



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL

**"Modelo de cálculo económico para la obtención del umbral de daño y
daño económico para la garrapata en bovinos"**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

Anaid Ileri Hernández García.

**Tutor: Froylan Ibarra Velarde, FMVZ
Comité Tutorial: Zeferino García Vázquez, INIFAP
Carlos Vásquez Peláez, FMVZ**

Ciudad Universitaria, México D.F. Septiembre, 2013



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 todos aquellos seres que he amado
y no se encuentran entre nosotros.*

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco de todo corazón a la Dra. Graciela Tapia Pérez por su paciencia, sus consejos, su gran ayuda, y sobre todo su grata compañía, pues sin esto no habría salido adelante este trabajo.

Le agradezco al Dr. Zeferino García Vázquez por toda la atención que me ha brindado y apoyo.

A los doctores Rubén Hernández Ortiz, José Antonio Espinoza García, Francisco Alonso Pesado y al Dr. Miguel Ibarra González les agradezco mucho por ayudarme a mejorar este trabajo con sus sabias observaciones.

A Edgar Cervera Castro por apoyarme en todo momento y alzarme la moral en los momentos que me había dado por vencida.

A mis amigos por su apoyo y los momentos de esparcimiento que me dieron.

A mi familia humana y gatuna por soportarme en todo momento.

A todos aquellos que me dieron palabras de aliento.

¡Muchas Gracias!

Contenido

RESUMEN.....	8
I. INTRODUCCIÓN	9
II. ANTECEDENTES.....	10
1. Biología de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	10
2. Importancia de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> en México y el mundo	13
2.1. Pérdidas económicas debidas a <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> en el mundo	14
2.2. Pérdidas económicas causadas por <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> en México	15
3. Estrategia de control para la garrapata <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	16
3.1. Resistencia de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> a los ixodicidas	17
3.2. Ivermectina	18
3.3. Características de la ivermectina	19
4. Manejo integral de plagas.....	20
4.1. Resistencia de los diferentes genotipos bovinos hacia la garrapata <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	21
4.2. Evaluación de las estrategias de control para <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	22
4.3. Coeficiente de Daño.....	22
4.4. Daño Económico (DE).....	23
4.5. Umbral Económico (UE).....	23
III. JUSTIFICACIÓN	25
IV. OBJETIVO GENERAL.....	27
1. Objetivos específicos.....	27
V. HIPÓTESIS	27
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	28
1. Información empleada en las simulaciones	28
2. Cálculo de los costos del tratamiento con ivermectina por año por bovino	28
3. Valores para el Coeficiente de daño	32

4. Cálculo del Daño Económico.....	33
5. Obtención de los Umbrales Económicos.....	34
VII. RESULTADOS.....	36
1. Costos del tratamiento con ivermectina por año por bovino.....	36
2. Grado de daño producido por garrapatas expresado en gramos de peso vivo.....	36
3. Umbrales económicos.....	37
VII. DISCUSIÓN.....	40
IX. CONCLUSIÓN.....	44
X. BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXO 1.....	53

CUADROS

Cuadro 1. Cronología del ciclo evolutivo de la garrapata <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	13
Cuadro 2. Información de la explotación empleada para la obtención de los costos del tratamiento con ivermectina por año por bovino.	29
Cuadro 3. Información de la Ivermectina utilizada para la obtención de los costos del tratamiento con ivermectina por año por bovino.	30
Cuadro 4. Fórmulas empleadas para obtener el costo total de tratamiento por bovino al año.....	32
Cuadro 5. Costos del tratamiento con ivermectina por bovino por año.....	36
Cuadro 6. Comparación de genotipos bovinos para el Daño producido por garrapata por Peso Vivo en gramos y el Daño Económico anual*	37
Cuadro 7. Comparación de los umbrales económicos, daño económico y la pérdida de peso de los dos genotipos bovinos	39
Cuadro 8. Comparación de los precios kg/ PV, umbrales económicos y la pérdida de peso de rastros de cuatro estados de México.....	53

FIGURAS

Figura 1. Diagrama que muestra la relación del umbral de daño con el daño económico (Fuente: Pedigo, 1996).	24
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención del costo total del tratamiento con ivermectina por bovino en pesos mexicanos.Costo de aplicación de la ivermectina por bovino = (costo de ivermectina*número de tratamientos) + costo de mano de obra al año.....	31
Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención del daño económico.....	34

Figura 4. Representación del umbral económico entre pérdidas económicas con diferente número de garrapatas/bovino y el costo de tratamiento con ivermectina. (Fuente: Hernández, 2009).....	35
Figura 5. Daño económico (Y) en pesos MXN con el número de garrapatas repletas por bovino en cada uno de los genotipos.	38
Figura 6. Daño económico (Y) en pesos MXN con el número de garrapatas repletas por bovino en cada uno de los rastros municipales. Fuente: Elaboración propia	54

RESUMEN

Una gran parte de los productores son conscientes de los efectos negativos causados por la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a la ganadería debido a los efectos directos e indirectos y dependen de los tratamientos con ixodicidas químicos para su control; pero en la mayoría de los casos, los productores no tienen acceso a los lineamientos de cómo detectar y resolver problemas de resistencia a los ixodicidas que se presenta en esta plaga, además de carecer de información de cómo determinar una ganancia a través de un programa de control contra las garrapatas.

Las evaluaciones de las estrategias implementadas en el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* se realizaron mediante simulaciones para los dos genotipos de bovinos, a través de un programa desarrollado en Microsoft EXCEL®, en el cual los umbrales económicos del número de garrapatas por animal se obtuvieron mediante gráficas. Para las simulaciones que se utilizaron para la construcción de las gráficas, se empleó el costo de tratamiento y el daño económico, en este último se modificó el coeficiente de daño para cada genotipo bovino, siendo estos: 1.37 gramos para *Bos taurus* y de 1.18 gramos para la cruce de *Bos indicus* x *Bos taurus*. Los umbrales económicos que se obtuvieron fueron: 62 garrapatas por cabeza para *Bos taurus* y 70 para la cruce, con un promedio de 66 garrapatas por cabeza y un costo de tratamiento para ambos genotipos de \$88.00.

I. INTRODUCCIÓN

Una gran parte de los productores son conscientes de los efectos negativos causados por la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a la ganadería debido a los efectos directos e indirectos y dependen de los tratamientos con ixodicidas químicos para su control; pero en la mayoría de los casos, los productores no tienen acceso a los lineamientos de cómo detectar y resolver problemas de resistencia a los ixodicidas que se presenta en esta plaga, además de carecer de información de cómo determinar una ganancia a través de un programa de control contra las garrapatas. Por lo cual es necesario estimular el conocimiento y uso de estrategias de la aplicación correcta de los programas de control; además de mantener los costos de producción bajos que harán competitivos los precios del ganado en los mercados nacionales e internacionales. Los productores necesitan apoyo en la toma de decisiones en el momento en que debe ser utilizado un ixodicida antes de que se presente el daño económico, para ello, recientemente se ha modelado el problema, mediante el uso de análisis y modelos matemáticos, buscando los momentos oportunos para la toma de decisiones y de esta manera disminuir las pérdidas.

II. ANTECEDENTES

La garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* pertenece a la familia Ixodidae o garrapatas duras.

Murrell et al., en 1999 estudió la relación sistemática entre garrapatas de los géneros *Boophilus* y *Rhipicephalus* usando la secuencia genética de un gen mitocondrial 12S ribosomal y las características morfológicas de las garrapatas. Estos autores concluyeron que el análisis morfológico diferencia a los géneros; sin embargo, en el análisis molecular se observó una estrecha relación entre los dos géneros, por lo cual se sugiere que el género *Boophilus* se incluya dentro del género *Rhipicephalus*.

1. Biología de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

El ciclo de vida de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* se divide en dos etapas, una de vida libre (huevo y larva) y otra etapa se desarrolla sobre el hospedero (larva, ninfa y adulta).

a) La fase no parasítica se encuentra dividida en seis etapas:

- Preoviposición: es la etapa en que la hembra repleta de huevos se desprende del bovino, cae al suelo y se mueve en busca de un lugar protegido y sombreado para ovopositar.
- Oviposición: es el periodo extendido entre la puesta del primero y el último huevo por la hembra repleta (2,500 – 3,500 huevos aproximadamente).

- Posoviposición: es el periodo comprendido entre la puesta del último huevo y la muerte de la teleogina (hembra adulta).
- Incubación: es el lapso incluido entre la deposición de los huevos en el ambiente hasta la eclosión de la larva.
- Eclosión: durante este período las larvas emergen de los huevos.
- Larva de vida libre o fase de encuentro: se define como el proceso de transferencia de las larvas desde la vegetación al hospedero (Rodríguez, 2005). Para realizar la infestación la larva permanece cerca del lugar en que eclosionan, que generalmente son lugares sombreados, luego suben al pasto y pequeños arbustos en espera al paso de un hospedero susceptible, las larvas son estimuladas por varios factores para subir al bovino, como por ejemplo al sonido (Waladde and Rice, 1982). Una vez sobre el hospedero, las larvas se fijan de preferencia en zonas protegidas de la radiación solar, en vientre, axila, parte interna de brazo y pierna, ubre, escroto e ingle, también se pueden encontrar en cuello, hombro, papada y otras partes del cuerpo (Rodríguez, 2005).

Los eventos patológicos sobre el hospedero se desarrollan dentro de la fase parasitaria de la garrapata, los efectos son pérdidas económicas sobre la explotación bovina (Quiroz, 1992).

b) La fase parasítica puede ser dividida en tres etapas principales: larva, ninfa y adulto. Esta etapa comienza una vez que la larva ha logrado subirse en un hospedero.

- Larva: una vez que la larva se adhiere al hospedero, esta perfora la piel

y se alimenta, posteriormente queda repleta midiendo aproximadamente 1.0 mm de largo.

- **Ninfa:** durante esta etapa ocurren los cambios morfológicos más significativos: aparecen cuatro pares de patas y una doble fila de dientes. La ninfa repleta tiene forma oval y de color gris oscuro, mide aproximadamente 2.5 mm de largo al comienzo y cerca de 4 mm al final de la fase.
- **Adulto:** los cambios morfológicos más sobresalientes de esta etapa son los cuatro pares de patas y una doble fila de dientes.
 - **Macho:** Las ninfas repletas más pequeñas y oscuras se abre longitudinalmente, emergen los machos, los cuales son de color oscuro con un largo total de 2.0 a 2.5 mm de largo.
 - **Hembra plegada:** Las ninfas repletas de mayor tamaño, generalmente el 50%, se transforman en hembras pubescentes denominadas hembras plegadas. Tienen forma oval aplanada de color café claro con ocho patas largas y fuertes. Miden aproximadamente 2.0 mm.
 - **Hembras semi-repletas:** Son las hembras que comienzan a alimentarse hasta que se fertilizan y que al aumentar su tamaño, se desprenden del hospedero como hembras repletas. Su crecimiento es lento, pero al tercer o cuarto día después de ser hembras plegadas su cuerpo se incrementa en un 80%.
 - **Hembras repletas:** Son las hembras que concluyen su desarrollo, se desprenden del hospedero para caer al suelo y comenzar a poner huevos. Se ha observado que la hembra

semirepleta incrementa su tamaño de 4.0 a 6.0 mm y espera hasta la cópula, para posteriormente alcanzar el estado final de hembra repleta. Su forma es ovoide, grisácea y mide de 7.0 a 13.0 mm de longitud y de 4.0 a 8.0 mm de ancho (Rodríguez, 2011).

La cronología del ciclo biológico de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cronología del ciclo evolutivo de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

Cronología evolutiva	Días
Fase No Parasítica	
Período preoviposición	2-39
Período de ovoposición	4-44
Incubación de huevos a eclosión	14-146
Supervivencia de la larva en ayuno	240 o más
Fase Parasítica	
Alimentación de la larva y muda (metamorfosis)	7-10
Alimentación de la ninfa y muda	5-12
Alimentación de la hembra adulta	5-12

Fuente: Rodríguez et al, 2006

2. Importancia de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en México y el mundo

La garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* posee una gran capacidad de adaptación y propagación, es por esto que el impacto negativo que causa este parásito se traduce en pérdidas económicas sobre las explotaciones de

ganado bovino tanto a nivel nacional, como también mundial (Rodríguez, 2011).

Los efectos económicos causados por la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en la ganadería han sido clasificados en directos e indirectos (Rodríguez et al, 2005). Los efectos directos en el bovino son: El daño a las pieles, pérdida de sangre y efectos tóxicos, todos provocados por la picadura de este parásito. Además de afectar la ganancia de peso de los animales, incrementando el tiempo de la engorda. Disminuyendo la fertilidad y la producción de leche (Woodham, 1983), por otro lado se dificulta la exportación de bovinos a zonas libres de este parásito (Rodríguez et, al, 2011).

El efecto indirecto está dado por los agentes que transmiten principalmente la garrapata del género *Rhipicephalus*, tales como *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* y *Anaplasma marginale* (Rodríguez et al, 2005).

2.1. Pérdidas económicas debidas a *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el mundo

Con base en lo sugerido por Snelson en 1975, el 80% del ganado bovino del mundo (1 214 millones de bovinos), sufre del daño de las garrapatas, con una pérdida estimada de \$ 7090 millones de dólares anualmente debido a garrapatas, su control y enfermedades que trasmiten. Aunque esto es una cruda estimación, sirve como guía para visualizar la magnitud de las pérdidas involucradas debido a las infestaciones por garrapata. Estas no pueden estar lejos de la realidad, cuando se toman en cuenta que las estimaciones de costos de la industria ganadera, resultado de la erradicación de la garrapata y la babesiosis en Estados Unidos (total de bovinos 129 millones), excedió a USD\$

1000 millones por año. Estas pérdidas equivalen aproximadamente a USD\$ 7.8 cabeza/año (Quiroz, 1992).

Un estudio realizado en explotaciones lecheras en Argentina encontró que las pérdidas físicas debidas a babesiosis representaron el 62.1% del total; el resto resultó del costo de control. Las mayores pérdidas (52.3%) reportadas fueron por mortalidad. El promedio del costo por animal por tratamiento de babesiosis que obtuvieron fue de USD\$ 77.4 (Guglielmone et al., 1992).

En Australia, en 1973 se estimaron pérdidas anuales del orden de AUD\$ 62 millones¹, aproximadamente AUD\$ 7.30² por cabeza de ganado/ año en el área infestada. Esto incluye no solamente baja de la producción causada por garrapatas y enfermedades que transmiten (66% del total), sino también costos de control e investigación de las enfermedades por el productor y el gobierno (Quiroz, 1992). Recientemente en Queensland, Australia, el costo estimado de la infestación de garrapatas en la industria lechera (excluyendo costos asociados específicamente a babesiosis) fue de AUD\$ 4 096 000³ anuales. Cerca del 49% de este costo está relacionado por costos de control y 51% a pérdidas de producción (Jonsson, 2001).

2.2. Pérdidas económicas causadas por *Rhipicephalus (Boophilus)*

***microplus* en México**

En México en el 2009, la exportación de ganado a los EUA generó divisas de USD\$ 394 185 (SIAP, 2010). Sin embargo, la problemática de la garrapata ha

¹ Equivalente en USD \$ 57 695 688.27

² Equivalente en USD \$ 6.80

³ Equivalente en USD \$ 3 813 356.85

impactado fuertemente la movilización y comercialización de animales en el territorio nacional y para la exportación de ganado bovino a EUA. González en el 2007 presentó un informe donde establece que de octubre de 2004 a febrero de 2006, se detectaron 501 lotes de ganado bovino para exportación a Estados Unidos con garrapatas, de los cuales 381(76%) presentaron garrapatas del género *Rhipicephalus* con el agravante que una parte de los propietarios de los lotes de ganado para exportación son reincidentes. Por este problema la tasa de rechazo de animales infestados entre 2000 y 2007 se ha mantenido estable en 3 – 6% de ganado presentado para exportación. Rodríguez en el 2005 menciona que las pérdidas anuales provocadas por anaplasmosis y babesiosis bovina en el país se estimaban en USD\$ 48 millones.

3. Estrategia de control para la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus)*

microplus

El mayor efecto de la infestación de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el bovino productor de carne es la reducción de peso vivo lo que es igual a la pérdida de producción de carne. La aplicación de estrategias de control es una forma de minimizar las pérdidas de peso y proteger a los bovinos de las enfermedades transmitidas por la garrapata y la posible muerte del bovino.

Las nuevas estrategias de control químico de endoparásitos y ectoparásitos que afectan la producción bovina han sido desarrolladas, aplicadas y validadas en distintas áreas ecológicas. La mayoría de estas estrategias mostraron ser altamente eficaces, y económicas para el control de parásitos, pero incapaces de prevenir y/o controlar el constante desarrollo de resistencia a los

antiparasitarios, casi sin excepción y en la medida que los ixodicidas fueron perdiendo eficacia, estas estrategias se hicieron menos costo/eficientes, comprometiendo en algunos casos, la propia sustentabilidad del sistema productivo (Davis, 2001). En México la estrategia para el control de garrapatas más utilizada consiste en eliminar el parásito mediante la interrupción de su ciclo, con base en la aplicación de ixodicidas en el cuerpo del animal infestado a intervalos específicos, determinados por la región ecológica, la especie de garrapata y los efectos residuales de los ixodicidas (Rodríguez, 2001). Las familias de ixodicidas químicos más utilizados en el país son: organofosforados, amidinas, piretroides sintéticos, ivermectinas, fenilpirazolonas y el fluazuron.

3.1. Resistencia de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a los ixodicidas

La resistencia se define como la capacidad de algunos individuos en una población de sobrevivir a una dosis de tóxicos los cuales serían letales para el resto de la población de la misma especie (Hernández et al, 2004).

Los mecanismos básicos de resistencia a los ixodicidas son: la reducción de penetración del tóxico por una acción física y los que tienen bases bioquímicas.

Las dos maneras más importantes de resistencia bioquímica son:

a) Un aumento de la detoxificación por enzimas, que ocurre cuando se evita que el insecticida alcance su sitio de acción debido a que las actividades de las enzimas esterasas, oxidasas y glutathion S-transferasas (GST) se encuentran modificadas (Nolan y Schintzerling, 1986) y

b) Insensibilidad en el sitio blanco, que ocurre cuando el insecticida ya no se une a su blanco debido a que los aminoácidos responsables de que el insecticida enlace en su sitio de acción, se encuentran alterados, por lo cual éste es menos efectivo o incluso inefectivo; el blanco de los organofosforados (Ops) (ej.: malatión) y carbamatos (ej. :propoxur) es la acetilcolinesterasa en las sinapsis de los nervios, mientras que el blanco de los organoclorados, DDT y piretroides sintéticos son los canales de sodio de la vaina de los nervios (Brogdon y McAllister, 1998).

Además existen dos tipos de resistencia en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a los ixodicidas: la resistencia cruzada y la resistencia múltiple. La resistencia cruzada se define como la capacidad de las garrapatas de sobrevivir a diferentes familias de ixodicidas que actúan en el mismo sitio blanco, por ejemplo el DDT y los piretroides actúan en el mismo sitio blanco en la garrapata (Kdr). La resistencia múltiple se define como la capacidad de una población de sobrevivir a más de dos moléculas de ixodicidas con diferentes mecanismos de acción, por ejemplo: el DDT (Kdr) e Ivermectina (GABA) (Metcalf, 1989).

3.2. Ivermectina

El incremento de los niveles de resistencia por parte de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ha creado la necesidad de identificar, desarrollar e implementar nuevas alternativas de ixodicidas.

Los productos de la familia de las lactonas macrocíclicas han sido, hasta el momento, el grupo químico al que han presentado menor resistencia las

garrapatas (Davey, 2010). En México, Miller et al., en el 2011 hicieron el primer reporte de presencia de resistencia de la garrapata hacia este producto.

3.3. Características de la ivermectina

Las lactonas macrocíclicas (LM) (ivermectina, moxidectina, doramectina) se derivan de productos naturales a partir de un fermentado de microorganismos del suelo del género *Streptomyces avermitilis*, que por sus características han sido eficientes en el control de endo y ectoparásitos; se absorben por todas las vías debido a su alta liposolubilidad y se distribuyen ampliamente en los tejidos, tales como la luz intestinal, grasa y piel (Barci, et al., 2009 y Ángel – Sahagún et al., 2010) Debido a estas características, se han realizado estudios para evaluar su eficacia (respuesta terapéutica producida por el producto en contra de un parásito) y la persistencia de la eficacia (permanencia de la actividad terapéutica de un producto medida en días o semanas después del día de tratamiento) para el control de garrapatas. Davey et al., (2010) reporta que la ivermectina (IVM) a una dosis de 0.2 mg/kg peso vivo (PV) por vía subcutánea, tienen una eficacia de 94.8% en la reducción de garrapatas hembras adultas repletas.

El modo en el que actúa la ivermectina sobre los parásitos está relacionado con la liberación del ácido gamma aminobutírico (GABA), este es un neurotransmisor inhibitorio de los estímulos nerviosos en la placa neuromuscular, ocasionando parálisis e incluso la muerte del parásito (Davey, 2010).

Sin embargo, no está claro si la acción de la ivermectina se debe a que: actúa

como agonista GABA, estimula la liberación de GABA o potencia la unión del GABA a su receptor. Sin importar el modo de acción, el resultado final es el bloqueo de la transmisión post-sináptica del impulso nervioso.

La eficacia de la IVM de corta acción es similar (>90% de eficacia a las cuatro semanas después del tratamiento (PT)) para el control de fases adultas; sin embargo, existen en el mercado LM de larga acción que presentan eficacias mayores a 95% con persistencia hasta 70 días PT. Los resultados de las investigaciones demuestran que las LM son una buena alternativa de control de garrapatas en el ganado bovino. Debido a la elevada persistencia de las LM (en especial las de larga acción) en los tejidos de bovinos tratados y al contacto constante de las garrapatas a estos fármacos podrían en el futuro promover la generación de poblaciones de garrapatas resistentes. Por tal motivo, el monitoreo constante de la susceptibilidad de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a las LM se hace necesario con la intención de detectar casos tempranos de resistencia y establecer los programas de control pertinentes (Rodríguez, 2010).

4. Manejo integral de plagas

El Manejo Integral de Plagas (MIP) es un proceso que identifica y reduce las pérdidas producidas por las plagas y las malas estrategias de control (Horowitz et al 2009), mediante la integración de métodos de control, químicos, biológicos y culturales, además de disminuir los riesgos que puedan existir para la gente, la propiedad, recursos y el medio ambiente.

En términos de resistencia antiparasitaria el MIP combina adecuadamente varias herramientas de control, a efecto de desestabilizar la formación de

aquellas poblaciones parasitarias con mayor proporción de individuos genéticamente resistentes, manteniendo un nivel adecuado de productividad en los sistemas de producción ganadera. Generalmente se asocia a un MIP a una disminución de la frecuencia de tratamientos. Sin embargo, para prevenir y manejar resistencia, no es suficiente disminuir la dependencia a los antiparasitarios, sino también utilizarlos en épocas, momentos y animales que no aumenten la presión de selección genética a los compuestos (Davis, 2001).

4.1. Resistencia de los diferentes genotipos bovinos hacia la garrapata

Rhipicephalus (Boophilus) microplus

De Castro y Newson (1993) definen la resistencia del hospedero a las garrapatas como: la habilidad innata del hospedero a realizar una respuesta inmune a los componentes de la saliva de las garrapatas, cuando las garrapatas se alimentan de la sangre del bovino las debilita y las elimina. La resistencia de los bovinos a las garrapatas se manifiesta por la reducción del número de garrapatas ingurgitadas adultas, reducción de producción de huevos y la viabilidad de éstos (Wikel, 1996), además de disminuir la susceptibilidad de las enfermedades transmitidas por las garrapatas (Bock et al. 1999a; 1999b).

Existen varios factores intrínsecos en los bovinos que influyen directamente en la biología y ecología de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, los más importantes son: sexo, raza, edad, tipo y color de pelo. (Alonso, 2007). Aunque la raza del bovino es el factor que tiene mayor efecto en los niveles de infestación de la garrapata (Wambura et al., 1998).

La resistencia del *Bos indicus* puro a la garrapata es transmitida a su descendencia cuando se cruza con *Bos taurus*, produciendo progenie más resistentes a las condiciones de climas tropicales. (Frisch et al., 1998). Se ha estimado que la heredabilidad de esta característica es entre 0.42 - 0.64 (Wharton, 1970).

4.2. Evaluación de las estrategias de control para *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

En esencia el manejo económico del control de las garrapatas es determinar cuál estrategia es más viable, además de decidir las acciones que se deben tomar para optimizar el uso de esa estrategia. Por ejemplo, si una estrategia de contención es determinada como única solución práctica para el manejo de la garrapata, entonces el modelo de manejo económico de garrapatas, es determinado por el nivel de población de la garrapata que se tendrá que tolerar en cuanto al daño que produce y, conocer con qué intensidad se debe tratar (Davis, 2001).

4.3. Coeficiente de Daño

El coeficiente de daño se define como el detrimento que causan las garrapatas en la producción, se calcula como:

$$d = \frac{\text{Bovinos tratados} - \text{Bovinos infestados}}{\text{Número de garrapatas} * \text{Duración de días del estudio}}$$

El resultado es expresado como la cantidad de gramos perdidos del bovino por cada garrapata adulta ingurgitada (Sutherts, 1983).

Los altos daños ocasionados por las garrapatas generalmente son valorados como una pérdida total para la industria más que como un costo de producción individual por bovino. Es razonable asumir que los daños están en función del número de garrapatas que infestan al bovino, probablemente independiente de la raza (Hernández, 2009).

4.4. Daño Económico (DE).

Stern et al (1959) definió al daño económico como “la cantidad de daño que justifica el costo del control artificial”. Mientras que Southwood y Norton (1973) lo definen como “el momento en que el costo de la táctica de control iguala a el precio de producción, por lo cual la táctica se aplica cuando su costo es menor al costo de producción sin táctica.

4.5. Umbral Económico (UE)

El umbral económico fue definido por Stern (1959) como la medida de los niveles de población de garrapata con el cual debería de iniciarse el control de éstas. Meltzer (1993) define de forma más práctica al umbral económico, como: el momento de realizar el tratamiento cuando el daño económico causado por la infestación de garrapatas es igual o mayor que el costo del tratamiento.

Figura 1.

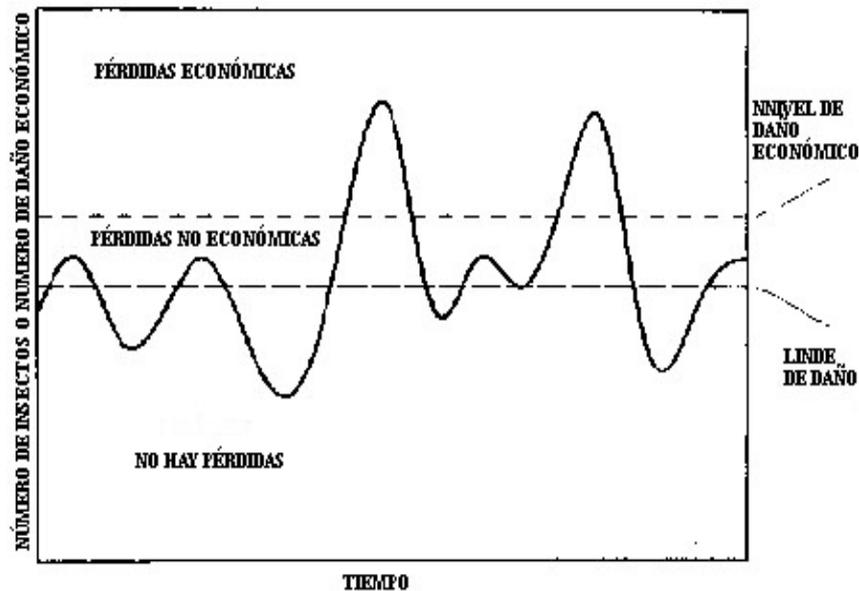


Figura 1. Diagrama que muestra la relación del umbral de daño con el daño económico (Fuente: Pedigo, 1996).

La aplicación regular del UE puede resultar en la reducción de la frecuencia de aplicación de los ixodicidas. El desarrollo futuro y la mejora de umbrales económicos en el Manejo Integrado de Plagas (MIP) requieren del conocimiento de la dinámica de las poblaciones de las garrapatas y una mejor posibilidad de predecir las tendencias poblacionales. El conocimiento sobre las respuestas del hospedero al daño mejorará mucho el UE. El UE puede ofrecer soluciones prácticas de manejo integral en un momento en que la industria pecuaria está buscando mayor eficiencia en la producción y rendimientos sostenibles.

La evaluación de la densidad de la población de garrapatas y la toma de decisiones con respecto a ella, son los elementos básicos de cualquier programa de manejo integral de garrapatas. Desafortunadamente esta evaluación es poco usada, por lo que la toma de decisiones sobre su tratamiento se retrasa.

El umbral económico del número de garrapatas varía dependiendo del precio de la carne, el costo y período de tratamiento de cada ixodida (Hernández, 2009).

III. JUSTIFICACIÓN

Los umbrales económicos dependen del precio al momento de venta de los bovinos; en México el valor del kilogramo por peso vivo del bovino ha tenido un incremento de MXN\$ 2.42 por año en la última década, por ejemplo, de 2009 al 2012 aumentó nueve pesos mexicanos(30%) , un incremento de MXN\$3 por año (10%) (InfoAserca, 2012).

Tomando en cuenta que los umbrales económicos también dependen de los costos de tratamiento, ya que implican un manejo extra, el costo del pesticida y del equipo extra para las aplicaciones, se seleccionó a la ivermectina para desarrollar este estudio, pues Hernández (2009) obtuvo en su trabajo que la ivermectina tiene un costo de tratamiento menor a otras familias de ixodidas.

Debido a que no existe subsidio en los programas de control de garrapatas, los productores mexicanos refieren que optan por utilizar pesticidas baratos y si éstos no funcionan, incrementan la dosis de este producto o cambian de pesticida. Esto significa que deben sacrificar algún control para reducir el costo total de proteger su ganado contra las garrapatas, además de comprometer la eficacia del producto que utilizaron. Por ello es importante facilitar a los tomadores de decisiones información acerca del manejo integral de plagas, ya que el objetivo es reducir el número de tratamientos químicos realizados en un período dado. La disminución del número de tratamientos químicos puede realizarse mediante el establecimiento de un nivel de infestación aceptable

(umbral económico) en combinación con el tratamiento selectivo en aquellos animales que presentan especial susceptibilidad al parásito y que muestran infestaciones altas del parásito, mientras los demás individuos portan sólo una menor infestación parasítica, esto ayuda significativamente a ampliar el intervalo entre aplicaciones de los ixodicidas.

IV. OBJETIVO GENERAL

Encontrar el punto económico a partir del cual el daño producido por las garrapatas es igual al costo de eliminarlas (umbral económico) mediante simulaciones, empleando un modelo económico en dos grupos genéticos de bovinos de carne.

1. Objetivos específicos

- Encontrar el punto económico que permita al tomador de decisiones determinar cuándo es el momento oportuno de realizar el tratamiento con ixodicidas y así disminuir el gasto realizado para controlar a la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en los genotipos *Bos taurus* y la cruce de *Bos taurus* X *Bos indicus*.
- Comparar los umbrales económicos entre los genotipos bovinos *Bos taurus* y *Bos taurus* X *Bos indicus*, ya que permitiría conocer las diferencias de resistencia entre cruces o genotipos genéticos de bovinos.

V. HIPÓTESIS

*El modelo permite predecir el momento óptimo para aplicar el control químico contra la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* sin que rebase el daño económico.*

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones de las estrategias implementadas en el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* se realizaron mediante simulaciones para los dos genotipos de bovinos, a través de un programa desarrollado en Microsoft EXCEL[®], en el cual se obtuvieron los umbrales económicos.

1. Información empleada en las simulaciones

Los datos empleados en las simulaciones fueron obtenidos de una entrevista realizada en el 2009 entre productores de ganado bovino y Médicos Veterinarios Zootecnistas (MVZ) que laboran en la industria Farmacéutica Veterinaria y que comercializan productos pesticidas para el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en México.

También se obtuvo información de artículos científicos (Davey et al., 2002 y Jonsson, 2006), así como la página web InfoAserca de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA).

Estos datos solo se emplearon para realizar simulaciones, estos pueden ser modificados de acuerdo a la información proporcionada por personas interesadas en el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*.

2. Cálculo de los costos del tratamiento con ivermectina por año por bovino

Para el cálculo de los costos de control para la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* se utilizaron los datos que se muestran en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Información de la explotación empleada para la obtención de los costos del tratamiento con ivermectina por año por bovino.

Factor	Valor	Fuente
Peso del bovino	400Kg	InfoAserca, 2012
Precio/ kg PV	\$ 34.93	
Número de vaqueros/ tratamiento	2	Entrevista realizada a productores
Salario del vaquero por aplicación del producto	\$ 150.00	Entrevista realizada a productores

Cuadro 3. Información de la Ivermectina utilizada para la obtención de los costos del tratamiento con ivermectina por año por bovino.

Factores	Valores	Fuente
Nombre del producto ⁴	Rank [®]	Entrevista realizada a MVZ de la industria farmacéutica
Precio de la Ivermectina	\$ 700.00	Entrevista realizada a MVZ de la industria farmacéutica
Presentación del producto	500 ml	Entrevista realizada a MVZ de la industria farmacéutica
Cantidad de ivermectina en el producto	10 mg	Entrevista realizada a MVZ de la industria farmacéutica
Dosis recomendada de ivermectina	1 ml del producto /50 kg peso vivo	Entrevista realizada a MVZ de la industria farmacéutica
Número de aplicaciones al año	5	Entrevista realizada a MVZ de la industria farmacéutica
Porcentaje de garrapatas repletas sobrevivientes a la aplicación de ivermectina	5.2%	Davey et. al., 2002
Porcentaje de garrapatas repletas muertas por la aplicación de ivermectina	94.8%	
Jeringas 12 ml	\$ 2.70/ unidad	Entrevista realizada a MVZ de la industria farmacéutica
Agujas 5 mm	\$ 2.70/ unidad	Entrevista realizada a MVZ de la industria farmacéutica

⁴ No se sugiere el uso de esta marca en específica, ni el laboratorio.

En la figura 2 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de los costos de aplicación del tratamiento por animal por año.

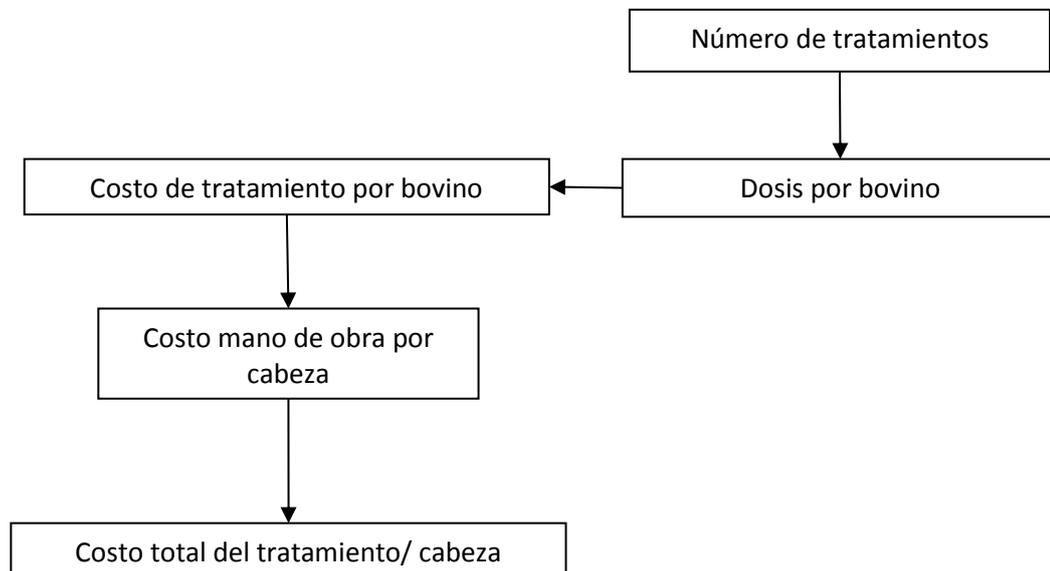


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención del costo total del tratamiento con ivermectina por bovino en pesos mexicanos. Costo de aplicación de la ivermectina por bovino = (costo de ivermectina* número de tratamientos) + costo de mano de obra al año.

En el cuadro 4 se muestra las fórmulas que se utilizaron para la obtención del costo total de tratamiento por bovino al año.

Cuadro 4. Fórmulas empleadas para obtener el costo total de tratamiento por bovino al año

Valor	Fórmula
Costo total de tratamiento por bovino al año	Costo de la dosis por bovino al año + Costo del material para la aplicación al año + Costo de mano de obra del tratamiento al año
Costo del material por aplicación al año	Precio de las agujas 5mm + Precio de las jeringas 12 ml
Costo de mano de obra por tratamiento por bovino al año	(Número de vaqueros * Salario del vaquero)/ Número de cabezas de ganado)* Número de tratamientos al año por bovino
Costo de la dosis por bovino al año	Costo de un ml del ixodicida * Dosis del bovino en ml
Dosis por bovino	((Peso promedio del bovino*0.0001)/50)
Dosis por bovino al año	Dosis por bovino*Número de tratamientos al año por bovino

3. Valores para el Coeficiente de daño

Los coeficientes de daño de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* utilizados para las simulaciones en este estudio fueron: 1.37 gramos para *Bos taurus* y de 1.18 gramos para la cruce de *Bos indicus* x *Bos taurus* (Jonsson, 2006).

4. Cálculo del Daño Económico.

El cálculo del daño económico se obtuvo a partir de la ecuación propuesta por Southwood y Norton (1973), la cual es:

$$C(a) = (Y * (P * (d(a))^2) - (Y * P(d^2)))$$

Donde:

Y = producción (kg peso vivo) (Cuadro 4)

P = precio por unidad de producción (Pesos mexicanos (\$ MXN)/ kg de PV)
(Cuadro 4)

d = Coeficiente de daño (Kg de PV por garrapata repleta⁵)

a = acción de control (porcentaje de efectividad de la ivermectina) (Cuadro 5),
[d(a)] es el coeficiente de daño recuperado por la acción de control.

C = costo de tratamiento (\$ MXN) (Ver Figura 2)

⁵ Los valores de los coeficientes de daño de ambos genotipos se transforman en Kilogramos, ya que la fórmula emplea esta unidad de medición.

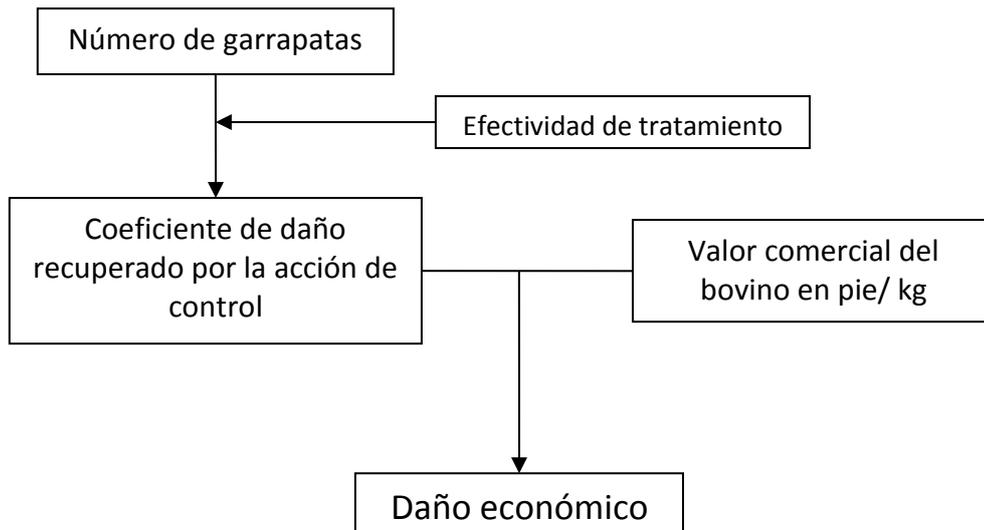


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención del daño económico.

5. Obtención de los Umbrales Económicos

Con el modelo anterior se realizaron 300 simulaciones, 150 simulaciones para cada genotipo bovino utilizado en este trabajo.

Los resultados de las simulaciones se graficaron en un diagrama de dispersión, con la variable dependiente Y: Pesos Mexicanos y la variable X: número de garrapatas ($X = 1, 2, 3, \dots, 150$). El umbral económico es la intersección entre los valores de costos de aplicación para ivermectina por año por bovino y el daño económico para cada genotipo bovino (Figura 3).

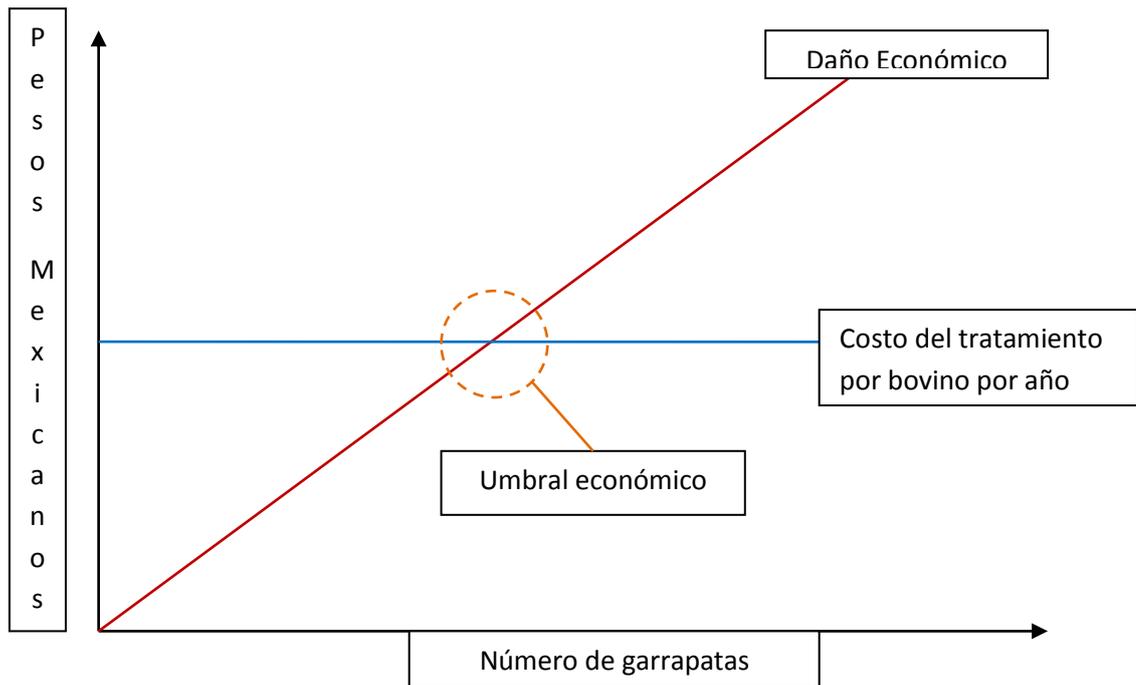


Figura 4. Representación del umbral económico entre pérdidas económicas con diferente número de garrapatas/bovino y el costo de tratamiento con ivermectina. (Fuente: Hernández, 2009)

Para las simulaciones se asumió que cada garrapata contada se encontraba sobre el bovino un promedio de 21 días (Tang, 2010).

VII. RESULTADOS.

1. Costos del tratamiento con ivermectina por año por bovino

El costo total del tratamiento con ivermectina por año por bovino fue de \$ 88.00, (Cuadro 5) se muestra el desglose de costos del tratamiento con ivermectina por año por bovino.

Cuadro 5. Costos del tratamiento con ivermectina por bovino por año

	Costo
Costo de la dosis	\$ 56.00
Costo de la mano de obra	\$ 5.00
Costo de los materiales	\$ 27.00
TOTAL	\$ 88.00

2. Grado de daño producido por garrapatas expresado en gramos de peso vivo

En el Cuadro 6 se muestra el daño producido por garrapata expresado en gramos de peso vivo y el daño económico expresado en pesos mexicanos, en el cual se puede apreciar que al aplicar tratamiento cuando el bovino se encuentra infestado con 5, 10 y 20 garrapatas, el productor tendrá una pérdida monetaria, mientras que para percibir ganancias la aplicación del tratamiento debe comenzar con una infestación de 40 garrapatas en ambos genotipos, sin embargo, el daño en peso vivo y por ende el daño económico fue menor en la cruce con Cebú que en *Bos taurus* puro.

Cuadro 6. Comparación de genotipos bovinos para el Daño producido por garrapata por Peso Vivo en gramos y el Daño Económico anual*

Número de garrapatas	Bos taurus		Bos taurus X Bos indicus	
	Daño producido por garrapata (g)	Daño Económico por PV \$MXN	Daño producido por garrapata (g)	Daño Económico por PV \$MXN
5	6.85	- \$ 9.83	5.90	- \$7.30
10	13.70	- \$ 7.87	11.80	- \$5.84
20	27.40	\$ 0.00	23.60	\$ 0.00
40	54.80	\$ 31.47	47.20	\$ 23.34
60	82.20	\$ 83.91	70.80	\$ 62.25
90	123.30	\$ 201.92	106.20	\$ 149.79
150	205.50	\$ 579.53	177.00	\$ 429.93
Promedio	67.82	\$ 110.03	63.21	\$ 93.17

* El daño económico se encuentra modificado por la acción de control
Fuente: Elaboración propia.

3. Umbrales económicos

En la Figura 4 se muestra la gráfica de dispersión del daño económico (Y) en pesos mexicanos con el número de garrapatas ingurgitadas por bovino en cada uno de los genotipos. El costo del tratamiento se mantiene constante en \$ 88.00, la intersección entre esta línea y el daño económico es el Umbral Económico. Se puede observar que el daño es menor para la cruce de *Bos taurus X Bos indicus* que el *Bos taurus* puro.

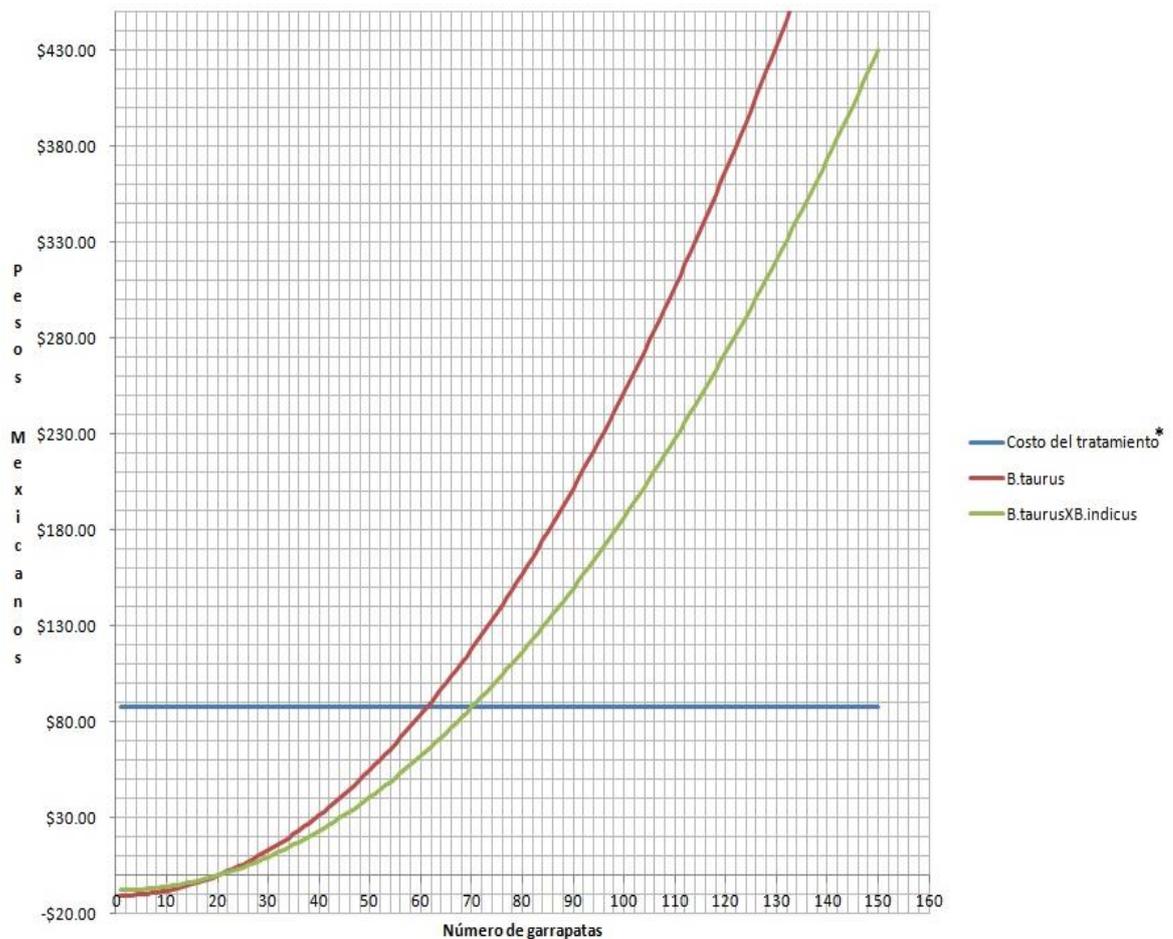


Figura 5. Daño económico (Y) en pesos MXN con el número de garrapatas repletas por bovino en cada uno de los genotipos. Fuente: Elaboración propia. * El costo del tratamiento se mantiene constante en \$ 88.00, la intersección entre esta línea y el daño económico es el Umbral Económico. Se puede observar que el daño es menor para la cruce de *Bos taurus X Bos indicus* que en *B. taurus* puro.

En el cuadro 7 se muestra que existe una mínima diferencia en los umbrales económicos, daños económicos y pérdidas de peso en gramos entre los dos genotipos analizados en este estudio.

Cuadro 7. Comparación de los umbrales económicos, daño económico y la pérdida de peso de los dos genotipos bovinos

Genotipo bovino	Umbral económico (número de garrapatas)	Pérdida de peso (gramos)	Daño económico (MXN)
<i>Bos taurus</i>	62	84.94	\$ 90.31
<i>Bos taurus X Bos indicus</i>	70	82.60	\$ 87.54

Fuente: Elaboración propia.

VII. DISCUSIÓN

El trabajo consistió en encontrar los umbrales económicos con costos de tratamiento ixodicida de la región oriente de México, a través de un modelo económico introducido en el paquete Microsoft Office Excel (Office 2007[®]), sin embargo el modelo permite la introducción de costos de tratamiento ixodicida de cualquier región.

El daño económico de *Bos taurus* fue de 84.94 gramos con 62 garrapatas ingurgitadas, mientras que el de la craza fue de 82.60 gramos con 70 garrapatas ingurgitadas, lo cual representó una diferencia de 2.34 gramos; llevado a pesos mexicanos es \$90.31 y \$ 87.54 para *Bos taurus* y la craza respectivamente, con una diferencia de \$2.77 entre los dos genotipos.

El umbral económico no es solo un número de garrapatas, sino que tiene que ser visto como el momento oportuno de aplicar el control químico con el fin de impedir el daño producido por las garrapatas en el bovino y también evitar un gasto monetario innecesario por el tratamiento. Para obtener el umbral económico se busca la intersección entre el daño económico y el costo del tratamiento, que en este estudio fue de 62 garrapatas por cabeza para *Bos taurus* y 70 para la craza, con un promedio de 66 garrapatas por cabeza. En la literatura científica existe muy pocas publicaciones que hacen mención al umbral económico, además, estos artículos solo se enfocan a un solo genotipo bovino, que es la craza entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, aunado a esto cada autor utilizó pesticidas diferentes al empleado en este trabajo, por ello resulta difícil realizar una comparación entre umbrales económicos, ejemplo de ellos son: Norton (1983) en Australia estimó un umbral económico de 158 garrapatas ingurgitadas por animal por día o 79 garrapatas por lado, aunque no menciona

el ixodicida que empleo para este cálculo, en ese estudio se utilizaron varias estrategias de control de garrapatas. En Paraguay, Brizuela et al (1996) reporta que en los años 1988/1989 se calculó un umbral de daño de 53 garrapatas por animal sin tratamiento en cruas y en los años 1990/1991 obtuvieron un umbral de daño de 54 garrapatas por animal en el mismo genotipo con una mezcla de organofosforado/ piretroides. Jonsson (2001) estimó un umbral económico de 100 garrapatas por cabeza, utilizando el modelo de Sutherst (1983) suponiendo un costo del tratamiento de AUD\$ 4.50, sin embargo ese estudio no puede ser comparado con el presente debido a que el trabajo de Sutherst contempla un mayor número de variables que modifican al umbral económico (por ejemplo: fluctuaciones en el número garrapatas sobre el bovino en las diferentes estaciones del año), pues fue realizado en un intervalo de dos años (1980 – 1981).

Otro de los componentes necesarios para el cálculo del umbral económico, es el costo de tratamiento. McLeod en 1995 estimó que los costos de tratamiento contra garrapata y enfermedades que transmiten llegan a incrementá entre 78 y 88% los costos totales de producción, esto debido al manejo extra requerido, los costos del pesticida y el equipo necesario para las aplicaciones. Estos costos deberán de ser calculados en cada ocasión que se desea obtener un umbral económico debido a la gran variación de los precios de sus componentes tales como: mano de obra (conasami.gob.mx) que varía no solo de país a país, sino dentro de cada país en diferentes regiones; costo de producto que varía dependiendo del laboratorio que lo produce y cambia con el tiempo; el número de aplicaciones varía dependiendo de la resistencia de la garrapata al producto y de las zonas climáticas (Estrada, 2001).

Otra de las variables que afectan en gran medida al umbral económico es el precio por kilogramo por peso vivo del bovino; en el anexo 1 se puede apreciar cómo el umbral económico se ve modificado por los precios de diferentes rastros, siendo menor el umbral económico (68 garrapatas) en el rastro municipal de Aguascalientes que tiene un precio de kilogramo por peso vivo de \$38.00, en comparación con el umbral económico del rastro municipal de Campeche que es mayor (100 garrapatas) y el precio de kilogramo por peso vivo es de \$16.50.

Las similitudes encontradas en ambos genotipos bovinos (*Bos taurus* y *Bos taurus* X *Bos indicus*), se deben a que la base de los umbrales económicos es el costo del tratamiento, siendo iguales en este trabajo, por lo cual es importante recalcar, que estos no son apropiados para elegir el genotipo con mayor resistencia, además de que existen muchos estudios que respaldan este aspecto, por ejemplo el estudio de O'Kelly, et al en 1976. Sin embargo, como demostró Hernández en el 2009 los umbrales económicos son de mayor utilidad para seleccionar el ixodicida que nos permita tener menores pérdidas monetarias.

Es necesario llevar a cabo estudios de daño económico para los distintos genotipos de bovinos que se explotan en México.

El uso de las evaluaciones económicas junto con manejos integrales de garrapatas permitirá disminuir el tratamiento con ixodicidas, ya que el uso cotidiano y poco controlado de estos ha traído varias consecuencias, como son: problemas ambientales, por ejemplo, Iglesia et al en 2006 encuentran que la excreción de metabolitos de ivermectina por vía fecal por parte del bovino

causa retardo en la descomposición de las heces y disminución de insectos coprófagos; también puede ocasionar selección de resistencia en otros ectoparásitos, por ejemplo, Wall en el 2007 menciona que la aplicación de productos químicos para el control de mosca ocasiono la selección de garrapatas resistentes al producto aplicado. Otros de los beneficios que proporciona la aplicación de este tipo de tácticas es incrementar el tiempo de aparición de resistencia en las garrapatas a los ixodicidas, ya que se disminuye el uso de éstos.

El modelo desarrollado en el presente trabajo se encuentra enfocado a producciones de bovinos de carne, pero es necesario realizar modelos donde se tome en cuenta a los demás sistemas de producción, principalmente la de doble propósito pues esta se caracteriza por que los animales se encuentran en pastoreo. Este sistema es importante en México pues 3.9 millones de bovinos se encuentran bajo este régimen (Koopel, 1999)

IX. CONCLUSIÓN

Actualmente no se contempla el cálculo de los umbrales económicos junto con otras técnicas de manejo integral de plagas en los programas de salud para el control de este parásito y de otras enfermedades que afectan al ganado bovino en México, lo cual sería necesario para un mejor aprovechamiento de los recursos económicos oficiales y de los productores, pues disminuiría el uso de ixodícidas.

Una alternativa para la introducción de este concepto al país, sería implementar los umbrales económicos en zonas endémicas de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, pues la erradicación de ésta en este tipo de regiones es complicado, pues las condiciones ambientales favorecen la reproducción de la garrapata, por lo cual la presencia de cierto número de este ectoparásito en el bovino indicado por el umbral económico atenuaría las pérdidas económicas causadas por éste.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Murrell A, Campbell NJ and Barker SC. Mitochondrial 12S rDNA indicates that the Rhipicephalinae (Acari: Ixodida) is paraphyletic. *Mol Phylogenet Evol* 1999; 12: 83 – 86.
2. Rodríguez VR, Quiñónez AF, Fragoso SH. Epidemiología y Control de la Garrapata *Boophilus* en México. En: Rodríguez VR. Enfermedades de Importancia Económica en Producción Animal. México: McGraw Hill 2005: 571-588.
3. Waladde SM, Rice MJ. The sensory basis of tick feeding behaviour. En: Obenchain FD, Galun R. *Physiology of Ticks*. Londres: Pergamon Press 1982: 71 – 118.
4. Quiroz RH. Situación actual de la problemática de las garrapatas. Segundo Seminario Internacional de Parasitología Animal. Garrapatas y Enfermedades que Transmiten. Oaxtepec, Morelos, México 1992: 3 – 18.
5. Rodríguez VR, Ojeda CM, Pérez CL, Rosado AJ. Epidemiología y control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en México. En: Quiroz RH, Figueroa CJA, Ibarra VF y López AME. Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos [CD – ROM]. México 2011: 477 – 504.
6. Rodríguez VR, Rosado AA, Basto EG, García VZ, Rosario CR, Fragoso SH. Manuel técnico para el control de garrapatas en el ganado bovino. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Parasitología Veterinaria. Publicación Técnica 2006.

7. Woodham CB, González OA, López LA, Guereña MR. Progresos en la erradicación de las garrapatas *Boophilus microplus* en México 1960-1980. Rev Mund Zoot 1983; 48: 18-24.
8. Snelson, JT. Animal ectoparasites and disease vectors causing major reductions in world food supplies. FAO Plant Prot Bull 1975; 13: 103 – 114.
9. Guglielmone AA, Aguirre DH, Späth EJA, Gaido AB, Mangold AJ, De Ríos LG. Long-term Study of Incidence and Financial Loss Due to Cattle Babesiosis in an Argentinean Dairy Farm. Prev Vet Med 1992; 12: 307-312.
10. Jonsson N N, Davis R, De Witt M, An estimate of the economic effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on Queensland dairy farms. Aust Vet J 2001; 79: 826-31.
11. Siap.gob.mx [Homepage on the Internet] México: Secretaria de agricultura, ganaderia, desarrollo rural, pesca y alimentación [citado September 10, 2013] Available from: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=331
12. González - Sáenz PJR, Hernández OR. *Boophilus microplus* : estado actual de la reistencia a los acaricidas en la frontera México – Estados Unidos y su impacto en la relación comercial. Rev Mex Cienc Pecu 2012; 3(1) : 1 - 8.
13. Davis R, Tisdell. Alternative specifications and Extensions of the Economic Threshold concept and the control of Livestock Pest. Working

Papers in the series 2001. School Economics University of Queensland 2001.

14. Henández O, Garfias B, Figueroa M. Control inmunológico de la garrapata *Boophilus microplus*. En perspectiva de control de parásitos de importancia veterinaria. CENID – Parasitología Veterinaria. INIFAP. Publicación técnica, México 2004; 2: 13 – 18.
15. Nolan J, Schnitzerling HJ. Drug resistance in arthropod parasites. En Campbell C and Rew RS. Chemotherapy of parasitic diseases. Plenum, New York 1986: 603 – 620.
16. Brogdon WG, McAllister JC. Insecticide resistance and vector control. Emerg Infect Dis 1998; 4: 605 – 613.
17. Metcalf RL. Insect resistance to insecticides. Pest Manag Sci 1989; 4: 333 – 358.
18. Davey RB, Pound JM, Miller JA, Klavons JA. Therapeutic and persistent efficacy of a long-acting (LA) formulation of ivermectin against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) and sera concentration through time in treated cattle. Vet Parasitol 2010; 169(1-2): 149-156.
19. Barci LA, De Almeida JE, de Campos Nogueira AH, Zappelini LO, do Prado AP. Selection of isolates of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Ascomycetes: Clavicipitaceae) for control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). Rev Bras Parasitol Vet Suppl 2009; 1: 7-13

20. Angel-Sahagún CA, Lezama-Gutiérrez R, Molina-Ochoa J, Pescador-Rubio A, Skoda SR, Cruz-Vázquez C, Lorenzoni AG, Galindo-Velasco E, Fragoso-Sánchez H, Foster JE. 2010. Virulence of Mexican isolates of entomopathogenic fungi (Hypocreales: Clavicipitaceae) upon *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) larvae and the efficacy of conidia formulations to reduce larval tick density under field conditions. *Vet Parasitol* 24; 170 (3-4): 278-86.
21. Davey RB, George JE. Efficacy of macrocyclic lactone endectocides against *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) infested cattle using different pour-on application treatment regimes. *J Med Entomol* 2002; 39 (5): 763-769.
22. Rodríguez-Vivas RI, Arieta-Román RJ, Rosado-Aguilar JA, et al. Uso de lactonas macrocíclicas para el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el ganado bovino. *Arch Med Vet* 2010; 42: 115 – 123.
23. Horowitz, RA, Ellsworth PC and Ishaaya I. Biorational Pest Control – An Overview. Application and Resistance Management. *Biorational Control of Arthropod Pest* 2009: 1 – 20.
24. De Castro JJ and Newson RM. Host Resistance in Cattle Tick Control. *Parasitol Today* 1993; 9 (1): 9 – 17.
25. Wikel SK. Host Immunity to ticks. *Annu Rev Entomol* 1996; 41: 1 – 22.
26. Bock RE, Kingston TG and de Vos AJ. Effect of breed of cattle on transmission rate and innate resistance to infection with *Babesia bovis* and *Babesia bigemina* transmitted by *Boophilus microplus*. *Aust Vet J.* 1999; 77 (7): 461 – 464.

27. Bock RE, Kingston TG, de Vos AJ and MacLellan DJ. Effect of breed of cattle on innate resistance to infection with *Babesia bovis*, *B. bigemina* and *Anaplasma marginale* [Published erratum appears in Aust Vet J 1997; 75: 449]. Aust Vet J 1997; 75: 337 – 340.
28. Alonso DMG, López SJB y Leme de Magalhães LAC. Infestación natural de hembras de *Boophilus microplus* Canestrini, 1887 (Acari: Ixodidae) en dos genotipos bovinos en el trópico húmedo de Veracruz, México. Vet Mex 2007; 38 (4): 503 – 509.
29. Wambura PN, Gwakisa PS, Silayo RS and Rugaimukamu EA. Breed – associated resistance to tick infestation in *Bos indicus* and their crosses with *Bos taurus*. Vet Parasitol 1998; 77: 63 – 70
30. Frisch JE and O' Neill CJ. Comparative evaluation of beef cattle breeds of African, European and Indian origins. 2. Resistance to cattle ticks and gastrointestinal nematodes. Anim Sci 1998; 67: 39 – 48.
31. Wharton RH, Utech KBW and Turner HG. Resistance to the cattle tick, *Boophilus microplus* in a herd of Australian Illawarra Shorthorn cattle: its assessment and heritability. Aust J Agric Res 1970; 21: 163 – 181.
32. Sutherst RW, Maywald GF, Kerr JD, Stegemen DA. The effect of the cattle tick *Boophilus microplus* on the growth of *Bos indicus* x *Bos taurus* steers. Aust. J. Agric. Res 1983; 34: 317-327.
33. Hernández GA. Estimación del punto de equilibrio por el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el ganado de carne en México (tesis de licenciatura). DF, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.

34. Stern VM, Smith RF, Van den Bosch R and Hagen KS. The integrated control concept. *Hilgardia*. 1959; 29: 81 – 101.
35. Southwood TRE and Norton GA. Economic aspects of pest management strategies and decisions. *Insects: Studies in Population Management*. Canberra. Ecol Soc. Aust 1973: 168 – 184.
36. Meltzer MI, Norval AI. Evaluating the economic damage threshold for bont tick (*Amblyoma hebraeum*) control en Zimbabwe. *Exp appl acarol* 1993; 17: 171 – 185.
37. ipmworld.umn.edu [Homepage on the Internet] EUA: Radcliffe's IPM Word text, university of Minnesota [update March 5 2010; citado December 14, 2010] Avalible from: <http://ipnworld.umn.edu/canclado/Spchapters/PedigoSp.htm> (1996).
38. Jonsson NN. The productivity effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on cattle, with particular reference to *Bos indicus* cattle and their crosses. *Vet Parasitol* 2006; 137: 1 – 10.
39. InfoAserca.gob.mx [Homepage on the Internet] México: SAGARPA. [update 25 Abril, 2013; citado 29 de mayo, 2013] Avalible from: http://www.infoaserca.gob.mx/bovinos/gb_rastro.asp (Enero 1998).
40. Tang S, Liang J. Optimal dosage and economic threshold of multiple pesticide applications for pest control. *Math Comput Model* 2010; 51 (5-6): 487 – 503.
41. Utech KBW, Wharton RH and Kerr JD. Resistance to *Boophilus microplus* (Canestini) in different breeds of cattle. *Aust J Agric Res* 1978; 29: 885 – 895.

42. Conasami.gob.mx [Homepage on the Internet] México: Secretaria del Trabajo y Previsión Social [update April 13 2013; citado April 29, 2013] Available from: http://conasami.gob.mx/pdf/salario_minimo/sal_min_gral_area_geo.pdf (2012).
43. Estrada PA. Climate warming and changes in habitat suitability for *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) in Central America. *J Parasitol* 2001; 87 (5): 978 – 987.
44. Norton GA, Sutherst RW and Maywald GF. A framework for integrating control methods against the cattle tick, *Boophilus microplus* in Australia. *J Appl Ecol* 1983; 20 (2): 489 – 505.
45. Brizuela CM, Ortellado CA, Sánchez TI, Osorio O and Walker AR. Formulation of integrated control of *Boophilus microplus* in Paraguay: analysis of natural infestations. *Vet Parasitol* 1996; 63: 95 – 108.
46. O’Kelly JC, Spiers WG. Resistance to *Boophilus microplus* (Canestrini) in genetically different types of calves in early life. *J Parasitol* 1976; 62 (2): 312 – 317.
47. Iglesias LE, Saumell CA, Fernández AS, Fusé LA, Lifschitz AL, Rodríguez EM, Steffan PE y Fiel CA. Environmental impact of ivermectina excreted by cattle treated in autumn on dung fauna and degradation of faeces on pasture. *Parasitol Res* 2006; 100: 93 – 102.
48. Wall R. Ectoparasites: Future challenges in a changing world. *Vet Parasitol* 2007; 148: 62 – 74.
49. Koppel RET, Ortiz OGA, Ávila DA, Lagunes LJ, Castañeda OGM, López GI, Aguilar UB, Román FH, Villagómez JAC, Aguilera RS, Quiróz JV,

Calderon RCR. Manejo de Ganado bovino de doble propósito en el trópico. CIRGOC - INIFAP. Publicación técnica. Veracruz, México 1999; 5: 158.

50. Economía-sniim.gob.mx [Homepage on the Internet] México: Secretaria de economía [update September 10 2013; citado September 10, 2013] Available from: <http://www.economia-sniim.gob.mx/Nuevo/>.

ANEXO 1

Simulaciones para comparar diferentes precios del peso vivo por kilogramo de bovino.

Las simulaciones se realizaron con el coeficiente de daño de la cruce de *Bos taurus* X *Bos indicus* y los datos presentados en el cuadro 2 y 3, con excepción del precio de kilogramo por peso vivo de los bovinos; estos datos provienen de rastros de 4 estados de México.

Cuadro 8. Comparación de los precios kg/ PV, umbrales económicos y la pérdida de peso de rastros de cuatro estados de México

Rastro ¹	Precio kg/ PV (MXN)	Umbral económico (número de garrapatas)	Pérdida de peso (gramos)
Rastro municipal de Aguascalientes	38.00	68	80.24
Rastros Distrito Federal y zona conurbada ²	34.90	70	82.60
Rastro municipal de Morelia	29.00	77	90.89
Rastro municipal de Campeche	16.50	100	118.00

¹ Fuente: Sniim

² Promedio de precios de rastros que abastecen al Distrito Federal y zona conurbada. Fuente: InfoAserca

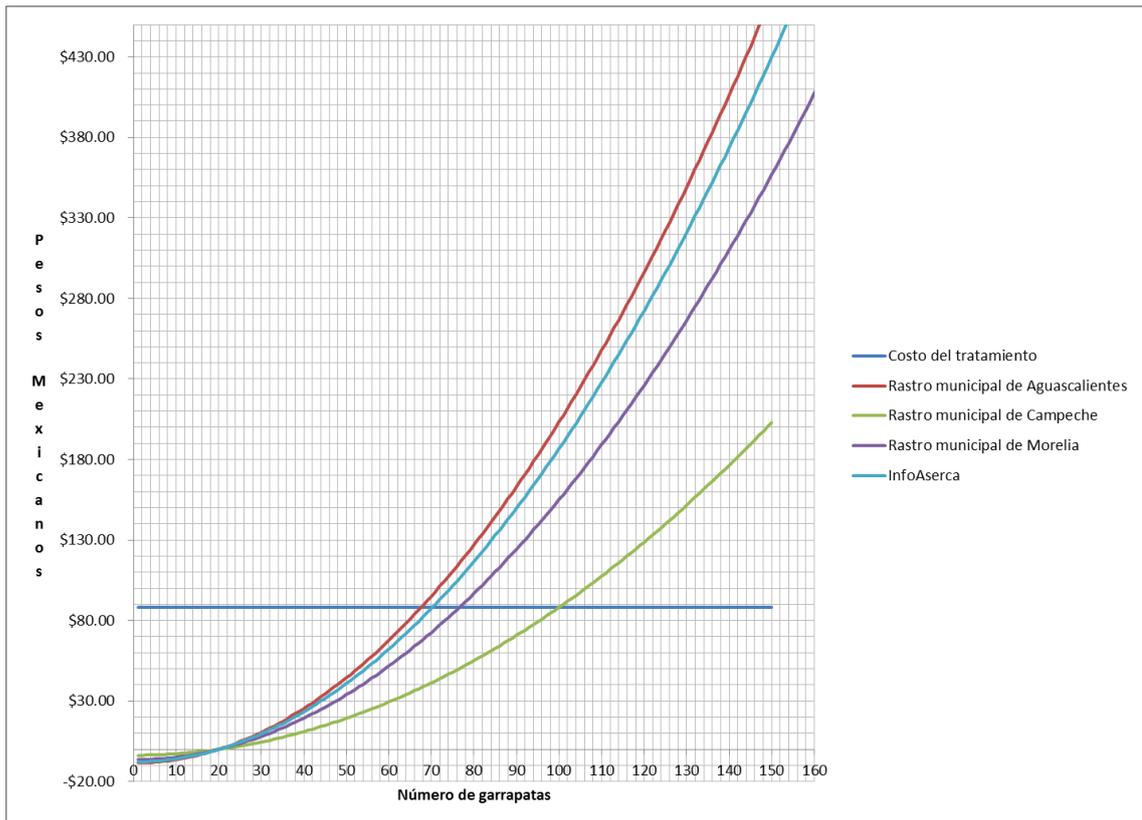


Figura 6. Daño económico (Y) en pesos MXN con el número de garrapatas repletas por bovino en cada uno de los rastros municipales. Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 8 y figura 6 se observa la comparación de los umbrales económicos de diferentes rastros de México, siendo estos menores cuando el precio de venta del kilogramo de peso vivo del bovino es mayor, este mismo comportamiento presenta la pérdida de peso en el bovino (cuadro 8).