



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCION  
Y DE LA SALUD ANIMAL

Evaluación económica de una estrategia dosis-alta refugio  
para controlar la resistencia de la garrapata *Rhipicephalus*  
*(Boophilus) microplus* a Ivermectina.

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

SOLIS TENORIO JOSUE ABRAHAM

TUTOR: GRACIELA G. TAPIA PÉREZ.

COMITÉ TUTORAL: ZEFERINO S. GARCIA VAZQUEZ  
RAFAEL TRUETA SANTIAGO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO DF.

NOVIEMBRE 2012.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 mi madre Rosalía Tenorio, que me impulso y apoyo a ser el profesionista que soy hasta ahora, gracias a ese ímpetu adquirido a través de sus enseñanzas, pude lograr un objetivo más en mi vida, curadora de museos, elaboradora de ilusiones y capacitadora de sueños, un ejemplo firme a seguir de más de una generación, asimismo el pilar incansable de una gran familia, a ella le dedico esta obra con todo el corazón.

Las adversidades que pasamos juntos en estos últimos años nos han enseñado a valorarnos como familia, a ustedes mis hermanos; Ameleth Solís, Benjamín Solís y Alejandro Mendoza, les dedico el esfuerzo de este trabajo, ya que gracias a sus cuidados y amor no podría haber llegado a esta meta.

Hace poco que nos dejaste, y hace mucho que te extraño, a mi padre Jorge Chávez le dedico la voluntad de esta labor diaria, del mismo modo a la familia Chávez que agradezco que estén a mi lado incondicionalmente.

Las experiencias son únicas y el conocimiento es infinito, a usted Dra. Graciela Tapia le ofrezco mi dedicación a esta misión encomendada, al haber pasado por grandes desafíos concordamos que nuestras metas fueron ambiciosas, gracias a eso obtuvimos grandes resultados.

Las ilusiones formadas por aquellas conversaciones, alegrías y fantasías, demuestran que hemos de llegar cada día a ser mejores, a ustedes que su nombre no es mencionado dado que su amistad es infinita, les doy las gracias por ir en este camino difícil pero no imposible.

## AGRADECIMIENTOS

El calor y la humedad abrazan mi cuerpo, envolviendo mis ilusiones, metas, objetivos y proezas, gracias al valioso apoyo que me han entregado.

A usted Ing. Félix Fornaguera, que me ofreció su confianza, y amistad para llevar a cabo este proyecto.

A Intervet y al Dr. Bernabé Chavarria por el gran apoyo a este estudio donando Rank<sup>®</sup>.

A mí estimada Dra. Graciela Tapia, por sus consejos y lecciones.

A usted Dr. Zeferino García, por los apoyos en los análisis de resistencia y de este trabajo.

A usted Dr. Rafael Trueta, por el apoyo en la parte económica de estudio.

A usted Dr. Carlos López, por la grandiosa colaboración y enseñanzas practicas.

A mí apreciada Dra. Frida Salmerón por estimular mi conocimiento.

A mí estimada Lic. Rocio De La Torre por formar mis pasos.

A los señores Joel, Moisés, Miguel y Pedro que me ayudaron incansablemente en las labores diarias en este proyecto.

A todas las personas involucradas en este proyecto y aquellos que con su granito de arena, que actuaron para ser parte significativa de esta obra.

Por último a mi gran amigo y compañero David Velazco, por esos largos caminos, sendas interminables, trabajo fuerte y pláticas infinitas, sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible.

# INDICE

T E S I S.....	I
DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
INDICE.....	IV
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	VIII
2. ANTECEDENTES .....	X
2.1. Caracterización de las garrapatas .....	X
2.2. Distribución geográfica de la garrapata <i>R. microplus</i> en México.....	XI
2.3. Pérdidas económicas debidas a las garrapatas.....	XI
2.4. Ciclo biológico de la garrapata <i>R. microplus</i> . (Rodríguez et al., 2011).....	XII
2.5. Control de las garrapatas .....	XVI
2.6. Resistencia de <i>R. microplus</i> a los ixodicidas .....	XVII
2.7. Importancia de la resistencia de las garrapatas a los ixodicidas.....	XVIII
2.8. Métodos para controlar la resistencia de <i>R. Microplus</i> a los ixodicidas .....	XIX
2.9. Importancia de economía en la Salud Animal.....	XXI
2.10. Importancia de valorar el control de las enfermedades .....	XXIII
3. OBJETIVO GENERAL.....	XXVII
3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	XXVII
4. HIPÓTESIS .....	XXVIII
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	XXVIII
5.1. Sitio de estudio.....	XXVIII
5.2. Animales.....	XXIX
5.3. Diseño del estudio.....	XXIX
5.4. Análisis estadístico de los pesos de los bovinos.....	XXXII
5.5. Valuación económica .....	XXXIII
6. RESULTADOS .....	XLV
6.1. Diagnóstico de resistencia.....	XLV
6.2. Peso de los Bovinos .....	XLVII

6.3. Valuación económica .....	XLIX
7. Discusión .....	LIV
7.1. Resistencia de <i>R. microplus</i> a ixodícidas .....	LV
7.2 Pesos de los Bovinos .....	LVI
7.3 Valuación económica .....	LVII
8. Conclusión .....	LIX
9. REFERENCIAS.....	LX
10. FIGURAS.....	LXVIII
10.1. Figura 1.....	LXVIII
10.2. Figura 2.....	LXVIII
10.3. Figura 3.....	LXIX
10.4. Figura 4.....	LXIX
11. ANEXO .....	LXX
11.1 ANEXO I .....	LXX
11.2 ANEXO 2 .....	LXXII
11.3 ANEXO 3 .....	LXXIII
11.4 ANEXO 4 .....	LXXIV

## RESUMEN

**SOLÍS TENORIO JOSUÉ ABRAHAM**

### Evaluación económica de una estrategia dosis-alta refugio para controlar la resistencia de la garrapata *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* a Ivermectina

Bajo la dirección de: DRA. GRACIELA G. TAPIA PÉREZ

*Rhipicephalus microplus* (*R. microplus*) es una garrapata de ganado que provoca pérdidas económicas directas e indirectas; las estrategias utilizadas para el manejo de estos parásitos no han logrado retardar la resistencia de *R. microplus*. La estrategia modificada Dosis-Alta Refugio propone un manejo integral de control de garrapata, como se ha manejado en la agricultura con otro tipo de plagas; por ello el objetivo del presente estudio fue evaluar la rentabilidad de la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio en la garrapata del ganado bovino *R. microplus*.

El estudio se realizó con 145 bovinos cruza Pardo Suizo-Cebú, se dividieron en dos grupos, el primero de 79 animales (Grupo A Dosis modificada alta-refugio) que a su vez se dividió en 2 sub-grupos; sub-A<sub>1</sub> 74 bovinos (Dosis Alta Rank<sup>®</sup>) y sub-A<sub>2</sub> 5 bovinos (Refugio Garraban<sup>®</sup>); el segundo grupo de 66 animales (Dosis Comercial Rank<sup>®</sup>) con aplicaciones mensuales durante 9 meses. Conjuntamente se identificaron y valoraron todos los costos y beneficios asociados a cada uno de los tratamientos. Después se hizo una proyección con rentabilidad económica en un primer ciclo de 5 años (desde el primer año) y en un segundo ciclo de 5 años, comenzando por el sexto año, por último se hizo el análisis económico a 10 años.

Los resultados mostraron que en la proyección a largo plazo (en los dos ciclos y en el análisis global de 10 años) los costos son similares en ambas estrategias, aunque la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio obtuvo mayor utilidad y rentabilidad, a partir del segundo año, la relación beneficio-costos se duplicó en comparación con la dosis comercial debido al supuesto de control de resistencia con dicha estrategia. Por lo anterior, se concluye que la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio podría considerarse como una herramienta útil a largo plazo para el control integral de la garrapata *R. microplus*.

## ABSTRACT

**SOLIS TENORIO JOSUE ABRAHAM**

Economic evaluation of a high-dose refuge strategy to control the resistance of the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to Ivermectin

Led by: DR. GRACIELA G. TAPIA PÉREZ

*Rhipicephalus microplus* (*R. microplus*) is a cattle tick that causes direct and indirect economic losses. The strategies used to handle these parasites have failed to slow the resistance *R. microplus*, and therefore the High-Dose Refuge modified strategy proposes an integrated management like the one done in agriculture in relation with other pests. Therefore, the objective of the following study was to evaluate the profitability of modified High-Dose Refuge strategy to control *R. microplus* in cattle.

The study was carried out on 145 Brown Swiss head of cattle-Zebu crosses divided into two groups; one of 79 head of cattle (Group A modified high-dose refuge) which in turn were divided into two sub-groups, sub-A1 74 head of cattle (high dose Rank ®) and sub-A2 5 head of cattle (Refuge Garrabán ®), the second group, of 66 animals (Rank Commercial dose ®) with monthly applications for 9 months. Were identified and valued all costs and benefits associated with each of the treatments. Then, projection profitability five years cycle was carried out (starting in the first year) and a second 5 years cycle, beginning in the sixth year. Finally a 10-year economic analysis was done.

The results showed that in the long-term projection (in both cycles and 10 years global analysis) costs are similar for both strategies, although the High-Dose Refuge modified strategy resulted to be more useful and profitable, from the second year. The cost-benefit ratio was doubled compared with the commercial dose due to resistance control assumption with this strategy. Therefore, it can be concluded that high-dose refuge modified strategy could be considered as a useful tool for long-term integrated control of the tick *R. microplus*

## **1. INTRODUCCIÓN**

En los sistemas de producción ganadera ubicados en regiones tropicales y subtropicales del mundo, las afecciones parasitarias son causa importante de pérdidas en la productividad debido a la morbilidad, mortalidad de los animales, reducción de los niveles de producción y productividad, alteraciones reproductivas y los altos costos al tratar de controlar la parasitosis (Nari, 2003). El control químico tradicional mediante un tratamiento con ixodicidas en ganado infestado con garrapatas, en períodos continuos, trae como consecuencia la presentación de quimioresistencia (Rodríguez et al., 2005).

Uno de los propósitos en el manejo de plagas es retardar la presencia de la resistencia en la plaga y que esto reditúe en beneficio de la producción. (Sutherst, 1987; Mount et al., 1991; Labarta et al., 1996 y Beugnet et al., 1998).

Los dos métodos de control de resistencia sugeridos por varios autores (Riddles y Nolan, 1987 y Nolan 1987) son:

Saturación: que consiste en utilizar el mismo producto incrementando dosis y frecuencia hasta que la dispersión de la resistencia obligue su cambio.

Moderación: Cambiar de inmediato un producto cuando se detecte resistencia.

Sin embargo estas estrategias no han sido evaluadas económicamente.

Un método para control de resistencia de plagas, muy utilizado en la agricultura con el uso de plantas transgénicas es el de Dosis-Alta Refugio (Ives and Andow 2002).

En producción animal esta estrategia de control de resistencia de las plagas no ha sido probada, en 2004, Tapia modificó un modelo de simulación de la estrategia mencionada de Ives and Andow (2002) para su posible uso en el control de la resistencia a ixodidas de *R. microplus*, Solís (2009) con 84 simulaciones con el modelo modificado encontró que sería posible un control de la resistencia en un promedio de 500 generaciones con esta estrategia. En el presente estudio se modificó la estrategia Dosis-Alta Refugio, de manera tal que el “refugio” no sea dejar de tratar a los bovinos, la modificación consistió en dividir al hato en dos grupos que serán tratados con dosis alta de dos ixodidas diferentes cada uno, la condición es que ambos tengan mecanismos conocidos diferentes de resistencia, de esa forma las garrapatas que sobreviven de cada uno de los grupos funjan como ‘refugio’ del otro. Esta estrategia será denominada en lo sucesivo como Estrategia modificada Dosis-Alta Refugio.

Los resultados de esas simulaciones son alentadores, sin embargo, es necesario evaluar esta estrategia en campo para confirmarlos, así como para determinar los costos económicos, derivados de la aplicación a largo plazo.

Un plan a largo plazo pretende mostrar las proyecciones estimadas a partir de medidas de flujos descontados, estas medidas ayudan a evaluar económicamente la producción. Una de las medidas de flujos descontados es el Valor Actual Neto (VAN), este indicador que muestra las utilidades actualizadas (a precios constantes) permite comparar los resultados de las diferentes estrategias (Trueta 2009). En este estudio se evaluó a largo plazo la estrategia modificada Dosis Alta-Refugio para probar su rentabilidad a Valor Actual Neto, mediante un modelo económico.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. Caracterización de las garrapatas**

Las garrapatas son parásitos externos hematófagos de mamíferos, aves y reptiles, en todo el mundo se han descrito aproximadamente 850 especies (Furman y Loomis, 1984).

En México se han identificado 82 especies de garrapatas en animales domésticos y silvestres. (Hoffman et al., 2000)

#### *2.1.1 Clasificación taxonómica de R. microplus*

Las garrapatas se dividen por sus características morfológicas en tres familias: *Ixodidae* o garrapatas duras, *Argasidae* o garrapatas blandas y *Nuttalliellidae*. (Rodríguez et al., 2011)

#### *2.1.2. Garrapatas duras: Familia Ixodidae*

Rodríguez et al., (2011) menciona que científicos estudiaron 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, así que el género *Boophilus* se incluyó dentro del género *Rhipicephalus*.

Las garrapatas duras se distinguen por ser de uno, dos o tres hospederos y presentan distintas etapas de vida como son: larva, ninfa y adulto, asimismo como la conducta de búsqueda de estas al hospedador.

## **2.2. Distribución geográfica de la garrapata *R. microplus* en México**

*R. microplus* se presenta en el país en un área de distribución que abarca zonas tropicales y subtropicales, en conjunto se considera que cubre 1 043 772 Km<sup>2</sup> (53% del territorio nacional).

Recientemente se ha observado una reinfestación en muchos municipios en los que se consideraba erradicada la garrapata *R. microplus*. La situación actual de esta garrapata en México se esquematiza en la Figura 1, donde se muestran áreas libres, en control y en proceso de erradicación (Rodríguez et al., 2011.) muy parecidos a los informados por Trápaga (1987).

## **2.3. Pérdidas económicas debidas a las garrapatas**

En México, se estima que las pérdidas económicas totales causadas por anaplasmosis y babesiosis bovina son de 48 millones de dólares anualmente. De esta cantidad, 21 millones se atribuyen a las pérdidas indirectas (Rodríguez et al., 2005). En un estudio anterior, se estimó que las pérdidas anuales por garrapatas y babesiosis, ascendían a unos 110 millones de kg de carne y 110 mil cabezas de ganado vacuno (Woodham et al., 1983). Los costos fueron estimados, principalmente, por un déficit en la producción que es atribuible a las infestaciones por garrapatas. En el ganado de engorda, investigaciones revisadas por Jonsson (2006), muestran que cada teleogina (garrapata adulta ingurgitada) reduce la ganancia diaria de peso desde 1.37 g promedio en *Bos taurus* y 1.18 g en cruza de *Bos taurus* con *Bos indicus* de los que el 65%, se atribuye a la inapetencia inducida por la infestación.

En México y Australia, se ha estimado que las pérdidas de peso vivo ocasionadas por *R. microplus* van de 40 a 60 Kg al año, en zonas enzoóticas. (Rodríguez et al., 2005).

El número de tratamientos al año depende del tipo de ganado, grado de infestación y de la zona ecológica donde se encuentra el ganado, por lo que en zonas con altas infestaciones, los costos de tratamiento son muy altos y es importante determinar el nivel (costo) de tratamiento que ofrezca la tasa de rentabilidad más alta.

#### **2.4. Ciclo biológico de la garrapata *R. microplus*. (Rodríguez et al., 2011)**

El ciclo biológico de la garrapata *R. microplus* presenta dos etapas, una de vida libre y otra de forma parasitaria. Figura 2.

##### **2.4.1 Ciclo de vida libre (no parasítico)**

- Preoviposición es la etapa en que la hembra repleta se desprende y cae al suelo, se mueve en busca de un lugar protegido y con sombra para poner huevos; esta etapa dura aproximadamente de 2 a 4 días en verano y de 20 a 23 días en invierno.
- Oviposición es el período que comienza desde la puesta del primer huevo hasta el último por la hembra repleta. Los factores ambientales tienen influencia definitiva sobre la duración de este período, pero puede decirse que en términos generales, la oviposición dura en verano de 5 a 15 días, y que en invierno este período se duplica o triplica en condiciones extremas. En cuanto al número de huevos, la media de la oviposición es de 2 500-3 000, con un rango aproximado entre 1 000 y 4 500 huevos.

- Postoviposición es el período desde la puesta del último huevo hasta la muerte de las hembras adultas repletas, después de haber llevado a cabo su función. Este período dura de 5 a 15 días.
- Incubación es el período que abarca desde que los huevos han sido depositados en el ambiente hasta su eclosión, el tiempo promedio de días para la incubación en verano va de los 26 a los 32 días, y en invierno este incrementa de 69 a 74 días. Las condiciones de incubación óptimas, donde se obtienen mejores porcentajes de eclosión, se encuentra entre los rangos de 24.9 a 35 °C y humedad relativa de 80-90%.
- Eclosión, el porcentaje de eclosión bajo condiciones de laboratorio es muy alto, casi siempre superiores al 80%.
- Larva de vida libre. La larva de *R. microplus* es de aproximadamente 0.50 mm de largo y 0.40 mm de ancho; tienen forma ligeramente oval y cuenta con tres pares de patas. Al inicio es de color ámbar y con el paso del tiempo cambia a rojo oscuro. La sobrevivencia de larva de vida libre es de gran importancia cuando se planea el control y erradicación de la garrapata, pudiendo ser de 10 a 70 días en verano y de hasta 250 días en el resto del año, estas larvas con las mejores condiciones pueden sobrevivir de 180-300 días.

Después de haber eclosionado, la larva sube por la hierba hasta alcanzar las ramas superiores, en donde se localizan en grandes cantidades, preferentemente en las zonas sombreadas en espera de un hospedero susceptible; ellas se mueven durante el curso del día evadiendo, en lo posible, la radiación solar directa.

#### 2.4.2 Ciclo de vida parasítico

La etapa parasitaria comienza una vez que la larva localiza a un hospedador, mediante la exhalación de bióxido de carbono por el bovino. Ya sobre el hospedero, las larvas se fijan de preferencia en zonas protegidas de la radiación solar, vientre, axila, parte interna de brazo y pierna, ubre, escroto e ingle, también se pueden encontrar en cuello, hombro, papada, etc. El índice de mortalidad de las garrapatas durante esta fase está determinado por la resistencia del hospedero.

El tiempo que dura el ciclo parasítico de la garrapata *R. microplus* tiene pequeñas variaciones, presenta un rango de 18 a 22 días.

El ciclo parasítico puede ser dividido en tres fases principales: larva, ninfa y adulto.

- Larva. Una vez que la larva se adhiere al hospedero, ésta perfora la piel y se alimenta, posteriormente queda repleta y llega a medir 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 semirepletas*. 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 (Teologina ingurgitada)*: 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.

## 2.5. Control de las garrapatas

Los métodos de control de garrapatas se dividen en dos grupos, el control químico y el no químico estos se describen a continuación.

### 2.5.1 Control químico

Las familias de productos químicos que se utilizan para el control de las garrapatas son: organofosforados, piretroides sintéticos, organoclorados, fenilpirazolonas, amidinas, reguladores del crecimiento y lactonas macrocíclicas.

Las lactonas macrocíclicas actúan sobre los canales de cloro dependiente del glutamato en los insectos. Tiene actividad contra endo y ectoparásitos (Fernández 2010). En esta familia se incluye las avermectinas (abamectina, ivermectina, doramectina, eprinomectina y selamectina) y milbemicina (nemadectina y moxidectina). El modo de aplicación es inyectable, oral o de derrame (Arena et al., 1995).

En la farmacocinética de la ivermectina al 1%, con dosis de 200 mcg/Kg de peso corporal por vía subcutánea, se observó que la concentración plasmática al día 30 fue de 1 ng/ml, esta concentración es la mínima requerida para matar al 99.9% de las garrapatas *R. microplus* susceptibles (Santos et al., 2003).

Davey et al., (2005) y Hernandez et al., (2004) reportaron que con una sola dosis subcutánea de ivermectina, que puede ir desde 150 a 200 mcg/Kg, se obtiene un control terapéutico del 99%.

### 2.5.2 Control no químico

La resistencia del hospedero (Mackinnon et al., 1991 y Rodríguez et al., 2005), se ha investigado como un control contra *R. microplus*., en términos generales las razas *Bos Taurus indicus* son más resistentes a las garrapatas que las razas *B. Taurus taurus*, (Jonsson, 2006).

El manejo de praderas basado en el conocimiento del período de vida que tiene el estado no parasítico, establece un tiempo de descanso de las praderas; la práctica de quema de praderas para la recuperación de suelos, afecta directamente a la capa de protección vegetal con la que cuenta la garrapata y una estrategia menos efectiva es la implantación de leguminosas que impiden la infestación del ganado (Linares 2008).

La producción de vacunas contra *R. microplus* tiene una efectividad moderada (Canales et al., 2009).

### 2.6. Resistencia de *R. 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 (Hernandez 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: Insensibilidad en el sitio blanco. ( Brogdon y McAllister 1998) y Detoxificación por enzimas: (Nolan y Schintzerling 1986).

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

## **2.7. Importancia de la resistencia de las garrapatas a los ixodicidas**

En México, las zonas ganaderas del golfo han sido las más afectadas. De 1983 a 1984, se presenta la resistencia en *R. microplus* a productos de la familia de los organofosforados, en 1991 a los piretroides y a principios del 2000 al amitraz (Soberanes et al., 2002), la disponibilidad futura de nuevos productos químicos activos que se utilicen contra los ectoparásitos y endoparásitos, no sólo se encuentra comprometida por el progresivo aumento de los casos de resistencia y los crecientes costos de investigación, desarrollo y validación, sino también por la falta de conocimiento y competencia para el descubrimiento de nuevas drogas (Araujo, 1994 y Nari 2000; Nari y Hansen, 1999).

## 2.8. Métodos para controlar la resistencia de *R. Microplus* a los ixodicidas

- Saturación, que consiste en utilizar el mismo producto incrementando dosis y frecuencia hasta que la dispersión de la resistencia obligue su cambio. (Redondo et al., 2004).
- Moderación, Cambiar de inmediato un producto cuando se detecte resistencia. (Redondo et al., 2004).
- El manejo integrado de plagas (MIP) combina adecuadamente varias herramientas de control con objeto de desestabilizar la formación de aquellas poblaciones con mayor proporción de individuos que sobreviven a dosis comerciales de ixodicida (Nari, 1999; Redondo et al., 2004).

### 2.8.1. Estrategia Dosis-Alta Refugio

La estrategia de control de resistencia Dosis-Alta Refugio se ha utilizado en cultivos transgénicos de algodón, maíz y papa, en algunos países (Carpio, 1998; Secchi et al., 2001 y Storer et al., 2003). Dado que ésta se basa en plagas con otros ciclos de vida, la estrategia Dosis-Alta Refugio Tapia (2004) modificó los supuestos para su implementación en el control de resistencia de *R. microplus* mediante un modelo matemático basado en el de Ives y Andow (2002). Solís (2009), mostró con este modelo que con 5% de refugio la resistencia podría controlarse por 600 generaciones y que con 50% de refugio, la aparición de la resistencia se podría retrasar hasta 800 generaciones.

### 2.8.2. Modificación de la estrategia Dosis-Alta Refugio.

Debido a que en el ganado bovino no tratar contra la garrapata *R. microplus*, traería graves consecuencias: reducción de velocidad de crecimiento, piel muy deteriorada, muerte por hemoparásitos (Rodríguez et al., 2005), la modificación consistió en utilizar dos ixodicidas en alta dosis, con la condición de que el mecanismo de resistencia de *R. microplus* a los ixodicidas utilizados sea diferente. Es importante destacar que para este estudio el significado de 'refugio' es diferente al de Waller (1985) que es cuando no recibe tratamiento alguno, aquí las poblaciones susceptibles (SS) fueron consideradas como 'refugio', para uno u otro ixodicida.

A continuación se describe la modificación a la estrategia Dosis-Alta Refugio para las poblaciones de *R. microplus* en el ganado productor de carne. El primer componente de esta estrategia se basa en un modelo simple de 1 locus (R = resistente y S = susceptible) con 2 alelos (RR, RS y SS) en una dominancia incompleta (Tapia et al., 2003), la población inicial de bovinos se divide en dos grupos, a cada grupo se le aplica un ixodicida diferente (ixodicida A e Ixodicida B), que no tengan resistencia cruzada, en una dosis que elimine a todos los parásitos (dosis alta), para los dos ixodicidas, asumiendo que en este nivel, ningún parásito resiste al ixodicida (RS y SS), de manera que sólo quedan los parásitos homocigóticos resistentes (RR) para cada ixodicida. El segundo componente es que se tenga a la población de *R. microplus* resistente para el ixodicida A, que a su vez sea susceptible (refugio) para el ixodicida B, y que la población de *R. microplus*, resistente a Ixodicida B, sea susceptible (refugio) al ixodicida A, dado que las *R. microplus* que resisten a estas dosis (RR) caerán del hospedero y

migrarán, debido al movimiento del ganado, y, siguiendo el ciclo biológico volverán a subir al bovino donde se llevará a cabo una panmixia (apareamiento aleatorio), la siguiente generación contará con una población con presencia de todos los alelos (RR, RS y SS). Se aplican nuevamente los tratamientos en dosis alta en los bovinos previamente seleccionados para cada ixodicida y se eliminarán fácilmente a los RS y SS. En lo sucesivo, a este método se le denominará estrategia modificada Dosis-Alta Refugio.

Existen muy pocos estudios de evaluación económica de estrategias de control de plagas y de control de resistencia de éstos a los plaguicidas.

Tanto el Manejo Integrado de plagas (MIP) basada en el análisis beneficio-costos; como la Gestión de resistencia a los Insecticidas (GRI) propuestos por Maye (2003) fueron estudiadas y evaluadas por Sukhpal y Satwinder (2007) en el cultivo de algodón obteniendo un incremento del 13% en la productividad, y resultaron con una mejor rentabilidad comparada con los cultivos donde no se trataron con estas tecnologías.

Una práctica importante para la toma de decisiones de usar esta o cualquier estrategia de control de la resistencia es el diagnóstico previo de ésta (Mekonen et al., 2002).

## **2.9. Importancia de economía en la Salud Animal**

La economía como ciencia trata de establecer leyes e hipótesis con base en la observación y la clasificación de hechos como cualquier otra ciencia, la economía al formular sus teorías tiene que establecer ciertos supuestos que a veces se desvían bastante de la realidad, sin embargo, estas son necesarias para poder

tener conceptos generales válidos y aislar el problema que se maneja. Entonces la economía nos dice que pasará si se hacen ciertas cosas de esta manera, es un método más que una doctrina, un modo de pensar que auxilia para llegar a conclusiones correctas. (Gómez et al., 1982)

A menudo se califica a la economía, como la disciplina que mide efectos en unidades monetarias, mientras que en otras disciplinas se utilizan unidades físicas. Este punto de vista es muy simplista ya que la economía no se enfoca únicamente en el dinero, sino que también toma en cuenta la elección adecuada de las decisiones en la asignación de los recursos poniendo en competencia diferentes alternativas. Las unidades monetarias son simplemente un patrón para comparar los diferentes recursos y metas involucradas en la decisión. (Dijkhuizen et al., 1995).

En un sistema de producción animal se invierte en diferentes recursos que generan distintas clases de beneficios; en los sistemas comerciales de ganado productor de carne, el valor económico de estos recursos es expresado en unidades monetarias, este elemento común de la productividad se utiliza para expresar cada tipo de beneficio y costo. (Dijkhuizen et al., 1995).

El efecto de las enfermedades en los animales, en cualquier sistema de producción, significa una reducción en la productividad, o un aumento de los costos y de la mortalidad, todo esto repercute en la disminución de la eficiencia económica de los hatos o un aumento de los costos y una disminución de los beneficios. (Dijkhuizen et al., 1995)

Los efectos de las enfermedades pueden afectar de la siguiente manera:

- a) A un nivel determinado, la enfermedad destruye el recurso principal en el

proceso de la producción, por ejemplo mortalidad de los bovinos.

- b) La enfermedad disminuye la eficacia de los procesos de producción y la productividad de los recursos empleados, por ejemplo disminución de la conversión alimenticia.
- c) La enfermedad puede reducir la cantidad de producto, por ejemplo baja en producción de huevo, o bien, reducir la calidad de éste, como las pieles de baja calidad debidas a daños causados por mordidas de garrapatas.
- d) Costos adicionales utilizados para reducir la incidencia de enfermedades y de sus efectos negativos, ejemplo: vacunas, ixodicidas.
- e) Detrimento del bienestar humano a través de zoonosis ejemplo: brucelosis, salmonelosis.
- f) Sub-explotación de los recursos debido a que se adoptan métodos de producción que no permiten su explotación total. Por ejemplo, la introducción de ganado resistente a enfermedades parasitarias pero con poca productividad de leche.

## **2.10. Importancia de valorar el control de las enfermedades**

La evaluación de los efectos económicos del control de enfermedades en una explotación particular es relativamente simple. Los métodos de análisis económico pueden incluir análisis parciales, administración de la explotación, análisis de decisiones, modelos matemáticos de optimización y simulación, análisis de beneficio-costos. (Otte and Chilonda, 2000)

Para que un ganadero decida introducir un método de control de enfermedad, éste método debe, ya sea aumentar sus ganancias, su prestigio o bienestar, o reducir

el riesgo de pérdida económica. De lo anterior, lo más difícil de medir es el bienestar o prestigio del ganadero, sin embargo, tanto las ganancias como la reducción de riesgo de pérdida son cuantificables. (Otte and Chilonda, 2000).

Es importante contar con estudios que muestren los parámetros económicos necesarios para tomar las decisiones adecuadas en el momento oportuno, los siguientes cinco puntos primordiales para estas valuaciones son:

1. Definir el problema o la oportunidad.
2. Identificar las acciones y tomar el curso adecuado.
3. Recoger la información y analizar las alternativas de las posibles acciones.
4. Tomar la decisión adecuada e implementar la acción.
5. Evaluar los resultados.

Estos puntos los encontramos dispersos en el sector público y el sector privado, debido a los diferentes tipos de intereses, es necesario involucrar más a la investigación económica en la salud animal, con el fin de que se permita el desarrollo de nuevos modelos que apoyen esta área, estos modelos nos ayudan a proyectar diferentes escenarios a largo tiempo, sin necesidad de esperar a una investigación larga y costosa; por otra parte, la proyección atiende a diferentes áreas como el sector agrario (productores), el sector público (gobiernos) y el sector privado, como lo dice Dijkhuizen et al., (1995) en su trabajo de análisis económico de las enfermedades animales.

Según Baldini et al. (2005) la evaluación económica para un programa de control de plagas, es la transformación de unidades físicas de producto perdido, a valores financieros o económicos, según corresponda. De acuerdo con estos autores,

estos valores permitirán analizar y justificar la necesidad de control, comparando el valor del producto perdido con el costo del control y la necesidad de regulaciones de la población plaga a futuro.

Un plan a largo plazo pretende mostrar las proyecciones estimadas a partir de medidas de flujos descontados, estas medidas ayudan a evaluar económicamente la producción. Una de las medidas de flujos descontados es el Valor Actual Neto (VAN), este indicador que muestra las utilidades actualizadas (a precios constantes) permite comparar los resultados de las diferentes estrategias (Trueta 2009).

- Valor Actual Neto (VAN)

En vista de que el dinero cambia su valor en el tiempo, para poder hacer análisis del período de más de un año, se requiere convertir las cantidades anuales a valor actual, descontando sus valores, de modo que esos valores sean equivalentes y por lo tanto comparables. El VAN es una medida de flujo descontado que consiste en determinar la diferencia entre el valor actual del flujo de beneficios anuales menos el valor actual del flujo de los costos anuales, actualizando los flujos a una tasa de descuento fija media del 17.4%<sup>1</sup>, una vez obtenidos sus valores actuales se suman para todos los años por un lado, y por otro se obtienen de igual forma los costos, una vez que se tienen se restan y este es el monto del VAN (Trueta 2009).

- Valor Actual Equivalente (VAEq)

Este es otro indicador de las utilidades del tratamiento, a diferencia del VAN este

---

<sup>1</sup> Esta tasa es referida para clientes nuevos en actividades agropecuarias de créditos de Avío con plazos de hasta 18 meses, obtenida de Financiera Rural.

es un promedio de las utilidades anuales (calculadas a interés compuesto).

- Relación Beneficio-Costo (RBC)

Esta medida de flujo descontado consiste en un cociente entre los valores actuales de los beneficios que se generan por la utilización del tratamiento y los costos actuales que se invierten en él.

- Rentabilidad.

La rentabilidad es un índice que mide la relación entre utilidades o beneficios, y la inversión o los recursos que se utilizaron para obtenerlos.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la rentabilidad a corto y a largo plazo de la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio como método de control de la resistencia de la garrapata del ganado bovino *Rhipicephalus microplus*

#### **3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Determinar la susceptibilidad de resistencia de las garrapatas *R. microplus* a los diferentes ixodicidas utilizados en dos explotaciones de estudio.
2. Comparar la ganancia de peso de los becerros de los dos grupos en estudio.
3. Valuar la utilidad, rentabilidad y valor actual neto (VAN) de la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio, comparándola con la dosis comercial de ivermectina en un período de nueve meses (corto plazo).
4. Valuar la utilidad, rentabilidad y VAN de la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio a través de indicadores de flujos descontados como: valor actual equivalente (VAEq) y relación beneficio-costos (RBC), comparándola con la dosis comercial con una proyección a 5 años en un primer ciclo de resistencia, comenzando desde el primer año y, a partir del sexto año, en un segundo ciclo de resistencia de 5 años, por último una valuación global de 10 años (largo plazo).

#### 4. HIPÓTESIS

La estrategia Dosis-Alta Refugio es rentable a largo plazo.

#### 5. MATERIALES Y MÉTODOS

##### 5.1. Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en Rancho las Garzas (Figura 3) y Rancho Los Altos (Figura 4) ubicados en el municipio de Playa Vicente, perteneciente a la Región Papaloapan estado Veracruz de Ignacio de la Llave, con una latitud de 17° 50' N, longitud de 95° 49' O, altitud 50 msnm, se encuentra ubicado en un área de transición que va de la Sierra Oriental a la llanura aluvial, regado por los ríos La Lana y Playa Vicente. Su clima es cálido-húmedo con una temperatura promedio de 27 °C; su precipitación pluvial media anual es de 2,024 mm. La finalidad de la explotación es de 'media ceba', es decir se lleva a los animales de 150 kg, a 250kg, en promedio, en un tiempo aproximado de 12 meses.

El Rancho las Garzas cuenta con una superficie de 35 ha, es un lomerío que abarca un 25% y la planicie un 75%, en toda su extensión, formada por pastos insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf) y señal (*Brachiaria decumbens* Stapf.), soporta una carga de 4 unidades animal por hectárea.

El Rancho los Altos, con una superficie de 50ha, cuenta con un área de lomerío que corresponde al 50% y planicie igual al 50% en toda su extensión, formada por pasto insurgente y señal, soporta una carga de 4 unidades animal por hectárea. El estudio se realizó de julio del 2010 a Marzo del 2011.

## **5.2. Animales**

El estudio se realizó con 145 bovinos cruza Pardo Suizo-Cebú con un peso promedio inicial de 180 kg

## **5.3. Diseño del estudio.**

El presente estudio consistió en un pseudoexperimento con dos grupos tratados durante un período de 9 meses: grupo A (Dosis-Alta Refugio) y grupo B (Dosis comercial), el grupo A se dividió en dos subgrupos: A<sub>1</sub> (dosis alta), A<sub>2</sub> (refugio), el grupo B no sufrió ninguna modificación.

Previo al estudio se realizó un conteo de garrapatas ingurgitadas por bovino en ambos grupos, posteriormente se determinó el promedio de garrapatas por bovino y se enviaron al laboratorio del Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA) para el diagnóstico de resistencia por ható.

### *5.3.1 Formación de los grupos de estudio*

Se formaron dos grupos de bovinos (Cuadro 1), uno de 79 en el rancho Las Garzas (Grupo A) y otro de 66 en el rancho Los Altos (Grupo B). El grupo A (Estrategia modificada Dosis-Alta Refugio) se dividió en dos subgrupos el primero

de 74, (Sub-A<sub>1</sub>: Dosis Alta) se trató con ivermectina, a dosis de 400mcg/kg (Rank<sup>®</sup>, Laboratorios Shearing-Ploug-Intervet). El segundo subgrupo de cinco bovinos (Sub-A<sub>2</sub>: refugio a ivermectina) se trató con la dosis alta de Garraban<sup>®</sup> (Clorpirifos 24% y permetrina 5%, Laboratorios Lapisa), 2.5ml de Garraban por cada litro de agua en aspersión, con aplicación mensual fungieron como ‘refugio’ para ivermectina. Ambos subgrupos permanecieron juntos durante el estudio.

El grupo B de 66 animales se trató con dosis comercial de ivermectina 200 mcg/kg (Rank<sup>®</sup>, Laboratorios Shearing-Ploug-Intervet), con aplicación mensual durante los 2 períodos del estudio, el calendario de actividades mensuales se muestra en el Anexo 1 Figura I.

BOVINOS DE LOS RANCHOS (LAS GARZAS Y LOS ALTOS )		
Ponderación A (n=78) Las Garzas		B (n=66) Los Altos
A1 (n=73) Dosis alta (Rank LA <sup>®</sup> ) 400mcg/Kg Refugio para Garraban	A2 (n=5) Refugio (Garraban <sup>®</sup> ) 2.5ml/L Refugio para Ivermectina	Dosis comercial (Rank LA <sup>®</sup> ) 200mcg/K

**Cuadro 1.** Formación de los grupos de estudio.

Las dosis utilizadas no excedieron la dosis máxima permitida por Environmental Protection Agency, (0.05 mg/kg/día) de exposición de los trabajadores y animales. (EPA, 2006).

Los bovinos se pesaron tres veces; el primer pesaje se llevó a cabo durante la primera aplicación de ivermectina en el mes de julio del 2010, el segundo pesaje se realizó durante la cuarta aplicación de ivermectina en el mes de octubre del

2010 y el último pesaje se efectuó durante la séptima aplicación de ivermectina en enero del 2011.

Dado que los pesajes de los bovinos no se realizaron cada mes, y la dosificación de ivermectina requiere conocer el peso, este se estimó por medio de barimetría (Mahecha et al., 2002), mediante el método de regresión lineal simple, la circunferencia torácica se usó para predecir los pesos de los animales, ésta permitió dosificar la dosis de ivermectina

Se obtuvo el peso (Y) con la circunferencia torácica como predictora con el siguiente modelo:

$$Y = \alpha + (\beta_0 X)$$

Donde:

Y = peso

X = circunferencia torácica

$\alpha$  = ordenada al origen

$\beta_0$  = pendiente

### *5.3.2 Manejo de los bovinos.*

Todos los bovinos permanecieron bajo un régimen de pastoreo, sin suplementación. Los bovinos de ambos grupos, dependiendo de la estación del año, rotaron cada 3 o 4 semanas a los diferentes potreros disponibles de pastos

sin cambiar de rancho.

### 5.3.3 Diagnóstico de resistencia de *R. microplus*

En ambos ranchos se colectaron garrapatas *R. microplus* ingurgitadas directamente de la piel de los bovinos, para hacer el diagnóstico de resistencia a ixodicidas, al inicio del estudio y en el sexto mes. Las muestras se enviaron al Laboratorio de Parasitología del Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA), en frascos de plástico con capacidad de 50 ml, en su interior se colocó algodón impregnado con agua, en la tapa se hicieron orificios, estos frascos se identificaron con cinta adhesiva y lápiz. Se colocaron y ordenaron en una hielera que tenía previamente refrigerante en gel congelado.

La prueba utilizada para el diagnóstico de resistencia fue la de Dosis Discriminante para organofosforados y piretroides, mientras que para ivermectina, se realizó la prueba de Inmersión de Larvas modificada (Thais 2006) (Anexo 1).

## 5.4 Análisis estadístico de los pesos de los bovinos

Se realizó un análisis de varianza de mediciones repetidas ( Park et al., . 2009) con los efectos de “mes”, como factor dentro de sujetos, y tratamiento ( $A_1$ ,  $A_2$  y B)

como factor entre sujetos, con el paquete estadístico SPSS 16®<sup>2</sup>. (Park et al., 2009).

## 5.5 Valuación económica

Este análisis tuvo como objetivo comparar económicamente la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio con respecto al uso de dosis comerciales. Para ello se identificaron y valoraron todos los costos y beneficios asociados a cada uno de los tratamientos. Se realizó una estimación económica de la dosis comercial de un producto ixodicida para hacer una comparación dinámica con la estrategia Dosis-Alta Refugio. (Trueta 2009).

El desarrollo de la resistencia a ixodicidas toma según Díaz et al., (2006) los siguientes números de años: Organoclorados como el DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano) 6.3 años, Lindano 5 años. Organofosforados 4 años. Carbamato derivado de las aminas 2.5 años. Piretroides sintéticos 2 años.

Como el producto utilizado se compone de un organoclorado y un piretroide, se espera la aparición de resistencia múltiple en un promedio de 5 años.

La valuación se hizo en 3 períodos. El primero de nueve meses (corto plazo) donde, los costos y beneficios de los tratamientos se obtuvieron de los datos de campo. El segundo consistió en una proyección a 5 años en un primer ciclo de

---

<sup>2</sup> <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>

resistencia a partir del primer año (ciclo 1), con el fin de incluir los beneficios y costos que tienen repercusiones más allá del primer año de instaurados, y que principalmente, se deben al desarrollo paulatino de resistencia

El tercer período inicia con un nuevo ciclo de resistencia a partir del sexto año (ciclo 2). Por último se realizó una evaluación global de los tres periodos los supuestos utilizados para estas evaluaciones se encuentran en los cuadros 2 y 3.

En este estudio no se estimaron los costos por manejo, (debidos al movimiento de los animales de un potrero a otro y la suplementación de sales, entre otros) dado que no se cuantificó ni evaluó, se consideró que el manejo es igual en ambos tratamientos, por lo que su impacto en los costos es una constate y por ende no tiene efecto en la comparación de los tratamientos.

Cuadro 2. Supuestos utilizados de la estrategia Dosis-Alta Refugio para la valuación de los dos ciclos de resistencia.

Supuestos Estrategia modificada dosis-alta refugio.	Referencia
Debido a que en este enfoque se utilizó la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio, el desarrollo de resistencia para <i>R. microplus</i> es mínima	Tapia et al., (2003)
Los precios de venta del ganado en pie se mantienen en un promedio de \$22.5 pesos mexicanos por kg. de acuerdo a las proyecciones de SAGARPA para los años 2009 - 2018	(SAGARPA (2009)
Los bovinos permanecen en el sitio de producción durante doce meses y se utilizan los pesos estimados a partir de la circunferencia torácica, del período de nueve meses.	Urbina et.al., (2007) Mahecha et al., (2002)
Dado a la ausencia esperada de <i>R. microplus</i> en este caso las dosis serán constantes con Rank® LA a dosis de 400mcg/kg.	Tapia et al., (2003)
Se mantendrán con un mínimo de infestación de cinco garrapatas en todos los tratamientos durante todos los años debido a los animales	Tapia et al., (2003)

en refugio.

---

Cuadro 3. Supuestos utilizados de la estrategia comercial para la valuación de los 2 ciclos de resistencia.

Supuestos Estrategia Comercial	Referencia
El desarrollo de la resistencia a dosis comercial de ivermectina en <i>R. microplus</i> es aproximadamente de 5 años en promedio de acuerdo con Díaz et al., ( 2006)	Díaz et al., ( 2006)
Los precios de venta del ganado en pie se mantienen en un promedio de \$22.5 pesos mexicanos por kg. de acuerdo a las proyecciones de SAGARPA para los años 2009 - 2018	(SAGARPA (2009)
Los bovinos permanecen en el sitio de producción durante doce meses y se utilizan los pesos estimados a partir de la circunferencia torácica, del período de nueve meses.	Urbina et.al., (2007)
Dada a la supuesta aparición paulatina de la resistencia de <i>R. microplus</i> a la ivermectina, la dosificación se incrementara gradualmente (práctica que se observa en el campo Mexicano según Díaz et al., 2006).	Mahecha et al., (2002) Díaz et al., ( 2006)
Al inicio del sexto año, se retirará la ivermectina en la estrategia de Dosis Comercial y se aplicará Asuntol® (coumaphos, que no presentó resistencia en el primer diagnóstico, (Cuadro 2) el costo del medicamento es de \$413 pesos con una dosis sugerida de 1ml por cada 100 kg en aspersión, la presentación del	Tapia et al., (2003)

---

frasco es de 500 ml con un incremento gradual de dosis hasta duplicarla en el noveno y decimo año.

Se mantendrán con un mínimo de infestación de cinco garrapatas en todos los tratamientos durante todos los años debido a los animales en refugio.

---

Tapia et al., (2003)

### *5.5.1. Valuación a corto plazo.*

A continuación se describe el procedimiento de valuación para el período de nueve meses:

#### *5.5.1.1 Identificación de costos por el tratamiento y mano de obra*

- Variables de costos<sup>3</sup>.

Tratamiento con el ixodicida: Producto ixodicida. Determinación de número de frascos de RANK® 500ml requeridos en cada aplicación. (Anexo 3), jeringas de 12 ml, agujas de calibre 25 mm, mano de obra por aplicación, bomba de aspersion.

Costos de los bioensayos, envío de muestras por medio de mensajería; frascos para enviar muestras: frascos de plástico, caja tipo hielera para el envío de las muestras: hielera térmica de marca Poliexpanded de 10\*10\*10. Refrigerante en gel: Gel para frío/calor, en presentación de bolsa plástica, de la marca Nuevo Milenio de medio kilogramo, algodón: bolsa de algodón en lámina de 0.300 kg.

Costo del pesaje de animales, mano de obra por manejo.

---

<sup>3</sup> Los precios unitario por cada costo se encuentran en Anexo 2

Se estimó el costo por presencia de teologinas ingurgitadas.

*5.5.1.2 Valuación de costos a corto plazo.*

Los costos de los tratamientos (Grupo A (Subgrupos A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) y B) se valoraron en forma mensual por un período de nueve meses.

Dado que el grupo A incluye a los subgrupos A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> estos se ponderaron por bovino para su comparación contra el grupo B.

Los costos ponderados para el tratamiento A se obtuvieron de la siguiente manera:

---

---

---

### 5.5.1.3. *Valuación de beneficios*

Se llevó el registro en el grupo A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> y B por un período de nueve meses.

#### 5.5.1.3.1 *Beneficio económico por eliminación de garrapatas*

Calculo del beneficio económico.

Este beneficio económico se desglosa de la siguiente manera:

- a) Se estimó el promedio de teologinas ingurgitadas por bovino (PTI), tomando en cuenta todos los bovinos que participaron en el estudio.

---

$X_i$  = Número de teologinas ingurgitadas en el bovino  $i$

$n$  = Total de bovinos en el estudio

b) Se calculó la pérdida en kilogramos por bovino por día en cada grupo y subgrupo con la siguiente ecuación:

(E1)

c) La pérdida total de peso por no realizar tratamiento en cada grupo y subgrupo:

*Perdida total de peso por no tratar = E1 \* número de animales por grupo o subgrupo* (E2)

d) El costo inicial en pesos MX por presencia de teologinas ingurgitadas se calculó de la siguiente forma:

*Costo inicial por presencia de teologinas ingurgitadas =*

*\* (Número de días sin tratar)\*(Precio de venta por kg en pie)* (E3)

e) El costo con tratamiento en pesos MX por presencia de teologinas ingurgitadas (CTI) se calculó asumiendo que el tratamiento tiene una eficiencia del 90%, se calculó de la misma manera que el costo inicial.

f) El beneficio debido al tratamiento, se consideró como lo que no se perdió debido a que se aplicó el tratamiento, esto es, el costo por presencia de teologinas ingurgitadas antes de tratar en pesos MX menos el costo por presencia de teologinas ingurgitadas con tratamiento (CTI).

*Beneficio debido al tratamiento =*

$$*(\text{Numero de días sin tratar}) * (\text{Precio de venta por kg en pie}) - CTI \quad (E4)$$

g) El beneficio por bovino se obtuvo dividiendo el beneficio debido al tratamiento de todos los animales, entre el número de animales en cada grupo y subgrupo.

---

(E5)

Dado que el grupo A incluye a los subgrupos A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> estos se ponderaron para su comparación contra el grupo B.

Los beneficios ponderados para el tratamiento A se obtuvieron de la siguiente manera:

---

---

---

#### 5.5.1.4 Utilidad del tratamiento por bovino

La utilidad del tratamiento se obtuvo restando el beneficio por bovino menos el costo del tratamiento por bovino:

*Donde:  $i$  = cada grupo y subgrupo ( $A_1, A_2$  y  $B$ )*

Dado que el grupo A incluye a los subgrupos  $A_1$  y  $A_2$  estos se ponderaron para su comparación contra el grupo B.

La utilidad ponderada por bovino para el tratamiento A se obtuvo de la siguiente manera:

---

---

---

#### 5.5.1.5. Rentabilidad del tratamiento

La rentabilidad del tratamiento se obtuvo con la utilidad total entre los costos totales del tratamiento.

---

Donde:  $i$  = cada grupo y subgrupo ( $A_1$ ,  $A_2$  y B)

Dado que el grupo A incluye a los subgrupos  $A_1$  y  $A_2$  estos se ponderaron para su comparación contra el grupo B.

La rentabilidad ponderada para el tratamiento A se obtuvo de la siguiente manera:

---

---

---

Se realizó una comparación entre el ponderado A y el tratamiento B para determinar qué alternativa es mejor para la empresa con base en rentabilidad y utilidad.

#### *5.5.2. Evaluación del ciclo 1 y ciclo 2 de resistencia.*

En este periodo se utilizaron los costos y beneficios del primer período de 9 meses (corto plazo). Asimismo, se calculó la utilidad, rentabilidad. Para estos períodos se calculó el Valor Actual Neto (VAN), el Valor Actual Equivalente (VAEq) y la Relación Beneficio-Costo (RBC). Estos indicadores se obtuvieron de la siguiente manera:

##### *5.5.2.1 Valor Actual Neto (VAN)*

Se calculó de la siguiente manera:

---

En donde:

- Bt es el beneficio de cada uno de los años
- Ct es el costo en cada uno de los años
- t= años 1,2,...,n
- i= es la tasa de descuento
- n= es el número de años

○  
En el caso anterior se estimó el VAN para cada uno de los grupos y sub grupos.  
Posteriormente se obtuvo el VAN ponderado para la comparación entre grupos.

---

#### 5.5.2.2 Valor Actual Equivalente (VAEq)

Se calculó con la siguiente ecuación:

---

En donde:

VAN = Valor actual Neto  
 $i$  = es la tasa de descuento  
 $n$  = es el número de años

#### 5.5.2.3 Relación Beneficio-Costo (RBC)

---

---

---

En donde:  
 $B_t$  es el beneficio de cada uno de los años  
 $C_t$  es el costo en cada uno de los años  
 $t = 1, 2, \dots, n$   
 $i$  = es la tasa de descuento

n = es el número de años

Se llevó a cabo una estimación económica de los tratamientos en los subgrupos A<sub>1</sub> (dosis alta ivermectina), y A<sub>2</sub> (dosis alta organofosforados y piretroides), estos subgrupos se ponderaron por bovino.

#### 5.5.2.4 Evaluación global a 10 años.

En este punto se hizo la valuación general de todos los indicadores económicos antes mencionados para obtener un mejor análisis en la proyección a 10 años contando los 2 ciclos de resistencia.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Diagnóstico de resistencia

La determinación de susceptibilidad de resistencia de las garrapatas *R. microplus* a los diferentes ixodicidas utilizados en México para cada uno de los grupos y subgrupos antes de iniciar el estudio, mostró una susceptibilidad del 100% a Ivermectina, mientras que presentó alta resistencia a la mayoría de los ixodicidas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de supervivencia de larvas de *R. microplus* expuestas a diferentes ixodicidas en la prueba de paquete de larvas (Dosis Discriminante) e inmersión de larvas (Ivermectina), antes de iniciar el estudio.

Primer diagnóstico de resistencia	chlorpiriphos	coumaphos	diazinon	flumetrina	deltametrina
<b>Tratamiento A1</b>	95%	12%	100%	100%	100%
<b>Tratamiento A2</b>	95%	12%	100%	100%	100%

Tratamiento B	77%	13%	91%	100%	100%
Primer diagnóstico de resistencia	cypermetrina	amidina	lindano	fipronil	ivermectina
<b>Tratamiento A1</b>	100%	94%	100%	10%	0%
<b>Tratamiento A2</b>	100%	94%	100%	10%	0%
<b>Tratamiento B</b>	98%	99%	89%	0%	0%

A los seis meses de tratamiento se observó presencia de teologinas en el tratamiento B, por lo que se llevó a cabo la determinación de resistencia para *R. microplus*. En los tratamientos A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> no se encontraron teologinas ingurgitadas.

Las larvas de teologinas ingurgitadas enviadas para su diagnóstico de resistencia, mostraron una supervivencia de 5% a ivermectina, mientras que se observó una disminución de resistencia en la mayoría de los ixodicidas, excepto en deltametrina. (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de supervivencia de larvas de *R. microplus* expuestas a diferentes ixodicidas en la prueba de paquete de larvas (Dosis discriminante) e inmersión de larvas (Ivermectina), esta muestra fue observada y tomada en el sexto tratamiento a 6 meses de iniciado el estudio.

Segundo diagnóstico de resistencia	chlorpiriphos	coumaphos	diazinon	flumetrina	deltametrina
<b>Tratamiento A1</b>	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Tratamiento A2</b>	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Tratamiento B</b>	60%	5%	95%	97%	100%

Segundo diagnóstico de resistencia	cypermetrina	amidina	lindano	fipronil	ivermectina
<b>Tratamiento A1</b>	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Tratamiento A2</b>	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Tratamiento B</b>	87%	76%	55%	0%	5%

NA. No aplica

## 6.2. Peso de los Bovinos

Los bovinos aumentaron de peso significativamente ( $P= 0.0001$ ) durante el período de nueve meses, este crecimiento fue similar en los grupos y subgrupos ( $P=0.178$ ) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de Análisis de Varianza de Mediciones Repetidas para el peso de los bovinos a través del tiempo (Prueba de efectos intra-sujeto).

	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
MES	26367.64	1.45	18243.82	109.94
MES*TRAT	796.95	2.89	275.71	1.66
ERROR (MES)	33577.67	202.34	165.95	

El cuadro 7 muestra el análisis univariado de los pesos (sin tomar en cuenta el tiempo), los bovinos tuvieron pesos similares en todos los grupos ( $P=0.265$ )

Cuadro 7 Análisis de varianza univariado del peso de los bovinos.

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F	SIG.
Intersección	7425533.21	1.00	7425533.21	3212.26	0.001
TRAT	6199.05	2.00	3099.52	1.34	0.265
Error	323627.37	140.00	2311.62		

El cuadro 8 muestra las medias de los pesos de los bovinos en los tres pesajes.

La diferencia del peso final con el inicial en el tratamiento A1 fue de 47.55kg en el tratamiento A2 fue de 43.19 y para el tratamiento B fue de 30.

Cuadro 8. Medias e Intervalos de Confianza 95% del peso de los bovinos por cada tratamiento y pesaje.

TRATAMIENTO	PESAJES	MEDIA KG	ERROR TIP.	INTERVALO DE CONFIANZA 95%	
				Límite superior	Límite inferior
A1	Julio	243.52	2.83	237.93	249.11
	Octubre	270.49	3.46	263.65	277.33
	Enero	291.07	3.87	283.41	298.73
B	Julio	248.86	2.97	242.99	254.74
	Octubre	273.86	3.64	266.67	281.06
	Enero	292.05	4.07	283.99	300.10
A2	Julio	274.75	12.07	250.88	298.62
	Octubre	293.00	14.78	263.78	322.22
	Enero	304.75	16.54	272.04	337.46

### 6.3. Valuación económica

En el Anexo 4 (Cuadro I, II, y III) se muestra el desglose de los costos y beneficios de cada tratamiento y sub-tratamiento, en el período de 9 meses.

El cuadro 9 se muestra los resultados de los beneficios estimados a partir de los supuestos para cada uno de los grupos y sub-grupos en el periodo de 9 meses.

Cuadro 9. Beneficios para cada grupo y sub-grupo en el período de 9 meses.

BENEFICIOS	TRATAMIENTO A-1	TRATAMIENTO A-2	TRATAMIENTO B
PROMEDIO DE GARRAPATAS	5	5	8.3
PERDIDA DE PESO POR GARRAPATA	0.00118 Kg	0.00118 Kg	0.00118 Kg
PERDIDA EN KILOGRAMOS POR CABEZA POR DIA (E1)	0.059 Kg	0.059 Kg	0.0118 Kg
PERDIDA TOTAL DE PESO POR NO TRATAR (E2)	0.4366 Kg	0.0295 Kg	0.7788 Kg
COSTO INICIAL POR PRESENCIA DE TEOLOGINA INGURGITADA (E3)	\$2,931.33	\$198.06	\$2,614.43
COSTO POR PRESENCIA DE TEOLOGINA INGURGITADA DURANTE EL TRATAMIENTO (E4)	\$293.13	\$19.81	\$261.44
BENEFICIO DEBIDO AL TRATAMIENTO	\$2,638.37	\$178.26	\$2,352.99
BENEFICIO POR BOVINO	\$34.19	\$36.68	\$32.71

En el cuadro 10 se muestran los resultados de la valuación económica del período

de nueve meses. El tratamiento A se ponderó de acuerdo con lo explicado en Materiales y Métodos (sección 5.5).

El beneficio por bovino es muy similar en ambos tratamientos, sin embargo, el tratamiento B obtuvo los mejores resultados de costos y utilidades, comparados con los del tratamiento A (Cuadro 10).

En cuanto a la rentabilidad, el tratamiento B (Dosis comercial) obtuvo casi 5 veces más beneficios que el tratamiento A (Dosis-Alta Refugio): 125% vs 26%.

Cuadro 10. Resultados de las valuaciones económicas de los tratamientos en el período de nueve meses y la rentabilidad al término de este tiempo.

	Tratamiento ponderado A	Tratamiento B
BENEFICIO POR BOVINO	\$ 298.00	\$ 308.98
COSTO POR BOVINO	\$ 233.69	\$ 137.30
UTILIDAD POR BOVINO	\$ 60.88	\$ 171.68
RENTABILIDAD DEL TRATAMIENTO	26%	125%

Tratamiento Ponderado A: Estrategia modificada Dosis-Alta Refugio (Rank®-Garraban®)

Tratamiento B: Dosis comercial Rank®

### 6.3.1 Valuación económica de los ciclos de resistencia.

En el cuadro 11 se observan los resultados de la proyección a 5 años del primer ciclo de resistencia (estrategia Dosis-Alta Refugio y dosis comercial). El tratamiento A se ponderó de acuerdo con lo explicado en Material y Métodos (sección 5.5).

Los beneficios y utilidades actualizados por bovino del tratamiento A obtuvieron mejores resultados que los del tratamiento B. Los costos actualizados en ambos

tratamientos fueron muy similares.

El VAEq (Valor Anual equivalente por bovino) mostró mejores resultados en el tratamiento A comparado con el tratamiento B, en el primer tratamiento se obtuvo VAEq DE \$136.92 pesos anuales, mientras que en el segundo el VAEq fue de \$-10.60 pesos.

La relación beneficio costo por bovino del tratamiento A (Dosis-Alta Refugio) resultó superior a la del tratamiento B, en el primer tratamiento por cada unidad de inversión se obtiene 0.48 unidades más, en cambio en el segundo tratamiento (Dosis Comercial) por cada unidad de inversión se obtiene una pérdida de 0.04 unidades.

Cuadro 11. Proyección a 5 años del primer ciclo de resistencia (a partir del primer año) de la estrategia modificada Dosis Alta –Refugio (A) comparada con la dosis comercial (B)

AÑOS	1*	2	3	4	5	Valor Actual Neto
Beneficio A	\$321.78	\$479.35	\$479.35	\$476.51	\$479.35	\$1,585.47
Costo A	\$233.69	\$322.80	\$322.80	\$272.75	\$322.80	\$1,052.25
Utilidad A	\$91.15	\$156.56	\$156.56	\$203.75	\$156.56	\$535.95
Estrategia Dosis-Alta Refugio						
					VAEq	\$ 148.68
					RBC	1.51
TASA ANUAL	12%					

AÑOS	1*	2	3	4	5	Valor Actual Neto
Beneficio B	\$308.98	\$355.88	\$264.28	\$164.72	\$61.17	\$887.07
Costo B	\$137.30	\$231.18	\$278.87	\$326.56	\$374.25	\$925.27
Utilidad B	\$171.68	\$124.70	-\$14.59	-\$161.84	-\$313.08	-\$38.19
Dosis comercial						
					VAEq	-\$ 10.60
					RBC	0.96

Tratamiento Ponderado A: Estrategia modificada Dosis-Alta Refugio (Rank®-Garraban®).

Tratamiento B: Dosis comercial Rank®

\*Los valores del periodo de nueve meses se utilizaron como año de inicio para el primer ciclo de resistencia.

RBC: Relación beneficio-costo

VAEq: Valor Anual Equivalente

En el cuadro 12 se observan los resultados de la proyección a 5 años del segundo ciclo de resistencia (estrategia Dosis-Alta Refugio y dosis comercial). El

tratamiento A se ponderó de acuerdo con lo explicado en Material y Métodos (sección 5.5).

Los beneficios y utilidades actualizados por bovino del tratamiento A obtuvieron mejores resultados que los del tratamiento B. Los costos actualizados en ambos tratamientos fueron muy similares.

El VAEq (Valor Anual equivalente por bovino) mostró mejores resultados en el tratamiento A comparado con el tratamiento B, en el primer tratamiento se obtuvo VAEq DE \$156.56 pesos anuales, mientras que en el segundo el VAEq fue de \$92.02 pesos.

La relación beneficio costo por bovino del tratamiento A resultó superior a la del tratamiento B, en el primer tratamiento por cada unidad de inversión se obtiene 0.48 unidades más, en cambio en el segundo tratamiento por cada unidad de inversión se obtiene 0.50 unidades más.

Cuadro 12. Proyección a 5 años del segundo ciclo de resistencia (a partir del sexto año) de la estrategia modificada Dosis Alta –Refugio (A) comparada con la dosis comercial (B)

AÑOS	6	7	8	9	10	Valor Actual Neto
Beneficio A	\$479.35	\$479.35	\$479.35	\$479.35	\$479.35	\$1,727.96
Costo A	\$322.80	\$322.80	\$322.80	\$322.80	\$322.80	\$1,163.62
Utilidad A	\$156.56	\$156.56	\$156.56	\$156.56	\$156.56	\$564.35
Estrategia Dosis-Alta Refugio						
					VAEq	\$ 156.56
					RBC	1.48
TASA ANUAL	12%					

AÑOS	6	7	8	9	10	Valor Actual Neto
Beneficio B	\$427.56	\$359.86	\$260.30	\$164.72	\$69.14	\$997.81
Costo B	\$137.85	\$163.72	\$190.96	\$218.19	\$243.07	\$666.11
Utilidad B	\$289.71	\$196.14	\$69.34	-\$53.48	-\$173.93	\$331.70
Dosis comercial						
					VAEq	\$ 92.02
					RBC	1.50

Tratamiento Ponderado A: Estrategia modificada Dosis-Alta Refugio (Rank®-Garraban®).  
 Tratamiento B: Dosis comercial Rank®.

RBC: Relación beneficio-costo  
VAEq: Valor Anual Equivalente

### *6.3.2 Valuación global de los ciclos de resistencia a 10 años*

En el cuadro 13 se observan los resultados de la proyección global a 10 años (estrategia dosis-alta refugio y dosis comercial). El tratamiento A se ponderó de acuerdo con lo explicado en Material y Métodos (sección 5.5).

Los beneficios y utilidades actualizados por bovino del tratamiento A obtuvieron mejores resultados que los del tratamiento B. Los costos actualizados en ambos tratamientos fueron muy similares.

El VAEq (Valor Anual equivalente por bovino) mostró mejores resultados en el tratamiento A comparado con el tratamiento B, en el primer tratamiento se obtuvo VAEq DE \$152.73 pesos anuales, mientras que en el segundo el VAEq fue de \$38.67 pesos.

La relación beneficio costo por bovino del tratamiento A resultó superior a la del tratamiento B, en el primer tratamiento por cada unidad de inversión se obtiene 0.48 unidades más, en cambio en el segundo tratamiento por cada unidad de inversión se obtiene 0.17 unidades más.

Cuadro 13. Proyección global a 10 años de la estrategia modificada dosis alta – refugio (A) comparada con la dosis comercial (B)

AÑOS	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Valor actual	
Beneficio A	\$321.78	\$479.35	\$479.35	\$476.51	\$479.35	\$479.35	\$479.35	\$479.35	\$479.35	\$479.35	\$2,565.96	
Costo A	\$233.69	\$322.80	\$322.80	\$272.75	\$322.80	\$322.80	\$322.80	\$322.80	\$322.80	\$322.80	\$1,712.52	
Utilidad A	\$91.15	\$156.56	\$156.56	\$203.75	\$156.56	\$156.56	\$156.56	\$156.56	\$156.56	\$156.56	\$856.17	
Estrategia Dosis-Alta Refugio												
											VAEq	\$ 160.69
											RBC	\$ 1.50
TASA ANUAL											12%	

AÑOS	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Valor actual	
Beneficio B	\$308.98	\$355.88	\$264.28	\$164.72	\$61.17	\$427.56	\$359.86	\$260.30	\$164.72	\$69.14	\$1,431.00	
Costo B	\$137.30	\$231.18	\$278.87	\$326.56	\$374.25	\$137.85	\$163.72	\$190.96	\$218.19	\$243.07	\$1,224.98	
Utilidad B	\$171.68	\$124.70	-\$14.59	-\$161.84	-\$313.08	\$289.71	\$196.14	\$69.34	-\$53.48	-\$173.93	\$206.02	
Dosis comercial												
											VAEq	\$ 38.67
											RBC	1.17

Tratamiento Ponderado A: Estrategia modificada Dosis-Alta Refugio (Rank<sup>®</sup>-Garraban<sup>®</sup>).

Tratamiento B: Dosis comercial Rank<sup>®</sup>.

\* Los valores del periodo de nueve meses se utilizaron como año de inicio para el primer ciclo de resistencia.

RBC: Relación beneficio-costo

VAEq: Valor Anual Equivalente

## 7. Discusión

La rentabilidad de la estrategia Dosis Alta- Refugio se debió principalmente a la permanencia de dos ixodicidas por más tiempo, al mantener los beneficios constantes por la posible disminución de la población de garrapatas a un mínimo.

Aunque se sabe que una población en refugio es estrictamente hablando, es cuando no recibe tratamiento alguno (Waller, 1985). En este estudio, se trajo el concepto desde las publicaciones de cultivos transgénicos de algodón, maíz y papa, (Carpio, 1998; Secchi et al., 2001, Ives y Andow, 2002 y Storer et al., 2003), con poblaciones susceptibles a las toxinas de los cultivos transgénicos.

En la explotación que se trabajó el productor no permitió dejar bovinos sin tratamiento. Dado que se tenía el diagnóstico de resistencia preliminar (Cuadro 4),

donde se observó que las garrapatas en esta explotación tenían alta resistencia a los ixodicidas, que componen al garraban<sup>®</sup>, pero eran susceptibles a ivermectina, se decidió tratar en uno de los sub-grupos con dosis alta de ivermectina a la mayoría de los bovinos (95%), en el entendido que el 5% sería tratado con dosis alta de garraban<sup>®</sup>, lo cual fue aceptado por el productor. Para este estudio este pequeño grupo fue determinado como “refugio” para ivermectina debido que aportaría garrapatas susceptibles.

En este estudio el objetivo central fue la evaluación económica de la estrategia de control de resistencia con altas dosis de dos ixodicidas de diferentes familias, con diferente mecanismo de acción, en comparación con la dosis comercial, que a largo plazo ocasiona una resistencia al ixodicida empleado. Con objeto de decidir si la estrategia de control de resistencia empleada es viable.

En un futuro esta estrategia modificada Dosis-Alta Refugio se denominara como “Doble Dosis Alta-RS”, debido a que el objetivo de esta estrategia de control de resistencia es producir poblaciones heterocigóticas (RS y SR) que serán eliminadas, con la dosis de dos ixodicidas de diferentes familias con un distinto mecanismo de acción.

### **7.1. Resistencia de *R. microplus* a ixodicidas**

El estudio de campo demostró un indicio de resistencia *R. microplus* cuando se usa un tratamiento comercial y una ausencia de resistencia en la estrategia modificada de Dosis-Alta Refugio. La resistencia apareció al final del estudio pero se estima un aumento de ésta, como lo describen Soberanes et al., (2002) y Díaz

et al., (2006).

El diagnóstico de susceptibilidad realizado al inicio del estudio en ambos potreros mostró una resistencia múltiple, este hecho, como lo reporta (Bravo et al., 2007), sucede debido al uso continuo e indiscriminado de los ixodicidas, por la falta de información de los productores y sus colaboradores al realizar las aplicaciones de los tratamientos ixodicidas. (Mekonnen 2002).

En el segundo diagnóstico de susceptibilidad realizado a los 7 meses de iniciado el tratamiento, se obtuvo un 5% de resistencia en el grupo B, Pérez et al., (2010) encontraron resistencia a ivermectina en 3 ranchos de Yucatán, en donde se supone que aplican la dosis recomendada por el laboratorio (comercial) 2 a 3 veces al año.

Son necesarios estudios de mayor duración que permitan evaluar los grados de infestación de *R. microplus* en el campo utilizando la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio. En este estudio, ante la ausencia de datos empíricos derivados de publicaciones, se recurrió a estimar las infestaciones de *R. microplus* a largo plazo con base en el trabajo de Jonsson (2006)

Es necesario dar a conocer la importancia del diagnóstico de resistencia o susceptibilidad, ya que con esta herramienta es posible dar un tratamiento integral. (Bravo et.al. 2008).

## **7.2 Pesos de los Bovinos**

Los pesos resultaron similares en todos los tratamientos ( $P=0.178$ ), las ganancias diarias obtenidas aquí fueron de 298 g con una desviación estándar de 0.073, lo cual difiere de lo que informan Urbina et al., (2007) en un estudio realizado en la misma zona, donde obtuvieron ganancias de peso de 600 g con desviación estándar de 0.067, esta diferencia se debió principalmente a que en ese estudio, se proporcionó suplementación a los animales y en este no; Livas (2000) menciona que si se administra una suplementación protéica los bovinos pueden llegar a una ganancia diaria de peso de 750 g en épocas de lluvias

### **7.3 Valuación económica**

En la valuación a corto plazo se observó una mejor respuesta económica en la estrategia con dosis comercial en sus variables de costos rentabilidad y utilidad; no obstante, la importancia económica de la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio no recae en el corto plazo, debido a que su mayor beneficio sería retardar la resistencia hasta 500 generaciones (aproximadamente 163 años) (Solís 2009), mantener los costos y aumentar los beneficios, como la ganancia diaria de peso por disminución al mínimo de garrapata *R. microplus*.

Con los supuestos establecidos en este estudio (Cuadros 2 y 3), en las valuaciones a largo plazo, se obtuvieron mejores resultados en la estrategia Dosis-

Alta Refugio en cuanto a la relación beneficio –costo en el primer ciclo (1.51 vs 0.96) que en el segundo (1.50 vs 1.48), pero la utilidad de la estrategia Dosis-Alta Refugio se mantiene positiva en los dos ciclos, mientras que en la dosis comercial desde el tercer año es negativa. Esto se debe a que en los supuestos de este estudio (Cuadro 3) las garrapatas van desarrollando resistencia y se incrementa la dosis del producto ixodicida, lo cual aumenta los costos y la utilidad baja en la estrategia Comercial, mientras que en la estrategia Dosis Alta-Refugio el supuesto es que la resistencia es mínima, por lo que se mantiene la dosis del ixodicida (Díaz et al., 2006).

Los supuestos utilizados pueden provocar ciertas distorsiones en algunos resultados, por lo consiguiente se propone realizar de manera constante este tipo de valuación, a modo de determinar con mayor precisión los montos de las pérdidas, que en definitiva constituirán la guía para una mejor toma de decisiones en cuanto control de la resistencia que se requiere aplicar (Nicholson 2007).

Debido a la falta de investigación económica, en la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio con el uso de garrapatas *R. microplus*, se ha complicado la discusión para este tema de valuación.

Las valuaciones económicas como la presentada en este estudio, permiten exponer a los productores un panorama, que al integrar las consecuencias a largo plazo puede contribuir a que estos productores acepten el uso de esta tecnología y con ello mejorar su desempeño económico.

Dado que la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio, resultó ser benéfica, la

posible aceptación de estos programas por los productores podría ser factible, sin embargo, es necesario realizar un estudio de mercadotecnia para este argumento específicamente. (Otte y Chilonda 2000).

El uso de la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio puede servir para dejar sin fundamento la práctica de quema de pastos que frecuentemente tiene como objetivo eliminar las fuentes de infestaciones de *R. microplus* en los potreros (Rodríguez et al., 2011). Disminuir las quemas de pastos podría tener beneficios económicos como: el tiempo de recuperación de pastos, reducción de emisión de CO<sub>2</sub>, entre otros.

## **8. Conclusión**

De acuerdo al modelo económico propuesto, la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio para ganado productor de carne, logró obtener mejores resultados monetarios que con la estrategia comercial, en los dos ciclos consecutivos de cinco años, debido a que el beneficio incuantificable es el control de la resistencia a ivermectina.

Por lo anterior, la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio, podría ser una herramienta útil para el control integral de parásitos externos.

Con los resultados de este estudio se puede concluir que, bajo los supuestos utilizados, la estrategia modificada Dosis-Alta Refugio es rentable a largo plazo.

Para tomar acciones necesarias para el control de la resistencia de *R. microplus*,

es importante formular proyectos económicos a largo plazo, con la finalidad de llegar a una producción más rentable y más benéfica para los productores.

## 9. REFERENCIAS

1. Araujo J. Experimental strategic control of the cattle tick *Boophilus microplus* on calves from Vicoso, Zona da Mata, Minas Gerais, Brazil. Braz J Vet Res Anim Sci. 1994; 31:34: 216-220.
2. Arena J, Liu K, Paresse P, Frazier E, Cully D, Mrozik H, Schaeffer J. The mechanism of action of avermectins in *Caenorhabditis elegans*, correlation between activation of glutamate-sensitive chloride current, membrane binding and biological activity. J. Parasitol. 1995; 81: 286-294.
3. Baldini A, Satori A, Ramos R, Duran A. Control Biológico De Plagas Forestales De Importancia Económica En Chile. (2da ed.) 2005; 85-105.
4. Beugnet F, Chalvet-Monfray K, Sabatier P. Use of mathematical model to study the control measures of the cattle tick *Boophilus microplus* population in New Caledonia. Vet Parasitol 1998; 77: 227-288.
5. Bravo J, Coronado A y Henriquez H. Eficacia *in vitro* del amitraz sobre poblaciones de *Boophilus microplus* provenientes de explotaciones lecheras del estado Lara, Venezuela. Zoot Trop. 2008; 26: 35-40.
6. Brogdon W, McAllister J. Insecticide resistance and vector control. Emerg Infect Dis. 1998; 4: 605-613.
7. Canales M, Almazán C, Naranjo V, Jongejan F, Fuente J. Vaccination with recombinant *Boophilus annulatus* Bm86 ortholog protein, Ba86, protects cattle against *B. annulatus* and *B. microplus* infestations. BMC Biotech.

2009; 9-29.

8. Carpio MA. Evaluating resistance management's strategies for multiple toxins in the presence of external refuges. *J Econ Entomol.* 1998; 91: 1021-1031.
9. Davey R, Miller J, George J, Miller R. Therapeutic and persistent efficacy of a single injection treatment of ivermectin and moxidectin against *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on infested cattle. *Exp Appl Acarol.* 2005; 35:117-29.
10. Diaz M, Vivas R, Fragoso H, Rosario R. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. México, *Arch Med Vet.* 2006: 38-2.
11. Dijkhuizen A, Huirne R, Jalvingh A. Economic analysis of animal diseases and their control. *Arch Met Med.* 1995; 38: 135-149.
12. Environmental Protection Agency. Registration eligibility decision for cypermethrin. U.S. 2006. EPA OPP 293.
13. Fernández R. *Farmacología Veterinaria.* Chile: Talleres Dirección de Docencia, 2010: 375-382.
14. Furman D, Loomis E. *The Ticks of California.* University of California Publications, *Bulletin of the California Insect Survey*, 25. University of California Press, California 1984.
15. Gómez E, Aguilar A, Alonso F, Juárez J, Casas V, Meléndez J, Huerta E, Mendoza E, Espinoza A. *Economía Zootécnica.* Edit. Limusa México DF. 1982: 21-22.

16. Hernández O, Garfias B, Figueroa M. Control inmunológico de la garrapata *Boophilus microplus*. En perspectiva de control de parásitos de importancia veterinaria. México CENID-Parasitología Veterinaria. INIFAP. Publicación técnica. 2004; 2: 13-18.
17. Hoffman A, López-Campos G. Biodiversidad de los Ácaros en México. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. CONABIO-UNAM. México 2000.
18. Ives A, Andow D. Evolution of resistance to Bt crops: directional selection in structured environments. *Eco Lett.* 2002; 5: 792-801.
19. Jonsson N. 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.
20. Labarta V, Rodríguez M, Penichet M, Leonart R, Lorenzo-Luaces L, De La Fuente J. Simulations of control strategies for the cattle tick *Boophilus microplus* employing vaccination with a recombinant Bm86 antigen preparation. *Vet Parasitol.* 1996; 63: 131-160.
21. Livas F. Engorda de ganado bovino en condiciones de trópico. Memorias de XXIV Congreso Nacional de Buiatría; 2000 Junio 15-17; Jalisco (Guadalajara) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2000; 71-75.
22. Linares S. Manejo integral de las garrapatas una propuesta eficiente y

sostenible con el medio ambiente. Colombia, Agron. 2008; 16: 13-21.

23. Mahecha L, Joaquin A, Luis M. Predicción del peso vivo a través del perímetro torácico en la raza bovina Lucerna. Rev Col Cienc Pec. 2002; 15:1.
24. Mackinnon M, Meyer K, Hetzel D. Genetic variation and correlation for growth, parasite resistance and heat tolerance in tropical cattle. Livest Prod Sci. 1991; 27: 105-122.
25. Maye, C. Annual Report of Technology Intervention and Socio-economic Analysis in Cotton-based Cropping System for Year 2002-03. 2003. Nagpur: CICR.
26. Mekonnen S, Bryson N, Fourie L, Peter R, Spickett, Taylor R, Strydom T, Horak I. Acaricide resistance profiles of single- and multi-host ticks from communal and commercial farming areas in the Eastern Cape and North-West Provinces of South Africa. Onderstepoort J Vet Res. 2002; 69 (2): 99-105.
27. Metcalf R. Insect resistance to insecticides. pesticide. 1989. Pest Sci. 26, 333-358.
28. Mount G, Haile D, Davey R, Cooksey L. Computer simulation of *Boophilus* cattle tick (Acari: Ixodidae) population dynamics. J. Med Entomol. 1991; 28: 223-240.
29. Nari A, Hansen J. Resistance of ecto and endoparasites: current and future solutions. Report on technical items presented to the International

Committee; 67 General session of the International Committee, Paris, 1999: 23-34.

30. Nari A. Et al. Control de la resistencia a los antiparasitarios a la luz de los conocimientos actuales. Resúmenes XXI Congreso Mundial de Buiatría y XXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. 2000 Punta del Este, Uruguay.
31. Nari A. Resistencia a los antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América latina. Estudio FAO producción y sanidad animal. 157. Roma: 2003
32. Nicholson W. Teoría Microeconómica. Principios Básicos y Ampliaciones. 9a ed. Cenage Learning Editores. México, D.F. 2007 pp5
33. Nolan J, Schnitzerling H. Drug resistance in arthropod parasites. In Chemotherapy of parasitic diseases (W.C. Cambell & R.S. Rew. Eds.). Chemotetherapy of parasitic disases. New York. 1986; 603-620.
34. Nolan J. New approaches in the development and management of drugs used in ectoparasites control. *Vet Parasitol.* 1987; 25: 135-145.
35. Otte M, Chilonda P. Animal health economics: An introduction. Health Division FAO. 2000 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ag275e/ag275e.pdf> (última revisión abril 2012)
36. Park E, Cho M, Ki CH. Correct Use of Repeated Measures Analysis of Variance. Korea. *J Lab Med.* 2009; 29:1-9.
37. Pérez C, Rodriguez V, Ramirez C, Miller R. First report of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* resistant to ivermectina in México. *Vet Parasitol.* 2010; 168: 165-169.

38. Redondo M, Fragoso H, Montero C, Lona J, Medellín J, Fria R, Hernandez V, Franco R, Machado H, Rodriguez M, De La Fuente J. Integrated control of acaricide-resistant *Boophilus Microplus* populations on grazing cattle in Mexico using vaccination with Gavac™ and amidine treatments. *Exp Appl Acarol.* 2004; 23: 841–849.
39. Riddles P, Nolan J. Prospects for the management of arthropod resistance to pesticides. Australia. *Int J Parasitol.* 1987; 17: 679-687.
40. Rodríguez V, Quiñónez A, Fragoso S. Epidemiología y Control de la Garrapata *Boophilus* en México. *Enfermedades de Importancia Económica en Producción Animal.* México. McGraw Hill, 2005: 571-588
41. Rodríguez V, Ojeda M, Pérez L, Rosado J. Epidemiología y control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en México. Quiroz H, Figueroa J, Ibarra F y López M, editores. [CD-ROM] México 2011:cap.33;. 477-504.
42. SAGARPA. Escenario Base 09-18, Proyecciones para Sector Agropecuario de México [Citado 11-01-2012, Descargado 09-01-2012] Available from: <http://sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/EBespañol300909.pdf>
43. Santos E, Borges F, Cho H, Valarelli R, Costa M, Oliveira G, Costa A. Farmacocinética de uma nova formulação de longa ação contendo ivermectina 2,25% + abamectina 1,25% em bovinos. *A Hora Vet.* 2003; 23 - 5.
44. Secchi S, Hurley T, Hellmich R. Managing European corn borer resistance to Bt corn with dynamic refuges. *Amer Agric Econom Assoc.* 2001.

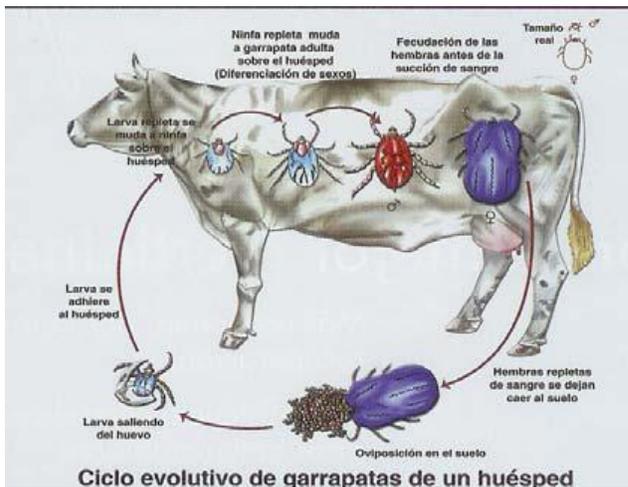
45. Soberanes C , Santamaría V , Fragoso S y García V. Primer caso de resistencia al amitraz en la garrapata del ganado *Boophilus microplus* en México. Tec Pecu Mex. 40: 81-92. 2002.
46. Solís TJA. Efecto del tamaño del refugio, migración y vacuna contra la garrapata *R. microplus* en la aparición de la resistencia a pesticidas (Tesis de licenciatura) México DF 2009, Universidad Nacional Autónoma de México.
47. Storer N, Peck S, Gould F, Van Duyn J, Kennedy G. Sensivity analysis of a spatially-explicit stochastic simulation model of the evolution of resistance in *Helicoverpa zea* (Lepidoptera:Noctuidae) to Bt transgenic corn and cotton. J Econ Entomol. 2003; 96:173-187.
48. Sukhpal S, Satwinder S. Economic Evaluation of Pest Management Technologies for Sustainable Cotton Production in Punjab. Ludhiana, Agric Econ Res Rev. 2007; 20: 77-86.
49. Sutherst, R. Resistance of cattle to ticks as one element in a tick control programme. In: FAO (ed). La Erradicación de la Garrapata. Actas de Consulta de Expertos sobre Erradicación de las Garrapatas con Referencia Especial a las Américas.1987; 154-164.
50. Tapia G, García Z, Montaldo H, George J. Inheritance of resistance to flumethrin in the Mexican Aldama strain of the cattle tick *Boophilus microplus* (acari: Ixodidae). Exp Appl Acarol. 2003; 31: 135-149.
51. Tapia G. Un modelo para predecir el tiempo que tarda para desarrollarse la

- resistencia de las garrapatas *Boophilus microplus* a los ixodicidas. (Tesis de Doctorado), México DF. Universidad Nacional Autónoma de México. 2004.
52. Thais A. Larval immersion tests with ivermectin in populations of the Cattle tick *R. microplus* (Acari: Ixodidae) from State of Sao Paulo, Brazil. *Vet Parasitol.* 2006; 142: 386-390.
53. Trápaga J. La campaña contra la garrapata *Boophilus spp.* En México. Logros, problemas y perspectivas. The eradication of ticks. *FAO Animal Production and Health.* 1987; 75: 28-44
54. Trueta R. *Proyectos Ganaderos. Teoría y Práctica.* 1<sup>er</sup> ed. México: El Manual Moderno S.A. de C.V. 2009.
55. Urbina M, Hernández G, Enríquez Q, Pérez P, Zaragoza R, Velasco Z, Avellamede C. Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. *Edo. México, Agrocienca.* 2007; 41: 1-12.
56. Waller PJ. Resistance to antihelmintics and their implications for animal production. In: *Resistance in Nematodes to Anthelmintic Drugs.* Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Eds. Anderson N. and Waller P.J. Australia: 1-11, 1985.
57. Woodham CB, González OA, López LA, Guereña MR, Progresos en la erradicación de las garrapatas *Boophilus* en México 1960-1980. *Rev Mund Zoot* 1983; 48: 18-24.

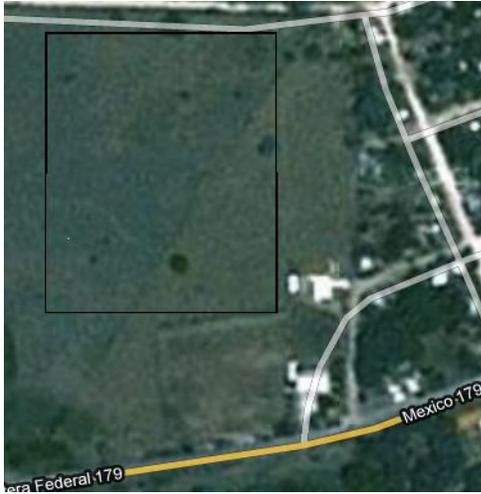
## 10. FIGURAS



10.1. **Figura 1.** Distribución geográfica del programa control y erradicación de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en México (Tomado de la página web de la SAGARPA en octubre de 2011).



10.2. **Figura 2.** Ciclo biológico de la garrapata *R. microplus*.



**10.3. Figura 3** Rancho las Garzas con una superficie de 35 Hectáreas



**10.4. Figura 4** Rancho los Altos con una superficie de 50 Hectáreas

## **11. ANEXO**

### **11.1 ANEXO I**

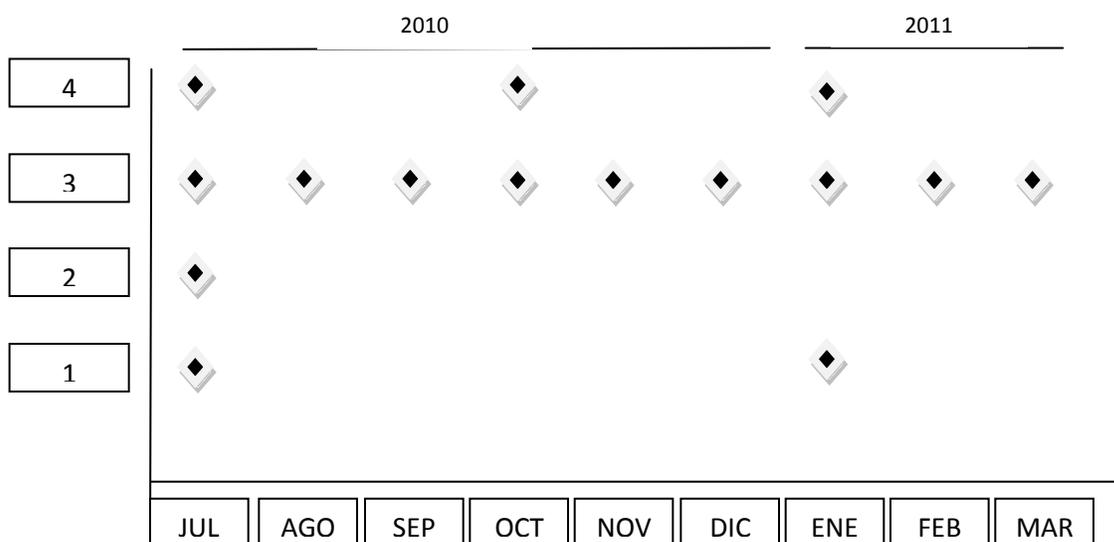
#### **PRUEBA DE INMERSION DE LARVAS (LIT)**

Se realiza con una formulación comercial de la Ivermectina 1% la cual se diluye en 1% de etanol al 100% TritonX solución 100 2% (ECU - TX 2%) en agua destilada a fin de preparar las soluciones de inmersión. Las concentraciones de Ivermectina en las soluciones de inmersión son 0.0000625, 0.000125, 0.00025, 0.0005, 0.001, 0.0025, 0,005; 0,01% y la concentración de etanol es de 1% y la de TritonX-100 fue de 0,02%. Cada solución de 1ml se prepara en tubos de centrifuga de 1,5 ml y luego un grupo de aproximadamente 500 larvas se añade a cada uno. Las soluciones de control se preparan añadiendo 10 ml de Eta-TX2% en 990 ml de agua destilada. Inmediatamente después se adicionan las larvas, el tubo se cierra y se agita vigorosamente durante unos segundos y luego suavemente durante 10 min.

Los tubos se abren y las larvas se transfieren con un pincel de pelo de camello a un filtro de papel. Después del secado, cerca de 100 larvas se transfieren a un filtro de papel cuadriculado (850 mm 750 mm), el cual será doblado y cerrado con clips del tipo Bulldog formando un sobre tipo postal. Los paquetes se incuban a 27-28.8°C y a una humedad relativa del 80-90% durante 24 horas. Pasado este período se cuentan los especímenes vivos y muertos. Sólo las larvas capaces de locomoción son consideradas vivas. Los bioensayos son realizados por triplicado.

Los datos de mortalidad se someten a un análisis de regresión probit y una prueba de chi-cuadrada para probar la hipótesis de paralelismo y la igualdad ( $P = 0.05$ ). (Thais 2006). Se obtienen las concentraciones letales 50% y 99% (CL50 y CL99) y los límites de confianza 95%. Los resultados se comparan con los correspondientes a una colonia susceptible de referencia de *R. microplus*. Se obtiene la Resistencia Relativa (RR) considerando como tal al valor de la razón CL50 y CL99 de la población muestreada en la explotación entre la CL50 y CL99 de la cepa de referencia susceptible. (Tapia 2003)

El factor de resistencia (RR) se calcula en relación con la sepa susceptible (SS). (Thais 2006)



**Figura I. Cronograma de actividades del estudio en el período de nueve meses.**

#### ACTIVIDADES

1. Evaluación de ganado en Rancho las Garzas y Rancho los altos.
2. Recolección de garrapatas y Pesaje de bovinos,
3. Aplicación de tratamiento en rancho las Garzas y Los Altos.
4. Pesaje de los bovinos.

## 11.2 ANEXO 2

Precios unitarios para cada una de las variables identificadas en los costos.

VARIABLES	PRECIO POR UNIDAD M.N.
Producto ixodicida Rank® LA 500ml ivermectina al 1%, Laboratorios Shearing-Ploug-Intervet	\$700
Producto ixodicida 100ml Garraban® (Clorpirifos 24% y permetrina 5%, Laboratorios Lapisa)	\$450
Jeringas de 12 ml	\$2.70
Agujas de calibre 25 mm	\$2.70
Mano de obra por aplicación	\$150
Bomba de aspersión.	\$200
Costos de los Bioensayos <sup>4</sup> .	-
Envío de muestras por medio de mensajería.	\$50
Frascos para enviar muestras: frascos de plástico	\$3.50
Caja tipo hielera para el envío de las muestras: Hielera térmica de marca Poliexpanded de 10*10*10.	\$100
Refrigerante en gel: Gel para frío/calor, en presentación de bolsa plástica, de la marca Nuevo Milenio de medio kilogramo.	\$40
Algodón: bolsa de algodón en lámina de 0.300 kg.	\$15
Costo del pesaje por animal	\$10
Mano de obra por manejo.	\$150

<sup>4</sup> Los costos de los bioensayos en el Centro Nacional de Parasitología, son gratuitos para todos los productores

### 11.3 ANEXO 3

Cuadro I. Promedio de animales por tratamiento y sub-tratamiento

<b>NUMERO DE ANIMALES</b>	<b>Promedio Periodo de 9 Meses</b>
TRATAMIENTO A-1	73
TRATAMIENTO A-2	5
TRATAMIENTO PONDERADO	78
TRATAMIENTO B	66

Cuadro II. Promedio de pesos en animales por tratamiento y sub-tratamiento

<b>PESOS PROMEDIO</b>	<b>Promedio Periodo de 9 Meses</b>
TRATAMIENTO A-1	256.8 Kg
TRATAMIENTO A-2	262.81 Kg
TRATAMIENTO B	276.97 Kg

Cuadro III. Promedio de frascos de producto ixodicida por tratamiento y sub-tratamiento

<b>FRASCOS DE PRODUCTO</b>	<b>Promedio Periodo de 9 Meses</b>
TRATAMIENTO A-1	1.51
TRATAMIENTO A-2	0.73
TRATAMIENTO B	0.73

## 11.4 ANEXO 4

Cuadro I. Costos del tratamiento A-1 durante un periodo de 9 meses

<b>COSTOS TRATAMIENTO A-1</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>PROMEDIO PERIODO DE NUEVE MESES</b>
Producto acaricida		\$ 1,055.73
Jeringas de 12 mL		\$ 66.67
Agujas de calibre 25 mm		\$ 66.67
Mano de obra por aplicación		\$ 50.00
Costos de los Bioensayos.		\$ -
Envío de muestras por medio de la empresa Estafeta	\$ 150.00	\$ -
Frascos para enviar muestras: frascos de plástico	\$ 70.00	\$ -
Caja tipo hielera para el envío de las muestras: Hielera térmica de marca Poliexpanded de 10*10*10.	\$ 100.00	\$ -
Refrigerante en gel: Gel para frío/calor, en presentación de bolsa plástica, de la marca nuevo milenio de medio kilogramo.	\$ 40.00	\$ -
Algodón: bolsa de algodón en lámina de 0.300 kg.	\$ 15.00	\$ -
Costo del pesaje de animales		\$ 245.56
Mano de obra por manejo.		\$ 150.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 375.00</b>	<b>\$ 1,634.62</b>
<b>COSTO DEL TRATAMIENTO POR CABEZA</b>	<b>\$ 5.00</b>	<b>\$ 22.09</b>

Cuadro II. Costos del tratamiento A-2 durante un periodo de 9 meses

COSTOS TRATAMIENTO A-2	ENVIO DE MUESTRA	PROMEDIO PERIODO DE NUEVE MESES
Producto acaricida		\$ 328.89
Mano de obra por aplicación		\$ 50.00
Bomba de aspersión.		\$ 22.22
Costos de los Bioensayos.		\$ -
Envío de muestras por medio de la empresa Estafeta	\$ 150.00	\$ -
Frascos para enviar muestras: frascos de plástico	\$ 70.00	\$ -
Caja tipo hielera para el envío de las muestras: Hielera térmica de marca Poliexpanded de 10*10*10.	\$ 100.00	\$ -
Refrigerante en gel: Gel para frío/calor, en presentación de bolsa plástica, de la marca nuevo milenio de medio kilogramo.	\$ 40.00	\$ -
Algodón: bolsa de algodón en lámina de 0.300 kg.	\$ 15.00	\$ -
Costo del pesaje de animales		\$ 15.56
Mano de obra por manejo.		
TOTAL	\$ 375.00	\$ 416.67
<b>COSTO DEL TRATAMIENTO POR CABEZA</b>	\$ 75.00	\$ 83.33

Cuadro III. Costos del tratamiento B durante un periodo de 9 meses

COSTOS TRATAMIENTO B	ENVIO DE MUESTRA	PROMEDIO PERIODO DE NUEVE MESES
Producto acaricida		\$ 511.83
Jeringas de 12 mL		\$ 66.67
Agujas de calibre 25 mm		\$ 66.67
Mano de obra por aplicación		\$ 50.00
Costos de los Bioensayos.		\$ -
Envío de muestras por medio de la empresa Estafeta	\$ 150.00	\$ 18.75
Frascos para enviar muestras: frascos de plástico	\$ 70.00	\$ 8.75
Caja tipo hielera para el envío de las muestras: Hielera térmica de marca Poliexpanded de 10*10*10.	\$ 100.00	\$ 12.50
Refrigerante en gel: Gel para frío/calor, en presentación de bolsa plástica, de la marca nuevo milenio de medio kilogramo.	\$ 40.00	\$ 5.00
Algodón: bolsa de algodón en lámina de 0.300 kg.	\$ 15.00	\$ 1.88
Costo del pesaje de animales		\$ 220.00
Mano de obra por manejo.		\$ 50.00
TOTAL	\$ 375.00	\$ 1,006.83
<b>COSTO DEL TRATAMIENTO POR CABEZA</b>	\$ 5.68	\$ 15.26