

01074



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

**“EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA PARATUBERCULOSIS EN GANADO
BOVINO LECHERO (SISTEMA INTENSIVO), EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO
INDUSTRIAL TIZAYUCA, HIDALGO, MÉXICO.”**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

MIRANDA BANDERA MARÍA VERÓNICA

TUTOR:

**TRUETA SANTIAGO RAFAEL
COMITÉ TUTORAL:
CHÁVEZ GRIS GILBERTO
ÁLVAREZ MACÍAS ADOLFO G.**

MÉXICO D.F.,

2005

mi 350789



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza y el valor suficiente para terminar exitosamente otro proyecto más en mi vida.


A mi familia, por apoyarme incondicionalmente en momentos difíciles, brindándome su comprensión y ayuda para ser una mejor persona.

A mi hijo Aarón, porque eres el mayor reto y la mayor satisfacción en mi vida. Hijo mío, marcaste la diferencia, fuiste la principal razón que me impulsó a culminar este trabajo. Eres mi razón de ser, gracias por ofrecerme el mejor regalo de todos, ser madre.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo reconstruído.

NOMBRE: Miranda Bandeira
Maria Verbica

FECHA: 8-nov-05

FIRMA: 

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Troncoso por confiar como siempre en mí, y facilitarme el primer contacto con el personal de Tizayuca.

A la colaboración especial de los MVZ. Nazario Sánchez y MVZ. Leopoldo Martínez, que confiaron en mí y en esta investigación.

Al Dr. Rafael Trueta y al Dr. Gilberto Chávez por aceptar ser mi tutores a pesar del reto que representaba serlo.

Al personal del Departamento de servicios Veterinarios y de Sanidad animal de CAITSA: MVZ. Rafael Soto Castor y al MVZ. José Antonio Vázquez, su cooperación fue determinante en este trabajo. En especial a la Dra. Mary Cruz, por encargarse de la obtención de muestras. Gracias por su apoyo incondicional y desinteresado.

A la Sra. Sara y al Sr. Rosalino, por facilitarme la información necesaria del Departamento de Movilización de CAITSA.

A todos y cada uno de los ganaderos que aceptaron participar en esta investigación, su contribución fue valiosa e indispensable.

A Isabel, Lucy, Daniel y Elsa, por asesorarme en la capacitación de la prueba de ELISA.

Al Sr. Luis, del Departamento de Patología, por su apoyo y comprensión en el laboratorio.

Al valioso apoyo de nuestro colaborador invitado: Dr. Jorge Lecumberri, por el asesoramiento en la realización del análisis estadístico.

A Laura, Ruth y Myriam del Departamento de Economía y Administración, por brindarme su apoyo en el Centro de Cómputo.

A Miguel, por apoyarme incondicionalmente desde el principio hasta el final de este proyecto.

A Herly, por ser una gran amiga y compañera; siempre me animaste a continuar y a finalizar esta maestría.

A mis compañeros de posgrado: Carolina, Ogilvio, Vero, Clarita, Fernando y Genaro. Por ofrecerme su amistad y ser compañeros del mismo sentir, ya que entienden perfectamente lo que lo que representa cursarlo.

Al Honorable jurado, al Dr. José Barajas y al Dr. Francisco Monroy, por sus valiosos comentarios, pero sobre todo por su comprensión.

Al la beca otorgada por CONACYT y la DGEP para cursar los estudios de posgrado.

Al PAPIIT por el apoyo económico para la realización de las pruebas de ELISA, con el proyecto IN208203.

RESUMEN

Miranda Bandera María Verónica. **EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA PARATUBERCULOSIS EN GANADO BOVINO LECHERO EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA, HGO, MÉXICO.** Bajo la dirección de: Trueta Santiago Rafael, Chávez Gris Gilberto, Álvarez Macías Adolfo G.

La Paratuberculosis Bovina (PB), es una enfermedad crónica infecciosa, causada por el *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis* (Map); es una enfermedad altamente contagiosa, y genera substanciales pérdidas económicas para la industria ganadera. El objetivo del presente trabajo fue realizar la evaluación del impacto económico de la PB, en el Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca, Hidalgo (CAIT) que cuenta aproximadamente con 28,000 cabezas de ganado bovino lechero, en sistema intensivo. Se realizó un muestreo estratificado de los hatos según el número de cabezas en: pequeños (hasta 180), medianos (de 181 a 300) y grandes (mayores a 300). Se obtuvieron muestras sanguíneas y registros de 1,639 vacas lecheras e información de 29 hatos. El suero fue evaluado por ELISA indirecta para determinar la seroprevalencia de Map. Se determinaron las pérdidas ocasionadas por: desecho prematuro, disminución de la producción láctea, fallas reproductivas y tratamiento médico ocasionados por la PB en los siguientes niveles: por litro de leche, vaca, por número y tamaño de hato, estrato y total de la cuenca. También se realizó la comparación del impacto de la PB, según prevalencia, tamaño de hato, número de lactancia, origen y estado fisiológico, mediante la prueba de diferencia entre proporciones. Se correlacionó la seroprevalencia de Map, con las pérdidas ocasionadas por la enfermedad, para determinar el impacto económico. Se realizó el análisis de la información mediante herramientas económicas y también se aplicó un análisis de sensibilidad, para medir los efectos que tienen las probables variaciones en los parámetros. Se estimó una prevalencia del 8.87% y una pérdida total de \$10,345/vaca/año, lo que representa una pérdida en la cuenca de \$25,411,836 al año asociados a PB en el CAIT, que expresan el 4% del precio por litro pagado al productor. Del total de los costos, la mayor pérdida la representó la disminución de la producción láctea (47%).

PALABRAS CLAVE: Evaluación impacto económico, Paratuberculosis, ganado lechero, seroprevalencia, pérdidas económicas, México.

ABSTRACT

Miranda Bandera María Verónica. **ECONOMIC IMPACT ASSESSMENT OF PARATUBERCULOSIS IN COWS (INTENSIVE HUSBANDRY) IN THE DAIRY COMPLEX OF TIZAYUCA HIDALGO (CAIT) MEXICO.** Assesors: Trueta Santiago Rafael, Chávez Gris Gilberto, Álvarez Macías Adolfo G.

Bovine paratuberculosis (Bp) or Johne's disease, is an infectious chronic disease, caused by *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis* (Map) a highly contagious disease, causing large economic losses in Dairy operations. The objective of this research, was to asses the economic impact of Bp in the Dairy Complex of Tizayuca, Hidalgo (CAIT) in Mexico; this center houses 28,000 dairy cows, in intensive husbandry. A stratified sample of herds was obtained according to herd size: small (up to 180 cows), medium (181 to 300) and large (300 or more). Blood samples and records were collected from 1,639 milk cows and economic information from 29 herds. Sera were tested by indirect ELISA to determinate seroprevalence of Map and the economic impact due to disease: premature culling, reduce milk yield, reproductive failure and treatment cost. Results are reported in the next levels: per liter, cow level, herd level, per stratum, and by total number of animals. Economic impact of Bp, according to herd size and number of lactation using difference in proportions among and between groups were made. Correlations between seroprevalence and losses due to disease were made to determine economic impact. Sensitivity analyses was also applied to measure the effects of the probable variations of seroprevalence. General prevalence of Map was 8.87 % with economic loss by cow \$10,345/year (US\$916.61) and a total of \$25,411,836/year (US\$2,251,605) due to Paratuberculosis in dairy cattle at CAIT, this represent the 4% of the price of milk. The largest effect on total cost was due to reduce milk yield (47%).

KEYWORDS: Economic impact assessment, paratuberculosis, dairy cattle, seroprevalence, economic losses, Mexico.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Características del Microorganismo.....	2
2.2 Formas de transmisión.....	3
2.3 Signos clínicos	3
2.4 Diagnóstico.....	4
2.5 Epidemiología y prevalencia:	7
2.6 Situación de la enfermedad en México.....	10
2.7 Lineamientos para la evaluación económica de las enfermedades	12
2.8 Importancia económica y pérdidas debidas a la enfermedad.....	13
2.9 Modelos de evaluación económica de Paratuberculosis Bovina.	16
2.10 Pérdidas económicas debidas a Paratuberculosis Bovina	19
2.11 JUSTIFICACIÓN.....	25
2.12 OBJETIVOS.....	26
2.13 HIPÓTESIS	27
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
3.1 Descripción de la zona	28
3.2 Descripción de los hatos de estudio.....	28
3.3 Determinación del tamaño de muestra	29
3.4 Análisis de laboratorio.....	33
3.5 Determinación de la prevalencia de Paratuberculosis Bovina	34
3.6 Evaluación del impacto económico de la Paratuberculosis Bovina en el CAIT.	36
3.7 Análisis estadístico	51
4. RESULTADOS	53
4.1 Prevalencia de la Paratuberculosis Bovina	53
4.2 Estimación del total de pérdidas asociadas a Paratuberculosis Bovina	62
5. DISCUSIÓN.....	74
5.1 Seroprevalencia de Paratuberculosis bovina	74
5.2 Impacto económico de la Paratuberculosis Bovina	78
5.3 CONCLUSIONES.....	82

6. REFERENCIAS	84
ANEXOS	94
Anexo 1: Información y parámetros obtenidos de los hatos de estudio en el CAIT, Hidalgo. 94	
Anexo 2: Cuestionario aplicado	95
Anexo 3: Glosario	97

LISTA DE CUADROS

Cuadro 4.1.1 Seroprevalencia general por origen del ganado (nacional e importado) del CAIT, Hidalgo 2004.	54
Cuadro 4.1.2 Seroprevalencia de Paratuberculosis bovina por estado fisiológico del ganado (gestantes y vacías) del CAIT, Hidalgo 2004.	54
Cuadro 4.1.3 Comparación de variables de vacas seronegativas y seropositivas a Paratuberculosis bovina del CAIT, Hidalgo.	55
Cuadro 4.1.4 Seroprevalencia a nivel de hato y número de vacas seropositivas a Paratuberculosis Bovina por hato, del CAIT, Hidalgo. ¹	57
Cuadro 4.1.5 Rangos de vacas seropositivas a Paratuberculosis Bovina y número de hatos por rango muestreados del CAIT, Hidalgo	58
Cuadro 4.1.6 Proporción de hatos seropositivos a Paratuberculosis bovina por estrato del CAIT, Hidalgo.	59
Cuadro 4.1.7 Seroprevalencia de Paratuberculosis Bovina por estrato del CAIT, Hidalgo.	59
Cuadro 4.1.8 Comparación de seroprevalencias de Paratuberculosis Bovina..... entre el CAIT y el USDA.	60
Cuadro 4.1.9 Seroprevalencia de Paratuberculosis bovina por número de lactancia de la muestra del CAIT, Hidalgo.	61
Cuadro 4.2.1 Impacto económico anual de la Paratuberculosis bovina a nivel de vaca y por variable en cada hato del CAIT, Hidalgo.	63
Cuadro 4.2.1.1 Porcentaje de disminución de la producción láctea en cada hato del CAIT, Hidalgo.	64
Cuadro 4.2.1.2 Porcentaje de disminución de la producción láctea promedio por estrato del CAIT, Hidalgo.	65

Cuadro 4.2.2 Impacto económico anual de la Paratuberculosis bovina a nivel de hato del CAIT, Hidalgo.....	66
Cuadro 4.2.3 Impacto económico anual de la Paratuberculosis Bovina por variable y por estrato del CAIT, Hidalgo.	67
Cuadro 4.2.4. Impacto económico anual de la Paratuberculosis Bovina en la cuenca del CAIT, Hidalgo.....	67
Cuadro 4.2.5. Impacto económico anual por litro de leche del CAIT, Hidalgo.	68
Cuadro 4.2.6 Comparación de las pérdidas por vaca del CAIT (Hidalgo) con otras investigaciones con datos deflactados al 2004 y con el tipo de cambio del 2004.	69
Cuadro 4.3.1 Análisis de sensibilidad de las pérdidas debidas a Paratuberculosis Bovina en el CAIT, Hidalgo, con una prevalencia del 3%.....	71
Cuadro 4.3.2 Análisis de sensibilidad de las pérdidas debidas a Paratuberculosis Bovina en el CAIT, Hidalgo, con una prevalencia del 7%.....	72
Cuadro 4.3.3 Análisis de sensibilidad de las pérdidas debidas a Paratuberculosis Bovina en el CAIT, Hidalgo, con una prevalencia del 23%.	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1.1 Origen de los animales seropositivos a paratuberculosis bovina, en el CAIT.	53
Figura 4.1.2 Número de vacas seropositivas por hato y porcentaje que representan del total de los hatos muestreados.....	58
Figura 4.1.3 Comparación de la seroprevalencia de paratuberculosis bovina en el CAIT y en el USDA (1996).	60
Figura 4.1.4 Seroprevalencia de Paratuberculosis Bovina por número de lactancia.....	62

EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA PARATUBERCULOSIS EN GANADO BOVINO LECHERO (SISTEMA INTENSIVO) EN EL COMPLEJO AGROPECUARIO INDUSTRIAL TIZAYUCA HIDALGO, MÉXICO.

1. INTRODUCCIÓN

En México, la industria lechera es una de las actividades económicas más importantes, existiendo en nuestro país destacadas zonas productoras de leche. Dentro de la problemática que enfrenta actualmente, encontramos que la producción nacional es insuficiente para abastecer el mercado nacional, existe un aumento en la importación de productos lácteos, una dependencia de ganado del exterior generada a su vez por la baja práctica de cría y mejoramiento genético, entre otros. ¹

En lo que se refiere a enfermedades, las zoonosis o aquellas enfermedades que pueden afectar al hombre y a los animales ², además de que representan un riesgo para la salud pública, generan importantes pérdidas para la industria ganadera y dificultan la comercialización de ganado bovino, así como sus productos y subproductos, por lo que el objetivo de la Sanidad animal, es precisamente intensificar las campañas sanitarias para evitar lo anterior. ²

En este sentido, en nuestro país las principales campañas existentes en el ganado bovino lechero, se han enfocado al combate de la Brucelosis y Tuberculosis. ³ Sin embargo, no todas las enfermedades que afectan de manera importante al ganado bovino lechero se encuentran en dicha situación, tal es el caso de la Paratuberculosis Bovina o enfermedad de Johne, la cual es considerada, como una de las enfermedades más serias en la industria ganadera. ⁴

La Paratuberculosis es una enfermedad crónica infecciosa de los rumiantes domésticos, silvestres y exóticos, incluyendo ganado lechero y de carne, ovinos, caprinos, cérvidos y camélidos ^{5, 6, 7} y es causada por el *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis* (Map). ⁵

La enfermedad de Johne o Paratuberculosis, se encuentra presente a nivel mundial; ha sido reconocida como una de las enfermedades altamente contagiosas ^{5, 8} que provoca pérdidas financieras substanciales para la industria ganadera, esto como consecuencia de los efectos en la salud y la producción animal. Dadas las características de la enfermedad, la mayoría de los esfuerzos se están dirigiendo a las pérdidas económicas causadas por la Paratuberculosis, los cuales se consideran enormes. ^{7, 8, 9} Por otra parte, para evaluar el

impacto económico de la Paratuberculosis a nivel de la ganadería, se hace necesario determinar la prevalencia de la enfermedad, y posteriormente realizar la evaluación económica de las pérdidas.⁴

De acuerdo a lo anterior, y debido a que existen escasos estudios al respecto^{10, 11} se requiere de que en nuestro país se realicen estudios de prevalencia de enfermedad, en este tipo de ganado, además de evaluar el impacto económico de las pérdidas ocasionadas por la enfermedad, en explotaciones lecheras, como es el caso del Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca (CAIT), en el estado de Hidalgo, México.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La enfermedad de Johne se caracteriza por una enteritis y linfadenitis crónica granulomatosa y degenerativa¹² o inflamación catarral¹³, que provoca una diarrea intermitente que persiste, pérdida progresiva de peso y, eventualmente, la muerte. Genera un engrosamiento de la pared intestinal del ganado, reduciendo la capacidad de absorción, además de que puede generar también una disminución en la productividad, aumentar la incidencia de infertilidad, mastitis, emaciación y debilidad. El período promedio de incubación es de 2 a 3 años con un rango de 6 meses a 15 años.^{14, 15}

Algunos animales nunca muestran los signos clínicos de la enfermedad, pero eliminan la bacteria en las heces.¹² Sin embargo, la enfermedad no tiene tratamiento y es lentamente progresiva.⁶

También se ha encontrado, a últimas fechas, que existe una posible correlación del microorganismo causal con la enfermedad de Crohn en humanos^{16, 17, 18, 19} la cual se caracteriza por una ileocolitis granulomatosa.^{17, 19}

2.1 Características del Microorganismo

Es una bacteria facultativa de lento crecimiento, ácido-alcohol resistente que ataca a los macrófagos y que puede ser aislada del tejido intestinal y de las heces de los animales infectados¹⁶ Es un bacilo que mide de 1-2 μm por 0.5 μm .²⁰

Otra de sus características es que puede sobrevivir fuera del animal por períodos prolongados. Se mantiene viable durante 163 días en agua de río, 270 días en agua almacenada, y 11 meses en heces de bovino y tierra, pero sólo 7 días en la orina. También puede sobrevivir congelado a -14° C hasta por un año.⁵

2.2 Formas de transmisión

El *Map*, es usualmente introducido a los hatos lecheros a través de la compra de ganado que se cree clínicamente sano.²¹ Otra forma de propagación de hato a hato es por la introducción de heces contaminadas en la operación de vehículos o equipo.⁶

Una vez que el *Map* esta presente en el hato los becerros menores de 6 meses son los más susceptibles, y la mayoría de la infecciones se asume que ocurren en este momento. Una de las principales formas de transmisión de la enfermedad es a través de la contaminación fecal del ambiente en el que se encuentran los becerros, incluyendo la contaminación de leche y alimento, resultando en la ingestión oral del agente. Tanto las vacas clínicamente afectadas y las aparentemente normales pueden eliminar el *Map* en su calostro y leche, especialmente en los estadios avanzados de la infección. El estrés fisiológico como la gestación, la lactancia o la sobrepoblación facilitan la presentación de la enfermedad.²²

En conclusión, se han identificado importantes rutas potenciales de transmisión del *Map*: fecal-oral, en útero^{23, 24} leche y calostro²² y posiblemente el semen y los embriones.⁴

2.3 Signos clínicos

El curso clínico de la enfermedad es generalmente de 3 a 6 meses. El ganado infectado puede ser categorizado en cuatro etapas de acuerdo a los signos clínicos, la eliminación fecal de la bacteria y la respuesta inmunológica.^{7, 25}

En la primer etapa no hay signos clínicos (infección silenciosa), ni eliminación de la bacteria o detección de anticuerpos circulantes. En la segunda etapa (infección subclínica) los animales pueden eliminar una baja cantidad de la bacteria, a veces indetectable en las heces, además de tener disminución de la producción. En la etapa tres (enfermedad clínica) los animales gradualmente pierden peso corporal debido a defecación acuosa. La diarrea es intermitente al principio, y en este caso, la bacteria en las heces y los anticuerpos en sangre son usualmente detectados en esta etapa. La mayoría de los animales, sino son desechados, pasan a la cuarta etapa (enfermedad clínicamente avanzada) caracterizado por una diarrea crónica, profusa y acuosa, emaciación, letargia, anemia, y una pérdida progresiva de peso hasta llegar a la caquexia y atrofia muscular, donde puede presentarse edema en tejido subcutáneo (submandibular) y ascitis pero con apetito normal.^{7, 25} Una de las complicaciones de la enfermedad son los problemas reproductivos, ya que se desecha un mayor número de vacas infectadas por infertilidad,^{15, 26} aumento del intervalo entre partos²⁷ así como en los

días abiertos.²⁶ Se ha observado que en hembras gestantes, la bacteria se agrega en los cotiledones placentarios, ya que ésta se ha recuperado de útero y placenta de vacas infectadas.^{22, 28}

Sin embargo, los signos antes mencionados pueden confundirse con otras enfermedades que incluyen la parasitosis intestinal, desnutrición, salmonelosis, pericarditis o padecimientos traumáticos y disenteria invernal.⁶ Además la enfermedad permanece latente en el animal y se percibe usualmente como un problema individual, a pesar de ser un problema del hato.¹⁸ También se ha encontrado una relación con la presentación de mastitis en animales con la infección subclínica^{14, 15, 29} probablemente por la inmunosupresión local.²³

Finalmente, se mencionan que las pérdidas debido a la enfermedad subclínica incluyen: disminución en la eficiencia alimenticia, disminución en la pérdida de producción, disminución de grasa y proteína en leche, disminución del peso al sacrificio en los desechos, disminución de la fertilidad, desecho prematuro e incremento en la incidencia de mastitis, los cuales son una respuesta a dos mecanismos fisiológicos: el balance negativo de energía y una inmunidad celular dañada. El primero debido a una mala absorción intestinal de nutrientes y el segundo, debido a una alteración en la respuesta celular.⁴

2.4 Diagnóstico

Al seleccionar entre los diferentes métodos de diagnóstico se debe considerar la capacidad de cada prueba o su precisión, es decir su sensibilidad y su especificidad.³⁰ La *sensibilidad* se refiere a la capacidad de la prueba para identificar un individuo positivo y verdaderamente infectado, y la *especificidad* a la capacidad de la prueba para identificar a un individuo negativo y que no posea la infección. La probabilidad de que el resultado de una prueba sea correcto es llamado valor predictivo.^{30, 31} Sin embargo, existen otros factores a considerar como: si son aplicadas a individuos o poblaciones,³² el costo del análisis y el tiempo que toma obtener los resultados.³¹

La identificación de animales subclínicamente infectados, es considerablemente más difícil, ya que estos animales, solo eliminan intermitentemente pequeñas cantidades de la bacteria y, usualmente, son negativos a las pruebas inmunológicas estándar que miden la producción de anticuerpos.⁷

El diagnóstico de la Paratuberculosis bovina clínica, se basa en los signos clínicos, y en la identificación del agente etiológico mediante cultivo bacteriológico. En tanto para detectar la

Paratuberculosis clínica y subclínica se usan pruebas que miden las reacciones inmunológicas humoral y celular. ³³ El diagnóstico post mortem se basa en las lesiones macroscópicas e histopatológicas con la identificación de la bacteria en órganos, mediante la tinción de Ziehl Neelsen para detectar la inmunidad celular. Algunas pruebas presentan problemas de sensibilidad y especificidad, y otras no han sido lo suficientemente desarrolladas, por lo que varios autores consideran que no hay una del todo satisfactoria. ³⁴ En términos generales, los diferentes métodos de diagnóstico se pueden clasificar de la siguiente manera:

2.4.1. Pruebas inmunológicas.

2.4.1.1 Respuesta inmune humoral: Incluyen aquellas pruebas que detectan anticuerpos en el suero de animales infectados. Sin embargo la respuesta ocurre tardíamente en el curso de la infección, aunque antes de los primeros signos clínicos. ³²

2.4.1.1.1 Fijación del complemento (FC):

Esta prueba llegó a ser una de las pruebas comúnmente usadas en muchos países ya que, detecta la producción de anticuerpos en fases tardías de la enfermedad, presenta una sensibilidad intermedia y, es una de las más efectivas en animales con signología clínica. Sin embargo, ³⁵ presenta como desventaja reacciones cruzadas con otras micobacterias, ³³ un alto porcentaje de resultados falsos positivos y falsos negativos. ³⁶ Así también, se ha reportado que la reactividad de la prueba de FC, esta asociada con una eliminación persistente de una gran cantidad de bacilos de Map. ³⁵

2.4.1.1.2 Inmunodifusión en gel agar (IDGA):

Se encuentra comercialmente disponible, es una técnica fácil de interpretar, pero presenta una baja sensibilidad en casos subclínicos. Tiene una excelente correlación entre resultados negativos serológicos y resultados negativos al cultivo en heces ^{35, 36} En comparación con las otras pruebas serológicas, presenta una baja sensibilidad, para detectar animales que eliminan el Map. ³⁵

2.4.1.1.3 Enzyme-linked immunosorbent assay - pruebas de inmunoensayo enzimático (ELISA)

La prueba de ELISA se considera que tiene el mejor balance entre sensibilidad y especificidad, y detecta el mayor número de animales con la infección subclínica. ³⁷ La prueba presenta reacciones cruzadas con otras especies de *Mycobacterium* o con *Nocardia*. Pero existe un procedimiento para disminuir estas reacciones a través de la previa absorción del

suero con *M. phlei*^{38, 39} lo cual aumenta la especificidad y la sensibilidad, dependiendo del punto de corte.

En la Prueba de ELISA, se considera importante el punto de corte, la cual es una lectura en particular que considera si el individuo tiene o no la enfermedad. Como el resultado de la prueba depende únicamente de una lectura de corte, la sensibilidad y la especificidad guardan invariablemente relación. El punto de corte puede desplazarse en el territorio compartido por los sanos y enfermos, existiendo una relación recíproca entre la sensibilidad y la especificidad. La forma de fijar el punto de corte depende de consideraciones clínicas de la enfermedad;³⁰ en este caso, como Map es una enfermedad crónica, los anticuerpos por lo general se encuentran hasta fases avanzadas de la infección.²⁵ En un estudio, encontraron que los becerros requieren de un período de seroconversión de 10 a 28 meses después de la infección.³⁹

En una investigación, utilizaron diferentes puntos de corte: 0.70, 0.75 y 0.80 de densidad óptica. Para la valoración de la sensibilidad y especificidad de las pruebas serológicas se tomaron como referencia los resultados histológicos. Se observó que en el punto de corte de 0.70, de densidad óptica en la técnica de ELISA, se obtiene una aceptable especificidad (71% de sensibilidad y 71 % de especificidad) , sin pérdida notable de la sensibilidad, siendo esta última incluso superior a la de la Técnica de IDGA, que también han reportado otros autores. Finalmente concluyen que este tipo de técnicas serológicas deberían emplearse como diagnóstico de rebaño y nunca como diagnóstico individual para la posible eliminación de la Paratuberculosis.⁴⁰

2.4.1.2 Respuesta inmune celular:

La primera y más fuerte respuesta de infecciones micobacterianas en animales es mediada por los linfocitos T o también llamada respuesta inmune mediada por células³². Estas pruebas tienden a mostrar resultados positivos, en los estadios iniciales de la infección, y a mostrar resultados negativos en estadios avanzados. Tienen un limitado uso diagnóstico debido a su baja sensibilidad y especificidad.³³

2.4.1.2.1 Pruebas de hipersensibilidad o Introdermoreacción: Son las pruebas más antiguas, consisten en medir el incremento del grosor de la piel debida a una reacción de hipersensibilidad debida a la aplicación intradérmica de antígenos micobacterianos, que han sido usados en programas de diagnóstico y control de Tuberculosis en humanos y ganado.

Ejemplos de esto es la johnina ³² y los derivados proteicos purificados (PPD). ¹⁶ Sin embargo, no son muy específicos ya que presentan reacciones cruzadas con otras micobacterias. ⁴¹

2.4.1.2.2 Interferon gamma (IFN- γ).

Sustituyeron las pruebas intradérmicas los ensayos in vitro de citocinas, que son mediadores químicos y moduladores de la respuesta inmune, muchos de ellos producidos por Linfocitos T. El IFN- γ usa un extracto de *M. avium* para estimular la liberación de gamma interferon y medir la respuesta celular. Es útil para la detección de animales jóvenes que se encuentren en estadios tempranos de la infección de Map. ^{41, 42} Sin embargo, tiene como desventajas su baja especificidad y su alto costo. ⁷ A pesar de ello, resulta muy útil para el diagnóstico de la Paratuberculosis subclínica. ^{43, 44}

2.4.2 Diagnóstico bacteriológico:

Entre estos se encuentran el frotis de mucosa de ileón y los cultivos fecales, que son dos o tres veces más caros que la prueba de ELISA. Se realizan en medio Lowenstein-Jensen sin piruvato y con micobactina ⁴⁰ y los resultados no se pueden obtener antes de dos a cuatro meses, lo que resulta excesivamente lento para ser empleados como técnicas rutinarias en el diagnóstico de la Paratuberculosis, pese a su incuestionable elevada especificidad.

2.4.3 Diagnóstico anatomopatológico:

El diagnóstico patológico, se fundamenta en las lesiones macroscópicas e histopatológicas con identificación de la bacteria en órganos, mediante la tinción de Ziehl Neelsen y con observación macroscópica en intestino y ganglios mesentéricos ⁴⁰ de lesiones patognomónicas en tejidos obtenidos mediante biopsia o directamente de la necropsia para el diagnóstico post mortem. ³³

2.5 Epidemiología y prevalencia:

Generalmente se considera que existe una subestimación de la prevalencia de la enfermedad ya que, algunos estudios han calculado, por cada animal en etapa avanzada de la enfermedad, existen de 4 a 8 individuos infectados que eliminan la bacteria asintóticamente. También se calcula que ya se encuentran infectados de 10 a 14 animales jóvenes y adultos, dando un total de entre 15 a 25 animales infectados. ²⁵

La enfermedad de Johne se encuentra en todos los países del mundo, con algunas excepciones que pueden incluir ciertas regiones de Australia y Suecia.⁶ A continuación se describen los principales reportes sobre la prevalencia de la enfermedad a nivel mundial.

2.5.1 Europa

En 1934, la prevalencia de la enfermedad en Francia fue estimada en 0.8%. Prince (1987) menciona la importancia económica de la enfermedad en el ganado lechero británico, destacando que los efectos en ganado de carne aún no habían sido evaluados. Concluye, además, que el diagnóstico clínico había sido escaso, sin embargo, el impacto de la misma seguía siendo significativo y que debería seguir realizándose mayores investigaciones.⁴⁵

En la República Checa, se diagnosticó Paratuberculosis por primera vez en una vaca importada de Dinamarca. Hasta 1989, se había diagnosticado en 40 hatos. El 25% de estos hatos, importaron animales de la Unión Soviética, Gran Bretaña, Francia, Hungría y Canadá. Durante el período de 1990 a 2001, Map fue detectado en 100 hatos lecheros.⁴⁶

En Italia, se realizó un monitoreo serológico de noviembre de 2000 a diciembre del 2001, mediante la prueba de ELISA de IDEXX. Se encontró una prevalencia de 3.5% de animales positivos, y un 65% de los hatos fueron positivos a la prueba.⁴⁷

2.5.2 Oceanía:

En Australia, se detectó por primera vez en 1925. Desde 1996 el gobierno, la industria de ganado y los veterinarios trabajaron en conjunto para desarrollar e implementar un programa nacional de control. Para el 2000 los estados que cuentan con hatos oficialmente infectados son: New South Wales, Victoria, South Australia y Tasmania. Todos los demás se encuentran libres de la enfermedad.⁴⁸

2.5.3 América:

Algunos estudios de ganado en New England, durante 1949, 1954 y 1959, estimaron una prevalencia de 11, 7.5 y 15%, respectivamente.⁴⁹

En los EUA se han realizado estudios, uno de los cuales, realizado en 1986 por Chiodini et al. menciona que la prevalencia de la Paratuberculosis en New England era de 18% utilizando métodos histológicos y bacteriológicos.⁵⁰

Un estudio realizado por Merkal et al. durante 1983-1984, mostró una prevalencia, en los EUA, del 2.9% de infección en vacas lecheras de desecho, basada en el cultivo de linfonodos ileocecales colectados de vacas desechadas al sacrificio.⁵¹ Otros estudios han mostrado un nivel de prevalencia por vaca de 17.1%, utilizando la prueba de ELISA, encontrando que la prevalencia se incrementa cuando aumentaba el tamaño del hato.⁵²

Se realizó otro estudio de la prevalencia y distribución geográfica en hatos de Wisconsin EUA, encontrando que el 50% de los hatos y el 7.29% del ganado fueron positivos a la prueba de ELISA. Se calculó la prevalencia de un 34% en el ganado lechero de Wisconsin, mediante la prueba serológica de ELISA. Encontrándose que el único factor de manejo significativo, asociado a la prevalencia en hatos, fue el alojamiento de los becerros después del destete, específicamente en las hatos que tuvieron alta prevalencia (mayor a 15%). Las becerras fueron separadas después del destete en corrales de becerros y jaulas en vez de permanecer en el corral de la vaca con mayor frecuencia, en comparación a los hatos con baja prevalencia.⁵³

Durante 1996, el United States Department of Agriculture (USDA), a través del National Animal Health Monitoring System (NAHMS) realizó un estudio sobre la enfermedad de Johne en la actividad lechera de los Estados Unidos. Estimaron que el 21.6% de los hatos están infectados con *Map*. Además, encontraron que la mayor prevalencia de porcentaje de vacas seropositivas a la prueba sanguínea, se encuentran entre la tercera y cuarta lactancia. También se ha encontrado que la prevalencia del hato esta fuertemente relacionada al tamaño del mismo, ya que en los hatos con menos de 50 vacas presentaban una prevalencia del 20%, y que esta se duplicaba (40%) en los hatos mayores de 300 cabezas.⁶

En Canadá han encontrado, con la prueba de ELISA de IDEXX, una seroprevalencia promedio de 2.6% de animales seropositivos y el 16.7% de hatos que tuvieron al menos dos vacas seropositivas a *Map*.⁵⁴

Por otra parte, y a pesar de que en Latinoamérica existen pocos estudios al respecto, comienza a destacar su importancia en esta parte del mundo.

Al respecto, durante 1997 se determinó la seroprevalencia de *Map* en bovinos lecheros del Valle de Lima, Perú, donde se encontró que el 13.3% de las muestras presentaron anticuerpos contra *M. paratuberculosis*. El 50% de los hatos muestreados estuvieron infectados. Del total de animales de los hatos infectados (n = 286), 42 (16.1%) animales

tuvieron anticuerpos contra *M. paratuberculosis*, pero los porcentajes de animales seroreactores en estos hatos fluctuaron entre 2.9 a 46.2%.⁵⁵ Además, la presencia de la enfermedad ha presentado un creciente interés en este país.⁵⁶

En Argentina, existe ya un sistema de diagnóstico veterinario para informar sobre la enfermedad, así como la forma de controlarla en los hatos.⁵⁷ En un estudio realizado en el Laboratorio del INTA, se encontró una seroprevalencia real, en Buenos Aires, de 26.5 % en ganado de carne y 56% en lechero. En la Pampa fue de 2.4%; en Corrientes de 1%; en La Rioja de 0.2%; en Neuquen 0% y en Río Negro de 7%.⁵⁸

En un estudio donde determinaron la prevalencia de la enfermedad de Johne en vacas lecheras en Uruguay, encontraron una prevalencia aparente de 16% y una proporción de hatos positivos de 72% mediante un kitt de prueba de ELISA de IDEXX.⁵⁹

2.6 Situación de la enfermedad en México

La enfermedad en México tuvo sus primeros reportes en 1936, donde se confirmó en bovinos mediante un diagnóstico de la bacteria en heces y la prueba de Johnina, realizado por Unzueta, en 1936.⁶⁰ En 1974, Bustamante realiza una detección de anticuerpos a *M. paratuberculosis*, por medio de la fijación de complemento.⁶¹ Para ese mismo año, Garibay contribuye con una prueba doble comparativa a la tuberculina aviar y mamífera para la identificación de reactores de la enfermedad en un hato de bovinos.⁶²

Poco después en 1979, se logró el primer aislamiento del agente causal en ganado lechero, por Ramírez et al. en ganado lechero de Tulancingo, Hgo.⁶³ En ese mismo año Trigo, presenta un trabajo recapitulativo de los métodos utilizados en el diagnóstico de la paratuberculosis.⁶⁴

En 1982, Ramírez, realiza un estudio serológico de paratuberculosis en ovejas y cabras.⁶⁵ En otros estudios realizados por Arreola et al. en 1987, se realiza el diagnóstico clínico, así como el aislamiento del agente en Ganado de Lidia.⁶⁶ Aburto, en 1989, realiza un estudio de Paratuberculosis en Ganado de Lidia, encontrando una prevalencia del 11% de la enfermedad en los toros lidiados en la Plaza México.⁶⁷

Al respecto Morales en 1994, realizó un trabajo donde determino la frecuencia de Paratuberculosis en Ganado de Lidia, en Tlaxcala, determinando que un 30% de la población

de estudio fueron positivos a la enfermedad, utilizando técnicas de cultivo bacteriológico, con aislamiento del agente. ⁶⁸

Entre los estudios que se han realizado en pequeños rumiantes, se encuentra el de Vélez (1988) que realizó la comparación de diferentes técnicas de diagnóstico en Paratuberculosis caprina. Concluye que es necesario optimizar las técnicas de diagnóstico temprano, como la de ELISA y promover su utilización de otras que son altamente confiables como el estudio anatomopatológico. ⁶⁹ En otro estudio, también en caprinos, evaluaron las lesiones y la respuesta inmune humoral y celular, y los hallazgos bacteriológicos de los mismos, después de aplicar una bacterina, con infección natural. Concluyendo que, aún los animales inmunizados eran diseminadores de la enfermedad y que era necesario proseguir con el programa de vacunación anual con los animales de reemplazo. ⁷⁰ Al respecto, Alarcón en el 2002, realizó la evaluación de la respuesta inmune y desarrollo de lesiones en cabritos inmunizados y no inmunizados, infectados experimentalmente con *Map* de origen caprino y ovino. ⁷¹ Otro de los estudios recientes, evaluaron la relación entre los hallazgos anatomopatológicos y los valores de densidad óptica de la prueba de ELISA, en ovinos seropositivos, en Martínez de la Torre, Veracruz. Sin embargo no encontró una correlación positiva de estas dos variables. ⁷² También se ha realizado estudios para la identificación del polimorfismo genético de aislamientos de *Mycobacterium avium* subespecie paratuberculosis de caprinos del Centro de México y en otras zonas del país, utilizando el análisis de RFLP, para determinar el tipo de Map que existe México para ser utilizado en estudios epidemiológicos. ^{73, 74}

En cuanto a estudios de prevalencia, Santillán et al (2003) , realizaron un estudio sobre la situación epidemiológica de la paratuberculosis bovina, en el estado de Guanajuato, encontrando una prevalencia de la enfermedad en Ganado Bovino Lechero de 30.65% y en Ganado de doble propósito del 25%, encontrando además que, el Ganado Holstein presentó una prevalencia del 15.5%. Sin embargo, del total de sueros analizados (411), el 10.71% fueron positivos a la enfermedad. ¹¹

Por otra parte, en México sólo se han hecho evaluaciones del impacto económico en ganado lechero bovino, de otras enfermedades que cuentan con Campaña de control Sanitario, tales como la Brucelosis ^{75, 76, 77} y Tuberculosis Bovina ⁷⁸ en diferentes lugares y condiciones de México.

En conclusión, gran cantidad de países han iniciado programas de control para detener la propagación de la enfermedad y generar hatos y áreas libres de la enfermedad; sin embargo, uno de los mayores obstáculos en el control de la enfermedad es la dificultad para identificar a los animales infectados subclínicamente; además, las medidas ordinarias para prevenir la introducción de enfermedades infecciosas en el hato no funcionan para la Paratuberculosis.⁷

2.7 Lineamientos para la evaluación económica de las enfermedades

Con el objeto de tener un marco de referencia adecuado, se puede considerar que un costo es un concepto que nos aleja de un beneficio buscado; si lo que se busca es tener utilidades y rentabilidad.¹⁰⁸

Las enfermedades de los animales influyen de manera importante en los costos de las empresas agropecuarias, por lo que sus efectos y su control, deben de ser incluidos en la evaluación económica de las explotaciones.² Estas evaluaciones deben ser hechas a diferentes niveles: a nivel de animal (por concepto de baja producción, problemas reproductivos, etc), de hato, regional y además por unidad de producto. Asimismo, la evaluación del impacto económico de la enfermedad requiere métodos de análisis que permitan establecer comparaciones de sanos vs enfermos.⁷⁹ Por su parte, la producción animal, constituye una actividad económica. La rentabilidad y las utilidades, son las variables que condicionan muchas de las decisiones de los empresarios.²

Los productos ganaderos son el resultado de la transformación de materias primas ó insumos, en diversos productos.² La distinción entre producción y productividad, por lo tanto, resulta crucial en este tipo de análisis. En el entendido de que **producción** se considera como el nivel total de salidas o productos, en tanto que la **productividad** se refiere al rendimiento de los recursos limitantes del sistema, como mano de obra ó alimento, es decir la conversión de entradas en salidas, y la **eficiencia**, se refiere al índice de salidas dividido entre el índice de las entradas.⁷⁹

Las enfermedades normalmente reducen la producción y la productividad, por lo tanto tenemos que los efectos de la enfermedad en un sistema dado de producción son la disminución en la eficiencia, en las cuales las entradas son transformadas en salidas. A su vez, este efecto puede resultar en la disminución del valor de los productos con un nivel dado de insumos, o por requerir mayores niveles de insumos para alcanzar un nivel dado de producto.

Existen varios mecanismos que afectan la productividad animal, los cuales pueden ser evidentes, como la muerte del animal, y otros como la baja producción láctea, reducción en la ganancia diaria de peso, y otros que pasan desapercibidos, como la disminución en los niveles de fertilidad, reduciendo el número de becerros nacidos, afectando la estructura del hato. En algunos casos, también se generan pérdidas indirectas, debido a que la presencia de la enfermedad, no permite el acceso a mejores mercados.⁷⁹

El costo total de una enfermedad consiste en la suma de las pérdidas en producción explícitas e implícitas y los gastos en las medidas de control. Este varía entre los sistemas de producción. Sin embargo, la relación entre las pérdidas y los gastos no son lineales, reflejando la naturaleza no lineal, de la clásica función de producción.⁷⁹

2.8 Importancia económica y pérdidas debidas a la enfermedad

Diversos autores han señalado la importancia económica de la Paratuberculosis Bovina. Uno de ellos, Chiodini, en EUA, en los años 80's, menciona que la enfermedad todavía no había tenido una investigación intensiva de la importancia que demandaba, y que algunos granjeros preferían no informar de su presencia ocultando los casos sospechosos, lo que había dificultado determinar una frecuencia verdadera o estimar sus pérdidas financieras.⁵

Otros autores, Johnson & Kaneene, que en 1997, realizan una revisión del impacto epidemiológico y económico de la enfermedad de Johne en su forma subclínica, consideran que la identificación de las pérdidas se dificulta por la detección de vectores y la evaluación del impacto de la infección en la productividad de esos animales. Mencionan que las pérdidas globales, debidas a la enfermedad, son una respuesta a dos mecanismos fisiológicos: el balance negativo de energía y una inmunidad celular dañada. El primero debido a una mala absorción intestinal de nutrientes y el segundo, debido a una alteración en la respuesta celular.⁸⁰ Mencionan también, que se han desarrollado modelos económicos de simulación para la Paratuberculosis, los cuales han mostrado la incapacidad para estimar los valores de los recursos adicionales de los costos económicos asociados con la enfermedad, que pueden dejar una sobre estimación y una devaluación de los beneficios de los programas de control y erradicación. Finalmente consideran que una limitación para calcular el costo de la enfermedad es la dificultad para la detección de la infección, debido a que la baja sensibilidad de las pruebas de diagnóstico resultan en la inclusión de casos falsos-negativos en los grupos de control.⁸⁰

Otro autor señala que la estimación precisa de las pérdidas subclínicas en la producción, es un factor muy importante y necesario para la evaluación del costo-beneficio de las pruebas diagnósticas y de los programas de desecho.⁸¹

Chiodini, (1986), describe que los ganaderos estadounidenses, en New England, tenían pérdidas por arriba de US\$100,000, al evaluar un período de 5 años. Indica que tan sólo en el estado de Wisconsin, la industria lechera tenía pérdidas por arriba de los US\$ 54 millones de dólares al año debido a la enfermedad. Menciona también que los dueños del ganado (enfermo clínica y subclínicamente), pueden tener pérdidas económicas mayores a US\$ 75-100 por cabeza/año de ganado adulto.¹²

Así mismo, Benedictus (1987), realiza una investigación en Holanda, para determinar las pérdidas causadas por la enfermedad. Reporta que dichas pérdidas incluyen la disminución de la producción (32%), los costos veterinarios y el tratamiento (2%), reducción del valor al sacrificio (20%), pérdidas debido a ociosidad en las instalaciones de producción (3%), y futuros ingresos no realizados, tomando en cuenta la edad al desecho y su lactancia previa de animales desechados (43%).⁹

En EUA, Hutchinson, menciona que en un estudio realizado en Pensilvania en 1984, se estimaron las pérdidas económicas debido a Paratuberculosis Bovina. Estas incluyen la reducción del valor del desecho estimado en US\$648,000 al año, y por concepto de disminución láctea \$5,211,000, evaluando la producción láctea durante la última lactancia de animales enfermos antes de ser desechados; en tanto que en New England y Wisconsin, estimaron también las pérdidas anuales debido a la enfermedad de Johne en US\$15.4 y US\$54 millones, respectivamente.⁸²

Al respecto, Chiodini, reporta que las pérdidas por disminución de la producción láctea debido a la Paratuberculosis clínica, fueron de US \$6.6 millones y por pérdidas debido a la disminución de productividad fueron de \$8.8 millones, causando pérdidas mayores a US \$15.4 millones.⁵⁰

En un estudio realizado en Australia, se estimaron las pérdidas directas e indirectas debido a la enfermedad de Johne, donde tomaron en cuenta la prevalencia de la enfermedad y las políticas de control por especie (ganado bovino, ovino y caprino). Encontraron un rango de pérdidas de \$ 1,500 a \$4,000 dólares australianos en animales clínicamente enfermos, mientras que, en animales con la enfermedad subclínica por hato al año, las pérdidas fueron

menores de \$1,000 dólares australianos. En dicho estudio se menciona además que el ganado de carne se ve afectado principalmente debido a costos indirectos, por pruebas de laboratorio y restricción de centros ganaderos.⁸³

La Paratuberculosis causa considerables pérdidas económicas en ganado bovino, donde se ha presentado una prevalencia de hasta un 50%, según lo reportado por Hutchinson (1996) el cual también menciona que todavía pocos habían escrito acerca de las pérdidas económicas en rumiantes.⁸

Por otra parte, en un estudio realizado por Juste et al (1993) en un rebaño ovino, se desarrolló un modelo que compara los efectos económicos y epidemiológicos de las diferentes estrategias para el control de Paratuberculosis en un rebaño ovino. Concluyeron que la mejor estrategia es la vacunación de las corderas para reemplazo, teniendo una relación beneficio/costo de 2.19 y 7.10 en los dos niveles de prevalencia, baja y alta, respectivamente.

84

Una de las investigaciones más completas y detalladas de la situación de la Paratuberculosis bovina, fue realizada por el USDA, en 1996. Estimaron el costo de la enfermedad de Johne por arriba de US\$ 200 por vaca inventariada. La mayor parte de este costo se debe a la disminución de la producción láctea de 1,500 libras por vaca; le siguen los altos costos por reemplazos de vacas, y el bajo ingreso por vaca desechada. Si el porcentaje de vacas de desecho con signos clínicos es menor al 10%, los costos anuales por vaca inventariada es de US\$ 40. Si es mayor al 10%, sufren severas pérdidas económicas de US\$ 227 por vaca inventariada al año.⁶

También encontraron que los hatos positivos a Map, mediante la prueba de ELISA, tenían una pérdida de alrededor de US\$ 100 por vaca, debido a la disminución en la producción láctea e incremento en los costos de reemplazos por vaca. Reportaron también que en los hatos con al menos el 10% de los desechos debido a Map, las pérdidas estaban por arriba de los US\$ 200 por vaca. En los hatos con prevalencia alta (con más del 10% de animales desechados por Map con signos clínicos), incluyen la disminución de la producción láctea de 700 kg/ vaca, más las vacas desechadas y mortalidades más altas, ya que se incrementa en 22% en comparación a los hatos que eran negativos a la enfermedad.⁸⁵

Garry et al (1999), analizan el estudio realizado por el USDA, recalcando que, de cada 100 vacas con un mínimo de 10% al año de desechos debido a paratuberculosis, se tiene una

pérdida en el hato de US\$ 24,000 al año. Describen que las pérdidas son (US\$ /vaca) de -214.39 en el valor de la leche; en los becerros nacidos de 1.55; costo de neto del reemplazo de vaca: -32, dando un valor anual ajustado de US\$-244.94.⁸⁶

Al respecto, las pérdidas económicas asociadas a Paratuberculosis en este tipo de ganado, reportadas en Wisconsin, se han estimado que ascienden a US\$1.85 millones.⁸⁷

Existen diferentes modelos para estimar las pérdidas de enfermedades a nivel nacional. Uno de ellos es el propuesto por Bennet et al (1999), en Inglaterra. Para estimar los costos directos de la enfermedad, suman los siguientes conceptos: el valor de la pérdidas en salidas y/o recursos desperdiciados por la enfermedad, los costos de tratamiento incurridos tratando de mitigar los efectos de la enfermedad en la producción y los costos asociados con la prevención específica de la enfermedad.⁸⁸ Otro de ellos es el realizado por Chi et al (2002) que utilizan como base la propuesta de Bennett et al, para estimar los costos directos de cinco enfermedades a nivel nacional en Canadá.⁸⁹

Se concluye que la mayoría de las pérdidas se deben principalmente al desecho prematuro⁸ y a la reducción en la producción láctea.^{86, 90, 91}

2.9 Modelos de evaluación económica de Paratuberculosis Bovina.

Existen diversos modelos que evalúan las pérdidas económicas o impacto económico de las enfermedades, entre ellas la Paratuberculosis Bovina. A continuación se describen algunos de los modelos que han evaluado a la Paratuberculosis Bovina, en sus respectivos países.

2.9.1 "Efectos financieros de *Mycobacterium paratuberculosis* en la mastitis, producción láctea e índice de desecho en vacas clínicamente normales"

En este estudio, realizado por Wilson et al (1995) en los EUA, evalúan las diferencias de producción láctea, presencia de mastitis, así como el índice de desecho entre vacas positivas y negativas a Paratuberculosis Bovina en un solo hato y su resultados financieros. Utilizaron como prueba de diagnóstico el cultivo fecal, en un período de estudio de un año. Tomaron las siguientes variables: edad, época de nacimiento, producción láctea de grasa corregida a equivalente de madurez DHIA (Dairy Herd Improvement Association), conteo de células somáticas, nueva infección no clínica, infección crónica no clínica, mastitis clínica, días DHIA en leche y número de lactancia. Utilizaron una prueba de T para comparar la infección

de Paratuberculosis y el número de lactancia. Las variables de infección y mastitis fueron transformadas a índices de infección/ vaca/ 305 días de lactancia. Las pérdidas económicas fueron calculadas de las diferencias entre grupos de Paratuberculosis (vacas positivas y negativas). En este sentido, utilizaron las pérdidas reportadas por otros autores, y fijaron los valores de la leche y de vacas desechadas. Los índices de desecho fueron comparados con el promedio nacional que fue de 36%.²⁹

2.9.2 "La enfermedad de Johne en la actividad lechera de Estados Unidos"

En el estudio del NAHMS (National Animal Health Monitoring System) del USDA, publicado en los EUA durante 1996, para estimar las pérdidas económicas utilizan un modelo de regresión lineal. Denominaron a la pérdida económica debido a la enfermedad, como Reducción del valor anual ajustado de la producción por vaca lechera. El valor anual ajustado de la producción lechera era igual al siguiente modelo:

Valor anual ajustado = + valor anual de la producción láctea + valor anual de los becerros al nacimiento - Costo neto de reemplazo por vaca + valor anual de las vacas lecheras vendidas + valor anual de vacas desechadas - valor anual de las vacas de reemplazo.

Esta metodología fue descrita por Ott en 1999, y con ella estimaron las pérdidas asociadas a la enfermedad, con los valores de producción por vaca de cada hato. Para la estimación de las pérdidas asociadas a nivel de hato de la enfermedad de Johne, el valor de la producción por vaca por cada uno de los hatos de estudio, se utiliza como variable dependiente, ya que incluyen tanto los ingresos y algunos cambios en los costos.⁸⁵

El modelo toma en cuenta las siguientes variables: el número de hatos, categorías de animales negativo y positivos, tamaño de los hatos, región del país, número vaquillas a primer servicio, conteo de células somáticas en tanque, porcentaje de vacas gestantes; todas estas variables fueron a su vez divididas en categorías y expresadas en porcentaje.

2.9.3 "Estimaciones preliminares de los costos directos asociados con enfermedades endémicas del Ganado en Gran Bretaña"

Bennett et al (1999),⁸⁸ realizaron otro estudio, citando que se basaron en la metodología propuesta por McInerney et al (1992).⁹² Aplican una metodología estandarizada, con valores financieros comunes, para la estimación de los costos directos de producción en

ganado de 30 enfermedades endémicas en Gran Bretaña. Los cuales incluyen la identificación de la población ganadera en riesgo, estimación de la incidencia anual de cada enfermedad en esas poblaciones, identificación del rango e incidencia de los efectos físicos de cada enfermedad en la producción. Describen un sencillo modelo en una hoja de cálculo, para cada enfermedad y presentan las estimaciones preliminares, en cuanto al valor de las pérdidas o salidas entre los recursos desperdiciados, los costos del tratamiento y de la prevención.⁸⁸

Específicamente para la enfermedad de Johne, divide las pérdidas en 3 categorías, tomado en cuenta la metodología reportada por Benedictus (1987):⁹ pérdidas antes del desecho, al momento del desecho y por uso ineficiente de capital. Además de analizar por separado los animales clínicamente y subclínicamente infectados. Para la estimación de las pérdidas, toma en cuenta: el sistema afectado (lechero o cárnico), la población de ganado en riesgo, la incidencia anual de la enfermedad, pérdidas en leche, pérdida por desecho prematuro o valor al desecho, y el costo del tratamiento médico, todo lo anterior lo suma para determinar el costo total de la enfermedad. Para dicho modelo, maneja dos niveles de prevalencia de la enfermedad, bajo de 14% y alto de 26%. Dentro del mismo estudio, los autores calculan las pérdidas a nivel nacional en £ 830 y £130, utilizando parámetros reportados por diversas investigaciones de otros autores, en su país, lo cual es muy práctico, pero poco preciso.

2.9.4 "Análisis económico a nivel de hato del impacto de la Paratuberculosis en establos lecheros".

Johnson et al, en 1999, realizaron un estudio para determinar el impacto de la enfermedad a nivel de hato, en el estado de Michigan, EUA. Para calcular el tamaño de muestra, estimaron una prevalencia del 34%. Acorde con el censo de los distritos, dividieron en 5 estratos a la población de cada distrito, de acuerdo el tamaño del hato (de 10-49, 50 a 99, 100 a 199, 200 a 399, y mayor a 400),. Analizaron la información a través de paquetes estadísticos, por medio de un modelo de regresión lineal multivariable. Entre las variables que analizaron se encuentran la mortalidad, la horas de trabajo por vaca, y el peso promedio de vacas desechadas y el promedio de producción anual por vaca, pero no analizan factores reproductivos, ni desecho prematuro.⁴ Encontraron una disminución en el peso promedio de vacas desechadas de 33.4 kg asociados con un 10% de aumento de la proporción de vacas positivas a Paratuberculosis a la prueba de ELISA. Generando una pérdida, en un hato de

tamaño promedio de \$1,150 dólares al año de ingresos de la venta de vacas para rastro. A pesar de los resultados obtenidos, no pudieron inferir relaciones de causa-efecto de su estudio seccional cruzado, ya que mencionan se requieren de otro tipo de estudios epidemiológicos prospectivos y experimentales controlados, para demostrar estas relaciones. ⁴

2.9.5 "Pérdidas directas de producción y costos de tratamiento de los virus de Diarrea Viral Bovina, Leucosis Bovina, *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* y *Neospora caninum*".

En otro estudio más reciente, realizado en Canadá por Chi et al. durante el 2002, determinaron la pérdidas directas a la producción. Para esto, suman las siguientes variables: pérdida de leche, desecho voluntario prematuro y valor reducido al sacrificio, pérdidas por mortalidad, abortos y pérdidas reproductivas, y los costos del tratamiento, como son los servicios veterinarios, costo de la medicación y costos por labores extras en el hato. Utilizaron un modelo de presupuesto-parcial e incorporaron un análisis de riesgo y sensibilidad para identificar los efectos de incertidumbre en los costos. ⁸⁹

También determinan el valor de la pérdida reproductiva, donde multiplican la producción láctea por vaca al año, por el precio de la leche, más el valor del becerro. Este resultado lo multiplican por la población promedio de cada hato y le suman el valor de 28 días abiertos. ⁸⁹

2.10 Pérdidas económicas debidas a Paratuberculosis Bovina

Debido a que cada modelo y autor, estima de forma diferente las pérdidas o efectos ocasionados por la enfermedad, a continuación se describe como determinan a cada una de ellas.

2.10.1 Desecho prematuro

El desecho prematuro es una parte importante del impacto económico de la Paratuberculosis, ya que ocasiona pérdida de material genético, aumenta el número de animales eliminados voluntariamente, o por cuestiones de producción, y aumenta los costos por crecimiento de hato y del reemplazo de animales. El desecho temprano de animales infectados con Map, ya sea como consecuencia de la existencia de un programa de control de la enfermedad o por efectos reproductivos y en la salud del ganado asociados a Paratuberculosis, dificultan el cálculo del costo de oportunidad en el hato. Se destaca también, el desecho de animales sanos por tener resultados falsos positivos.⁸ Chiodini menciona que con

la infección de Paratuberculosis Bovina, existe mayor susceptibilidad a otras enfermedades, por lo que se desechan antes del pico de producción, además de que generan gastos reproductivos que no podían ser estimados.⁵

Raizman et al (2002), encontró que el 13% de las vacas desechadas en el estado de Minnesota, padecían la enfermedad, y que el 32% se encontraba en la primera lactancia y el 25% en la segunda lactancia. Utilizaron la prueba de ELISA y el cultivo fecal para el monitoreo de los hatos.⁹³

Una de las variables relacionadas con el desecho de animales con Paratuberculosis, es la disminución de peso de dichos animales. Al respecto Hutchinson (1988), menciona que en un estudio realizado en Pensilvania, las vacas desechadas y con cultivo positivo a Map, pesaron 129 libras menos que las que presentaron un resultado negativo a esta prueba.⁸² A su vez, Johnson et al (1999), encuentran que la reducción en el promedio de peso de vacas desechadas con Paratuberculosis, representó una pérdida de US\$1,150 por cada 10% de incremento en la prevalencia de la enfermedad en el hato.⁴

Con lo que respecta a la estimación de los costos relacionados con esta variable, uno de los autores que describen la metodología son Bennett et al (1999), quienes denominan a esta variable como costo de desecho lechero-valor reducido de la canal al desecho y su valor es la diferencia del valor de la vaquilla de reemplazo menos el valor disminuido de la vaca de desecho, ya sea un 30% (con incidencia baja) o en un 100% (con incidencia alta), este valor lo multiplican por la población en riesgo y por la incidencia de la enfermedad para obtener el costo.⁸⁸

A su vez, Chi et al (2002) denominan a este costo de desecho prematuro, y lo determinan al multiplicar la prevalencia de la enfermedad, por la población promedio de ganado en el hato, para posteriormente multiplicarlo por un índice de desecho de ganado infectado estimado en 20%, multiplicando también dos variables: una es el resultado de la diferencia del costo del reemplazo menos el valor de desecho de animal sano, y a la segunda le restan a uno un índice de peso de desecho de ganado infectado, estimado en 25%.⁸⁹

2.10.2 Disminución en la producción láctea

Con respecto a esta variable, Buergelt & Duncan, en 1978, encontraron menor expectativa de vida y reducción de la producción láctea de vacas infectadas con Map, en comparación con hatos no infectados. Encontraron que los animales no infectados producen

17,206 libras y que animales infectados y con signología clínica producían 14,470 libras. Las vacas altas productoras, frecuentemente fueron desechadas antes de su primera o segunda gestación es decir, antes de alcanzar su pico de producción, también encontraron que algunas vacas con Paratuberculosis subclínica, presentaban problemas de infertilidad y de mastitis.¹⁵

A su vez, Benedictus (1987) en Holanda, realizó un estudio de las pérdidas económicas causadas por la Paratuberculosis, donde se reportó que la disminución en la producción láctea fue de 19.5% en animales desechados que mostraron signos clínicos de Paratuberculosis. La disminución en la última lactancia, comparada con la lactancia previa fue de 5%. En animales con formas subclínicas de Paratuberculosis, estas disminuciones en la producción fueron de 16 y 6% (última lactancia y la previa).⁹

Dinsmore, citado por Hutchinson en 1988, realiza una investigación donde compara vacas con cultivo positivo a Map y vacas con cultivo negativo, tomando en cuenta la edad y la etapa de la lactancia, los animales no presentaron efectos negativos en la eficiencia reproductiva, pero si, un incremento en la presentación de mastitis y una disminución del 4% en la producción láctea a 305 días.⁸²

Por otra parte, la disminución en la producción es mayor en animales con la enfermedad clínica, aunque se ha descrito que en vacas con enfermedad subclínica la producción es 15% menor en comparación con vacas no infectadas.^{8, 27}

Al respecto, se ha encontrado que el ganado infectado con la enfermedad subclínica, produce 1,333 libras de leche / vaca /día menos que los animales no infectados, representando una disminución en la producción láctea de 7.8%, utilizando como diagnóstico de la enfermedad, métodos histológicos y bacteriológicos.¹²

Por otra parte, Wilson en 1995, encontró que la Paratuberculosis fue asociada con un beneficio económico debido a bajos índices de mastitis en vacas positivas, pero con una pérdida financiera neta, debida a una disminución en la producción láctea y al incremento en los índices de desecho, considerando una prevalencia del 21% en los hatos. También reporta que las pérdidas financieras debido al número de lactancia fueron evidentes. Concluye que las pérdidas de leche, la disminución de mastitis, e incremento de desecho combinados, resultan en un costo anual neto debido a Paratuberculosis por animal, según el número de lactancia en la que se encuentren, de: primera lactancia, US\$ 9.92; segunda lactancia, US\$ 160.59; de tercera lactancia, US\$ 291.45 y más de tres lactancias, US\$ 34.09.²⁹

También se ha encontrado que la magnitud de la asociación entre la infección subclínica y la producción de leche depende a su vez del número de lactancias del animal, etapa de la enfermedad y de la lactancia. La evaluación del impacto de la Paratuberculosis subclínica en la producción de leche debe considerar un promedio del número de partos de la muestra de la población. En hatos que tienen un promedio de número de partos de 2 o menos, la infección subclínica de Paratuberculosis puede tener un pequeño impacto en la producción lechera.⁹⁴

Con respecto, al cálculo de esta pérdida, Bennett estima que su valor es igual al resultado del multiplicar, la incidencia de la enfermedad, por la población en riesgo, por el porcentaje de disminución de la producción láctea, por la producción láctea promedio por el precio de la leche.⁸⁸

A su vez, Chi et al, determinan esta pérdida de la siguiente forma: multiplican la prevalencia, por el promedio de población en el hato, por la producción láctea por cabeza, por el precio de la leche, por un porcentaje de disminución de la producción láctea, estimado en 15%.⁸⁹

2.10.3 Fallas Reproductivas

Merkal (1975) realizó una investigación con el propósito de determinar la asociación entre la paratuberculosis subclínica con la infertilidad y la mastitis. Encontró que la infertilidad fue significativamente más alta en animales con Paratuberculosis subclínica que en animales no infectados, además de que la mastitis fue la razón de desecho del 22.6% de animales con paratuberculosis subclínica. Determinó que el 29.9% de animales infectados fueron desechados por Paratuberculosis clínica.¹⁴

A su vez Buergelt & Duncan, en 1978, encontraron que existe un alta probabilidad de desechar animales que padecen Paratuberculosis Bovina en forma subclínica, por problemas de infertilidad.¹⁵

También se ha encontrado que el intervalo entre partos es mayor, donde la mayoría del ganado infectado, no presenta sintomatología clínica de la enfermedad.²⁷

Jonhson et al 2000, mencionan que debido a que no existen datos concluyentes en la literatura, que determinen el desempeño reproductivo de animales con la infección subclínica de Paratuberculosis, se puede tomar en cuenta la estimación de los días abiertos, dado que

son un resultado específico de dicho desempeño reproductivo y por lo tanto un excelente indicador. ⁹⁵

Estos autores encontraron que con una prevalencia ajustada de 59.9%, hay un incremento de 28 días abiertos en vacas positivas a Map, en comparación con vacas negativas, lo cual pueden deberse a una disminución en la manifestación del estro o a un incremento del anestro posparto, generados a su vez por el balance negativo de energía asociado a la infección por Map. ²⁶

Al respecto, Kirk (1999) estima el costo del incremento de los días abiertos durante la gestación temprana, de US\$2-5 por día, sin embargo no especifica como obtiene ese valor. ⁹⁶

En cuanto a la estimación de la pérdida económica, Chi et al (2002) evaluaron la pérdida reproductiva y por aborto de cinco enfermedades, entre ellas la enfermedad de Johne. Mencionan que la pérdida por aborto, no se toma en cuenta, ya que no existían investigaciones sobre su presentación en animales con la infección de Paratuberculosis, por lo que consideran un valor de cero para este concepto. ⁸⁹

Este mismo autor, estima la pérdida reproductiva de la siguiente forma: primeramente determina el Valor de la pérdida reproductiva, multiplicando la producción láctea por vaca al año, por el precio de leche, por el porcentaje de pérdida de producción láctea debido al aborto, más el valor del becerro (por cabeza). Después determina el valor de la pérdida reproductiva y por aborto, que obtiene de multiplicar la población promedio del hato, por la prevalencia, que a su vez multiplica por el resultado de la suma del porcentaje de aborto debido a la enfermedad por el valor de la pérdida reproductiva, más el resultado de multiplicar 28 días abiertos por el costo de los días abiertos, reportado por Kirk (1999). ⁹⁶

2.10.4 Mortalidad

Para este concepto, Chiodini, menciona que las pérdidas debido a la emaciación y muerte, se estiman entre un 3-10% en adultos debido a la Paratuberculosis bovina. ⁵

Se ha reportado que el costo económico debido a mortalidad se estima al determinar la diferencia entre el valor al desecho de los animales con paratuberculosis y el costo de la adquisición de vaquillas de reemplazo. En un estudio encontraron que en el valor atribuible al incremento de la mortalidad va desde \$1,607 a \$4,400. Reportan también un riesgo de mortalidad debido a la enfermedad del 3%. ⁴

Chi et al (2002) estiman que la pérdida por este concepto es igual al resultado de multiplicar la población promedio del hato, por la prevalencia de la enfermedad, por el costo de una vaquilla de reemplazo multiplicado por el porcentaje de mortalidad antes mencionado (3%).⁸⁹

2.10.5 Tratamiento médico

Los problemas en el diagnóstico, también generan pérdidas económicas considerables, ya que se requiere utilizar más de una prueba diagnóstica, incrementando el costo de laboratorio.⁸

La enfermedad no tiene tratamiento, los animales tratados a menudo mejoran en forma aparente, sin embargo vuelven a recaer y continúan eliminando la bacteria en heces.⁵

Para la estimación de esta variable, Bennett menciona que actualmente en Gran Bretaña no se usan agentes terapéuticos para contrarrestar la enfermedad, pero se asume que los casos clínicos reciben una visita del veterinario para el diagnóstico. Esta pérdida la calcula sumando la población en riesgo de vacas adultas multiplicada por el porcentaje de incidencia de la enfermedad en vacas lecheras, más la población en riesgo de las crías, multiplicada por el porcentaje de incidencia de la enfermedad en crías. Al resultado, lo multiplica por el costo de la visita del veterinario (por caso clínico).⁸⁸

Al respecto, Chi et al, mencionan que los costos del tratamiento de cualquier enfermedad, pueden ser estimados sumando el valor de los servicios veterinarios, los costos de medicación y las labores extras debido a la enfermedad; en este caso, asumen que los casos clínicos y subclínicos son sometidos a tratamiento terapéutico.⁸⁹

El valor de los servicios veterinarios los estima al multiplicar la población promedio, por la prevalencia de la enfermedad, por el costo de la visita del veterinario, multiplicado por el resultado de la suma del porcentaje de aborto de ganado infectado y el porcentaje de mortalidad. Los costos de medicación los estima al multiplicar la población promedio de ganado en el hato, por la prevalencia de la enfermedad, multiplicando por 2, al resultado de sumar el porcentaje de aborto y el porcentaje de mortalidad, por el costo de medicación por caso. Por último, para estimar el costo de la labor extra, nuevamente multiplica a la población, por la prevalencia, y multiplica por 2 a la suma del porcentaje de aborto y el porcentaje de mortalidad, a este resultado lo multiplica por el costo de la labor extra por cabeza de ganado.⁸⁹

2.11 JUSTIFICACIÓN

Debido a la importancia económica que desde hace varias décadas ha tomado la Paratuberculosis a nivel mundial, diversos países han desarrollado programas de control y erradicación de la enfermedad, e incluso cuentan ya con áreas libres de la misma, como Suecia ⁶, Australia ⁴⁸, y Holanda. ⁹⁷ En los EUA, el aumento de los esfuerzos por controlar la enfermedad, ⁶ que obligan a los ganaderos a desechar los animales positivos, a realizar un monitoreo rutinario, y establecer medidas de control, etc. ⁹⁸, en un futuro podría implicar el establecimiento de restricciones no arancelarias en el mercado, lo cual limitaría la movilización de poblaciones animales por problemas sanitarios, entre países como Canadá, EUA y México, entre otros. En tanto que en México, existe poca investigación al respecto, de ahí que los estudios sobre Paratuberculosis en ganado lechero bovino son escasos, siendo el más reciente el de Santillán, et al (2003) ¹¹ y los que se han realizado en pequeños rumiantes. ^{69, 70, 71, 72, 73,} ⁹⁹ Así mismo también se han realizado estudios en ganado de lidia. ^{66, 67, 68} Sin embargo el impacto económico de la enfermedad en nuestro país se desconoce.

La estimación de la enfermedad clínica basada en los signos del ganado siguen representando la punta del iceberg de la infección, y a nivel de hato, puede representar sólo el 5% del número total de ganado infectado. ^{6, 25} Esta naturaleza oculta de la enfermedad de Johne es una razón para reconocer al agente causal, como un importante patógeno bovino en la industria lechera. ⁶

Dado lo anterior, resulta de gran importancia llevar a cabo estudios que determinen y documenten el impacto económico de la enfermedad, ya que sus repercusiones económicas no han sido tomadas en cuenta por los ganaderos, ni por las dependencias de gobierno, lo que ha ocasionado que no sean cuantificadas adecuadamente. Además, considerando que las manifestaciones clínicas llegan a ser evidentes en algunos casos, la relevancia de la enfermedad radica también en las pérdidas ocasionadas por animales subclínicamente infectados, siendo quizá una de las más importantes. Actualmente en México, no es considerada por instituciones de salud animal como la SAGARPA, ni SENASICA. Sin embargo, en CONASA (Consejo Nacional de Sanidad Animal), que cumple con la función de determinar la importancia y las repercusiones de las enfermedades en México ¹⁰ ha formado el Subcomité de Paratuberculosis Bovina, como resultado de la relevancia de la Paratuberculosis en el ganado bovino lechero, dado que a su vez existe el riesgo por la importación de ganado infectado a nuestro país.

En México, existen importantes Cuencas Lecheras (citadas en orden de importancia) como la Comarca Lagunera (Durango y Coahuila), los Altos (Jalisco), Rincón de Romos (Aguascalientes), Delicias y Cuauhtémoc (Chihuahua), Zumpango y Jilotepec (México), Tizayuca (Hidalgo), Colón y Villa del Marqués (Querétaro) y Mexicali (Baja California Norte) entre otras, que producen alrededor del 50% de la producción nacional de leche.³

Aunado a lo anterior, estudios realizados en EUA, Gran Bretaña y Canadá, reportan que la enfermedad representa un riesgo potencial para la salud pública^{6, 86, 89} y que por lo tanto, concierne a la industria de la producción animal darle más atención, ya que existe una posible relación de la enfermedad de Crohn en humanos con el agente causal (Map), del cual ya existe una investigación al respecto en México.¹⁰⁰ Además se ha encontrado evidencia de este en leche.¹⁰¹

Dados los antecedentes mencionados, es que se realizó el siguiente trabajo para determinar la seroprevalencia de la enfermedad y analizar, mediante una evaluación económica, las pérdidas que ocasiona la Paratuberculosis Bovina en hatos lecheros del Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca, Hidalgo, en el periodo comprendido de diciembre del 2003 a junio del 2004.

2.12 OBJETIVOS

2.12.1 Objetivo General

- Evaluar el impacto económico de la Paratuberculosis Bovina en el CAIT, estado de Hidalgo.

2.12.2 Objetivos específicos

- 1.** Determinar mediante la prueba de ELISA, la seroprevalencia de Paratuberculosis bovina del CAIT, en una muestra estratificada en los hatos, distinguiendo por tamaño y por número de lactancia.
- 2.** Determinar el impacto económico que generan el desecho prematuro, la disminución en la producción láctea, las fallas reproductivas, la mortalidad y el tratamiento médico, obtenido de la diferencia entre animales seronegativos y seropositivos a Paratuberculosis Bovina.
- 3.** Identificar si existe diferencia en el impacto económico por el tamaño de hato.

2.13 HIPÓTESIS

- 1) Los hatos con más de 300 cabezas presentan una prevalencia mayor que los hatos de menor tamaño.
- 2) La mayor frecuencia de animales seropositivos a Paratuberculosis se da en la tercera y cuarta lactancia.
- 3) Del total de los costos, la mayor pérdida la representa la disminución de la producción láctea.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un análisis de seroprevalencia transversal, descriptivo y observacional ¹⁰² así como una evaluación del impacto económico de la enfermedad de Paratuberculosis Bovina en ganado lechero del CAIT durante el período comprendido entre diciembre de 2003 y junio de 2004.

3.1 Descripción de la zona

Entre las cuencas lecheras destacadas en México, se encuentra la de Tizayuca, en el estado de Hidalgo. Fue creada en 1976, mediante el Fideicomiso "Fondo del Programa de Descentralización de las explotaciones lecheras del D.F." filial del Banco Nacional de Crédito Rural (BANRURAL) y financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). ⁷⁶

El CAIT actualmente cuenta con 116 hatos, en funcionamiento, que agrupan a una población aproximada de 27,706 vacas lecheras en producción.

Se encuentra localizado en el Municipio de Tizayuca, al sur del estado de Hidalgo, dentro de las coordenadas 19° 51' 25" latitud norte y 98° 59' 8" longitud oeste. Presenta un clima BS1kw ^{75, 76} que según la clasificación de Köppen modificado por García, corresponde a un tipo semiseco templado con lluvias en verano, con una precipitación pluvial anual de 642.9 mm y una temperatura medial anual de 16.3° C. ¹⁰³

3.2 Descripción de los hatos de estudio

Se caracteriza por contar con ganado especializado en la producción lechera, principalmente de la raza Holstein Friesian y en menor cantidad de la raza Jersey. Cuenta con tecnología altamente especializada, bajo un manejo estabulado. Realizan prácticas de medicina preventiva, reproducción y mejoramiento genético, bajo un sistema de producción intensivo. La dieta del ganado se basa en alimentos balanceados y forrajes de corte. La ordeña se realiza a través de ordeñadoras mecánicas y la leche producida se destina principalmente a las plantas pasteurizadoras y transformadoras. ³

A fin de validar los resultados acorde a las condiciones de nuestro país, la información obtenida de otras fuentes, se coteja con la obtenida por otros autores. Se analizó la metodología propuesta en estudios realizados en EUA. ^{4, 85} Gran Bretaña ⁸⁸ y en Canadá ⁸⁹ así como la metodología de evaluación de campañas de sanidad animal, ¹⁰⁴ como base para la estimación de las pérdidas asociadas a la enfermedad.

3.3 Determinación del tamaño de muestra

3.3.1 Estratificación de los hatos:

Se realizó una estratificación de los hatos, según el número de cabezas de cada hato, esto se debió a que como se ha reportado, el tamaño de hato influye en la presentación de la enfermedad. Por lo que se dividieron en 3 estratos: chicos, medianos y grandes. Los 113 hatos que se encontraban en funcionamiento en toda la cuenca, se dividieron en tres proporciones, de forma que la población quedo distribuida de manera uniforme.

La población total del CAIT y el número de hatos por estrato, se enlista a continuación:

Estrato	Tamaño	Número de hatos	%	Población total
1	Chicos (1 a 180)	36	31.86%	4,733
2	Medianos (181- 299)	41	36.28%	9,669
3	Grandes (300 o más)	36	31.86%	13,304
TOTAL		113	100%	27,706

Fuente: Departamento de Servicios Veterinarios y Sanidad Animal del CAIT.

3.3.2 Determinación del número de hatos muestreados

Para estimar el total de pérdidas ocasionadas por la Paratuberculosis Bovina en el CAIT, se determinó el número de hatos a muestrear para la prueba de ELISA en suero sanguíneo, utilizando la siguiente fórmula: ¹⁰⁵

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L N_i^2 \sigma_i^2 / w_i}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2} \quad D = \frac{B^2}{Z_{\alpha/2}^2 N^2}$$

Donde:

L = Número de estratos

N = Tamaño de la población total

B^2 = Límite para el error de estimación

$Z_{\alpha/2}^2$ = Porcentil de la distribución normal estándar

N_i = Tamaño de la población del estrato i -ésimo.

σ_i^2 = Varianza del estrato i -ésimo

W_i = Proporción que representa el tamaño del estrato i -ésimo de la población total

Para lo cual, se utilizó un nivel de confianza del 95%. La fórmula requería un máximo de error de estimación (B) del costo total de la cuenca, por lo que se consideró una pérdida por hatos de \$2,700 (valor estimado como límite de error entre la pérdida por vaca en los hatos) que multiplicado por el número total de hatos del CAIT (113) arrojaba un resultado de \$305,100, que elevado al cuadrado genera el límite para el error de estimación (B^2). El resultado de la fórmula reveló que era necesario muestrear 29 hatos, para estimar el total de las pérdidas asociadas a Paratuberculosis Bovina en el CAIT. Finalmente para calcular el número de hatos a muestrear por cada estrato, se multiplicó la proporción del total de la población de la cuenca de cada estrato, por el total de hatos del CAIT, para obtener lo siguiente:

PROYECTADO:

ESTRATOS	NÚMERO DE HATOS A MUESTREAR
1) Chicos	9
2) Medianos	11
3) Grandes	9
TOTAL	29

Sin embargo, se tuvieron que realizar algunos ajustes, ya que dos de los hatos seleccionados del estrato chico, no contaban con registros e información confiable para el análisis económico o que no permitieron el muestreo y no se pudieron sustituir por otros hatos del mismo

tamaño. Por lo tanto, sólo se muestrearon 7 hatos del estrato uno, y para realizar el ajuste, se obtuvo un hato más en cada uno de los otros estratos, quedando finalmente de la siguiente forma:

REAL:

ESTRATOS	NÚMERO DE HATOS MUESTREADOS
1) Chicos	7
2) Medianos	12
3) Grandes	10
TOTAL	29

Este ajuste, podría afectar la estimación del impacto económico para el caso de los hatos del estrato uno, ya que solo representan el 24.14%, en lugar del 31.86% del rango de población de la cuenca.

3.3.3 Determinación del tamaño de muestra por estrato:

Para cada estrato, se consideraron las siguientes seroprevalencias esperadas, según lo reportado en el USDA, 1996: ⁶

Estratos	Prevalencia esperada
1) Chicos:	18%
2) Medianos:	20 %
3) Grandes:	40 %

Para determinar el tamaño de muestra, para un muestreo estratificado, se utilizó la siguiente fórmula ¹⁰⁵, que considera las prevalencias esperadas, antes mencionadas:

$$n_i = \frac{N_i p_i (1 - p_i)}{(N_i - 1) B^2 / Z_{\alpha/2}^2 + p_i (1 - p_i)}$$

Donde:

n_i = Tamaño de muestra para el estrato i-ésimo

N_i = Tamaño del estrato i-ésimo

p_i = Proporción estimada del estrato i-ésimo

B = Precisión

$Z_{\alpha/2}$ = Porcentil de la distribución normal estándar

De lo anterior, se obtuvo un tamaño de muestra total de 1,810 animales. Esta cantidad fue dividida por el número de hatos de cada estrato determinados anteriormente, dando por resultado el número de animales a muestrear de cada hatos (considerado un margen de seguridad de 5 a 10 muestras extras, en caso de que, por alguna razón se tuvieran que eliminar animales de la muestra, por no contar con registros completos), que multiplicado por el número de hatos, generó un tamaño de muestra total de 1,810 animales.

Estratos	Tamaño de muestra por hatos	Número de hatos muestreados	Total animales muestreados / Estrato
1) Chico	50	7	350
2) Mediano	55	12	660
3) Grande	80	10	800
TOTAL			1,810

Se muestrearon animales en producción, que se encontraran entre la primera y la sexta lactancia, basándose en el estudio realizado por el USDA (1996).⁶ Este estudio encontró que la mayor prevalencia se encuentra en los animales entre las etapas de tercera y cuarta lactancia. Para la obtención de un resultado confiable a la prueba de ELISA, se muestrearon solamente animales mayores de 2 años, según lo especificado por la prueba.

Sin embargo, se tuvieron que eliminar registros de información de algunos animales, por contar con información completa. Finalmente, para el cálculo de la prevalencia y la estimación del impacto económico, se contó con 1,639 registros de animales muestreados.

3.4 Análisis de laboratorio

3.4.1 Obtención de muestras:

Se utilizaron muestras de suero sanguíneo, que en su mayoría fueron obtenidos de los muestreos cuatrimestrales que realiza el Departamento de Servicios Veterinarios de Salud Animal del CAIT. En algunos casos, por diversas cuestiones, no fue posible obtener el suero de esos muestreos, y se procedió a solicitar al propietario del hato, permitiera obtener la muestra directamente de su ganado. Por lo que con apoyo de personal del mismo Departamento, se realizó la punción de la vena coxígea para obtener la sangre en tubos vacuttainer sin anticoagulante. Todos los sueros fueron trasvasados en viales de 0.5 ml, para ser almacenados a -20°C , hasta la realización del análisis mediante la prueba de ELISA, en el Departamento de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UNAM.

3.4.2 Prueba de ELISA:

Para determinar la seroprevalencia de la enfermedad de Paratuberculosis bovina (mediante detección de anticuerpos) se utilizó la prueba de ELISA, con previa adsorción de *M.phlei*,^{37, 38, 69} de acuerdo a la literatura reporta tener una sensibilidad de 71% y una especificidad de 71%.⁴⁰

Primeramente se realizó la adsorción del antígeno a las placas, donde se depositó en cada pocillo 100 μl del antígeno PPA-3 (Allied Monitor INC) a una concentración de 4 mg/ml de agua destilada. Posteriormente se diluyeron 0.04mg del antígeno por cada ml de solución de Tampón carbonato. Las placas se mantuvieron durante toda una noche a 4°C , para que acto seguido se lavaran 3 veces con solución salina, para ser almacenadas a -20°C hasta la realización de la prueba. Los sueros problema fueron adsorbidos en viales de 0.5 con una

suspensión de *M. phlei* en una proporción de 1:1, es decir 5 µl de suero problema en 5 µl de *M. phlei*, que se dejaron reposar durante 24 horas a 4°C. Para los sueros controles positivo y negativo, se realizó el mismo procedimiento. Posteriormente, se depositaron por duplicado 100 µl de cada uno de los sueros adsorbidos en cada uno de los pocillos de las placas fijadas con el antígeno, con una dilución de 1:100 de PBS-TG. Las placas se incubaron a temperatura ambiente en una cámara húmeda por 2 horas, para posteriormente ser lavadas 3 veces con PBS-TG. A continuación se añadieron a cada uno de los pocillos 100 µl de suero anti Ig-G de caprino marcado con peroxidasa de rábano a una dilución de 1:4500 y se volvieron a incubar por 2 horas en cámara húmeda a temperatura ambiente, para ser nuevamente lavadas 3 veces con solución PBS-TG. Después, se añadieron 100 µl del sustrato ABTS (2,2'-Azinobis) y se incubaron por 20 minutos en agitación constante y en oscuridad. Finalmente se realizó la lectura en un espectrofotómetro de 8 canales empleando un filtro de 450 nm. Los resultados fueron valorados mediante la obtención de un cociente, dividiendo el valor medio de la densidad óptica de cada suero entre el valor medio del control positivo de la placa. Se consideraron positivos aquellos sueros con un cociente mayor o igual a 0.800.^{40, 70}

3.5 Determinación de la prevalencia de Paratuberculosis Bovina

Para fines del presente estudio, en el anexo 3, se definen los términos y criterios tomados en cuenta para la determinación de la prevalencia y del impacto económico.

3.5.1 Porcentaje de vacas seropositivas en cada hato:

Para determinar la seroprevalencia (P_i), es decir el porcentaje de vacas seropositivas en cada hato, se realizó el siguiente cálculo:

$$P_i = \text{NVP}_i / \text{NM}_i$$

Donde:

NVP_i = Número de vacas seropositivas a Map de la muestra del hato i -ésimo.

NM_i = Número de vacas muestreadas del hato i -ésimo.

3.5.1.1 Estimación del número de animales seropositivos por hato:

Para estimar el número de animales positivos de cada hato (NP_i) se realizó la siguiente operación:

$$\text{NP}_i = P_i * \text{NTV}_i$$

Donde:

P_i = Seroprevalencia de Map del hato i-ésimo.

NTV_i = Número total de vacas del hato i-ésimo.

3.5.2 Estimación de la seroprevalencia a nivel de estrato:

Se determino la seroprevalencia porcentual a nivel de estrato (PE_i) mediante el siguiente cálculo:

$$PE_i = NVPE_i / NME_i$$

$NVPE_i$ = Número de vacas seropositivas a Map de la muestra del estrato i-ésimo.

NME_i = Número de vacas muestreadas del estrato i-ésimo.

3.5.3 Estimación de la proporción de hato seropositivos a Map:

Para estimar la proporción de hatos seropositivos a Map (PH) se realizó el siguiente procedimiento:

$$PH_i = NHP/NTH_m$$

NHP = Número de hatos seropositivos a Paratuberculosis bovina.

NTH_m = Número total de hatos muestreados

3.5.4 Estimación de la prevalencia a nivel de la cuenca (CAIT):

Para la estimación de la prevalencia a nivel de la cuenca del CAIT (PC_{st}), se aplicó la siguiente fórmula estadística que corresponde a un muestreo estratificado: ¹⁰⁵

$$PC_{st} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L N_i PE_i$$

donde:

$1/N$ = Valor absoluto de uno / población total de la cuenca (N)

N_i = Población total del estrato i-ésimo.

PE_i = Seroprevalencia del estrato i-ésimo.

3.5.4.1 Estimación del número de animales positivos en toda la cuenca

Se estimó el número de animales positivos de toda la cuenca (TPC) mediante el siguiente cálculo:

$$TPC = N * PC_{st}$$

Donde:

N = Población total de la cuenca.

PC_{st} = Estimación de la Prevalencia en el CAIT.

3.5.5 Determinación de la seroprevalencia porcentual por lactancia:

Para estimar la seroprevalencia por lactancia (PL_k) de la muestra, se utilizó la siguiente fórmula:

$$PL_k = NPL_k / NL_k$$

Donde:

NPL_k = Número de vacas seropositivas a Map de la lactancia késima de la muestra.

NL_k = Número de vacas de lactancia késima de la muestra.

3.5.5.1 Estimación de la proporción de animales seropositivos por lactancia

Para estimar la proporción de animales seropositivos por lactancia de la muestra (PML) se utilizó la siguiente fórmula:

$$PML = NPL_k / NPM$$

NPL_k = Número de vacas seropositivas a Map de la lactancia késima de la muestra.

NPM = Número de vacas seropositivas a Map de la muestra.

3.6 Evaluación del impacto económico de la Paratuberculosis Bovina en el CAIT.

3.6.1 Recolección de datos:

La investigación se realizó a partir de la información recabada directamente de los registros productivos, reproductivos, de salud animal y contables de las empresas seleccionadas en la muestra, así como de los registros del Departamento de movimiento de ganado del CAIT. Previamente se verificó que la información disponible en las empresas fuera confiable y completa, para que los hatos fueran incluidos dentro de la muestra, lo que probablemente genere un sesgo, ya que puede existir una correlación entre el manejo sanitario y la buena administración, que no se considero evaluar en la presente investigación. En el Anexo 1, se enlistan los principales parámetros que se recabaron a través del cuestionario que también se incluye en el Anexo 2.

Los hatos muestreados participaron voluntariamente y los resultados individuales de los productores se manejaron confidencialmente. Las informaciones económica y de manejo,

fueron colectados después de haber sido muestreado el hato, y se tomaron en cuenta los precios de mercado de 90 días antes de la aplicación del cuestionario. ⁴

Los cuestionarios se aplicaron a los productores y al personal administrativo que tuviera a su cargo la captura y manejo de la información. También se utilizaron formatos que posteriormente fueron capturados en cuadros de vaciado, elaborados en Excel ®, para que posteriormente fueran procesados y analizados estadísticamente.

Se obtuvo información individual de todos los animales muestreados para poder comparar los animales seronegativos, con los seropositivos a Map, para así obtener la diferencia absoluta y relativa entre ambos, y determinar las pérdidas económicas asociadas a la enfermedad.

También se obtuvo información de la base de datos del Departamento de Servicios Veterinarios y Sanidad Animal del CAIT y de los reportes realizados por el Departamento de necropsias del CAIT, sobre los animales desechados y la de los animales positivos a la Tinción de Zielh-Nielsen a bacilos ácido-alcohol resistentes (prueba de laboratorio que se utiliza en la cuenca para las muestras sospechosas de Paratuberculosis Bovina remitidas por los veterinarios.

3.6.2 Metodología para la estimación de los costos y pérdidas

A continuación se enlistan los pasos a seguir para la estimación del impacto económico:

- Identificación de los costos - pérdidas
- Cuantificación de los costos – pérdidas
- Valuación de los costos – pérdidas
- Estimación de los costos y pérdidas

Para fines del presente estudio, en el anexo 3, se definen los términos y criterios tomados en cuenta para la determinación de la prevalencia y del impacto económico.

3.6.2.1 Identificación de los costos – pérdidas debidos a la enfermedad:

Esta acción consiste en definir los rubros en los que la enfermedad afecta, ya sea disminuyendo los ingresos o aumentando los gastos. ¹⁰⁴

Los costos y pérdidas económicas de la enfermedad de Johne o Paratuberculosis, que fueron analizadas en este estudio, incluyeron pérdidas tales como el desecho prematuro, la

disminución en la producción láctea, las fallas reproductivas (número de días abiertos), el tratamiento médico y la mortalidad, sin embargo esta última variable no fue estimada, debido a que por condiciones de manejo de ganado enfermo en el CAIT, se dificultó encontrar algún animal muerto y seropositivo a Map durante el período de estudio.

Estas pérdidas se derivaron de la información primaria de los registros individuales de cada vaca, como los son la fecha de nacimiento, la fecha del último parto, la fecha del servicio en que quedó gestante, los días en leche, los pesajes mensuales de leche y los medicamentos utilizados en el tratamiento de diarreas intermitentes.

Las metodologías propuestas por Bennett et al (1999)⁸⁸ y Chi et al (2002)⁸⁹, sólo se tomaron como base para estimar las pérdidas, ya que presentan falta de precisión o de definición, y en algunas ocasiones no se adaptaban el tipo de información disponible en los hatos de estudio del CAIT, tal y como se describe en cada variable en particular.

3.6.3 Cuantificación de los costos - pérdidas debidos a la enfermedad:

Una vez identificados los conceptos, deben ser cuantificados en sus cantidades absolutas de disminución de los beneficios (litros de leche) o aumento de los costos (número de animales desechados por Map, desecho prematuro, excedente del número de días abiertos, duración del tratamiento médico a vacas con signos clínicos de Map y la cantidad de medicamentos administrados y sus costos).

Para realizar los cálculos, se elaboró una hoja de cálculo para procesar la información primaria, y determinar los variables de edad al nacimiento, número de días abiertos, días en leche y equivalente de madurez en litros de producción láctea de cada animal muestreado. Para esta última variable, se utilizaron las tablas para estimar la producción láctea, según número de lactancia y días en leche, multiplicándolas por los factores de ajuste correspondientes en cada caso. Se utilizó el equivalente de madurez, ya que este indicador sirve para comparar animales de diferente número de lactancia.¹⁰⁶ También se determinó la producción láctea anual del hato, estimando el equivalente de madurez en litros por lactancia promedio del hato y multiplicándolo por el número de vacas.

3.6.4. Valuación de los costos debido a la enfermedad:

Una vez identificados y cuantificados los conceptos anteriores, se debe decidir el criterio con el cual serán valuados, ya que frecuentemente se cuentan con más de un criterio para hacerlo.

En general el precio de las cosas refleja su valor, sin embargo en algunos casos esto no sucede así. Para una medición exacta de los costos económicos asociados con la enfermedad se deben tomar en cuenta los valores económicos verdaderos de todos los impactos de la misma. Algunos de estos incluyen el efecto de la enfermedad en la salud humana, en el bienestar animal o contaminación ambiental, que no tienen un valor explícito asociado en los precios de mercado, y pueden representar costos implícitos asociados con la enfermedad. Idealmente estos impactos necesitan ser identificados y valorados apropiadamente como parte del análisis económico, sin embargo estos conceptos en la práctica se dificulta realizarlos.⁸⁸ En el caso particular de la cuenca, todos estos costos representan externalidades por lo que su valuación resulta muy difícil y subjetiva, por lo que no se tomaron en cuenta en este estudio.

3.6.5 Estimación del total de costos y pérdidas asociadas a Paratuberculosis Bovina:

Una vez descrita la metodología, se procede en este apartado, a efectuar todos los pasos anteriormente descritos para cada una de las variables: desecho prematuro, disminución de la producción láctea, falla reproductiva, mortalidad y tratamiento médico, de animales seropositivos a Map, por litro de leche, hato, estrato y del total de la cuenca. A continuación se describe el procedimiento para la estimación de cada variable o pérdida.

3.6.5.1 Estimación de los costos ocasionados por desecho prematuro:

3.6.5.1.1 Costo por vaca infectada

Primeramente se determinaron los valores de amortización anual de los promedios de animales seronegativos (AN_i) de cada hato, mediante el siguiente cálculo:

$$1. AN_i = (VN_i - VDn_i) / APN_i$$

Donde:

VN_i = Valor promedio de la vaquilla de reemplazo en el hato i-ésimo.

VDn_i = Valor promedio de los desechos en buenas condiciones en el hato i-ésimo.

APN_i = Número promedio de años en producción de vacas desechadas seronegativas a Map en el hato i-ésimo.

También se realizó el mismo procedimiento para estimar la amortización de animales seropositivos a Map (AP_i) de cada hato:

$$2. AP_i = (VN_i - VDp_i) / APP_i$$

Donde:

VN_i = Valor promedio de la vaquilla de reemplazo en el hato i-ésimo.

VDp = Valor promedio de animales desechados flacos o enfermos en el hato i-ésimo.

APP_i = Número promedio de años en producción de vacas desechadas seropositivas a Map en el hato i-ésimo.

3.6.5.1.2 Estimación de los costos promedios de animales seronegativos y seropositivos de cada hato:

Para estimar para los costos se obtuvieron los promedios de las vacas seronegativas y seropositivas de cada hato, de las siguientes variables:

- Valor de la vaquilla de reemplazo en el hato i-ésimo.
- Valor de los desechos en buenas condiciones en el hato i-ésimo.
- Número de años en producción de vacas desechadas seronegativas a Map en el hato i-ésimo.
- Valor de animales desechados flacos o enfermos en el hato i-ésimo.
- Número de años en producción de vacas desechadas seropositivas a Map en el hato i-ésimo.

La fórmula utilizada para el cálculo del promedio de los datos de cada hato, fue la siguiente:

107

$$\bar{X}_{ij} = \frac{\sum_{i,j,k=1}^{n_{ij}} X_{ijk}}{n_{ij}}$$

Donde:

\bar{X}_{ij} = Promedio de la variable j-ésima en el hato i-ésimo

X_{ijk} = Observación k-ésima de la variable j-ésima en el hato i-ésimo.

n_{ij} = Número de unidades de la variable j-ésima en el hato i-ésimo.

3.6.5.1.3 Diferencias entre seronegativas y seropositivas

Posteriormente se determinaron las diferencias de amortización entre vacas seronegativas y seropositivas a Map, para estimar el costo ocasionada por desecho prematuro por vaca (DPV_i)

$$\mathbf{DPV}_i = \mathbf{AVN}_i - \mathbf{AVP}_i$$

Donde:

AVN_i = Promedio de amortización anual de vacas seronegativas a Map del hato i-ésimo.

AVP_i = Promedio de amortización anual de vacas seropositivas a Map del hato i-ésimo.

Sólo en el caso particular de esta variable, cuando no existieron datos de vacas seronegativas o seropositivas desechadas a Map de algún establo, se utilizó el promedio del estrato, para estimar el promedio faltante, pero en ningún caso faltaron ambos.

3.6.5.1.4 Costo por hato

Para obtener las pérdidas ocasionadas por desecho prematuro a nivel de hato (DPH_i), se realizó el siguiente cálculo:

$$\mathbf{DPH}_i = (\mathbf{DPV}_i * \mathbf{NP}_i)$$

Donde:

DPV_i = Pérdida ocasionada por desecho prematuro anual por vaca del hato i-ésimo.

NP_i = Número de animales positivos a Paratuberculosis bovina en el hato i-ésimo.

3.6.5.1.5 Costo promedio por estrato

Para estimar la pérdida promedio por estrato debida a desecho prematuro (DPE_i), asociada a Paratuberculosis bovina, se utilizó la siguiente fórmula: ¹⁰⁷

$$\overline{\mathbf{DPE}}_i = \frac{\sum_{i,j,k=1}^{n_i} \mathbf{X}_{ijk}}{\mathbf{n}_i}$$

Donde:

$\overline{\mathbf{PLE}}_i$ = pérdida promedio del estrato i-ésimo debida a desecho prematuro.

X_{ijk} = Observación k-ésima del hato j-ésimo del estrato i-ésimo.

n_i = Número de hatos del estrato i-ésimo.

3.6.5.2 Estimación de las pérdidas ocasionadas por la disminución de la producción láctea:

3.6.5.2.1 Estimación de los promedios de animales seronegativos y seropositivos de cada hato:

Para determinar la producción láctea por lactancia, se contó con el pesaje mensual por vaca, que sirvió para estimar el equivalente de madurez, tanto de vacas seronegativas (EMN_i) como seropositivas (EMP_i) de cada hato, aplicando factores de ajuste para predicción según días de producción, por edad y por zona del país, mediante la siguiente fórmula: ¹⁰⁶

Equivalente de Madurez = pesaje en kg * factor de ajuste de tablas según días en leche * factor de ajuste de tablas según edad de la vaca * factor de ajuste según zona del país.

Este resultado se dividió entre la densidad de la leche (1.034), para obtener la producción láctea anual en litros de cada vaca.

Para estimar las pérdidas, se obtuvieron los promedios de la producción láctea anual de vacas seronegativas (PLN_i) y seropositivas (PLP_i) de cada hato, mediante la siguiente fórmula:

106

$$\bar{X}_{ij} = \frac{\sum_{i,j,k=1}^{n_{ij}} X_{ijk}}{n_{ij}}$$

Donde:

\bar{X}_{ij} = Promedio de la variable j-ésima en el hato i-ésimo

X_{ijk} = Observación k-ésima de la variable j-ésima en el hato i-ésimo.

n_{ij} = Número de unidades de la variable j-ésima en el hato i-ésimo.

3.6.5.2.2 Pérdida por la disminución de la producción láctea a nivel de vaca:

Se obtiene a partir de calcular la diferencia en el promedio de producción láctea (litros/vaca) de seronegativas y seropositivas, de cada hato (DLV_i), mediante la siguiente fórmula:

$$DLV_i = PLN_i - PLP_i$$

Donde:

PLN_i = Promedio de producción láctea anual de animales seronegativos del hato i-ésimo.

PLN_i = Promedio de producción láctea anual de animales seropositivos del hato i-ésimo.

Para estimar la pérdida ocasionada por disminución de la producción láctea debida a Paratuberculosis Bovina por vaca (PLV_i), se realizó la siguiente operación:

$$PLV_i = DLV_i * PxL_i$$

Donde:

DLV_i = Diferencial de la disminución de la producción láctea en litros por vaca del hato i-ésimo.

PxL_i = Precio promedio del litro de leche del período de estudio del hato i-ésimo.

3.6.5.2.3 Pérdida a nivel de hato

Para obtener las pérdidas ocasionadas por disminución de la producción láctea a nivel de hato (PLH_i), se realizó el siguiente cálculo:

$$PLH_i = (PLV_i * NP_i)$$

Donde:

PLV_i = Pérdida ocasionada por disminución de la producción láctea por vaca del hato i-ésimo.

NP_i = Número probable de animales positivos a Paratuberculosis bovina del hato i-ésimo.

3.6.5.2.4 Pérdida promedio por estrato

Para estimar la pérdida promedio por estrato (PLE_i), se utilizó la siguiente fórmula: ¹⁰⁷

$$\overline{PLE}_i = \frac{\sum_{i,j,k=1}^{n_i} X_{ijk}}{n_i}$$

Donde:

\overline{PLE}_i = pérdida promedio del estrato i-ésimo debida a disminución de la producción láctea

X_{ijk} = Observación k-ésima del hato j-ésimo del estrato i-ésimo.

n_i = Número de hatos del estrato i-ésimo.

3.6.5.3 Estimación de los costos debidos a fallas reproductivas

3.6.5.3.1 Estimación de los promedios de animales seronegativos y seropositivos de cada hato:

Sólo se consideraron vacas de más de un parto y que estuvieran gestantes. Las fórmulas fueron adaptadas de Johnson et al, 1999⁴ y de Chi et al, 2002.⁸⁹ Se procedió a estimar el número de días abiertos de vacas (DA) tanto de animales seronegativos como seropositivos.

DA= Fecha último servicio de vacas gestantes – fecha del último parto.

Se estimaron los promedios de los días abiertos de vacas seronegativas (DAN_i) y seropositivas (DAP_i) de cada hato, mediante el siguiente cálculo:¹⁰⁷

$$X_{ij} = \frac{\sum_{i,j,k=1}^{n_{ij}} X_{ijk}}{n_{ij}}$$

Donde:

X_{ij} = Promedio de la variable j-ésima en el hato i-ésimo

X_{ijk} = Observación k-ésima de la variable j-ésima en el hato i-ésimo.

n_{ij} = Número de unidades de la variable j-ésima en el hato i-ésimo.

3.6.5.3.2 Costo por vaca

Se cálculo la diferencia del promedio del número de días abiertos entre vacas seronegativas y seropositivas a Map de cada hato (DAV_i), mediante la siguiente operación:

$$DAV_i = DAN_i - DAP_i$$

Donde:

DAN_i = Promedio del número de días abiertos de vacas seronegativas a Map del hato i-ésimo.

DAP_i = Promedio del número de días abiertos de vacas seropositivas a Map del hato i-ésimo.

Por otra parte, se estimó el costo de los días abiertos por vaca de cada estable (CDA_i), calculando los costos de producción al año, los cuales se dividieron entre 365 días y entre el número de vacas de cada hato, para obtener el costo de día abierto/ vaca.

Para obtener el costo por fallas reproductivas asociadas a Map por vaca de cada hato (FRV_i) se realizó el siguiente procedimiento:

$$FRV_i = DAV_i * CDA_i$$

Donde:

DAV_i = Diferencia del promedio del número de días abiertos entre vacas seronegativas y seropositivas a Map del hato i-ésimo.

CDA_i = Costo del día abierto / vaca del hato i-ésimo.

3.6.5.3.3 Costo por hato

Para obtener el costo debido a las fallas reproductivas a nivel de hato (FRH_i), se realizó el siguiente cálculo:

$$FRH_i = (FRV_i * NP_i)$$

Donde:

FRV_i = Costo por fallas reproductivas por vaca del hato i-ésimo.

NP_i = Número probable de animales infectados del hato i-ésimo.

3.6.5.3.4 Costo promedio por estrato

Para estimar el costo promedio por estrato (FRE_i), se aplicó la siguiente fórmula:

$$\overline{FRE}_i = \frac{\sum_{i,j,k=1}^{n_i} X_{ijk}}{n_i}$$

Donde:

\overline{FRE}_i = pérdida promedio del estrato i-ésimo debida a fallas reproductivas.

X_{ijk} = Observación k-ésima del hato j-ésimo del estrato i-ésimo.

n_j = Número de hatos del estrato i-ésimo.

3.6.5.4 Estimación del costo debido a la mortalidad:

3.6.5.4.1 Costo por vaca

Se adaptó la fórmula propuesta por Chi et al (2002),⁸⁹ sin embargo, no se estimaron en la presente investigación, por lo que sólo se presenta el método para estimarlo.

Para estimar los costos debido a mortalidad, se procede a determinar la amortización anual de vacas muertas seronegativas a Map del hato i -ésimo (AMN_i)⁹⁹:

$$AMN_i = (VN_i - VMn_i) / AN_i$$

Donde:

VN_i = Valor promedio de la vaquilla de reemplazo / cabeza del hato i -ésimo.

VMn_i = Valor promedio del animal muerto seronegativo a Map / cabeza del hato i -ésimo.

AN_i = Promedio de años de animales muertos seronegativos del hato i -ésimo.

Posteriormente para determinar la amortización anual por vaca muerta seropositiva a Map por hato (AMP_i) se realizó el siguiente procedimiento:

$$AMP_i = (VN_i - VMP_i) / AP_i$$

Donde:

VN_i = Valor promedio de la vaquilla de reemplazo / cabeza del hato i -ésimo.

VMP_i = Valor del animal muerto seropositivo a Map del hato i -ésimo.

AP_i = Promedio de años de animales muertos seropositivos del hato i -ésimo.

Para determinar la diferencia de amortización anual por vaca de animales muertos seronegativos y seropositivos de cada hato, denominada costo ocasionado por mortalidad vaca (CMV_i) de cada hato, se realizó el siguiente procedimiento:

$$CMV_i = AMN_i - AMP_i$$

Donde:

AMN_i = amortización anual por vaca muerta seronegativa del hato i -ésimo.

AMP_i = amortización anual por vaca muerta seropositiva del hato i -ésimo.

3.6.5.4.2 Costo a nivel de hato

Para determinar el costo por mortalidad a nivel de hato (CMH_i) se realizó la siguiente operación, adaptada de Chi et al, 2002:⁸⁹

$$CMH_i = CMV_i * NP_i$$

Donde:

CMV_i = Costo ocasionado a la mortalidad por vaca.

NP_i = Número de animales infectados con Paratuberculosis bovina del hato i-ésimo.

3.6.5.5 Estimación de los costos debidos al tratamiento médico:

3.6.5.5.1 Estimación de los costos promedios de animales seronegativos y seropositivos de cada hato:

Primeramente se determino el costo por caso del servicio médico (CSM_i), originado de los costos de producción de cada hato, este costo por servicio médico, se multiplicó por 3, ya que en los casos observados, la diarrea se presentó en forma recurrente cada mes, durante 3 meses, después de lo cual, lo habitual es que el Médico Veterinario recomiende eliminar al animal.

Durante el período de estudio sólo hubo dos casos de vacas con signología clínica y seropositivas, de las cuales se obtuvo el costo promedio de medicación/ caso con signología clínica de Paratuberculosis Bovina (CPM), a las cuales se les aplicaron los medicamentos siguientes: antidiarreicos, antibióticos, estimulantes del sistema inmune, etc. Se multiplicó la cantidad de mililitros aplicados a una vaca promedio de 500 kg por el costo por mililitro de cada medicamento. Para obtener el costo por tratamiento (CPM) se multiplicó por 4 días al mes y luego por 3 meses, dado que en los casos observados, las vacas presentaron diarrea recurrente.

La fórmula utilizada para el cálculo del promedio de los datos de cada hato, fue la siguiente:

107

$$\bar{X}_{ij} = \frac{\sum_{i,j,k=1}^{n_{ij}} X_{ijk}}{n_{ij}}$$

Donde:

\bar{X}_{ij} = Promedio de la variable j-ésima en el hato i-ésimo

X_{ijk} = Observación k-ésima de la variable j-ésima en el hato i-ésimo.

n_{ij} = Número de unidades de la variable j-ésima en el hato i-ésimo.

3.6.5.5.2 Costo por vaca

Posteriormente se estimó el costo por tratamiento médico de vaca enferma (TMV_i) de cada hato, mediante la siguiente operación:

$$TMV_i = CPSM_i + CM$$

Donde:

CPSM_i = Costo promedio de los servicios médicos por caso con signología clínica a Paratuberculosis bovina del hato i-ésimo.

CPM_i = Costo promedio de medicación por caso con signología clínica a Paratuberculosis bovina en el hato i-ésimo.

3.6.5.5.3 Costo a nivel de hato

Se procedió a obtener el costo del tratamiento médico por hato (TMH_i) mediante el siguiente procedimiento:

$$TMH_i = TMV_i * NP_i$$

Donde:

TMV_i = Costo del tratamiento médico por vaca enferma del hato i-ésimo.

NP_i = Número animales infectados del hato i-ésimo.

3.6.5.5.4 Costo promedio por estrato

Para estimar el costo promedio ¹⁰⁷ por estrato del tratamiento médico (TME_i) de vacas enfermas, se realizó el siguiente procedimiento:

$$\overline{TME}_i = \frac{\sum_{i,j,k=1}^{n_i} X_{ijk}}{n_i}$$

Donde:

\overline{TME}_i = Costo promedio del estrato i-ésimo.

X_{ijk} = Observación k-ésima del hato j-ésimo del estrato i-ésimo.

n_i = Número de hatos del estrato i-ésimo.

3.6.5.6 Total de pérdidas debidas a Paratuberculosis bovina:

3.6.5.6.1 Pérdida total por vaca

Se utilizo el siguiente modelo, donde se sumaron los costos y las pérdidas de las variables antes descritas. El total de pérdidas debidas a paratuberculosis bovina por vaca al año (TPV_i) de cada hato se obtiene de la siguiente forma:

$$TPV_i = DPV_i + DLV_i + FRV_i + PMV_i + CTV_i$$

Donde:

TPV _i	=	Total de pérdidas.
DPV _i	=	Costo por desecho prematuro.
DLV _i	=	Pérdidas por la disminución en la producción láctea.
FRV _i	=	Costo de las fallas reproductivas.
CMV _i	=	Costo de la mortalidad.
CTV _i	=	Costo del tratamiento médico.

3.6.5.6.2 Pérdida total a nivel de hato

El total de pérdidas se obtiene a nivel de hato (TPH_i) mediante la siguiente suma:

$$TPH_i = DPH_i + DLH_i + FRH_i + CMH_i + CTH_i$$

Donde:

TPH _i	=	Total de pérdidas del hato i-ésimo.
DPH _i	=	Costo por desecho prematuro del hato i-ésimo.
DLH _i	=	Pérdidas por la disminución en la producción láctea del hato i-ésimo.
FRH _i	=	Costo por las fallas reproductivas del hato i-ésimo.
CMH _i	=	Costo debido a la mortalidad del hato i-ésimo.

$CTH_i =$ Costo de tratamiento médico de Paratuberculosis Bovina del hato i-ésimo.

3.6.5.6.3 Pérdida total por litro de leche

Para presentar los resultados del total de las pérdidas de cada hato por litro de leche ocasionadas por Paratuberculosis bovina (TPL_i) se realizó el siguiente procedimiento:

$$TPL_i = TPH_i / TL_i$$

Donde:

TPH_i = Total de pérdidas debidas a Paratuberculosis bovina a nivel de hato, del hato i-ésimo.

TL_i = Total de Litros de leche producida al año del hato i-ésimo.

3.6.5.6.4 Pérdida total promedio por estrato:

Para estimar la pérdida total promedio ¹⁰⁷ al año asociada a Paratuberculosis bovina de cada estrato (PTE_i) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\overline{PTE}_i = \frac{\sum_{i,j,k=1}^{n_i} X_{ijk}}{n_i}$$

Donde:

\overline{PTE}_i = pérdida total promedio asociada a Paratuberculosis bovina del estrato i-ésimo

X_{ijk} = Observación k-ésima del hato j-ésimo del estrato i-ésimo.

n_i = Número de hatos del estrato i-ésimo.

3.6.5.6.5 Pérdida totales asociadas a Paratuberculosis Bovina en el CAIT.

3.6.5.6.5.1 Estimación del costo promedio por vaca al año en la cuenca en el CAIT

Para determinar el costo promedio por vaca al año en el CAIT, se utilizó la siguiente fórmula estadística de un muestreo estratificado: ¹⁰⁷

$$CVC_{st} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L N_i \overline{PTE}_i$$

donde:

CVC_{st} = Estimación del costo promedio por vaca al año en el CAIT asociado a Paratuberculosis Bovina

$1/N$ = Valor absoluto de uno/Población total de la cuenca (N)

N_i = Población total del estrato i-ésimo.

PTE_i = Pérdida total promedio al año del estrato i-ésimo

3.6.5.6.5.2 Estimación del costo total asociado a Paratuberculosis bovina en el CAIT

Para estimar el costo total al año asociado a la enfermedad en el CAIT (TC), se utilizó la siguiente fórmula:

$$TC = TPC * CVC_{st}$$

TPC= Total de animales positivos a Paratuberculosis Bovina del CAIT.

CVC_{st} = Costo promedio por vaca al año asociado a Paratuberculosis bovina en el CAIT

3.6.6 Análisis de sensibilidad

Con el objeto de explorar el grado de sensibilidad del impacto económico de la enfermedad, se confrontaron los resultados con la variación en la prevalencia, que corresponden a variaciones en los aspectos técnicos.¹⁰⁸ Se utilizaron las prevalencias a nivel de vaca reportadas en EUA⁶ y Canadá.^{54, 89}

3.6.7 Comparación de las pérdidas asociadas a Paratuberculosis bovina del CAIT con la reportada por otras investigaciones.

Se actualizaron las pérdidas económicas reportadas por las investigaciones del USDA (1996)⁶, de Bennett et al (1999)⁸⁸ y de Chi et al (2002)⁸⁹, aplicándoles los índices de inflación registrados en esos países desde la fecha de la investigación hasta la fecha de este trabajo, y posteriormente se realizó la conversión a pesos mexicanos aplicando el tipo de cambio promedio del 2004, según la moneda correspondiente, con información del Banco de México.

3.7 Análisis estadístico

Para determinar si existía diferencia estadísticamente significativa entre grupos, se utilizó la siguiente fórmula para una prueba de diferencia entre proporciones, con una confianza del 95%.¹⁰⁹

$$z = \frac{\hat{P}_1 - \hat{P}_2}{\sqrt{\hat{P}(1 - \hat{P}) \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}}$$

Donde:

\hat{P}_1 = Tamaño de la población 1

\hat{P}_2 = Tamaño de la población 2

\hat{P} = Población total

n_1 = Proporción 1

n_2 = Proporción 2

También se utilizó una prueba de comparación entre medias, con una confianza del 95%, para determinar diferencias entre las medias de las variables obtenidas. ^{107, 109}

4. RESULTADOS

4.1 Prevalencia de la Paratuberculosis Bovina

4.1.1 Resultados generales de seroprevalencia

A. Origen

En la figura 4.1.1, se presenta el origen de las vacas seropositivas de la muestra, donde se observa que los animales importados representaron el 28% y la mayoría fueron de origen nacional (72%).

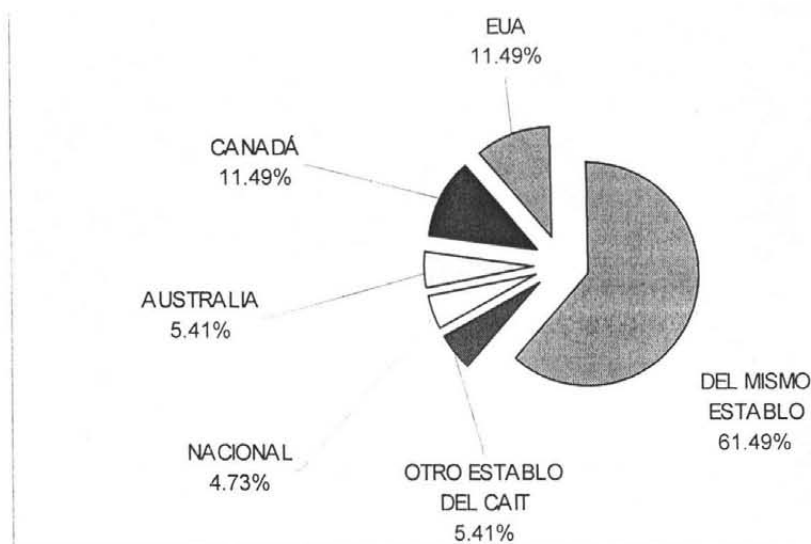


Figura 4.1.1 Origen de los animales seropositivos a paratuberculosis bovina, en el CAIT.

En el cuadro 4.1.1 se muestran las seroprevalencias obtenidas por estrato, según el origen del ganado, ya sea nacionales e importados. No se encontró diferencia estadísticamente significativa en los hatos chicos, medianos y grandes ($P > 0.05$). Tampoco se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el promedio general de seroprevalencia entre nacionales (8.24%) e importadas (11.52%) ($P > 0.05$).

Cuadro 4.1.1 Seroprevalencia general por origen del ganado (nacional e importado) del CAIT, Hidalgo 2004.

ESTRATO	ORIGEN	NÚMERO VACAS SEROPOSITIVAS	SEROPREVALENCIA	VALOR DE P
1	NACIONAL	10	4.72%	P > 0.05
	IMPORTADAS	2	12.50%	
2	NACIONAL	45	9.05%	
	IMPORTADAS	20	13.89%	
3	NACIONAL	52	9.06%	
	IMPORTADAS	19	9.69%	
TOTAL	NACIONAL	107	8.34%	
	IMPORTADAS	41	11.52%	

B. Estado fisiológico

En el cuadro 4.1.2 se muestran las seroprevalencias obtenidas por estrato, según el estado fisiológico, es decir, entre gestantes y vacías. No se encontró diferencia estadísticamente significativa por estado fisiológico, es decir entre seroprevalencia a Map entre vacas gestantes y vacías (9.87% y 8.54%) (P>0.05).

Cuadro 4.1.2 Seroprevalencia de Paratuberculosis bovina por estado fisiológico del ganado (gestantes y vacías) del CAIT, Hidalgo 2004.

ESTRATO	ESTADO FISIOLÓGICO	NÚMERO VACAS SEROPOSITIVAS	SEROPREVALENCIA	VALOR DE P
1	GESTANTES	4	3.92%	P > 0.05
	VACÍAS	8	6.35%	
2	GESTANTES	28	12.73%	
	VACÍAS	37	8.81%	
3	GESTANTES	28	9.79%	
	VACÍAS	43	8.87%	
TOTAL	GESTANTES	60	9.87%	
	VACÍAS	88	8.54%	

C. Variables de vacas seronegativas y seropositivas.

En el cuadro 4.1.3, se presentan los promedios y las desviaciones estándar de las vacas muestreadas, según resultado de ELISA. Las vacas seronegativas presentaron edades y número de lactancias similares a las seropositivas, no existiendo diferencia estadísticamente significativa ($P>0.05$). En cuanto a producción láctea, las vacas seropositivas tuvieron menor producción que las vacas seronegativas (706 litros de diferencia, que representaron un promedio de 11% de disminución láctea), con diferencia estadísticamente significativa ($P<0.05$). En lo que respecta al desempeño reproductivo, las vacas seropositivas tuvieron 2.68 meses más de intervalo entre partos que las vacas seronegativas, lo que representó una diferencia estadísticamente significativa ($P<0.05$). También presentaron mayor número de servicios por concepción (0.37 servicios más) y mayor número de días abiertos (19.22 días más) y mayor porcentaje de vacas con problemas de infertilidad (0.29% más) que las vacas seronegativas, en las cuales no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P>0.05$). Finalmente al terminar el período de estudio se contabilizó el número de vacas desechadas de la muestra; de las vacas seronegativas se desecharon 81 vacas y de las seropositivas sólo 16, que representó en porcentaje de 5.4% y 10.8% respectivamente.

Cuadro 4.1.3 Comparación de variables de vacas seronegativas y seropositivas a Paratuberculosis bovina del CAIT, Hidalgo.

VARIABLE	SERONEGATIVAS		SEROPOSITIVAS	
	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
EDAD (AÑOS)	4.61 ^a	3.20	4.70 ^a	1.68
NÚMERO DE LACTANCIA	2.59 ^a	1.55	2.55 ^a	1.21
PRODUCCIÓN LÁCTEA (EQUIVALENTE DE MADUREZ) LITROS	6,514 ^a	2,714	5,808 ^b	3,007
INTERVALO ENTRE PARTOS (MESES)	12.36 ^a	4.07	15.03 ^b	7.71
NÚMERO DE SERVICIOS POR CONCEPCIÓN	2.46 ^a	2.26	2.60 ^a	2.69
DÍAS ABIERTOS	136.49 ^a	73.49	155.41 ^a	128.37
% VACAS CON PROBLEMAS DE INFERTILIDAD	7.82%		8.11%	
% VACAS DESECHADAS (MUESTRA)	5.4 %		10.8 %	
EDAD AL DESECHO (AÑOS)	5.27 ^a		4.97 ^a	
NÚMERO DE LACTANCIA AL DESECHO	3.0		2.6	

NOTA: Literales diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($P<0.05$). Estadístico de Prueba Comparación entre medias.

4.1.2 Estimación de la seroprevalencia y del número de vacas seropositivas por hatos:

Se muestrearon un total de 29 establos, en los cuales, se analizaron 1,639 muestras de suero, que representan el 23.8% (1,639/6,872) del total de vacas existentes en los hatos muestreados, mediante la prueba de ELISA, siendo seropositivas a Map 148, es decir 9.03% (148/1,639). El rango de seroprevalencia en los hatos se encontró entre 0 y 24.07%. En el cuadro 4.1.4, se muestra el resumen de la información sobre el total del hato, el número de cabeza por hato, el tamaño de la muestra, número de vacas seronegativas y seropositivas y la seroprevalencia por hato. La mayor seroprevalencia se presentó en el estrato 2 (24.07%), y sólo un hato resulto seronegativo a Map del estrato 1.

4.1.3 Proporción de hatos seropositivos:

De los 29 hatos muestreados, sólo uno perteneciente al estrato 1 (chicos) no presentó animales seropositivos. En el cuadro 4.1.5 se enlistan los rangos de vacas seropositivas y el número de hatos por rango. La mayoría de los hatos (37.93%) tuvieron de 1 a 2 vacas seropositivas y de 3 a 4 vacas (17.24%) en la muestra. La mayoría de los hatos presentaron de 1 a 6 vacas seropositivas en la muestra (68.96%), y solo un establo mas de 15 animales (3.45%) según se observa en la figura 4.1.2

En el cuadro 4.1.6 se presenta la proporción de hatos seropositivos por estrato, donde se observa que la menor seroprevalencia a nivel de hato fue en el estrato 1 (85.71%), en comparación a los otros dos estratos (2 y 3), donde el 100% de los hatos muestreados fueron seropositivos. Del total de las muestras, 28 hatos fueron seropositivos (96.55%). Esto sucedió porque solo hubo un hato seronegativo de todos los hatos muestreados.

Cuadro 4.1.4 Seroprevalencia a nivel de hato y número de vacas seropositivas a Paratuberculosis Bovina por hato, del CAIT, Hidalgo.¹

ESTRATO	NÚMERO HATO	NÚMERO TOTAL DE CABEZAS/HATO	TAMAÑO DE MUESTRA /HATO	RESULTADO DE ELISA (MUESTRA) / HATO		SEROPREVALENCIA / HATO	NÚMERO VACAS POSITIVAS /HATO
				SERONEGATIVAS	SEROPOSITIVAS		
I 1-180	1	172	49	49	0	0.00%	-
	2	78	25	24	1	4.00%	3.12
	3	80	20	19	1	5.00%	4.00
	4	108	34	32	2	5.88%	6.35
	5	160	28	26	2	7.14%	11.43
	6	78	25	23	2	8.00%	6.24
	7	158	47	43	4	8.51%	13.45
SUBTOTAL	7	834	228	216	12	5.26%	44.59
II 181-299	8	240	55	54	1	1.82%	4.36
	9	268	55	53	2	3.64%	9.75
	10	211	51	49	2	3.92%	8.27
	11	200	48	46	2	4.17%	8.33
	12	299	55	52	3	5.45%	16.31
	13	185	55	51	4	7.27%	13.45
	14	223	51	46	5	9.80%	21.86
	15	233	55	49	6	10.91%	25.42
	16	265	52	45	7	13.46%	35.67
	17	280	54	46	8	14.81%	41.48
	18	180	55	43	12	21.82%	39.27
	19	212	54	41	13	24.07%	51.04
SUBTOTAL	12	2796	640	575	65	10.16%	228.20
III 300 o más	20	360	78	76	2	2.56%	9.23
	21	274	77	75	2	2.60%	7.12
	22	314	80	76	4	5.00%	15.70
	23	327	78	74	4	5.13%	16.77
	24	300	74	69	5	6.76%	20.27
	25	320	80	74	6	7.50%	24.00
	26	399	78	71	7	8.97%	35.81
	27	338	80	67	13	16.25%	54.93
	28	300	66	54	12	18.18%	54.55
	29	310	80	64	16	20.00%	62.00
SUBTOTAL	10.00	3242	771	700	71	9.21%	268.32
TOTALES	29	6872	1639	1491	148	9.03%	892.97

¹ Ordenados de mayor a menor seroprevalencia, según el número de estrato.

Cuadro 4.1.5 Rangos de vacas seropositivas a Paratuberculosis Bovina y número de hatos por rango muestreados del CAIT, Hidalgo

SEROPOSITIVAS POR HATO	NÚMERO DE HATOS	% DE HATOS
0	1	3.45%
1 a 2	11	37.93%
3 a 4	5	17.24%
5 a 6	4	13.79%
7 A 8	3	10.34%
9 a 10	0	0.00%
11 a 12	2	6.90%
13 a 14	2	6.90%
15 a 16	1	3.45%
TOTAL	29	100%

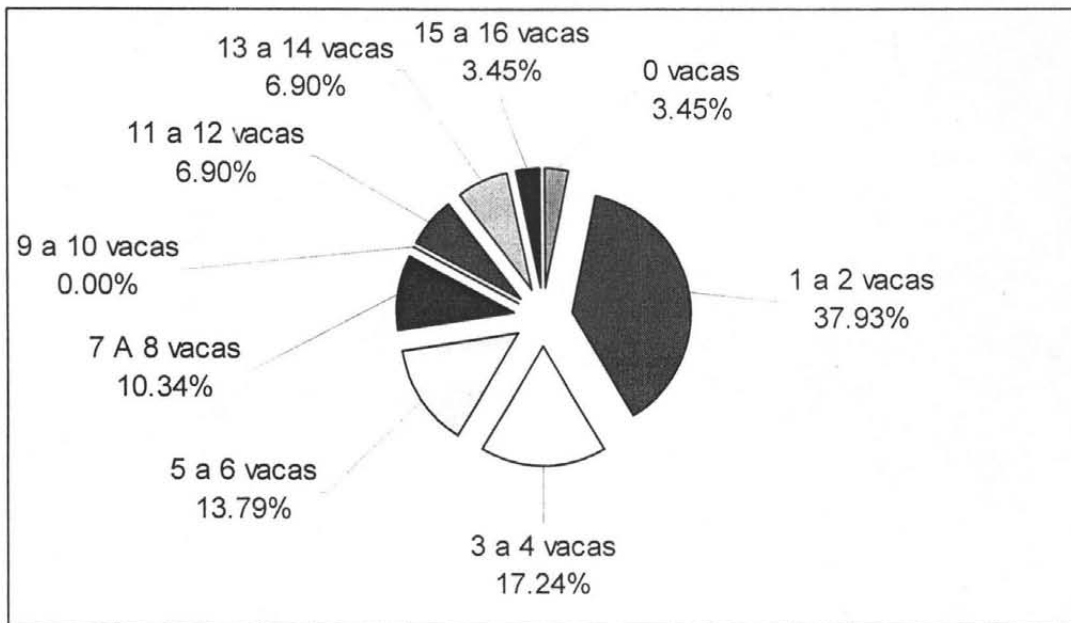


Figura 4.1.2 Número de vacas seropositivas a Paratuberculosis Bovina por hato y porcentaje que representan del total de los hatos muestreados.

Cuadro 4.1.6 Proporción de hatos seropositivos a Paratuberculosis bovina por estrato del CAIT, Hidalgo.

ESTRATO	HATOS MUESTREADOS	HATOS SEROPOSITIVOS	PROPORCIÓN DE HATOS SEROPOSITIVOS DE LA MUESTRA
1	7	6	85.71%
2	12	12	100.00%
3	10	10	100.00%
TOTAL	29	28	96.55%

4.1.4 Seroprevalencia a nivel de estrato:

En el cuadro 4.1.7, se muestran el tamaño de muestra, el número de vacas seropositivas, los resultados de la seroprevalencia por estrato, así como el intervalo de confianza (con una confianza del 95%) de animales seropositivos. Como se puede observar, la mayor seroprevalencia se encontró el estrato 2 (10.16%) que fue casi el doble (1.9 veces) que la que se presentó en el estrato 1 (5.26%). Por otra parte el estrato 2 y 3 presentaron escasa diferencia.

Cuadro 4.1.7 Seroprevalencia de Paratuberculosis Bovina por estrato del CAIT, Hidalgo.

ESTRATO	TAMAÑO DE MUESTRA	SEROPOSITIVAS	SEROPREVALENCIA	MÍNIMO	MÁXIMO	INTERVALO DECONFIANZA ^b	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
1	228	12	5.26% ^a	0.00%	8.16%	2.43 – 8.10%	2.78%
2	640	65	10.16% ^a	1.82%	24.07%	7.89 – 12.42%	7.26%
3	771	71	9.21% ^a	2.50%	19.28%	7.23 – 11.19%	6.15%

^a No existió diferencia significativa entre hatos menores de 300 cabezas (estrato 1 y 2) y mayores de 300 (estrato 3), ni entre el entre el estrato 2 y 3. ($P > 0.05$). Estadístico de prueba: Comparación entre dos proporciones,

^b Con una confianza del 95%.

4.1.5 Seroprevalencia según número de cabezas:

Con el objeto de poder establecer una comparación de los resultados de seroprevalencia obtenidos en este trabajo con los publicados por el USDA (1996), se dividieron los hatos de esta investigación en 4 grupos equivalentes a los del USDA; los resultados se presentan en el

cuadro 4.1.8 y en la figura 4.1.3. En los resultados del USDA la prevalencia oscila entre 2.3% en dos de los grupos, hasta 3.0% , mientras que en los hatos del mismo tamaño del CAIT, la prevalencia osciló entre 4.3% en el menor de los casos, hasta 10.1% en el mayor de los resultados, que indica que la seroprevalencia es mayor entre 1.8 veces y 4.4 veces en el CAIT, que lo reportado por el USDA.

Cuadro 4.1.8 Comparación de seroprevalencias de Paratuberculosis Bovina entre el CAIT y el USDA.

Número de cabezas	Número de hatos	Seroprevalencia CAIT	Seroprevalencia USDA, 1996	Veces mayor CAIT
1 -99	3	4.3 %	2.4 %	1.8
100-199	6	7.2 %	2.3 %	3.1
200-299	10	10.1 %	2.3 %	4.4
300 ó más	10	9.1 %	3.0 %	3.0

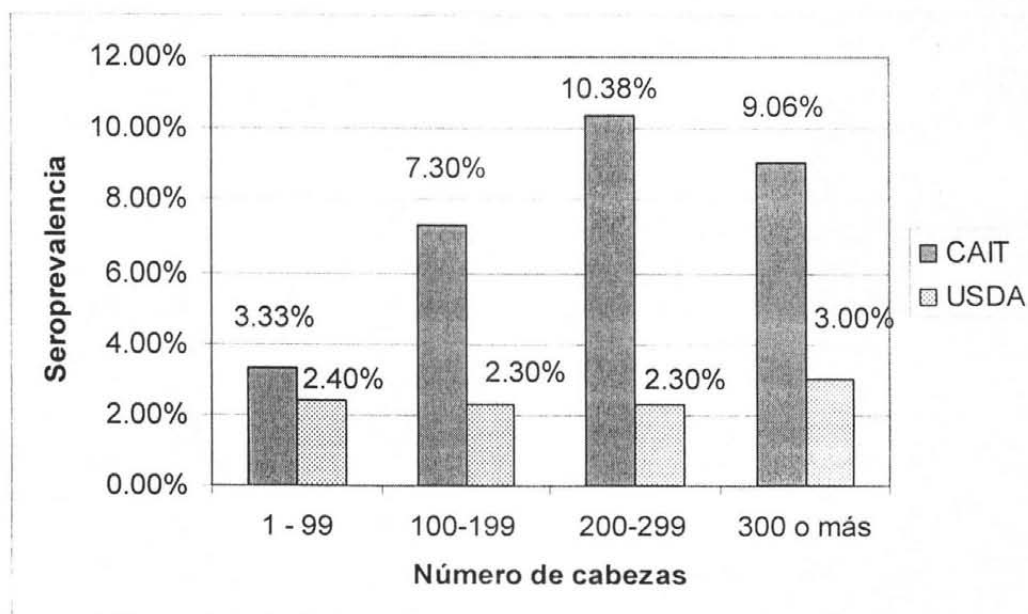


Figura 4.1.3 Comparación de la seroprevalencia de Paratuberculosis bovina en el CAIT y en el USDA (1996).

4.1.6 Prevalencia en la Cuenca:

Se estima que con una confianza del 95%, la proporción de animales positivos en la cuenca, se encuentra entre 7.5% y 10.2%,. Se estimó una prevalencia de 8.87%, al aplicar la fórmula estadística para un muestreo estratificado. Lo que representa un total de 2,458 animales infectados (resultado de multiplicar 8.87% por 27,706 vacas en la cuenca).

4.1.7 Seroprevalencia por número de lactancia:

En el cuadro 4.1.9 y en la figura 4.1.4, se muestra la seroprevalencia y la proporción, según el número de lactancia de los hatos muestreados en el CAIT.

La mayor seroprevalencia se observó en las vacas que se encontraban en segunda lactancia (12.47%) y la menor se presentó en animales de sexta lactancia o más (2.22%). No existió diferencia significativa entre la seroprevalencia de la tercera-cuarta lactancia y las demás lactancias ($P>0.05$). La mayor prevalencia y proporción de vacas seropositivas, del total de muestras, se encontró en vacas de la segunda lactancia (37.16%).

Cuadro 4.1.9 Seroprevalencia de Paratuberculosis bovina por número de lactancia de la muestra del CAIT, Hidalgo.

NÚMERO DE LACTANCIA	NÚMERO TOTAL DE VACAS MUESTREADAS	NÚMERO DE VACAS SERONEGATIVAS	NÚMERO DE VACAS SEROPOSITIVAS	SEROPREVALENCIA ^a	PROPORCIÓN DE VACAS SEROPOSITIVAS DEL TOTAL DE LA MUESTRA	INTERVALO DE CONFIANZA ^d
1	476	448	28	5.88% ^a	18.92%	3.77 - 8.00 %
2	441	386	55	12.47% ^a	37.16%	9.38 - 15.56 %
3	327	293	34	10.40% ^a	22.97%	7.08 - 13.71%
4	206	185	21	10.19% ^a	14.19%	6.05 - 14.34 %
5	99	91	8	8.08% ^a	5.41%	2.68 - 13.48 %
6 ó más	90	88	2	2.22% ^a	1.35%	0 - 5.28 %
TOTAL	1,639	1,491	148		100.00%	

^a No existió diferencia significativa entre la prevalencia por número de lactancia ($P>0.05$). Estadístico de prueba: Comparación entre dos proporciones.

^b Con una confianza del 95%.

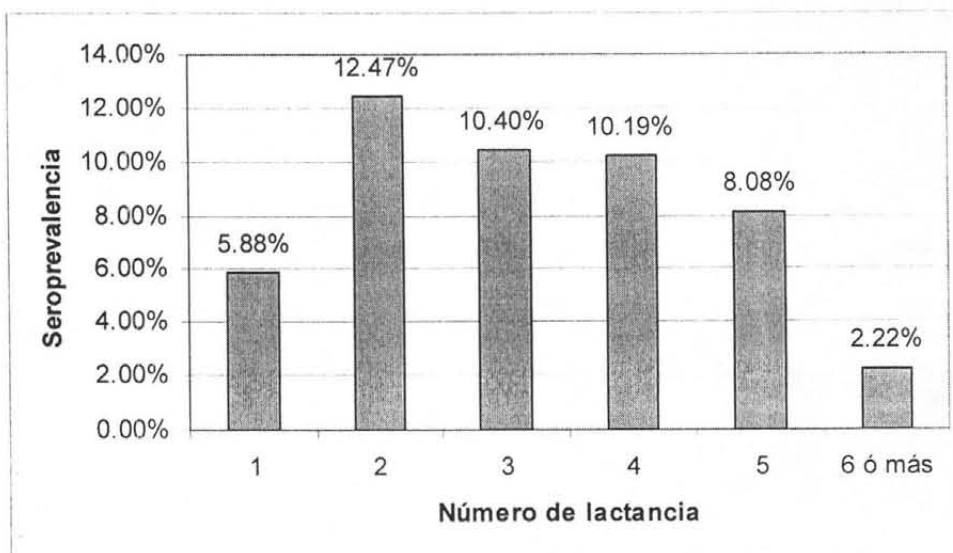


Figura 4.1.4 Seroprevalencia de Paratuberculosis Bovina por número de lactancia.

4.2 Estimación del total de pérdidas asociadas a Paratuberculosis Bovina

4.2.1 Estimación de las pérdidas a nivel de vaca/año.

En el cuadro 4.2.1, se presentan los impactos económicos de cada variable a nivel de vaca de cada uno de los estratos y de los hatos. A continuación se describen estos resultados. Cabe mencionar que durante el período de estudio, no se presentó la muerte de ningún animal seropositivo a Map de los hatos muestreados, por lo que no se fue posible calcular la pérdida por éste concepto.

La menor pérdida total anual fue de \$5,179.78/vaca/año que correspondió a un hato del estrato 2, con la menor prevalencia de todos los hatos después de la de 0% (1.82%) y la mayor pérdida fue de \$28,031.98/vaca/año en un hato del estrato 2 (prevalencia de 5.45%); este costo tan alto en un hato de baja prevalencia se debió a que la vaca seropositiva de ese hato tuvo 339 días abiertos, lo que aumento el costo por fallas reproductivas y por ende el costo total. El hato que presentó la mayor prevalencia (24.1%) perteneciente al estrato 2, tuvo una pérdida total anual de \$9,116/vaca/año. Los mayores pérdidas- costos porcentuales fueron la disminución de la producción láctea y las falla reproductivas, con el 43.3% y 24.1% del total /vaca/año respectivamente. El menor costo porcentual fue el tratamiento médico (14.7%).

Cuadro 4.2.1 Impacto económico anual de la Paratuberculosis bovina a nivel de vaca y por variable en cada hato del CAIT, Hidalgo.

ESTRATO	NÚMERO HATO	PREVALENCIA APARENTE	DESECHO PREMATURO	DISMINUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA	FALLA REPRODUCTIVA	TRATAMIENTO MÉDICO	TOTAL PÉRDIDAS ECONÓMICAS
I 1-180	1	0.00%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	2	4.00%	\$ 2,396.58	\$ 5,933.67	\$ 1,997.14	\$ 1,634.31	\$ 11,961.69
	3	5.00%	\$ 2,396.58	\$ 2,595.36	\$ 4,650.03	\$ 1,629.50	\$ 11,271.46
	4	5.88%	\$ 2,396.58	\$ 1,354.21	\$ 5,945.50	\$ 1,875.33	\$ 11,571.62
	5	7.14%	\$ 2,396.58	\$ 188.83	\$ 1,708.62	\$ 1,558.31	\$ 5,852.34
	6	8.00%	\$ 2,396.58	\$ 5,079.69	\$ 761.50	\$ 1,582.58	\$ 9,820.34
	7	8.51%	\$ 2,396.58	\$ 4,450.67	\$ 746.34	\$ 2,035.91	\$ 9,629.49
II 181-299	8	1.82%	\$ 1,648.13	\$ 1,417.44	\$ 594.71	\$ 1,519.50	\$ 5,179.78
	9	3.64%	\$ 1,648.13	\$ 3,542.51	\$ 1,049.12	\$ 1,480.51	\$ 7,720.27
	10	3.92%	\$ 1,648.13	\$ 2,562.06	\$ 570.85	\$ 1,491.76	\$ 6,272.80
	11	4.17%	\$ 1,648.13	\$ 3,476.31	\$ 633.30	\$ 1,535.08	\$ 7,292.82
	12	5.45%	\$ 1,882.97	\$ 10,399.77	\$ 14,245.04	\$ 1,504.21	\$ 28,031.98
	13	7.27%	\$ 1,648.13	\$ 15,597.35	\$ 704.84	\$ 1,537.68	\$ 19,488.00
	14	9.80%	\$ 1,250.10	\$ 2,171.10	\$ 5,790.95	\$ 1,509.26	\$ 10,721.41
	15	10.91%	\$ 2,074.44	\$ 10,855.41	\$ 423.21	\$ 1,506.38	\$ 14,859.44
	16	13.46%	\$ 1,907.69	\$ 4,826.16	\$ 1,790.78	\$ 1,487.28	\$ 10,011.91
	17	14.81%	\$ 1,648.13	\$ 6,026.67	\$ 694.09	\$ 1,512.07	\$ 9,880.96
	18	21.82%	\$ 1,648.13	\$ 14,847.43	\$ 1,922.14	\$ 1,540.33	\$ 19,958.04
	19	24.07%	\$ 1,125.46	\$ 5,531.35	\$ 932.50	\$ 1,526.91	\$ 9,116.22
III 300 o más	20	2.56%	\$ 1,793.40	\$ 11,185.05	\$ 920.74	\$ 1,487.83	\$ 15,387.02
	21	2.60%	\$ 1,793.40	\$ 1,771.55	\$ 887.45	\$ 1,485.80	\$ 5,938.19
	22	5.00%	\$ 1,793.40	\$ 6,520.79	\$ 1,293.61	\$ 1,501.24	\$ 11,109.04
	23	5.13%	\$ 1,793.40	\$ 4,634.11	\$ 243.78	\$ 1,509.89	\$ 8,181.17
	24	6.76%	\$ 1,793.40	\$ 3,747.84	\$ 3,346.73	\$ 1,497.00	\$ 10,384.97
	25	7.50%	\$ 1,793.40	\$ 341.92	\$ 3,273.08	\$ 1,502.94	\$ 6,911.34
	26	8.97%	\$ 2,625.00	\$ 55.93	\$ 3,324.99	\$ 1,494.63	\$ 7,500.54
	27	16.25%	\$ 1,950.21	\$ 4,091.62	\$ 766.44	\$ 1,493.48	\$ 8,301.76
	28	18.18%	\$ 1,526.13	\$ 4,534.11	\$ 2,671.73	\$ 1,504.00	\$ 10,235.97
	29	20.00%	\$ 1,072.26	\$ 3,861.53	\$ 993.48	\$ 1,498.13	\$ 7,425.41
PROMEDIO			\$ 1,796.24	\$ 4,882.77	\$ 2,168.37	\$ 1,497.99	\$ 10,345.38
% DEL TOTAL			17.73%	43.34%	24.15%	14.79%	100.00%

NOTA: Cada rubro es el resultado de obtener la diferencia entre el promedio de seronegativas y seropositivas de cada hato, lo que representa la pérdida-costo por vaca seropositiva /año. Los valores pueden variar en decimales por el redondeo de las cifras.

4.2.1.1 Disminución de la producción láctea en vacas seropositivas.

Se determino el valor absoluto en el porcentaje de disminución de la producción láctea por lactancia, en cada hato. Los resultados se muestran en el cuadro 4.2.1.1 Los porcentajes oscilaron en un rango de 0.24% a 53.79% (que correspondieron al estrato 3 y 2 respectivamente). En el estrato 1, esta disminución se encontró entre 0% y 27%. Cabe destacar que los mayores porcentajes de disminución se encontraron en el estrato 2, donde también existió mayor seroprevalencia de MAP. En el estrato tres estos valores oscilaron entre 0.24% y 51.67%. El rango de la diferencia en litros fue entre 17.7 y 4,456 litros de leche por lactancia. En promedio la diferencia fue de 1,495 litros que representó el 22.8% de porcentaje de disminución en la producción láctea.

Cuadro 4.2.1.1 Porcentaje de disminución de la producción láctea en cada hato del CAIT, Hidalgo.

ESTRATO	NÚMERO HATO	PRODUCCIÓN LÁCTEA PROMEDIO ANUAL / HATO		DIFERENCIA PRODUCCIÓN (LITROS)	% DE DISMINUCIÓN DE PRODUCCIÓN LÁCTEA
		SERONEGATIVAS	SEROPOSITIVAS		
I 1-180	1	5,149.14	-	-	0.00%
	2	6,254.61	4,559.27	1,695.33	27.11%
	3	5,416.37	4,605.32	811.05	14.97%
	4	3,646.92	3,223.73	423.19	11.60%
	5	5,472.17	5,411.26	60.91	1.11%
	6	6,916.36	5,362.94	1,553.42	22.46%
	7	5,784.08	4,384.50	1,399.58	24.20%
II 181-299	8	4,924.08	4,482.52	441.57	8.97%
	9	5,557.17	4,467.16	1,090.00	19.61%
	10	7,056.16	6,240.21	815.94	11.56%
	11	5,044.44	3,958.09	1,086.35	21.54%
	12	7,734.39	4,390.41	3,343.98	43.24%
	13	8,602.86	4,146.47	4,456.38	51.80%
	14	6,153.86	5,471.12	682.73	11.09%
	15	6,727.06	3,108.59	3,618.47	53.79%
	16	5,265.41	3,789.52	1,475.89	28.03%
	17	6,041.65	4,146.47	1,895.18	31.37%
	18	8,388.59	4,146.47	4,242.12	50.57%
	19	6,801.49	5,072.94	1,728.55	25.41%
III 300 o más	20	6,765.11	3,269.78	3,495.33	51.67%
	21	6,690.04	6,129.43	560.62	8.38%
	22	9,279.67	7,416.59	1,863.08	20.08%
	23	6,873.45	5,434.28	1,439.16	20.94%
	24	2,773.85	1,602.65	1,171.20	42.22%
	25	11,173.90	11,067.05	106.85	0.96%
	26	7,280.95	7,263.25	17.70	0.24%
	27	6,690.04	5,427.20	1,262.85	18.88%
	28	6,647.79	5,230.88	1,416.91	21.31%
	29	6,690.04	5,487.08	1,202.97	17.98%
PROMEDIO		6,475.92	4,803.28	1,495.08	22.80%

NOTA: Los valores pueden variar en decimales por el redondeo de las cifras.

También se estimó el promedio de disminución de la producción anual por estrato y se presenta en el cuadro 4.2.1.2. El mayor porcentaje de disminución se presentó en el estrato 2 (31.77%) y el menor en el estrato 3 (17.69%). El rango promedio de diferencia en la producción por estrato fue de 1,253.67 litros a 2,073.10 litros.

Cuadro 4.2.1.2 Porcentaje de disminución de la producción láctea promedio por estrato del CAIT, Hidalgo.

ESTRATO	PRODUCCIÓN LÁCTEA PROMEDIO ANUAL / ESTRATO		DIFERENCIA PRODUCCIÓN (LITROS)	% DE DISMINUCIÓN DE PRODUCCIÓN LÁCTEA
	SERONEGATIVAS	SEROPOSITIVAS		
1	5,519.95	3,935.29	1,584.66	28.71%
2	6,524.76	4,451.67	2,073.10	31.77%
3	7,086.49	5,832.82	1,253.67	17.69%

4.2.2 Estimación de las pérdidas anuales a nivel de hato.

Los resultados de las pérdidas asociadas a Paratuberculosis bovina, a nivel de hato/año, se presentan en el cuadro 4.2.2. El rango del total de pérdidas fue de \$0 a \$465,264 al /hato/año. La mayor pérdida fue en el hato del estrato 2, con la prevalencia más alta (24%). La menor pérdida, sin incluir el hato con 0% de prevalencia fue de \$22,202/hato/año que correspondieron al hato con la prevalencia más baja (1.82%) perteneciente también al estrato 2. El costo total promedio fue de \$225,449 hato/año, donde la mayor pérdida promedio fue la disminución de la producción láctea, \$114,002/hato/año (46.6%). En orden de importancia le siguió el costo por fallas reproductivas, \$43,750 (22.3%). El menor costo a nivel de hato, fue representado por el tratamiento médico, \$30,810/hato/año (14.1% del total) .

4.2.3 Estimación del impacto económico por estrato

La estimación de los resultados totales y de los costos asociados a cada variable por estrato, considerando el total de la población de cada estrato, se presentan en el cuadro 4.2.3. El mayor costo se observó en el estrato dos (\$12,007,624.95) y el menor en el estrato 1 (\$4,271,804.64). Se debe considerar que la mayor pérdida, en este caso esta en relación a la población total de cada estrato. La variable con el mayor costo total atribuido a la

enfermedad por estrato, fue la disminución de la producción láctea que representó el 47.1% y el menor proporcionalmente fue el tratamiento médico (14.7%), que en general conservaron el mismo orden de importancia, en comparación a los porcentajes del costo total por vaca y por hato, al año.

Cuadro 4.2.2 Impacto económico anual de la Paratuberculosis bovina a nivel de hato del CAIT, Hidalgo.

ESTRATO	NÚMERO HATO	PREVALENCIA	DESECHO PREMATURO	DISMINUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA	FALLA REPRODUCTIVA	TRATAMIENTO MÉDICO	TOTAL PÉRDIDAS ECONÓMICAS
I 1-180	1	0.00%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	2	4.00%	\$ 7,477.32	\$ 18,513.06	\$ 6,231.07	\$ 5,099.04	\$ 37,320.48
	3	5.00%	\$ 9,586.31	\$ 10,381.42	\$ 18,600.11	\$ 6,518.00	\$ 45,085.84
	4	5.88%	\$ 15,225.32	\$ 8,603.24	\$ 37,771.41	\$ 11,913.88	\$ 73,513.85
	5	7.14%	\$ 27,389.46	\$ 2,158.06	\$ 19,527.10	\$ 17,809.25	\$ 66,883.87
	6	8.00%	\$ 14,954.64	\$ 31,697.25	\$ 4,751.74	\$ 9,875.31	\$ 61,278.94
	7	8.51%	\$ 32,226.32	\$ 59,847.29	\$ 10,035.91	\$ 27,376.45	\$ 129,485.97
II 181-299	8	1.82%	\$ 7,191.84	\$ 6,185.18	\$ 2,595.11	\$ 6,630.55	\$ 22,602.68
	9	3.64%	\$ 16,061.78	\$ 34,523.41	\$ 10,224.14	\$ 14,428.22	\$ 75,237.55
	10	3.92%	\$ 13,637.47	\$ 21,199.81	\$ 4,723.48	\$ 12,343.61	\$ 51,904.36
	11	4.17%	\$ 13,734.42	\$ 28,969.25	\$ 5,277.50	\$ 12,792.29	\$ 60,773.46
	12	5.45%	\$ 30,709.50	\$ 169,610.76	\$ 232,323.59	\$ 24,532.25	\$ 457,176.10
	13	7.27%	\$ 22,174.84	\$ 209,855.21	\$ 9,483.35	\$ 20,688.73	\$ 262,202.13
	14	9.80%	\$ 27,330.60	\$ 47,466.12	\$ 126,606.15	\$ 32,996.67	\$ 234,399.54
	15	10.91%	\$ 52,728.44	\$ 275,924.85	\$ 10,757.26	\$ 38,289.38	\$ 377,699.94
	16	13.46%	\$ 68,053.06	\$ 172,163.89	\$ 63,882.68	\$ 53,055.96	\$ 357,155.59
	17	14.81%	\$ 68,366.88	\$ 249,995.25	\$ 28,791.72	\$ 62,722.96	\$ 409,876.81
	18	21.82%	\$ 64,726.56	\$ 583,099.18	\$ 75,487.79	\$ 60,493.09	\$ 783,806.62
	19	24.07%	\$ 57,440.04	\$ 282,303.93	\$ 47,592.04	\$ 77,928.74	\$ 465,264.74
III 300 o más	20	2.56%	\$ 16,554.47	\$ 103,246.63	\$ 8,499.09	\$ 13,733.85	\$ 142,034.04
	21	2.60%	\$ 12,763.42	\$ 12,607.90	\$ 6,315.87	\$ 10,574.23	\$ 42,261.42
	22	5.00%	\$ 28,156.39	\$ 102,376.34	\$ 20,309.74	\$ 23,569.40	\$ 174,411.86
	23	5.13%	\$ 30,073.95	\$ 77,710.41	\$ 4,087.96	\$ 25,319.69	\$ 137,192.01
	24	6.76%	\$ 36,352.71	\$ 75,969.80	\$ 67,839.08	\$ 30,344.59	\$ 210,506.18
	25	7.50%	\$ 43,041.61	\$ 8,206.06	\$ 78,553.95	\$ 36,070.50	\$ 165,872.12
	26	8.97%	\$ 93,995.19	\$ 2,002.63	\$ 119,060.04	\$ 1,459.54	\$ 216,517.41
	27	16.25%	\$ 107,115.30	\$ 224,732.45	\$ 42,096.95	\$ 82,029.35	\$ 455,974.05
	28	18.18%	\$ 83,243.30	\$ 247,315.02	\$ 145,730.95	\$ 82,036.36	\$ 558,325.64
	29	20.00%	\$ 66,480.39	\$ 239,414.79	\$ 61,596.03	\$ 92,884.00	\$ 460,375.21
PROMEDIO			\$ 36,785.91	\$ 114,002.73	\$ 43,750.06	\$ 30,810.89	\$ 225,349.60
% DEL TOTAL			16.91%	46.57%	22.35%	14.16%	100.00%

NOTA: Cada rubro es el resultado de multiplicar la pérdida-costo por vaca seropositiva /hato/año por el número de animales positivos en el hato. Los valores pueden variar en decimales por el redondeo de las cifras.

Cuadro 4.2.3 Impacto económico anual de la Paratuberculosis Bovina por variable y por estrato del CAIT, Hidalgo.

ESTRATO	ESTIMACIÓN NÚMERO DE VACAS SEROPOSITIVAS	DESECHO PREMATURO	DISMINUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA	FALLA REPRODUCTIVA	TRATAMIENTO MÉDICO	TOTAL PÉRDIDAS ECONÓMICAS
1	228.20	\$ 750,405.63	\$ 2,014,465.88	\$ 877,684.50	\$ 629,248.64	\$ 4,271,804.64
2	300.37	\$ 1,532,996.41	\$ 4,115,332.89	\$ 1,793,013.18	\$ 1,285,485.96	\$ 8,726,828.45
3	1,240.36	\$ 2,109,316.81	\$ 5,662,466.52	\$ 2,467,085.26	\$ 1,768,756.36	\$ 12,007,624.95
TOTALES		\$ 4,464,859.58	\$ 11,984,221.86	\$ 5,222,132.29	\$ 3,743,163.44	\$ 25,411,836.04
PORCENTAJE DEL TOTAL		17.57%	47.16%	20.55%	14.73%	100.00%

4.2.4 Estimación de las pérdidas anuales ocasionadas por Paratuberculosis Bovina en la cuenca

Se estima que el costo total promedio es de \$10,345/vaca/año. Se asocia una pérdida total anual de \$25,411,836 a la presencia de la enfermedad en la Cuenca (ver cuadro 4.2.4). Considerando que la población total del CAIT en el 2004 fue de 27,706 vacas, esta pérdida representa un costo de \$917.20 /vaca/año.

Cuadro 4.2.4. Impacto económico anual de la Paratuberculosis Bovina en la cuenca del CAIT, Hidalgo.

PREVALENCIA	TOTAL DE VACAS /CUENCA	ESTIMACIÓN DE VACAS SEROPOSITIVAS A MAP	TOTAL PÉRDIDAS ECONÓMICAS/ VACA ¹	TOTAL PÉRDIDAS ECONÓMICAS /CUENCA
8.87%	27,706	2,458	\$ 10,345	\$ 25,411,836

¹ Promedio obtenido de la fórmula para un muestreo estratificado.

4.2.5 Estimación del impacto económico en el precio de litro de leche.

Los resultados del impacto sobre el precio del litro de leche en cada hato, se presentan en el cuadro 4.2.5. El precio promedio pagado por litro de leche fue de \$3.23 y el promedio del costo de la enfermedad por litro de leche representó \$ 0.12, es decir, el costo de la Paratuberculosis representa el 3.72% del precio de la leche. Se observa que en los hatos del estrato 2, este porcentaje fluyó entre 0.6% y 9.6%, donde se vuelve a observar que en

estos hatos, que en su mayoría presentaron la mayor prevalencia, también las pérdidas por litro de leche son mayores, como sucedió en las otras variables.

Cuadro 4.2.5. Impacto económico anual por litro de leche del CAIT, Hidalgo.

ESTRATO	NÚMERO HATO	LITROS DE LECHE AÑO /HATO	PRECIO DE LITRO DE LECHE	PÉRDIDA POR LITRO DE LECHE	% DEL PRECIO LECHE
1	1	1,433,400.25	\$ 3.14	\$ -	0.00%
	2	340,107.97	\$ 3.50	\$ 0.078	2.22%
	3	544,644.61	\$ 3.20	\$ 0.089	2.79%
	4	833,254.21	\$ 3.20	\$ 0.107	3.34%
	5	821,611.45	\$ 3.10	\$ 0.151	4.87%
	6	660,027.16	\$ 3.27	\$ 0.142	4.34%
	7	1,047,944.68	\$ 3.18	\$ 0.105	3.32%
2	8	1,374,893.89	\$ 3.21	\$ 0.021	0.66%
	9	1,946,365.42	\$ 3.25	\$ 0.034	1.06%
	10	1,655,618.84	\$ 3.14	\$ 0.044	1.40%
	11	1,539,899.72	\$ 3.20	\$ 0.033	1.02%
	12	2,864,873.87	\$ 3.11	\$ 0.116	3.74%
	13	1,665,000.00	\$ 3.50	\$ 0.105	3.00%
	14	1,106,709.94	\$ 3.18	\$ 0.305	9.59%
	15	1,487,101.16	\$ 3.00	\$ 0.118	3.95%
	16	1,188,110.79	\$ 3.27	\$ 0.304	9.31%
	17	1,853,747.08	\$ 3.18	\$ 0.196	6.17%
	18	1,620,000.00	\$ 3.50	\$ 0.323	9.22%
	19	1,775,397.90	\$ 3.20	\$ 0.224	7.00%
3	20	2,675,880.52	\$ 3.20	\$ 0.048	1.50%
	21	1,853,148.25	\$ 3.16	\$ 0.025	0.78%
	22	2,826,000.00	\$ 3.50	\$ 0.075	2.15%
	23	2,985,643.09	\$ 3.22	\$ 0.031	0.97%
	24	1,341,123.43	\$ 3.20	\$ 0.155	4.85%
	25	3,249,782.63	\$ 3.20	\$ 0.053	1.66%
	26	3,398,227.94	\$ 3.16	\$ 0.072	2.27%
	27	1,870,502.85	\$ 3.24	\$ 0.204	6.29%
	28	3,762,928.02	\$ 3.20	\$ 0.059	1.85%
	29	1,923,459.46	\$ 3.21	\$ 0.266	8.29%
PROMEDIOS			\$ 3.23	\$ 0.120	3.72%

NOTA: La pérdida por litro es el resultado de dividir el costo o pérdida total de la enfermedad por hato entre el número total de litros producidos en el hato. Los valores pueden variar en decimales por el redondeo de las cifras.

4.2.6 Comparación del impacto económico con otras investigaciones.

Los resultados del impacto obtenido en esta investigación, se compararon con los equivalentes de las pérdidas y costos obtenidos por otras investigaciones. En vista de que éstos últimos están consignados en otra moneda y para otros años, se actualizaron los datos originales a precios del 2004, y posteriormente se convirtieron a pesos mexicanos, según el tipo de cambio del 2004. El costo por desecho prematuro fue mayor en Gran Bretaña (\$12,338.4), en comparación al CAIT (\$1,796.2). En cuanto a producción láctea, la mayor pérdida en orden de importancia fue: en Gran Bretaña (\$25,349.38), y después en el CAIT (\$4,790.9). En cuanto a fallas reproductivas, el único trabajo comparable tuvo un costo menor (\$1,416) en comparación al CAIT (\$2,446.5). En cuanto al tratamiento médico, la pérdida fue mayor en el CAIT (\$1,498.69), que en Canadá y Gran Bretaña (\$29.8 y \$691.5 respectivamente). En cuanto a costos porcentuales se refiere, tanto en el CAIT, como en EUA y Gran Bretaña, el mayor costo lo representó la disminución de la producción láctea. En cambio en Canadá, el mayor costo fue el desecho prematuro, mientras que en el CAIT, este rubro fue el tercero en importancia, después del costo ocasionado por las fallas reproductivas.

Cuadro 4.2.6 Comparación de las pérdidas por vaca del CAIT (Hidalgo) con otras investigaciones con datos deflactados al 2004 y con el tipo de cambio del 2004.

PAÍS / PÉRDIDA		DESECHO PREMATURO	PRODUCCIÓN LÁCTEA	FALLAS REPRODUCTIVAS	TRATAMIENTO MÉDICO	TOTAL
EUA ^a	Costo	\$ 516.22	\$ 2,764.05	N.E	N.E	\$ 3,095.14
	Porcentaje	16.68%	89.30%	N.E	N.E	100.00%
CÁNADA ^b	Costo	\$ 3,664.33	\$ 978.07	\$ 1,416.14	\$ 29.76	\$ 6,813.45
	Porcentaje	53.78%	14.36%	20.78%	0.44%	100.00%
GRAN BRETAÑA ^c	Costo	\$ 12,338.42	\$ 25,349.38	N.E	\$ 691.55	\$ 38,382.00
	Porcentaje	32.15%	66.04%	N.E	1.80%	100.00%
CAIT ^d	Costo	\$ 1,796.24	\$ 4,390.98	\$ 2,446.51	\$ 1,497.99	\$ 10,131.73
	Porcentaje	17.7%	43.3%	24.1%	14.8%	100.0%

N.E. No estimado

^a Datos del USDA, 1996, con una prevalencia del 3.1%

^b Para obtener el costo por vaca enferma, se dividió el dato reportado entre el resultado de multiplicar el número de vacas positivas (población por la prevalencia del 7%). Datos de Chi et al, 2002.

^c Datos de Bennett et al, 1999 con el nivel de prevalencia baja (12%), se dividió el dato reportado entre el resultado de multiplicar la población por la prevalencia.

^d Datos estimados de los costos promedio por vaca/año.

NOTA: El total del costo-pérdida, puede no coincidir con la suma de cada uno de los valores, debido a que estas investigaciones consideraron otras variables no equiparables con las analizadas en el presente estudio.

4.2.7 Análisis de sensibilidad.

A los resultados del impacto por vaca, se les comparo con las prevalencias obtenidas por el USDA, y por Canadá, y Gran Bretaña (ésta ultima considerando la prevalencia alta de 23%) para observar las variaciones según prevalencia, en cada rubro. Al aplicar la prevalencia del USDA (1996), la pérdida por vaca fue menor o mayor, según la prevalencia original de cada hato. Se observa que el costo total en la cuenca disminuye considerablemente, en los cuadros 4.3.1 y 4.3.2, si se tuvieran prevalencias del 3 y 7%. Sin embargo, en el cuadro 4.3.3. se observa que con una prevalencia del 23%, los costos totales en toda la cuenca ascenderían a \$64, 832, 594, es decir 2.5 veces más que los obtenidos en la presente investigación.

Cuadro 4.3.1 Análisis de sensibilidad de las pérdidas debidas a Paratuberculosis Bovina en el CAIT, Hidalgo, con una prevalencia del 3%.

NÚMERO HATO	ESTRATO	PREVALENCIA CAIT			PREVALENCIA 3% ^a		
		PREVALENCIA	NÚMERO VACAS SEROPOSITIVAS	TOTAL PÉRDIDAS	PREVALENCIA	NÚMERO VACAS SEROPOSITIVAS	TOTAL PÉRDIDAS
1	1	0.0%	-	\$ -	3.0%	-	\$ -
2	1	0.0%	3.12	\$ 37,320.48	3.0%	5.2	\$ 61,722.33
3	1	4.0%	4.00	\$ 45,085.84	3.0%	2.3	\$ 26,375.22
4	1	5.0%	6.35	\$ 73,513.85	3.0%	2.4	\$ 27,771.90
5	1	5.9%	11.43	\$ 66,883.87	3.0%	3.2	\$ 18,961.58
6	1	7.1%	6.24	\$ 61,278.94	3.0%	4.8	\$ 47,137.65
7	1	8.0%	13.45	\$ 129,485.97	3.0%	2.3	\$ 22,533.02
8	2	8.5%	4.36	\$ 22,602.68	3.0%	4.7	\$ 24,552.16
9	2	1.8%	9.75	\$ 75,237.55	3.0%	7.2	\$ 55,585.95
10	2	3.6%	8.27	\$ 51,904.36	3.0%	8.0	\$ 50,433.33
11	2	3.9%	8.33	\$ 60,773.46	3.0%	6.3	\$ 46,163.52
12	2	4.2%	16.31	\$ 457,176.10	3.0%	6.0	\$ 168,191.88
13	2	5.5%	13.45	\$ 262,202.13	3.0%	9.0	\$ 174,807.33
14	2	7.3%	21.86	\$ 234,399.54	3.0%	5.6	\$ 59,503.85
15	2	9.8%	25.42	\$ 377,699.94	3.0%	6.7	\$ 99,409.65
16	2	10.9%	35.67	\$ 357,155.59	3.0%	7.0	\$ 69,983.24
17	2	13.5%	41.48	\$ 409,876.81	3.0%	8.0	\$ 78,553.62
18	2	14.8%	39.27	\$ 783,806.62	3.0%	8.4	\$ 167,647.53
19	2	21.8%	51.04	\$ 465,264.74	3.0%	5.4	\$ 49,227.58
20	3	24.1%	9.23	\$ 142,034.04	3.0%	6.4	\$ 97,861.45
21	3	2.6%	7.12	\$ 42,261.42	3.0%	10.8	\$ 64,132.48
22	3	2.6%	15.70	\$ 174,411.86	3.0%	8.2	\$ 91,316.27
23	3	5.0%	16.77	\$ 137,192.01	3.0%	9.4	\$ 77,066.67
24	3	5.1%	20.27	\$ 210,506.18	3.0%	9.8	\$ 101,876.57
25	3	6.8%	24.00	\$ 165,872.12	3.0%	9.0	\$ 62,202.05
26	3	7.5%	35.81	\$ 216,517.41	3.0%	9.6	\$ 58,048.06
27	3	9.0%	54.93	\$ 455,974.05	3.0%	12.0	\$ 99,372.04
28	3	16.3%	54.55	\$ 558,325.64	3.0%	10.1	\$ 103,792.74
29	3	18.2%	62.00	\$ 460,375.21	3.0%	9.0	\$ 66,828.66
TOTAL CUENCA		8.87%	2,457.52	\$ 25,411,836.04	3.0%	831.18	\$ 8,456,425.32

^a Según prevalencia reportada por el USDA, en EUA (1996).

Cuadro 4.3.2 Análisis de sensibilidad de las pérdidas debidas a Paratuberculosis Bovina en el CAIT, Hidalgo, con una prevalencia del 7%.

NÚMERO HATO	ESTRATO	PREVALENCIA CAIT			PREVALENCIA 7% ^a		
		PREVALENCIA	NÚMERO VACAS SEROPOSITIVAS	TOTAL PÉRDIDAS	PREVALENCIA	NÚMERO VACAS SEROPOSITIVAS	TOTAL PÉRDIDAS
1	1	0.0%	-	\$ -	7.0%	12.0	\$ -
2	1	4.0%	3.1	\$ 37,320.48	7.0%	5.5	\$ 65,310.84
3	1	5.0%	4.0	\$ 45,085.84	7.0%	5.6	\$ 63,120.18
4	1	5.9%	6.4	\$ 73,513.85	7.0%	7.6	\$ 87,481.48
5	1	7.1%	11.4	\$ 66,883.87	7.0%	11.2	\$ 65,546.19
6	1	8.0%	6.2	\$ 61,278.94	7.0%	5.5	\$ 53,619.07
7	1	8.5%	13.4	\$ 129,485.97	7.0%	11.1	\$ 106,502.21
8	2	1.8%	4.3	\$ 22,602.68	7.0%	16.8	\$ 87,020.32
9	2	3.6%	9.7	\$ 75,237.55	7.0%	18.8	\$ 144,832.28
10	2	3.9%	8.2	\$ 51,904.36	7.0%	14.8	\$ 92,649.28
11	2	4.2%	8.3	\$ 60,773.46	7.0%	14.0	\$ 102,099.41
12	2	5.5%	16.3	\$ 457,176.10	7.0%	20.9	\$ 586,709.33
13	2	7.3%	13.4	\$ 262,202.13	7.0%	13.0	\$ 252,369.55
14	2	9.8%	21.8	\$ 234,399.54	7.0%	15.6	\$ 167,361.27
15	2	10.9%	25.4	\$ 377,699.94	7.0%	16.3	\$ 242,357.46
16	2	13.5%	35.6	\$ 357,155.59	7.0%	18.6	\$ 185,720.91
17	2	14.8%	41.4	\$ 409,876.81	7.0%	19.6	\$ 193,666.79
18	2	21.8%	39.2	\$ 783,806.62	7.0%	12.6	\$ 251,471.29
19	2	24.1%	51.0	\$ 465,264.74	7.0%	14.8	\$ 135,284.67
20	3	2.6%	9.2	\$ 142,034.04	7.0%	25.2	\$ 387,752.93
21	3	2.6%	7.1	\$ 42,261.42	7.0%	19.2	\$ 113,894.53
22	3	5.0%	15.7	\$ 174,411.86	7.0%	22.0	\$ 244,176.60
23	3	5.1%	16.7	\$ 137,192.01	7.0%	22.9	\$ 187,267.09
24	3	6.8%	20.2	\$ 210,506.18	7.0%	21.0	\$ 218,084.40
25	3	7.5%	24.0	\$ 165,872.12	7.0%	22.4	\$ 154,813.98
26	3	9.0%	35.8	\$ 216,517.41	7.0%	27.9	\$ 168,883.58
27	3	16.3%	54.9	\$ 455,974.05	7.0%	23.7	\$ 196,419.59
28	3	18.2%	54.5	\$ 558,325.64	7.0%	21.0	\$ 214,955.37
29	3	20.0%	62.0	\$ 460,375.21	7.0%	21.7	\$ 161,131.32
					7.0%		
TOTAL CUENCA		8.87%	2,457.5	\$ 25,411,836	7.0%	1,939.4	\$ 19,731,659.08

^a Según prevalencia reportada por Chi et al, en Canadá (2002).

Cuadro 4.3.3 Análisis de sensibilidad de las pérdidas debidas a Paratuberculosis Bovina en el CAIT, Hidalgo, con una prevalencia del 23%.

NÚMERO HATO	ESTRATO	PREVALENCIA CAIT			PREVALENCIA 23% ^a		
		PREVALENCIA	NÚMERO VACAS SEROPOSITIVAS	TOTAL PÉRDIDAS	PREVALENCIA	NÚMERO VACAS SEROPOSITIVAS	TOTAL PÉRDIDAS
1	1	0.0%	-	\$ -	23.0%	39.6	\$ -
2	1	4.0%	3.1	\$ 37,320.48	23.0%	17.9	\$ 214,592.76
3	1	5.0%	4.0	\$ 45,085.84	23.0%	18.4	\$ 207,394.86
4	1	5.9%	6.3	\$ 73,513.85	23.0%	24.8	\$ 287,439.15
5	1	7.1%	11.4	\$ 66,883.87	23.0%	36.8	\$ 215,366.06
6	1	8.0%	6.2	\$ 61,278.94	23.0%	17.9	\$ 176,176.95
7	1	8.5%	13.4	\$ 129,485.97	23.0%	36.3	\$ 349,935.83
8	2	1.8%	4.3	\$ 22,602.68	23.0%	55.2	\$ 285,923.90
9	2	3.6%	9.7	\$ 75,237.55	23.0%	61.6	\$ 475,877.50
10	2	3.9%	8.2	\$ 51,904.36	23.0%	48.5	\$ 304,419.07
11	2	4.2%	8.3	\$ 60,773.46	23.0%	46.0	\$ 335,469.50
12	2	5.5%	16.3	\$ 457,176.10	23.0%	68.8	\$ 1,927,759.22
13	2	7.3%	13.45	\$ 262,202.13	23.0%	42.6	\$ 829,214.24
14	2	9.8%	21.8	\$ 234,399.54	23.0%	51.3	\$ 549,901.32
15	2	10.9%	25.4	\$ 377,699.94	23.0%	53.6	\$ 796,317.37
16	2	13.5%	35.6	\$ 357,155.59	23.0%	61.0	\$ 610,225.84
17	2	14.8%	41.4	\$ 409,876.81	23.0%	64.4	\$ 636,333.75
18	2	21.8%	39.27	\$ 783,806.62	23.0%	41.4	\$ 826,262.81
19	2	24.1%	51.0	\$ 465,264.74	23.0%	48.8	\$ 444,506.77
20	3	2.6%	9.2	\$ 142,034.04	23.0%	82.8	\$ 1,274,045.34
21	3	2.6%	7.1	\$ 42,261.42	23.0%	63.0	\$ 374,224.87
22	3	5.0%	15.7	\$ 174,411.86	23.0%	72.2	\$ 802,294.56
23	3	5.1%	16.7	\$ 137,192.01	23.0%	75.2	\$ 615,306.16
24	3	6.8%	20.2	\$ 210,506.18	23.0%	69.0	\$ 716,563.04
25	3	7.5%	24.0	\$ 165,872.12	23.0%	73.6	\$ 508,674.50
26	3	9.0%	35.8	\$ 216,517.41	23.0%	91.8	\$ 554,903.19
27	3	16.3%	54.9	\$ 455,974.05	23.0%	77.7	\$ 645,378.66
28	3	18.2%	54.5	\$ 558,325.64	23.0%	69.0	\$ 706,281.93
29	3	20.0%	62.0	\$ 460,375.21	23.0%	71.3	\$ 529,431.49
TOTAL CUENCA		8.87%	2,457.5	\$25,411,836.04	23.0%	6,372.3	\$ 64,832,594.12

^a Según prevalencia alta reportada por Bennett et al, en Gran Bretaña (1999).

5. DISCUSIÓN

5.1 Seroprevalencia de Paratuberculosis bovina

Si bien ya se ha mencionado que las investigaciones sobre la prevalencia de Paratuberculosis Bovina en México de ovinos, caprinos y bovinos son escasas, algunos autores han descrito prevalencias en ganado bovino de lidia mayores a la encontrada en la presente investigación; estos autores utilizaron el diagnóstico patológico de muestras de intestino y linfonodos mesentéricos⁶⁷ y el cultivo bacteriológico como diagnóstico.⁶⁸

Al respecto, entre las investigaciones que utilizaron a la prueba de ELISA como método diagnóstico en ganado lechero, se encuentra la de Santillán et al (2003) que reportan en el estado de Guanajuato, una seroprevalencia mayor (30%) en ganado bovino lechero¹¹, que a la obtenida en el CAIT (8.87%). En cambio en EUA, han descrito diferentes prevalencias según la zona y el año; por ejemplo en Florida, de 17.1%⁵², en Wisconsin de 7.1%⁵³, Goodger et al (1996) encuentran una prevalencia de 10%⁹⁰; en 1996, en EUA, encontraron una prevalencia de 3.4%⁶; en 1999, Johnson et al, obtuvieron una prevalencia de 6.9% en ganado lechero en Michigan⁴; éstas prevalencias han sido en su mayoría, menores en comparación al CAIT, excepto en Florida mencionada anteriormente. Un estudio más reciente, de Adaska et al (2003) en EUA, reportaron una prevalencia de 9.4% en ganado lechero en el estado de California¹¹⁰, que es similar a la obtenida en el presente estudio. En cambio en Canadá VanLeeuwen et al (2001) en la zona Marítima, encontraron una menor seroprevalencia (2.6%).⁵⁴ En países de Europa, también describen una menor prevalencia: Muskens et al (2000) en Holanda (2.5-3.2%) y en Italia (3.5%). En el sur de Australia, Vandeergraf et al (1994) estimaron una prevalencia, también mucho menor (0.63%), en zonas con baja prevalencia de la enfermedad.¹¹² Por su parte, en estudios realizados en Latinoamérica utilizando también la prueba de ELISA, Benito et al (1999) en Perú describen una prevalencia mayor (13.3%).⁵⁵ Al respecto, Paolicchi et al (2002) reportaron una seroprevalencia menor (0.2 a 7%) en diferentes provincias de la Argentina.⁵⁸ En Uruguay, encontraron una prevalencia mayor (16%).⁵⁹ Estas prevalencias mayores, se deban probablemente a que en estos países, tampoco se han establecido una Campaña ni medidas de control de la enfermedad. Las menores prevalencias por países desarrollados, puedan deberse a diversos factores, entre ellos el sistema de producción, ya que por el ejemplo, en EUA se realiza principalmente pastoreo, en cambio en el CAIT, se produce bajo un sistema de confinamiento total, y se ha descrito que el hacinamiento, puede ser un factor de riesgo para

la presentación de Paratuberculosis Bovina.¹¹³ También hay que considerar la influencia del manejo, las condiciones zoonositarias de los hatos.^{28, 47, 67, 86, 90, 92} Además también se debe tomar en cuenta, que algunos países, como EUA^{6, 98} Canadá,^{54, 89,} el Reino Unido^{88, 114} y Australia^{48, 83, 112} entre otros, actualmente cuentan con campañas de control de la enfermedad que obligan a desechar a este ganado, en cambio en México, no se cuenta con una campaña a nivel nacional para el control de la misma, ni se realiza el diagnóstico de Map en los hatos. Adicionalmente, se importa ganado procedente de los países antes mencionados, y potencialmente podría estar ingresando ganado infectado con Map desechado de esos países. Se destaca también que del total de animales seropositivos en el CAIT, el 28% era procedente de tres de éstos países, y la seroprevalencia de animales importados fue mayor (11.5%) a la seroprevalencia de los animales de origen nacional (8.3%), lo que refuerza esta hipótesis, a pesar de que el 72% de los animales seropositivos de la muestra fueron de origen nacional (ver Figura 4.1.1 y cuadro 4.1.1). Por lo tanto podemos suponer, que la importación de éstos animales podría estar contribuyendo a la presentación de la enfermedad en el CAIT por las razones antes mencionadas. Una recomendación podría ser monitorear a los animales importados, a su arribo con alguna prueba diagnóstica, la más recomendable por cuestión de tiempo y costo sería ELISA, y determinar si son seropositivos a Map, en caso contrario realizar más pruebas a lo largo del tiempo y observar se seroconvierten, pues podrían estar incubando la enfermedad. A futuro, se podría exigir que los animales importados, sean libres de Paratuberculosis Bovina, y que sea obligatoria esta prueba.

Por otra parte, a pesar de que sólo existió diferencia estadísticamente significativa entre la producción láctea y el intervalo entre partos ($P < 0.05$), entre vacas seronegativas y seropositivas, los demás parámetros, como días abiertos y número de lactancias, edad, pueden verse afectados por múltiples factores. Primeramente, las pérdidas descritas en el presente estudio corresponden a vacas con la infección subclínica, considerando que los efectos son más evidentes en la presentación con signos clínicos de la enfermedad. También hay que tomar en cuenta, que los indicadores obtenidos, en promedio, no son los parámetros óptimos, ya que por ejemplo para los días abiertos, lo ideal es obtener un valor promedio no mayor a 110 días, considerando una gestación de 280 días, con un intervalo entre partos de 12 meses.¹¹⁵ Sin embargo, los promedios fueron mayores a estos valores, 136 días en seronegativas y 155 días en seronegativas. También hay que considerar que coexisten otros padecimientos que afectan directa o indirectamente el desempeño y eficiencia de los

parámetros técnicos del ganado, entre ellos, la presentación de diversas enfermedades, tales como Diarrea Viral Bovina, Leucosis bovina, Neosporosis, Leptospirosis, entre otras, de las cuales se ha comprobado tienen efectos negativos que generan fallas reproductivas, disminución de la producción láctea, desecho prematuro, etc. en el ganado, de las cuales se sugiere también se realice su evaluación económica.^{10, 16, 104} También pueden afectar en estos parámetros otros factores como la alimentación, el manejo, las condiciones zoonositarias, etc. Por lo tanto, es difícil, aislar el efecto directo de la Paratuberculosis bovina, ya que influyen todo los factores anteriormente mencionados en éstos parámetros. Sin embargo, en términos generales, se observó una tendencia, en la cual las vacas seropositivas presentaron un deficiente desempeño en comparación a las seronegativas a Map, por lo tanto, se puede inferir que la Paratuberculosis contribuye afectando negativamente los parámetros productivos y reproductivos del ganado lechero.

Por otro parte de las hipótesis planteadas, tampoco se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los hatos menores de 300 cabezas (estrato 1 y 2) y los mayores de 300 (estrato 3) ($P > 0.05$). Pero se encontró una mayor prevalencia (10.16%) que la reportado en EUA⁶ (ver Cuadro 4.1.8 y Figura 4.1.3), donde reportan prevalencias menores que en el CAIT: 2.3-2.4% chicos, 2.3% medianos y 3% en grandes, según tamaño el tamaño del hato. Al respecto, Braun et al (1990) en EUA, realizan una estratificación en chicos (0-49 cabezas), medianos (50-99) y grandes (más de 100 cabezas), y encuentran prevalencias de 19.5%, 20.4% y 16.9% respectivamente⁵², que fueron mayores a las encontradas en los estratos de la presente investigación. Collins et al (1994) reportan una correlación significativa entre el tamaño de hato y la prevalencia de Paratuberculosis, pero no especifican la prevalencia por tamaño de hato obtenida en su estudio.⁵³ La mayor prevalencia obtenida en el presente estudio, en el estrato 2, podría estar asociada al manejo zootécnico de los hatos, principalmente con los aspectos sanitarios, ya que la mayoría de los hatos del estrato 1 y 3, en general contaban con un buen manejo administrativo y zootécnico, sin embargo estos factores no fueron considerados ni evaluados en el presente estudio. También hay que considerar que en el caso particular del CAIT, un factor de riesgo para la presentación de la enfermedad, pudiera ser el sistema de producción intensivo, que como ya se mencionó, el hacinamiento total representa un factor de riesgo, y que en comparación a los descritos en el estudio del USDA, estos cuentan con pastoreo⁶, lo que implicaría que en el CAIT, la mayor prevalencia se

presente en hatos que cuente con más de 180 cabezas, y no desde más de 300 cabezas, como se reporta en el USDA.

Con lo que respecta a la otra hipótesis planteada, sobre la prevalencia por número de lactancia, se encontró que esta seroprevalencia en la muestra fue mayor en la segunda lactancia (12.47%). Son escasos los trabajos que describen la prevalencia, según el número de lactancia, de los existentes, como el USDA en 1996,⁶ reportan una prevalencia para el segundo parto de 3.9% y encuentran una mayor prevalencia en vacas de tercera lactancia (4.8%), en contraste en el CAIT, donde la mayor prevalencia se encontró en la segunda lactancia. Al respecto, Wilson et al (1995) también en EUA, encuentran una mayor proporción de vacas positivas a Paratuberculosis bovina en la primera lactancia (41.1%) y después en la segunda (40.5%), pero utilizaron como diagnóstico el cultivo fecal de Map. Los resultados obtenidos en la presente investigación, hacen suponer que fueron animales que probablemente se contagiaron de Map, a una edad más temprana, probablemente desde el nacimiento o durante el desarrollo, lo que implicaría la existencia de un mayor número de vacas infectadas con Map, desde la primera lactancia; esto indica que en el CAIT, existe una mayor precocidad en la presentación de la enfermedad, pese a que la Paratuberculosis es una enfermedad crónica, con períodos de incubación largos hasta la manifestación de signos clínicos.²⁵ También se sugiere que podrían incidir otros factores de riesgo que puedan participar, tales como el manejo del becerro y el de las vaquillas, que aunque no se evaluó en la presente investigación, la infección a través de heces de vacas que estén eliminando a la bacteria, puede provocar que vacas adultas infecten a los animales más jóvenes, tal y como se ha comprobado en un estudio reciente, donde observaron que el 36.5% de la población en un hato fue desechada debido a Paratuberculosis, y demostraron que también la progenie de éstas vacas, presentó la enfermedad.²⁴ Se ha comprobado que las vacas pueden transmitir la enfermedad vía placentaria^{21, 22, 24} o través del calostro, o en leche.^{22, 23} Al respecto, en una reciente investigación, se puede entonces sospechar que en el CAIT, se estén desechando animales más jóvenes, los cuales no han alcanzado su pico de producción, provocando además, una mayor pérdida económica por desecho prematuro en los hatos, ya que en promedio se observó, que las vacas seropositivas se están eliminando a los 5.27 años de edad y las seronegativas a los 4.97 años de edad. Por lo tanto, es importante establecer medidas de control, para evitar que animales adultos contagien animales jóvenes y susceptibles, como tener a la cría en otro lugar o que éstos animales no tengan contacto con ganado adulto,

entre otras, para evitar o disminuir el riesgo de la presentación de la enfermedad desde etapas tempranas.

Es también preocupante que en el CAIT, se observara una alta proporción de hatos seropositivos, que corresponden al 96.6% en comparación a otras investigaciones. Por ejemplo, fue mayor a la reportada en: EUA (50%),⁵³ en el NAHMS (1996) (20%)⁶; por Johnson et al (1999) (54%).⁴ En Canadá, el rango encontrado también fue menor (32.9-53.8%).⁵⁴ En Europa, también fueron menores en Holanda (55%)¹¹¹ y en Italia (65%).⁴⁷ Todas estas investigaciones fueron realizadas en ganado lechero. Uno de los factores que pudieran contribuir sería el hacinamiento existente en la cuenca, ya que como se ha mencionado, es un factor de riesgo. Esta alta prevalencia a nivel de hato también se puede relacionar con el manejo del estiércol, ya que existe evidencia de una correlación entre el manejo de las excretas con la prevalencia, reportada por Goodger et al (1996).⁹⁰ Las lluvias e inundaciones que suelen ocurrir en la cuenca, acrecentado por el deficiente manejo del drenaje, podrían facilitar la contaminación de las instalaciones con heces que pudieran contener Map. Tomando en cuenta que la principal fuente de infección, es la ingestión oral de organismos de Map, presentes en las heces de vacas infectadas que eliminan la bacteria²¹ estas inundaciones podrían facilitar la diseminación de la enfermedad en los hatos, entre otros factores, como contaminación de cercas perimetrales, comederos y bebederos y las diferentes áreas del establo.

5.2 Impacto económico de la Paratuberculosis Bovina

Con lo que respecta a la evaluación económica, se encontró que las vacas seropositivas, se desechan en promedio un medio año antes que las vacas seropositivas, es decir durante el curso de la segunda lactancia. Estos resultados coinciden con los encontrados por Buergelt & Duncan (1978), donde mencionan que las vacas altas productoras positivas a Map, fueron eliminadas durante su primera o segunda lactancia. El desecho prematuro, representó el 17.6% del total de las pérdidas asociadas a la Paratuberculosis Bovina, es decir la tercera en orden de importancia, con una pérdida por vaca de \$1,796 /año. En comparación a otras investigaciones realizadas en otros países, con valores actualizados al 2004 a pesos mexicanos, la variable equivalente para el desecho prematuro fue menor en el USDA (\$516.22).⁶ En cambio el costo fue mayor en el Reino Unido (\$12,338)⁸⁶ y en Canadá (\$3,664)⁸⁹ (ver cuadro 4.2.6). Lo cual indica que en comparación a otros países que si cuentan con campañas de control, que eliminan reactores positivos al realizar el diagnóstico

oportuno, aumentando el número de vacas desechadas seropositivas de sus hatos, y evitando la infección de animales en etapas tempranas, al aplicar medidas de control, se aumentan sus costos por desecho prematuro, lo cual no sucede en México. Otro factor que puede explicar estas diferencias, es la metodología y la forma de hacer el cálculo, por ejemplo, la propuesta por el USDA, utiliza un modelo de regresión lineal para estimar el impacto económico. Entre los autores que describen la fórmula para estimar el desecho prematuro, se encuentran Bennett et al (1999) donde para calcularlo sólo obtienen una diferencia entre el valor de las vaquillas de reemplazo y el valor de desecho.⁸⁸ En cambio Chi et al (2002) la estiman al multiplicar el porcentaje de desecho de animales infectados, por la diferencia entre el valor de la vaquilla de reemplazo y el valor de desecho de ganado saludable.⁸⁹ En la presente investigación se calculó la misma diferencia, pero ésta se dividió entre el número de años de vida productiva, tanto de para animales seronegativos y seropositivos. Lo cual hace que los resultados obtenidos en el CAIT, sean más precisos y confiables, al manejar información individualizada, veraz y completa de cada uno de los animales muestreados en los hatos de estudio, y no solo promedios nacionales, o cifras estimadas a nivel nacional o de otros estudios, como los que se utilizan para estimar las pérdidas en otras investigaciones, que pueden subestimar o sobreestimar los costos, como en el caso de Bennett et al (1999)⁸⁸ y Chi et al (2002).⁸⁹

La disminución de la producción láctea, representó, la mayor pérdida en comparación a otros efectos causados por la enfermedad, 43% del total de las pérdidas por vaca al año, lo cual coincide con otros autores que han realizado estudios similares donde mencionan, que una de las mayores pérdidas asociadas a Paratuberculosis Bovina, es la disminución de la producción láctea.^{9,14, 86, 90} En este sentido, la pérdida por disminución de la producción por vaca al año en el CAIT fue menos costosa (\$4,797) que los resultados obtenidos por Bennett et al en 1999⁸⁸ (\$25,349.38). En cambio, en comparación a otras investigaciones fue mayor (ver cuadro 4.2.6) en EUA⁶ (\$2,764)⁸⁶ y Canadá (\$978).⁸⁹

Por otra parte, hay que tomar en cuenta que la disminución en la producción es mayor en animales con la infección en forma clínica (15%) en comparación con vacas con la infección subclínica (10%).^{8, 27} El porcentaje promedio de disminución de la producción en el CAIT fue de 22.8%, tomando en cuenta que fueron de animales con la infección subclínica. Este porcentaje fue ligeramente mayor al mencionado por Benedictus et al (1987) de 19.5%.⁹ También se ha detectado una disminución en la producción láctea de 7.8% en animales en

forma subclínica.⁵⁰ Cabe resaltar que el mayor promedio de porcentaje de disminución se presentó en el estrato dos, lo cual se puede deber a que, éste estrato tuvo la mayor prevalencia. Esta disminución es provocada por el balance energético negativo que presentan los animales infectado con Map lo cual afecta disminuyendo la producción láctea, incluso en animales con la infección subclínica.⁸⁰ Este hecho, repercute considerablemente en los ingresos de los hatos del CAIT, dado que la leche es su principal producto, el ganado esta produciendo menor cantidad de leche, es decir tienen una pérdida económica al dejar de producir la cantidad de leche esperada del ganado, a pesar de que controlen otros factores que también afectan su producción. Lo cual, aunado a como se ha mencionado a lo largo de esta investigación, los hatos con mayores prevalencias, son los que también presentan mayores costos y pérdidas asociadas a la enfermedad.

Por otra parte, existen escasas investigaciones que evalúen la pérdida económica debida a fallas reproductivas, una de ellas es la de Chi et al (2002) en Canadá,⁸⁹ donde describen un costo de \$1,416 (pesos actualizados al 2004), que es menor al encontrado en el CAIT de \$2,168 por vaca/año. Esta diferencia se puede deber al método para calcular el costo, ya que Chi et al (2002)⁸⁹, no calculan el costo de los días abiertos, sino más bien toma el valor reportado por otro autor; también utilizan como parámetro 28 días abiertos, para estimar el costo, pero este valor también fue estimado en otra investigación de Johnson et al, 2000, los cuales encontraron que las vacas seropositivas a Map, presentaban 28 días abiertos más, en comparación a animales seronegativos.⁹⁵ En cambio, en la presente investigación, la diferencia promedio de los hatos entre seronegativos y seropositivos fue de 19 días, con los datos reales de las vacas muestreadas y el costo del día abierto fue derivado de los costos de producción de cada establo. Una de las causas del aumento de los días abiertos en vacas infectadas, puede asociarse, a la disminución en la manifestación del estro o a un incremento del anestro posparto, generados a su vez por el balance negativo de energía asociado a la infección por Map.⁹⁵ Al respecto, uno de los criterios que utilizan los ganaderos para desechar vacas, son los problemas de infertilidad, por lo que el aumento de los costos, debido a fallas reproductivas, también representa un costo no tomado en cuenta por los ganaderos, atribuido a la enfermedad. Por lo tanto, existe la probabilidad que estén eliminando animales infectados con Map, que presentan un mayor número de días abiertos, aunque no presenten signología clínica. El aumento de estos días, representa un aumento en los costos de producción, que también afecta negativamente los ingresos y la rentabilidad de los hatos. Hay

que considerar también que esta pérdida, representó el 21% del total de las pérdidas, es decir la segunda en orden de importancia, lo cual podría implicar que posiblemente, la Paratuberculosis, tenga un efecto negativo, al aumentar los costos de producción y los costos asociados a la enfermedad, considerando que esta variable se ve afectada por múltiples factores como se menciona anteriormente.

Con lo que respecta al tratamiento médico, esta variable también fue evaluada por Bennett et al (1999)⁸⁸ y por Chi et al (2002)⁸⁹, y encontraron que este concepto, representa la menor pérdida porcentual, ocasionada por Paratuberculosis bovina, y un valor de \$691/vaca/año y \$29.76/vaca/año respectivamente en sus países. Sin embargo, este costo fue considerablemente más alto en la presente investigación (\$1,541/vaca/año). Esto probablemente se deba a que ni en el Reino Unido, ni en Canadá, se realiza la aplicación de medicamentos a animales con signología clínica, ya que este costo solo implica la visita del veterinario, para realizar el diagnóstico.^{88, 89} En cambio, en el CAIT, si se realiza el tratamiento de animales con signología clínica, y debido a que no se realiza una prueba de diagnóstico adecuada, los animales presentan diarreas intermitentes cada mes, durante 3 meses aproximadamente, por lo que el costo por medicación, y por ende, el tratamiento médico aumenta. Esta diferencia también se puede deber a la forma de calcular el costo, ya que Chi et al (2002) estima el costo por tratamiento, al multiplicar la población en riesgo, por la prevalencia, multiplicado por el porcentaje de mortalidad debida a Paratuberculosis (considera que el veterinario realiza la visita sólo para esta cuestión). Sin embargo también toma en cuenta un costo médico por caso reportado por otro autor.⁸⁹

Ningún otro trabajo de los autores mencionados, incluye el valor que representa el costo por litro de leche. Si consideramos que el precio promedio pagado al productor por litro de leche fue de \$3.23, la pérdida promedio representó un costo por litro de leche de \$0.10, lo cual representa casi el 3.72% del precio pagado al productor. Esto representa un costo-pérdida asociado a la Paratuberculosis bovina, que tiene un impacto negativo en las utilidades de la empresa lechera en el CAIT. Aunado a lo anterior, en los hatos del estrato 2, este porcentaje fue mayor lo que implica que en hatos con prevalencias altas, este costo represente casi el 10% del precio pagado por litro de leche.

Con respecto al análisis de sensibilidad, Chi et al, también lo realizan, aumentando un 5 y 10% a los valores base obtenidos de los costos de la enfermedad, y determinan la variación porcentual en cada escenario.⁸⁹ En la presente investigación, se considero variar los

porcentajes de prevalencia descritas por otros autores (que en promedio son menores a las obtenidas en el CAIT), y ver que sucede con los costos en cada hato y del total de la Cuenca. Estos escenarios, podrían presentarse en un futuro, si se empezaran a tomar medidas de diagnóstico y control. Pero en el caso de la prevalencia del 23%, estas pérdidas, podrían estar más cercanas a la realidad de lo que sucede en el CAIT, ya que posiblemente exista la probabilidad de que la prevalencia sea mucho mayor a la estimada.

Debido a lo anterior se sugiere realizar trabajos similares en otras zonas del país, para determinar el impacto de la enfermedad en sus explotaciones, considerando las condiciones propias de producción y los parámetros de cada lugar.

5.3 CONCLUSIONES

- La presente investigación es un trabajo pionero en México, ya que no existen reportes precedentes que evalúen, el impacto económico de la enfermedad, además de que son escasas las investigaciones que reportan la prevalencia en ganado lechero, sobre todo en un lugar representativo del altiplano mexicano. Por lo cual los hallazgos encontrados pueden servir de base, para justificar el establecimiento de medidas de diagnóstico y control para la Paratuberculosis Bovina, ya que como se ha demostrado en el presente trabajo, el impacto económico de la enfermedad, implica un costo de \$10,345/vaca/año.
- Este trabajo se realizó a partir de información real y de fuentes primarias, lo cual le da mayor validez, en comparación a otras investigaciones que solo utilizan datos de fuentes secundarias.
- La prevalencia encontrada, podría ser mayor en toda la cuenca, considerando que los hatos evaluados contaban con información disponible y en general su manejo zootécnico, era bueno, es decir la mayoría de estos hatos eran de los mejores de la cuenca; por lo que probablemente no se evaluaron hatos con malas condiciones, que no contaban con registros, o no permitieron muestrear el ganado.
- Igualmente también se identificaron algunos factores de riesgo asociados a las condiciones y al manejo zoonosanitario de los hatos, etc, que no fueron evaluados en el presente estudio y que bien valdría la pena evaluar en futuras investigaciones. Asimismo, se considera necesario, seguir realizando un monitoreo a través del diagnóstico serológico del ganado,

para que los ganaderos pudieran desechar voluntariamente a los animales seropositivos, y además observar la incidencia de la enfermedad en el tiempo, ya que así se podrían evaluar estos otros factores asociados, como la edad, el estado fisiológico, seroconversión del ganado. Lo anterior serviría de base para el establecimiento de estrategias y medidas de control específicas, según las condiciones de los hatos del CAIT.

- Cabe destacar el probable riesgo de una zoonosis, ya que en México se ha encontrado una asociación entre agente causal de la enfermedad con la enfermedad de Crohn en humanos, lo cual a futuro podría demostrarse, e implicaría la ejecución inmediata de medidas obligatorias para el control y diagnóstico de la enfermedad, sobre todo en ganado lechero, ya que la bacteria se elimina en leche y puede sobrevivir a los protocolos de pasteurización en México.
- Este trabajo también sirve como sustento, para demostrar la necesidad de establecer medidas pertinentes para implementar una Campaña voluntaria para el control de la Paratuberculosis Bovina en México, y establecer también medidas sanitarias específicas para la importación de ganado, en especial de hembras lecheras o vaquillas de reemplazo, para evitar que ingresen a nuestro país, animales infectados con Paratuberculosis bovina procedentes de otros países, que si cuentan con Campaña y con medidas de control, ya que actualmente en nuestro país, no se exige que el ganado importado, cuente con alguna prueba que garantice que el ganado esta libre de Paratuberculosis. Finalmente, estos esfuerzos de control pueden constituirse también en un futuro, al establecimiento de restricciones no arancelarias en el mercado, lo cual limitaría la movilización de poblaciones animales por problemas sanitarios, entre países como Canadá, EUA y México, entre otros.

6. REFERENCIAS

1. Gallardo NJL, Villamar AL, Olvera CE. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2005. Secretaria de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Coordinación General de Ganadería. [Serie en línea] Preliminar 20-04-2005. Disponible en:URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/estudio/sitlech05.pdf>
2. Thrusfield, M. Epidemiología Veterinaria. Zaragoza, España: Editorial Acribia, 1990.
3. Lastra MIJ, Peralta AMA, García BC, Pérez FH, Treviño RF, Segura MC, Ortega MA, Olivera Cázares E, Velásquez VMT. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de Ganado Bovino en México 1990-2000. SAGAR; Octubre 1999.
4. Johnson-Ifearulundu Y, Kannene JB, Lloyd JW. Herd-level economic analysis of the impact of paratuberculosis on dairy herds. J Am Vet Med Assoc 1999; 214:822-825.
5. Chiodini RJ, Van Kruiningen HJ, Merkal R. Ruminant Paratuberculosis (Johne's disease): The current status and future prospects. Cornell Vet 1984; 74:218-262.
6. NAHMS Dairy 96. Johne's Disease on U.S. Dairy Operations. USDA:APHIS:VS, CEAH, National Animal Health Monitoring System. Fort Collins, CO. 1997.
7. Olsen I, Sguoardóttir OG, Djónne B. Paratuberculosis with special reference to cattle a Review. Vet Quarterly 2002; 24(1):12-28.
8. Hutchinson LJ. Economic impact of Paratuberculosis. Vet Clin North Am. Food Animal Practice 1996; 12(2):373-381.
9. Benedictus G, Dijkhuizen AA, Stelwagen J. Economic losses due to paratuberculosis in dairy cattle. Vet Rec 1987; 121:142-146.
10. Chávez GG. Control de la Paratuberculosis en Bovinos. Memorias de la 9ª. Reunión Anual del Consejo Consultivo Nacional de Sanidad Animal; 2000 octubre; Puebla (Puebla) México. México DF. Consejo Consultivo Nacional de Sanidad Animal, 2000; 15-18.
11. Santillán FMA, Córdoba LD, Guzmán RCC, López RJ, Rosado RMI, Mojarro JFJ, Zermeño EA. Situación Epidemiológica de la Paratuberculosis en Ganado Bovino del estado de Guanajuato, México (Datos preliminares). Memorias de la XXXIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria; 2003 octubre 27-31; México, DF (Méx. UNAM, 2003. Pág. 37.
12. Chiodini RJ, Van Kruiningen HJ. The prevalence of Paratuberculosis in culled New England cattle. Cornell Vet 1986; 76:91-104.
13. Woolcock B. Bacterial infection and immunity in domestic animal. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing B.V., 1979:226-228.

14. Merkal RS, Larsen AB, Booth GD. Analysis of the effects of inapparent bovine Paratuberculosis. *Am J Vet Res* 1975; 36 (6):837-838.
15. Buergelt CD, Duncan JR. Age and milk production data of cattle culled from a Dairy herd with Paratuberculosis. *J Am Vet Med Ass* 1978; 173(5):478-480.
16. Thorel MF, Krichevsky M, Levy-Fr ebault VV. Numerical Taxonomy of mycobactin-dependent mycobacteria, emended description of *Mycobacterium avium*, and description of *Mycobacterium avium* subsp. *avium* subsp. nov., *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* subsp. nov., and *Mycobacterium avium* subsp. *silvaticum* subsp. nov. *Bacteriology* 1990; 40(3):254-260.
17. Chiodini RJ, Rossiter CA. Paratuberculosis: A potencial zoonosis?. *Vet Clin North Am. Food Animal Practice* 1996; 12:457-467.
18. Wells SJ. Traducción: Gaviria BC. Enfermedad de Crohn: Una bomba de tiempo para la industria Lechera? Qu  podemos hacer para controlar la enfermedad de Johne?. Universidad de Minnesota. 2001. Available from: URL: [//lmvlttda.com/programas/index.html](http://lmvlttda.com/programas/index.html)
19. Taylor JH. *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* (MAP) and its relation to Crohn's disease. Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June 2002: 77
20. Hirsh DC. *Mycobacterium avium* ssp. *Paratuberculosis* (*Mycobacterium paratuberculosis*). In Hirsh DC, Zee YC, editors. *Veterinary Microbiology*. Massachussets: Blackwell Science, 1999:104-108.
21. Sweeney RW. Transmission of Paratuberculosis. *Vet Clin North Am. Food Animal Practice* 1996; 12(2):305-312.
22. Sweeney RW, Whitlock RH, Rosenberger AE. *Mycobacterium paratuberculosis* isolated from fetuses of infected cows not manifesting signs of the disease. *Am J Vet Res* 1992; 53(4):477-480.
23. Sweeney RW, Whitlock RH, Rosenberger AE. *Mycobacterium paratuberculosis* cultured from milk and supramamary limph nodes of infected asyntomatic cows. *Journal of Clinical Microbiology* 1992b; 30(1):166-171.
24. Cvetnic Z, Brlek K, Trstenjak J, Ocepek M, Spicic S, Mitak M, Krt B. Economic importance of Paratuberculosis in a breeding of dairy cows in Croatia. Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June 2002:486-487.
25. Whitlock RH, Buergelt C. Preclinical and clinical manifestations of Paratuberculosis (including pathology). *Vet Clin North Am. Food Animal Practice* 1996; 12(2):345-356.

26. Johnson-Ifearulundu Y, Kannene JB, Sprecher DJ, Gardiner JC, Lloyd JW. The effect of subclinical *Mycobacterium paratuberculosis* infection on days open in Michigan, USA, dairy cows. *Prev Vet Med* 2000; 46:171-181.
27. Abbas B, Riemann HP, Hird DW. Diagnosis of Johne's disease (Paratuberculosis) in northern California cattle and a note on its economic significance. *California Veterinarian* 1983; 8:20-24.
28. Seitz SE, Heider LE, Hueston WD, Bech-Nielsen S, Rings DM, Spangler L. Bovine fetal infection with *Mycobacterium paratuberculosis*. *J Am Vet Med Ass* 1989; 194(10):1423-1426.
29. Wilson DJ, Rossiter C, Han HR, Sears PM. Financial effects of *Mycobacterium paratuberculosis* on mastitis, milk production, and cull rate in clinically normal cows. *Agri-practice* 1995; 16(3):12-18.
30. Morton R, Hebel JR, McCarter RJ. *Bioestadística y Epidemiología*. 3ª.ed. México, DF: Interamericana-McGrawHill, 1993.
31. Collins MT. Lo que significan los resultados de los exámenes para diagnosticar la enfermedad de Johne. *Hoard's Dairyman en español* 2001; Junio:404-405.
32. Collins MT. Diagnosis of Paratuberculosis. *Vet Clin North Am. Food Animal Practice* 1996; 12:357-371.
33. Hietala SK. The options in diagnosis ruminant paratuberculosis. *Vet Med* 1992; November: 1122-1139.
34. Whittington R. An overview of paratuberculosis diagnosis test. *Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June 2002*:131-135.
35. Colgrove GS, Thoen CO, Blackburn BO, Murphy CD. Paratuberculosis in cattle: a comparison of three serologic test with results of fecal culture. *Vet Microbiology* 1989;19:183-187.
36. Kreeger JM. Ruminant paratuberculosis – a century of progress and frustration. *J Vet Diagn Invest* 1991; 3:373-383.
37. Chávez GG. Estudio comparativo de las lesiones y de la respuesta inmunológica observadas en corderos infectados experimentalmente con *Mycobacterium paratuberculosis* y *Mycobacterium avium* sp. *silvaticum*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, España, 1993

38. Yokomizo Y, Merkal RS, Lyle PAS. Enzyme-linked immunosorbent assay for detection of bovine immunoglobulin G1 antibody to a protoplasmic antigen of *Mycobacterium paratuberculosis*. *American J Vet Res* 1983; 44(11):2205-2207.
39. Milner AR, Lepper WD, Symonds WN, Gruner E. Analysis by ELISA and Western blotting of antibody reactivities in cattle infected with *Mycobacterium paratuberculosis* after absorption of serum with *M. phlei*. *Research in Veterinary Science* 1987; 42:140-144.
40. García MJF, Chávez GG, Pérez PV, Aduriz JJ, Juste R, Badiola JJ. Estudio de lesiones intestinales en caprinos procedentes de rebaños afectados de paratuberculosis y comparación de métodos de diagnóstico. IV Jornadas sobre producción animal. *Información Técnica Económica Agraria*. Vol. Extra num. II Tomo II. 1991:650-658.
41. Collins MT. Diagnosis of Paratuberculosis. *Vet Clin North Am. Food Animal Practice* 1996; 12:357-371.
42. Jungersen G, Huda A, Hansen JJ, Lind P. Interpretation of the Gamma Interferon Test for Diagnosis of Subclinical Paratuberculosis in Cattle. *Clin Diagn Lab Immunology* 2002; 9:453-460.
43. Stabel JR. Production of gamma-interferon by peripheral blood mononuclear cells: an important diagnostic tool for detection of subclinical paratuberculosis. *J Vet Diagn Invest* 1996;8(3):345-350.
44. Gwozdz JM, Thompson KG, Murray A, Reichel MP, Manktelow BW, West DM. Comparison of three serological test and an interferon- γ assay for the diagnosis of paratuberculosis in experimentally infected sheep. *Aust Vet J* 2000; 78:779-783.
45. Prince MJ: Paratuberculosis in dairy cattle. *Vet Rec* 1987; 121 (14):383.
46. Pavlik I, Bazant J, Vitasek J, Machackova M, Yayo AW, Pokorny J, Parmova I, Lamka J. History of incidence of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in domestic and wild ruminants in the Czech Republic. *Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June; 2002:518.*
47. Robbi C, Rossi I, Nardelli S, Marangon S, Vincenzi G, Vicenzoni G. Prevalence of paratuberculosis (Johne's disease) in dairy farms in northeastern Italy. *Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June; 2002:457-460.*
48. Kennedy DJ, Allworth MB. Progress in national control and assurance programs for bovine Johne's disease in Australia. *Vet Microbiol* 2000; 77:443-451.
49. Chiodini RJ, Van Kruiningen HJ, Merkal R. Ruminant Paratuberculosis (Johne's disease): The current status and future prospects. *Cornell Vet* 1984; 74:218-262.

50. Chiodini RJ, Van Kruiningen HJ. The prevalence of Paratuberculosis in culled New England cattle. *Cornell Vet* 1986; 76:91-104.
51. Merkal RS, Whipple DL, Sacks JM, Snyder GR. Prevalence of *Mycobacterium paratuberculosis* in ileocecal lymph nodes of cattle culled in the United States. *J Am Vet Med Ass* 1987; 190(6):676-680.
52. Braun RK, Buergelt CD, Littell RC, Linda SB, and Simpson JR. Use of an enzyme-linked immunosorbant assay to estimate prevalence of paratuberculosis in cattle of Florida. *J Am Vet Med Ass* 1990; 196(8):1251-1254.
53. Collins MT, Sockett DC, Goodger WJ, Conrad TA, Thomas CB, Carr DJ. Herd prevalence and geographic distribution of and risk factors for, bovine Paratuberculosis in Wisconsin. *J Am Vet Med Ass* 1994; 204(4):636-641.
54. VanLeeuwen JA, Keefe GP, Tremblay R, Power C, Wichtel JJ. Seroprevalence of infection with *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis, bovine leukemia virus, and bovine viral diarrhoea virus in Maritime Canada dairy cattle. *Can Vet J* 2001; 42: 193-198.
55. Benito QA, Rivera GH. Seroprevalencia del *Mycobacterium paratuberculosis* en bovinos lecheros del Valle de Lima. *Rev Inv Vet Perú* 1999; 10(2):33-38.
56. Abalos P. Actualidad en Paratuberculosis. Memorias de las Jornadas en Enfermedades Transmisibles re(emergentes). Santiago, Chile. Departamento de Medicina Preventiva, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. 2001. Available from: URL: http://www.veterinaria.uchile.cl/cd/Jornadas/Enf_animales/paratuberculosis.pdf
57. Paolicchi F. Paratuberculosis Bovina. Instituto de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Marzo 2001. Available from: URL: <http://www.inta.gov.ar/index.html>
58. Paolicchi F, Morsella C, Verna A, Spath E, Martinis D, Zumarraga M, Giofree A, Cataldi A, Romano M. Diagnosis, epidemiology, and program of control of paratuberculosis in bovine herds of Argentina. Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June; 2002:518.
59. Piaggio J, Nuñez A, Gil A. Johne's disease serological prevalence in Uruguayan dairy cows. Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June; 2002:455-456.
60. Unzueta RJ. Contribución al estudio de la enteritis paratuberculosa bovina en México. (Tesis de Licenciatura). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1936.

61. Bustamante J. Detección de anticuerpos a *Mycobacterium paratuberculosis* por medio de la prueba de fijación de complemento. (Tesis de Licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1974.
62. Garibay VM. Prueba doble comparativa intradérmica a la tuberculina aviaria y mamífera para identificación de reactores a *Mycobacterium paratuberculosis* en un hato de ovinos. . (Tesis de Licenciatura). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1974.
63. Ramírez C, Trigo E, Suárez F, Merkal R. Aislamiento e identificación de *Mycobacterium paratuberculosis* en México. *Téc Pec Méx* 1979;36:74-75.
64. Trigo FJ. Diagnóstico de la Paratuberculosis. *Enfermedad de Johne*. *Vet Mex* 1979; 10:239-245.
65. Ramírez C, Tenorio V, Valero G, Ramírez G, Trigo E, Merkal R. Presencia de anticuerpos contra *Mycobacterium paratuberculosis* en ovinos y caprinos. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México*. México DF, SAGAR, 1982:177-181.
66. Arreola J, Barajas JA, Ruíz R, Yáñez RA. Diagnóstico clínico de paratuberculosis (Enfermedad de Johne) en ganado de lidia y aislamiento e identificación de *Mycobacterium paratuberculosis*. *Memorias del Congreso Nacional de Buiatría*. México D.F. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos A.C. 1987:341-345.
67. Aburto FEM. Diagnóstico de la Paratuberculosis en toros lidiados en la Plaza México durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1987. (Tesis de Licenciatura). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1989.
68. Morales RH. Frecuencia de Paratuberculosis en Ganado de Lidia en Tlaxcala. (Tesis de Licenciatura). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1994.
69. Vélez HME. Comparación de diferentes técnicas de diagnóstico en Paratuberculosis caprina (*Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*). (Tesis de Maestría). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1998.
70. Domínguez PMC. Características anatomopatológicas, hallazgos bacteriológicos y respuesta inmune posteriores a un año la inmunización de un rebaño caprino con antecedentes de paratuberculosis. (Tesis de Maestría). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2000.
71. Alarcón AA. Evaluación de la respuesta inmune y desarrollo de lesiones en cabritos vacunados y no vacunados, infectados experimentalmente con *Mycobacterium avium* subsp

- paratuberculosis* de origen caprino y ovino. (Tesis de Maestría). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2002.
72. Martínez REG. Hallazgos anatomopatológicos y su relación con los valores de densidad óptica de la prueba de ELISA en ovinos seropositivos a Paratuberculosis, en Martínez de la Torre, Veracruz. (Tesis de Licenciatura). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2002.
73. Chávez GG, Trigo TFJ, Svastova P, Pavlik I. Identificación del polimorfismo genético de aislamientos de *Mycobacterium avium* subespecie paratuberculosis de caprinos del centro de México. Vet Méx 2004; 35(1):75-82.
74. Estévez DI. Identificación del aislamiento de *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* en pequeños rumiantes de México, mediante RFLP. (Tesis de Maestría). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2004.
75. Valdespino OJR. Análisis del daño económico producido por la brucelosis bovina a un hato lechero con un programa de control. (Tesis de Maestría). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1990.
76. Monroy LJF. Análisis beneficio-costo de las acciones de control de la brucelosis bovina en el complejo agropecuario industrial de Tizayuca de 1988 a 1993. (Tesis de Maestría). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1999.
77. Luna MJE. Modelo epidemiológico para evaluación económica de un programa de control de brucelosis en ganado bovino lechero estabulado. (Tesis de Maestría). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2003.
78. Cervantes OB. Evaluación Económica de un programa de control sanitario de Tuberculosis Bovina en el Complejo Agrario Industrial de Tizayuca, Hidalgo. (Tesis de Maestría). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1997.
79. Rushton J, Thornton PK, Otte MJ. Methods of economic impact assessment. Rev Sci tech. Off. Int Epiz 1999; 18(2):315-342.
80. Johnson-Ifearulundu Y, Kannene JB. Epidemiology and economic impact of subclinical Johne's disease: a review. Veterinary Bulletin 1997; 67(6):437-447.
81. Collins MT, Morgan IR. Economic decision analysis model of a paratuberculosis test and cull program. J Am Vet Med Ass 1991; 199 (12): 1724-1729.
82. Hutchinson JL. Review of estimated economic impact and control of Johne's disease in cattle. Agri-Practice 1988; 9(3):7-8.

83. Scott-Orr H, Everett RE, Ottoway SJ, North RN. Estimation of direct and indirect losses due to Johne's disease in New South Wales, Australia. *Acta Vet Scand suppl* 1988; 84:411-414.
84. Juste RA, Casal J. An economic and epidemiologic simulation of different control strategies for ovine paratuberculosis. *Prev Vet Med* 1993; 15:101-115.
85. Ott SL, Wells SJ, Wagner BA. Herd Level economic losses associated with Johne's disease on U.S. Dairy operations. *Prev Vet Med* 1999; 40:179-192.
86. Garry F, Wells S, Ott S, Hansen D: Who can afford a \$200 loss per cow? or *Johne's disease* - What do I need to know?. USDA, APHIS, Info Sheet. 1999. Available from: [URL://www.aphis.usda.gov/vs/ceah/cahm/cahm-act.htm](http://www.aphis.usda.gov/vs/ceah/cahm/cahm-act.htm)
87. Nordlund KV, Goodger WJ, Pelletier J, Collins MT. Associations between subclinical Paratuberculosis and milk production, milk components and somatic cell counts in dairy herds. *J Am Vet Med Assoc* 1996; 208:1872-1876.
88. Bennett R, Christiansen K, Clifton-Hadley R. Preliminary estimates of the direct costs associated with endemic diseases of livestock in Great Britain. *Preventive Veterinary Medicine* 1999; 39:155-171.
89. Chi J, VanLeeuwen JA, Weersink A, Keefe GP. Direct production losses and treatment cost from bovine viral diarrhoea virus, bovine leucosis virus, *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis*, and *Neospora caninum*. *Prev Vet Med* 2002;55:137-153.
90. Goodger WJ, Collins MT, Nordlund KV, Eisele C, Pelletier J, Thomas CB, Sockett DC. Epidemiologic study of on-farm management practices associates with prevalence of *Mycobacterium Paratuberculosis* infections in dairy cattle. *J Am Vet Med Assoc* 1996; 208:1877-1881.
91. van Schaik G, Kalis CHJ, Benedictus G, Dijkhuizen AA, Huirne RBM. Cost-benefit analysis of vaccination against paratuberculosis in dairy cattle. *Vet Rec* 1996; 139: 624-627.
92. McInerney JP. The economic analysis of livestock disease: the developing framework. *Acta Vet Scand Suppl.* 1988; 84:66-74.
93. Raizman E, Wells S, Godden S. Evaluation of the impact of the Minnesota Johne's Disease Control Program. *Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June; 2002:34.*
94. Johnson-Ifearulundu Y, Kannene JB, Gardiner JC, Lloyd JW, Sprecher DJ, Coe PH. The effect of subclinical *Mycobacterium paratuberculosis* infection on milk production in Michigan Dairy Cows. *J Dairy Sci* 2001; 84:2188-2194.

95. Johnson-Ifearulundu Y, Kannene JB, Sprecher DJ, Gardiner JC, Lloyd JW. The effect of subclinical *Mycobacterium paratuberculosis* infection on days open in Michigan, USA, dairy cows. *Prev Vet Med* 2000; 46:171-181.
96. Kirk JH. Infectious abortions in dairy cows. On-Line Electronic Publications of the Veterinary Medical Extension, Veterinary Medicine Teaching and Research Center, University of California. Disponible en URL: www.vetmed.ucdavis.edu/vetext/INF-DA_InfexAbortions.html
97. Groenenendal H, Nielen M, Jalvingh AW, Horst SH, Galligan DT, Hesselink JW. A simulations of Johne´s disease control. *Prev Vet Med* 2002; 54:225-245.
98. Collins MT. Where we stand in the Johne´s war. *Hoard´s Dairyman* 2004;149(8):289.
99. Torres RE. Hallazgos anatomopatológicos tempranos en cabritos inoculados experimentalmente por vía oral con *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis*. (Tesis de Licenciatura). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2001.
100. Fávila HLC. Detección de *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* mediante hibridación *in situ* en secciones intestinales de rumiantes con Paratuberculosis y humanos con Enfermedad de Crohn (Tesis de Licenciatura). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2005.
101. D´Haese E, Dumon I, Werbrocuk H, Wiszniewska A, Nelis HJ, Herman L. Rapid enumeration of viable *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* in milk. *Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June; 2002:213-217.*
102. Méndez RI. El protocolo de investigación, lineamientos para su elaboración y análisis. Edit. Trillas, México 1997.
103. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. 2da. Ed. México (D.F.); Facultad de economía, UNAM 1981.
104. Trueta SR, Lecumberri J. Propuesta metodológica para la evaluación de campañas de sanidad animal. XXVI Congreso de Buiatría, 2002.
105. Scheaffer H, Mendenhall I, Ott. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. México 1987.
106. Ávila T. Producción intensiva de ganado lechero. Editorial Limusa. 2ª. Ed. México, D.F.1990. pp. 264-268.
107. Daniel WW. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ª. Ed. Limusa Wiley, México, 2002.

108. Gittinger JP. Análisis Económico de Proyectos Agrícolas. Edit. Tecnos. Madrid, España 1976.
109. Chou YL. Análisis Estadístico. 2da. Ed. Editorial Interamericana, México, D.F. 1986.
110. Adaska JM, Randall JA. Seroprevalence of Johne's disease infection in dairy cattle in California, USA. *Prev Vet Med* 2003; 60:255-261.
111. Muskens J, Barkema HW, Russchen E, van Maanen K, Schukken YH, Bakker D. Prevalence and regional distribution of paratuberculosis in dairy herds in the Netherlands. *Vet Microbiology* 2000;77:253-261.
112. Vandergraaf R, Barton MD, Barry GD, Van Wijk JGA. Prevalence of Mycobacterium paratuberculosis in dairy cattle in South Australia. *Proceedings of the fourth International Colloquium on Paratuberculosis: Cambridge, United Kingdom; July 17-21. 1994:9.*
113. Van Roermund HJW, van Vos AM, de Jong MCM. Within-herd transmisión of paratuberculosis and the posible role of infectious calves. *Proceedings of the seventh International Colloquium on Paratuberculosis: Bilbao, Spain June; 2002:368-370.*
114. Stott AW, Jones GM, Humphry BA, Gunn GJ. Financial incentive to control paratuberculosis (Johne's disease) on dairy farms in the United Kingdom. *Vet Rec* 2005;156:825-831.
115. Galina HC et al. Reproducción de los animales domésticos. México: Limusa, 1986.

ANEXOS

Anexo 1: Información y parámetros obtenidos de los hatos de estudio en el CAIT, Hidalgo.

Fuente de la información	Variable obtenida
Tarjeta individual reproductiva por vaca	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Origen ✓ Edad (fecha de nacimiento) ✓ Número de parto ✓ Días abiertos ✓ Intervalo entre partos. ✓ Número de servicios por concepción ✓ Número de vacas infértiles
Cuestionario aplicado al productor/encargado (ver anexo 2)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Número de vacas ✓ Número de vacas en producción ✓ Costos de producción ✓ Costo de los animales de reemplazo. ✓ Precio de los animales de desecho (normales y flacos-enfermos). ✓ Precio de la leche ✓ Número de animales sospechosos a Paratuberculosis
Producción láctea promedio equivalente de madurez	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesajes mensuales de producción láctea por vaca
Registros del Departamento de movilización de Ganado del CAIT.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Número de animales desechados por hatos. ✓ Número de animales muertos por hatos.
Registros médicos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Registros de casos clínicos de cada hatos

Anexo 2: Cuestionario aplicado

Datos Generales:

1. Identificación del establo: _____
2. Nombre del propietario: _____
3. Número total de vacas (Tamaño de hato): _____
4. Número de vacas en producción: _____
5. Número de vacas muestreadas: _____

Desechos

6. Número promedio de partos en la vida productiva de vacas en el hato: _____
7. Edad promedio de los animales de desecho durante el 2004: _____
8. Peso promedio de animales en carnes: _____
9. Peso promedio de animales flacos y/o enfermos: _____
10. Edad promedio de los animales desechados y enfermos durante el 2004: _____
11. Precio promedio de venta de animales en carnes desechados durante 2004 (por \$/kg o por bulto): _____
12. Precio promedio de venta de animales flacos y/o enfermos desechados durante el 2003 (por \$/kg o por bulto): _____

Mortalidad

13. Número de vacas muertas durante el 2004: _____
14. Número de vacas MUERTAS a causa de Paratuberculosis (sospechosa o diagnosticada) durante el 2004: _____

Reemplazos

15. Número total de animales adquiridos para reemplazo durante el 2004 y origen de los reemplazos:
 - a) Incremento natural (del propio establo): _____
 - b) Nacionales (Estados): _____
 - c) Internacionales (País): _____
16. Precio promedio de los animales de reemplazo adquiridos durante el 2004: _____.

Datos Reproductivos y Productivos

17. Promedio de producción mensual/ vaca/ día: _____.
18. Promedio de número de servicios por concepción: _____.
19. Costo promedio de la dosis de semen: _____.

20. Producción total en kg o litros de leche mensual del 2003 y 2004:

Datos clínicos

21. Número de vacas sospechosas a Paratuberculosis durante el 2004: _____.

22. Número de identificación vacas sospechosas.

23. Duración en días del tratamiento: _____.

24. Medicamentos administrados durante el tratamiento y frecuencia durante el día:

25. Costo y presentación de los medicamentos administrados:

_____.

Precios:

26. Precio de venta de leche, promedio mensual durante el 2004/ litro: _____

27. costos de producción totales/ mes:

- Alimentación
- Servicios médicos (considerando el pago del veterinario, el inseminador y en algunos casos el nutriólogo).
- Alimento becerras (al mes, pero no se tiene el dato de hasta que edad se administra)
- Mano de obra
- Seguro
- Luz
- Teléfono
- Medicamentos
- Semen
- Detergentes
- Arena
- Cuota asociación
- Cuota Campaña
- Gasolina y diesel
- Patero (mantenimiento de pezuñas)
- Mantenimiento de las instalaciones
- Inversión en las instalaciones
- Inversión en el equipo con motor y sin motor
- Otros gastos varios

Anexo 3: Glosario

Análisis de sensibilidad: es una forma de medir los efectos que tienen las probables variaciones en los parámetros encontrados, ya que es una forma de introducir el riesgo o incertidumbre. Consiste en recalcular el impacto económico con los cambios que tienen mayor probabilidad de suceder y observar que tan "sensible" es la solidez y congruencia de los costos a estos cambios.

Animal clínicamente infectado: aquel animal que resulte seropositivo a Map en la prueba de ELISA y que muestre signología clínica de la enfermedad.⁶⁷

Animal sano o seronegativo: aquel animal que resulte seronegativo a Map en la prueba de ELISA y sin signología clínica.⁶⁷

Animal subclínicamente infectado: Se define como aquel que resulte seropositivo a Map en la prueba de ELISA, y que no presente signología clínica de la enfermedad.⁶⁷

Costo de día abierto por cabeza: es el resultado de la suma de los costos de producción totales de las vacas secas, es decir sin concentrado, al año del hato, divididos entre 365 días y entre el número de cabezas de los hatos de estudio.

Costo de los insumos: La cantidad de cada uno de los insumos necesarios para el proceso productivo mensual, multiplicado por el precio unitario pagado por los mismos durante el período de estudio.

Costo total de producción: es la suma de todos los conceptos por los que incurre en costos o en pérdidas.

Costos de producción por litro de leche: es el costo total de producción entre el número de litros de leche producidos en ese período.

Desecho prematuro: costo económico, que incluye la diferencia entre el VAA de animales seronegativos y la correspondiente a los seropositivos a Map en los hatos de estudio.

Disminución en la producción láctea: pérdida económica, dada por la diferencia de producción láctea a 305 días en litros, entre animales seronegativos y seropositivos a Map en los hatos de estudio.¹⁰⁹

Falla reproductiva: costo económico, producto de multiplicar la diferencia en el número de días abiertos de vacas seronegativas y seropositivas de los hatos de estudio, por el costo por día abierto estimado en los hatos de estudio. Fue seleccionado, dado que es el mejor indicador de desempeño reproductivo.⁴⁸ No se considero el aborto, debido a que la literatura, no indica un efecto concluyente de la enfermedad de Paratuberculosis bovina para esta variable.¹⁶

Hato negativo a Map: Aquel hato en el que no se encontraron animales seropositivos a Map, ni con animales con signos clínicos de Paratuberculosis bovina (adaptado del USDA, 1996).⁶⁷

Hato positivo a Map: Aquel hato que cuente con al menos un animal seropositivo a Map, y/o animales con signos clínicos de Paratuberculosis bovina (adaptado del USDA, 1996).⁶⁷

Mortalidad: pérdida económica asociada a Paratuberculosis bovina, dada por la multiplicación del porcentaje de mortalidad debido a Map por el valor de vaquilla de reemplazo al momento de su muerte. Esta variable no se presentó en ninguno de los hatos estudiados

Número de días abiertos: número de días entre la fecha del último parto y la fecha del servicio donde quedo gestante la vaca.

Porcentaje de mortalidad: Número de animales muertos con signos clínicos de Paratuberculosis bovina y seropositivos a Map de los hatos de estudio.⁶⁷

Precio del litro de leche: precio promedio del litro de leche pagado al productor durante el periodo de estudio (diciembre 2003 a junio 2004).

Tratamiento médico: gasto económico asociado a Paratuberculosis bovina, y consiste en la suma de los gastos del período de estudio, que incluyen el costo de servicio veterinario y los costos por medicamentos utilizados para tratar la enfermedad en los casos sospechosos y/o con signología clínica de Paratuberculosis bovina¹⁶, es decir los días que en promedio recibe tratamiento una vaca con signología clínica, multiplicada por la cantidad de medicamento utilizado en todo el tratamiento por el precio por de cada medicamento, durante el período de estudio, más el salario promedio del médico por vaca /día.

Valor de la amortización anual (VAA): se obtiene de la diferencia entre el valor de la vaquilla de reemplazo y los valores de desecho el valor del animal al desecho, dividido entre el número de años de vida productiva.⁹⁹

Valor de la vaquilla de reemplazo: el precio promedio pagado por los hatos en el período de estudio, por las vaquillas de reemplazo durante el período de estudio. La vaquilla, es típicamente un animal aproximadamente de 20 meses con 6 a 7 meses de gestación.

Valor de las vacas de desecho: el precio promedio de los animales de desecho del período de estudio. Tiene dos componentes: vacas enfermas de Paratuberculosis (flacas) y vacas sanas vendidas en buenas condiciones corporales.