuberculosis bovina: análisis retrospectivo (2011-2013) de muestras nacionales remitidas al laboratorio Central Regional de Monterrey, AC para el diagnóstico de tuberculosis. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Paz N, Mejía I. García V, Alcalá E., Martínez JC. y Niebla MR. (2018). Determinantes económicos en la incidencia de Tuberculosis en México. *Revista de sanidad militar*, 72(5-6): 295-299.
- Piatkin KD. y Krivoshein YS. (1986). Microbiología (con virología e inmunología). Moscú, Rusia.
- PRONABIVE, Productora Nacional de Biológicos Veterinarios (2018) Tuberculosis Bovina en México. <https://www.gob.mx/pronabive/articulos/Tuberculosis-bovina-en-mexico>. Publicación 15 de octubre de 2018. Consulta. 19 de marzo, 2021.

- Ramos, DF, Silva, PEA y Dellagostin, OA (2015). Diagnosis of bovine Tuberculosis: review of main techniques. *Braz. J. Biol.*, 75(4):830-837.
- Reyes B, Cardona J, Montes D. y Vargas, M. (2018). Hallazgos anatomopatológicos en un bovino infectado con Tuberculosis en Vicososa, Brasil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 10(2): 190-196.
- Robertson, A. (2020). Survival of *Mycobacterium bovis* in feed, water and soil. National Environment Research Council. University of Exeter. Reino Unido.
- SAGARPA y SENASICA (2015) Guía para el seguimiento epidemiológico de la Tuberculosis bovina. 4ª. Versión. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/150601/10_GUIADESEGUIMIENTOEPIDEMIOLOGICO09-07-2015.pdf. Fecha de publicación julio de 2015. Fecha de consulta: Noviembre, 2020.
- SAGARPA y SENASICA (2016) Procedimiento de inspección sanitaria de ganado vacuno para vigilancia de Tuberculosis bovina.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2013) Manual de tuberculinización 2013 para Médicos Veterinarios Autorizados en Rumiantes. Gobierno del Estado de Baja California Sur. http://osiap.org.mx/senasica/sites/default/files/Manual%20Tuberculinizacion%20%28carta%29_opt.pdf. Fecha de consulta: Septiembre, 2020.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, y Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SAGARPA y SENASICA) (2011). Manual de Inspección Sanitaria Para Ganado Sospechoso de Tuberculosis bovina. México.
- SENASA, Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (2014) Manual ilustrado en Tuberculosis. Para el personal de la inspección veterinaria en frigoríficos y mataderos bovinos. Argentina.

- SENASICA (2020). Situación actual de Tuberculosis bovina. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-de-Tuberculosis-bovina?state=publishetivera>. México. Fecha de consulta. Febrero de 2021.
- Solis LJ. (2012). Implementación de un programa de vacunación y buenas prácticas de manejo para el control de la tuberculosis bovina en un establo lechero. Tesis de Maestría. Mexicalí. BC. México.
- Torres P. y Kantor I. (2000). Actualización en Tuberculosis bovina. *Subcomisión Nacional de Tuberculosis Bovina. SENASA-INPPAZ- Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación*.
- Torres PM. (2006). Vigilancia Epidemiológica: Importancia de la detección en faena de la Tuberculosis bovina. *La industria cárnica latinoamericana*, 26(141): 1-7
- Usabaga, J. (2001). Brucelosis y tuberculosis bovina ¿control o eliminación. XII. Reunión Interamericana a nivel Ministerial en Salud y Agricultura. 2 al 4 de mayo del 2001. *São Paulo: Organización mundial de la Salud*.
- Verdugo DA, Perea CA, González S, Sosa SL, Milián F y Jorge Cantó GJ. (2020). Analysis of bovine Tuberculosis transmission in Jalisco, Mexico through whole-genome sequencing. *J Vet Res*. 64: 51-61.
- Vidales ChA. (1987). Estandarización de las técnicas de coloración de ziehl neelsen y fite faraco en el laboratorio de patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para el diagnóstico de Tuberculosis. Tesis de licenciatura. Guadalajara, Jalisco.
- Whipple, DL., Bolin, CA., y Miller, JM. (1996). Distribution of lesions in cattle infected with *Mycobacterium bovis*. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 8(3): 351-354.
- Zager EM y Mc Nerney R. (2008). Multidrug-resistant Tuberculosis. *BMC Infectious Diseases*, 8:10
- Zaragoza A, Hernández M, Bustamante LP, Jaramillo LN, Jaimes ME, Mendoza GE y Ramírez N. (2017). Spatial analysis of bovine Tuberculosis in the State of Mexico, Mexico. *Veterinaria Italiana*. 53 (1): 39-46.