



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

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

**DINÁMICA ESTACIONAL DE LA GARRAPATA *Boophilus
microplus* EN BOVINOS DEL ESTADO DE SINALOA**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS

PRESENTA

SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO

TUTOR:

DR. ZEFERINO GARCÍA VÁZQUEZ

COMITÉ TUTORAL:

DR. CARLOS VÁSQUEZ PELÁEZ

DR. RODRIGO ROSARIO CRUZ



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 Jaime Eleazar y Catalina, mis hijos, que son la prolongación de mi ser

A Jaime con quien comparto mi esencia y mi todo

A Riquelmer, Jesús Riquelmer y Mónica, quienes no nacieron de mí, pero también son la prolongación de mi ser

A mis papás, quienes están con Dios. Ellos me dieron todo lo que eran y eso me permitió ser.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María Teresa Quintero, mi amiga, compañera, consejera, maestra y todo lo que ella es.

A Mimy mi amiga y leal compañera, quien siempre està conmigo, ayudàndome sin decaer, y màs.

Al Dr. Carlos Cruz Vázquez, un gran amigo y un gran maestro, a quien debo el haber logrado finalizar esta etapa de formación.

A Yazmìn por su apreciada amistad y por ser la valiente guerrera que siempre ha sido.

A Claudia, por estar siempre ahì tambièn, como la gran compañera, amiga y mujer.

A Jesús Rodríguez Millàn, mi compañero amigo por todo el apoyo que me brindò de manera generosa y a sus vacas mis amigas, parte esencial de este estudio.

A mi Universidad Autònoma de Sinaloa, a la Universidad Nacional Autònoma de Mèxico, mias y yo de ellas tambièn, por tener el privilegio de pertenecer a estas grandes Instituciones que nos permiten formarnos y retribuir lo que es nuestra obligaciòn a la sociedad mexicana.

A mi director de tesis Dr. Zeferino García Vázquez por su invaluable ayuda en este arduo proceso de formación.

A mis asesores Dres. Carlos Vàsquez Pelàez y Rodrigo Rosario Cruz por su generosidad y por su persistente apoyo.

A todas estas entrañables personas que puedo mencionar, tambièn aquellas cuyos nombres no aparecen aquì pero que participaron y colaboraron para la realizaciòn de este trabajo, muchas gracias y mi eterno agradecimiento.

CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| I. INTRODUCCION..... | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. Generalidades de las garrapatas de los bovinos | 3 |
| 2.2. Características del género <i>Boophilus microplus</i> | 4 |
| 2.3. Ciclo biológico de la garrapata <i>Boophilus microplus</i> | 5 |
| 2.4. Factores climáticos que afectan el ciclo biológico de <i>Boophilus microplus</i> | 6 |
| 2.5. Abundancia estacional y estimación de la densidad de una población..... | 7 |
| 2.6. Métodos de control de las garrapatas | 9 |
| 2.7 Control integrado de plagas | 11 |
| 2.8. Ganadería en Sinaloa | 15 |
| III. OBJETIVO GENERAL..... | 17 |
| IV. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 18 |
| 4.1. Etapa parasítica | 18 |
| 4.1.1. Sitio de estudio | 18 |
| 4.1.2. Diseño Experimental | 18 |
| 4.1.3. Conteo de garrapatas | 19 |
| 4.1.4 Datos Climáticos..... | 21 |
| 4.1.5. Análisis estadístico | 21 |
| 4.2. Etapa no parasítica | 22 |
| 4.2.1. Sitio de estudio | 22 |
| 4.2.2. Cepas de garrapatas <i>Boophilus microplus</i> | 22 |
| 4.2.3. Reproducción y mantenimiento de cepas de <i>Boophilus microplus</i> | 23 |
| 4.2.4. Diseño experimental para determinar el efecto de tres condiciones climatológicas sobre la reproducción de hembras ingurgitadas <i>B. microplus</i> | 23 |
| 4.2.5. Diseño para el estudio de las fases no parasíticas en condiciones de laboratorio. .. | 25 |
| 4.2.6. Datos climatológicos | 26 |
| 4.2.7. Análisis Estadísticos | 26 |
| V. RESULTADOS..... | 30 |
| 5.1 Etapa parasítica | 30 |
| 5.2. Etapa no parasítica | 32 |
| VI. DISCUSIÓN | 53 |
| 6.1. Etapa parasítica | 53 |
| 6.2. Etapa no parasítica | 54 |
| VII. CONCLUSIONES | 63 |
| 7.1. Etapa parasítica | 63 |
| 7.2. Etapa no parasítica | 63 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 65 |
| IX. ANEXOS | 83 |
| Anexo 1.9 Artículo aceptado para publicación..... | 83 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Número | Título | Página |
|---------------|---|---------------|
| Fig. 1a | Distribución de los promedios semanales de larvas durante el periodo de febrero de 2001 a enero de 2003 en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México. | 36 |
| Fig. 1b | Distribución de los promedios semanales de ninfas durante el periodo de febrero de 2001 a enero de 2003 en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México. | 37 |
| Fig. 1c. | Distribución de los promedios semanales de ninfas durante el periodo de febrero de 2001 a enero de 2003 en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México. | 38 |
| Fig. 2a | Relación temperatura- evaporación 2001-2002 en Culiacán, Sinaloa. | 39 |
| Fig. 2b | Relación temperatura- humedad 2001-2002 en Culiacán, Sinaloa. | 40 |
| Fig. 2c | Relación temperatura- Precipitación 2001-2002 en Culiacán, Sinaloa. | 41 |
| Fig. 2d | Relación Evaporación respecto a la variación de temperatura a 2001 en Culiacán, Sinaloa. | 42 |
| Fig. 2e | Relación Evaporación respecto a la variación de temperatura a 2002 en Culiacán, Sinaloa. | 43 |

ÍNDICE DE CUADROS

| No. De Cuadro | Titulo | Página |
|---------------|--|--------|
| 1 | Coeficientes de correlación entre las variables climáticas y los promedios semanales del numero de los diferentes estadios (transformados $\log_{10}+1$) de la garrapata <i>Boophilus microplus</i> en dos años de estudio 2001-2003, en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México. | 44 |
| 2 | Índice de variables climáticas temperatura (t), evaporación (e) y precipitación (p) sobre el comportamiento de los diferentes estadios de <i>Boophilus microplus</i> transformados a $\log_{10}+1$. | 45 |
| 3 | Distribución y localización de las garrapatas en sus diferentes fases de desarrollo en los bovinos. | 46 |
| 4 | Cepas Media Joya y Nativa de garrapatas <i>Boophilus microplus</i> en tres ambientes: Laboratorio, Sol y Sombra. | 47 |
| 5 | Ambiente Laboratorio comportamiento de las dos Cepas tanto Media Joya (MJ) como Nativa de la garrapata <i>Boophilus microplus</i> . | 48 |
| 6 | Ambiente Natural Sol. Comportamiento de las Cepas Media Joya y Nativa de la garrapata <i>Boophilus microplus</i> . | 49 |
| 7 | Ambiente natural Sombra. Comportamiento de las Cepas Media Joya y Nativa de la garrapata <i>Boophilus microplus</i> | 50 |
| 8 | Relación del peso al ingurgitamiento en garrapatas <i>Boophilus microplus</i> de dos cepas (Nativa y Media Joya) y el IER e IAR, en condiciones de laboratorio. | 51 |
| 9 | Determinación de los Índices de Eficiencia Reproductiva y de Aptitud Reproductiva de dos cepas de garrapatas <i>Boophilus microplus</i> hembras durante un periodo de dos años. | 52 |
| 10 | Coeficiente de correlación de Pearson en características reproductoras de dos cepas de garrapatas, (cepa NATIVA en la diagonal superior, cepa INIFAP en la diagonal inferior). | 53 |

RESÚMEN

DINAMICA ESTACIONAL DE *Boophilus microplus* EN BOVINOS DEL ESTADO DE SINALOA, MEXICO.

Soila Maribel Gaxiola Camacho. Director de Tesis Dr. Zeferino García Vázquez; Asesores: Dr. Carlos Vásquez Peláez, Dr. Rodrigo Rosario Cruz.

El presente estudio se realizó en Culiacán, Sinaloa, México. Participando la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, el INIFAP, CENID-PAVET de Morelos y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Tuvo como objetivo determinar las fases parasítica y no parasítica de la garrapata *Boophilus microplus* y la correlación existente con los factores climáticos. En la fase parasítica, las larvas, ninfas y adultas de *Boophilus microplus* fueron contadas. Las infestaciones mostraron distintos picos de actividad para cada uno de los estados parasíticos durante el período de 24 meses. Las larvas predominaron de abril a julio. Las ninfas de marzo a mayo. Y los adultos durante el verano. Las variables climáticas mostraron correlaciones (r) estadísticas significativas ($P < 0.05$) con los conteos de garrapatas, y los coeficientes de determinación (r^2) fueron siempre más bajos de 0.40, sugiriendo que ninguna variable climática, puede explicar por si sola, el patrón de distribución de la población durante el año. En el estudio de la fase no parasítica, fueron usadas dos cepas de garrapatas *Boophilus microplus* una de referencia (Media Joya) y otra nativa. Se estudiaron los Índices de Eficiencia Reproductiva (IER) y los de Aptitud Reproductiva (IAR) de cada colecta de garrapatas ingurgitadas, la información fue sometida a análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan ($P < 0.05$). Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson ($P < 0.01$) para estimar la asociación entre el peso de las garrapatas ingurgitadas y el peso y número de huevos puestos y eclosionados. La cepa Nativa mostró un peso al ingurgitamiento más alto que la cepa de referencia. Los IER y los IAR de ambas cepas a lo largo del estudio mostraron diferencias ($P < 0.01$), siendo la cepa Nativa la de mejor desempeño en ambos índices.

Palabras clave: Garrapatas, *Boophilus microplus*, bovinos, estados parasíticos, estados no parasíticos..

ABSTRACT

STATIONAL DYNAMICS OF *Boophilus microplus* IN BOVINES FROM SINALOA STATE, MEXICO.

The present study was carried out in Culiacàn, Sinaloa, Mèxico. Participating the Veterinary Medicine and Zootecnic Faculty of Autonomus University of Sinaloa, in cooperation with INIFAP, CENID – PAVET of Morelos and the Faculty of Veterinary Medicine and Zootecnic of the National Autonomus University of Mèxico. The objective of this study was to determine the parasitic and non-parasitic stages of the *Boophilus microplus* tick and also the existent correlation with the climatic factors. In the parasitic stage, the larvaes, nymphs and adults of *Boophilus microplus* were counted. The infestations with *B. microplus* showed activity peaks for each one of the parasitic stages during the 24 months period. The larvaes predominated from April to June. The nymphs from March to May. And the adults during the summer. The climatic variables showed significant statistical correlation (r) ($P < 0.05$) with the tick counts, and the determination co-efficiencies (r^2) were always lower than 0.40, suggesting that no climatic variable can explain by itself the distribution pattern of the tick population during the year. During the study of the non-parasitic stage, two strains of *Boophilus microplus* ticks were used. . Studied were the Reproductive Efficiency Index (REI) and the Reproductive Aptitude Index (RAI). Engorged ticks were collected. The REI and RAI were then calculated from each collection, the information obtained was submitted to variant analysis and Duncan's multiple rank test ($P < 0.05$). It was also calculated by the Pearson correlation co-efficiencies ($P < 0.01$) to estimate the association between the weight of engorged ticks and the weight and number of eggs laid and hatched. The native strains showed an engorged weight higher than the reference strain. Both indexes of engorged weight ratio were always higher in the native strain ($P < 0.05$). The REI and RAI of both strains showed differences during the study ($P < 0.01$), with native strain having the better performance in both indexes.

Key words: Ticks, *Boophilus microplus*, bovines, parasitic stages, non parasitic stages.

I. INTRODUCCION

El desarrollo de la ganadería en áreas tropicales y subtropicales, en México, al igual que en otras partes del mundo, se ha visto limitado por problemas sanitarios como son la presencia de garrapatas y enfermedades por ellas transmitidas, las cuales en conjunto disminuyen considerablemente la producción (Pegram, et.al.,1993). Las garrapatas son artrópodos muy perjudiciales a la economía de los productores ya que, además de los daños directos que ocasionan al alimentarse son transmisores de patógenos causantes de enfermedades en el ganado, estos parásitos afectan a la mayoría de los vertebrados terrestres y con pocas excepciones, todos los estados postembrionarios se alimentan de la sangre y líquidos de los tejidos de sus huéspedes (Landeros et al., 1999).

El problema parasitario varía mucho dependiendo de la región, de las especies de garrapatas presentes, de los agentes transmisibles, de la población de huéspedes involucrados, así como del aspecto económico-social y el avance tecnológico aplicado para su control (Marquardt et al., 2000; Kettle, 1995).

En México se tiene una gran variedad de condiciones climáticas y socio-económicas, que han permitido acumular valiosas experiencias en torno a la problemática de las garrapatas. Ha sido ampliamente documentado que las garrapatas causan un efecto directo al picar al huésped vertebrado, al alimentarse de sangre y linfa, y transmitirle virus, bacterias, hongos, protozoarios y nematodos, además de inocularle toxinas (Eldridge and Edman, 2000; Quiroz, 1991).

Las garrapatas son controladas por dos razones: 1) para eliminar el efecto *per se* sobre la producción de leche o carne; 2) para reducir las pérdidas económicas ya sea por muertes o decaimiento. En el primer caso los aspectos de biología de la garrapata y dinámica de la población, determinan la frecuencia de los tratamientos; además, en el segundo caso determinan la transmisión de las enfermedades por las garrapatas y requiere de mucho más rigor que solo el régimen de tratamientos (McCosker, 1979).

El estado de Sinaloa ubicado a lo largo de la costa del océano pacífico, en la región noroeste, presenta una vegetación con forraje abundante durante la época de lluvias, para el ganado bovino. A pesar de los esfuerzos realizados en el control de la garrapata, la presencia de *Boophilus microplus* es abundante en casi todos los meses del año y consecuentemente un constante riesgo en la salud animal, debido a las enfermedades que transmiten las garrapatas al ganado bovino constituyendo una barrera para la introducción de razas europeas a éstas zonas.

Los efectos de las garrapatas sobre los aspectos productivos del ganado han sido reportados en varios estudios, En Sinaloa el ganado bovino es predominantemente cruzas de cebú adaptadas al medio ambiente y con resistencia a las infestaciones con garrapatas comparadas con el ganado europeo. La resistencia natural de las razas cebuinas se expresan en un menor número de garrapatas adultas ingurgitadas en animales infestados, reducción del peso de las hembras ingurgitadas y reducción de la fecundidad de las garrapatas.

Los estados de Morelos y Veracruz han sido relevantes para establecer programas de control, sin embargo recientemente se ha observado resistencia de las garrapatas a los productos ixodicidas utilizados, modificándose los programas de tratamiento y también se ha alterado las condiciones del medio ambiente como son los pastizales y por lo tanto esto podría producir cambios en la dinámica poblacional de la garrapata *B. microplus*. Dado lo anterior el objetivo de este estudio es conocer la dinámica poblacional de la fase parasítica de *B. microplus* durante un periodo de dos años y determinar las características de los estados de la fase no parasítica bajo las condiciones ecológicas del Municipio de Culiacán en el Estado de Sinaloa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de las garrapatas de los bovinos

Las garrapatas son los ectoparásitos más importantes para la actividad pecuaria bovina actual, los perjuicios que ocasionan van desde la pérdida de peso, baja conversión alimenticia, lesiones de la piel que favorecen la presencia de miasis, dermatosis, inflamación, edemas, anemia, transmisión de agentes patógenos que provocan graves enfermedades, toxicosis, inoculación de fluidos salivales tóxicos en el sitio de la picadura, ocasionando disturbios sistémicos severos y finalmente muerte de los animales (Domínguez et al., 2003). El impacto económico causado por algunas especies de garrapatas y las enfermedades que transmiten, ha sido el principal argumento para invertir en programas para su control o erradicación (Cardozo, 1989).

La infestación por garrapatas causa cuantiosas pérdidas productivas a la ganadería, además del impacto que algunas especies provocan en la salud pública. En el renglón económico ésta parasitosis ocasiona grandes mermas en el valor de la productividad, constituye el principal obstáculo en la producción de carne, leche, piel y otros productos, así, por ejemplo se ha determinado, que una hembra ingurgitada de *B. microplus* produce una reducción de ganancia de peso en el ganado de hasta 1.5 g, mientras que una de *Rhipicephallus appendiculatus* provoca pérdidas hasta de 4 g, según estudios realizados en condiciones controladas (Mason and Norval, 1988; Norval et al., 1983). En el caso de bovinos adultos altamente infestados, pueden perder en un año hasta 90 litros de sangre, lo que equivale a una pérdida diaria de 250 ml (Landeros et al., 1999). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), estima que en los países desarrollados, los cuales tienen suficientes servicios médico-veterinarios el daño ocasionado por garrapatas fluctúa entre un 10 y un 20% del valor de la producción, mientras que en países como México, en algunos lugares, las pérdidas son entre el 30 y 40% (Landeros et al., 1999). La garrapata del ganado, *B. microplus*, se encuentra ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales de América,

provocando en los animales daños directos por la alimentación con sangre y también por la transmisión de enfermedades, principalmente la babesiosis bovina; las pérdidas económicas son importantes por estas causas y por los costos de control químico (Borges, et al., 2001; Chilton, 1992).

La garrapata del ganado bovino, *B. microplus*, es uno de los modelos más estudiados en la actualidad, los resultados de las investigaciones realizadas en diversos aspectos son alentadores pero no concluyentes; aún para el grupo principal de investigadores que lo haya generado. Las evaluaciones de campo, con información ecológica de los aspectos parasíticos y no parasíticos de éste artrópodo son elementos que esperan ser analizados y experimentados con más detenimiento. En algunas regiones de México la problemática de las infestaciones de garrapatas, por la presencia de *B. microplus* en los bovinos y otras especies animales, causan una gran morbilidad debido a *Babesia bigémina*, y *Babesia bovis*, como es en el caso de Sinaloa (Gaxiola et al., 1999, Gaxiola et al., 2002a; Gaxiola et al., 2002^b; Gaxiola et al., 2003), en éste estado, solo existen estudios muy localizados y particulares sobre prevalencia y tratamiento, de la babesiosis bovina y las garrapatas *B. microplus*, pero falta la información básica, sobre dinámica de población del vector y como influyen los factores climáticos, no existen registros sobre ésta información de manera sistemática y concreta.

2.2. Características del género *Boophilus microplus*

Pertenece a la Clase *Acarida* Orden *Metastigmata*, Superfamilia *Ixodoidea*, la familia *Ixodidae* (garrapatas duras), género *Boophilus*, especie *microplus*.

Boophilus no tiene festones, u ornamentación pero todas las especies tienen ojos. *Boophilus* sin alimentar son pequeños y pasan fácilmente inadvertidos sobre el huésped; hay cierta duda sobre si las especies *B. annulatus* y *B. micorplus* son diferentes, ya que experimentalmente se han producido híbridos, en donde las hembras F1 son normales pero los machos carecen de testículos o son vestigiales (Harwood y James, 1987).

Esta especie presenta la base del gnatosoma en forma hexagonal, presenta ojos, el dorso no es ornamentado y los machos tienen escudos adanales y accesorios. Se diferencia de *Rhipicephalus* en que tiene las valvas crestadas dorsal y lateralmente y en la falta de festones (Kettle, 1995).

Boophilus es la garrapata más distribuida en el ganado bovino en México, se encuentra en una superficie de 1'043'772.4 Km², que representa un 53.30% del territorio nacional (Solis, 1986). Se encuentra localizada con mayor frecuencia y abundancia en las zonas tropicales bajas. Estas son regiones con altas concentraciones de ganado y condiciones ambientales muy favorables. Se ha adaptado a una gran variabilidad de condiciones de hábitat, manifestando patrones regionales y locales de comportamiento biológico y ecológico que son característicos en cada lugar y pueden ser valorados y utilizados prácticamente en el diseño de programas de control (Solis, 1986; Evans et al., 2000).

2.3. Ciclo biológico de la garrapata *Boophilus microplus*

El ciclo de vida de *Boophilus* presenta cuatro estadios: huevo, larva, ninfa y adulto, las hembras depositan sus huevecillos sobre el suelo, variando en cantidad desde 100 hasta 18,000. Las larvas son hexápodos, es decir tienen seis patas y permanecen así hasta la primera muda, la ninfa que emerge de la primera muda tiene cuatro patas y permanece en esta condición hasta su transformación a adulto. Los ixódidos tienen un solo estadio ninfal, pero los argásidos pueden tener hasta cinco. La mayoría de las especies de garrapatas se desprenden y caen del huésped para mudar, pero en varias especies y en miembros del género *Boophilus* la muda se lleva a cabo sobre el huésped, como una adaptación a la infestación de huéspedes que son grandes mamíferos errantes (Kettle, 1995).

Ambas especies pueden utilizar estímulos asociados con el huésped para orientarse, como el bióxido de carbono de la respiración y el calor del huésped. Las larvas de garrapatas que emergen de huevecillos a nivel del suelo por lo general se suben a los pastos y otras plantas para alcanzar a los animales que están pastando o que pasan por donde se encuentran estas, la búsqueda del huésped es

característica de todos los estadios postembrionarios de los ixódidos que dejan al huésped para mudar; después de alcanzar el cuerpo del huésped una larva sigue una secuencia de alimentaciones y mudas hasta llegar a la madurez; cuando la alimentación se completa en un solo animal, como el caso de *Boophilus microplus*, se dice que la especie es una garrapata de un solo huésped. Un hecho curioso es que los machos se alimentan de las hembras y que las formas inmaduras se alimentan de miembros de la misma especie que recién se han alimentado de sangre adquiriendo así los patógenos (Eldridge and Edman, 2000).

Se ha demostrado la comunicación química por feromonas que afectan la agrupación, apareamiento y el encuentro del huésped (Kettle, 1995; Wedderburn et al., 1991). Durante la cópula el macho transfiere a la hembra un espermátforo que contiene los espermatozoides, la partenogénesis ocurre en ciertas especies (Eldridge and Edman, 2000).

Se reconoce que en las garrapatas Ixódidas el número de huevos producidos, está relacionado con el peso de la hembra ingurgitada, las hembras más pesadas producen más huevos o éstos son más pesados (Diehl et al., 1982; Chilton y Bull, 1991). Drummond y Whetstone (1970), construyeron el Índice de Eficiencia Reproductiva (IER), que se define como el número de huevos puestos dividido entre el peso de la hembra ingurgitada en el momento que cae del huésped, para estimar la aptitud reproductiva de diferentes hembras. Posteriormente, Chilton (1992), propuso el Índice de Aptitud Reproductiva (IAR), que es definido como el número de huevos que eclosionan como larvas dividido entre el peso que tiene la hembra ingurgitada en el momento que cae del huésped; el IAR tiene una ventaja sobre el IER porque toma en cuenta la viabilidad de los huevos puestos.

2.4. Factores climáticos que afectan el ciclo biológico de *Boophilus microplus*.

La fase de vida libre del ciclo biológico de la garrapata del ganado *B. microplus*, es afectada por un gran número de factores climáticos. Los efectos de la temperatura y humedad relativa (HR) han sido reportados por diferentes investigadores (Legg, 1930; Wilkinson and Wilson, 1969; Harley, 1966; McCulloch's

and Lewis, 1968) y conjuntados por Wilkinson (1970). Así como por Bennet (1974), Iwuala and Okpala, 1977, Davey et.al., 1980; Jagannath et.al., 1982; Ouhelli et. al., 1982; Teel, 1984 y Davey, 1988. Es aceptado generalmente que la temperatura y la humedad relativa tienen un efecto significativo en el ciclo de vida de las garrapatas *Boophilus*. Con excepción de las publicaciones de Hitchcock's (1955) y Kitaoka y Yajima's (1958), pocos estudios han sido hechos sobre la oviposición y supervivencia larval de *B. microplus* bajo condiciones controladas de laboratorio. Tales estudios proveen de información básica esencial en la interpretación de los experimentos de campo. Con base en los estudios de Hitchcock (1955) y de Kitaoka y Yajima (1958) podría concluirse que todas las garrapatas independientemente de su tamaño y peso siguen patrones o modelos similares en su eficiencia en la oviposición y demás fases del estado no parasítico, cuando son puestas a la misma temperatura (Marquardt et al., 2000). La muda de larvas y ninfas también se ve afectada por la influencia de la temperatura y humedad relativa, arriba de 21°C a las larvas les lleva menos tiempo mudar que a las ninfas, y ésta diferencia se manifiesta tanto intraespecífica como interespecíficamente (Chilton et al., 2000).

En campo abierto las larvas de esta garrapata pueden ser distribuidas por el viento hasta por 30 a 80 m y el transporte casual sobre las aves y otros huéspedes no adecuados abarca 30 m hasta 0.8 Km. Aún en períodos de sequía las larvas pueden absorber agua de la atmósfera húmeda antes del amanecer y el rocío. La supervivencia de bajas poblaciones es posible por la incidencia bastante alta de partenogénesis (Harwood y James, 1987).

2.5. Abundancia estacional y estimación de la densidad de una población.

B. microplus es una especie marcadamente de estación lluviosa (≥ 750 mm), y no persiste en áreas seca con humedad baja. En áreas del trópico donde las lluvias y humedad son altas *B. microplus* se reproduce continuamente durante todo el año, en áreas subtropicales las garrapatas tienen un ciclo estacional muy marcado. La vegetación es también un factor importante de distribución e influye en el ciclo biológico en éstas zonas (Estrada-Peña, 2001). La eclosión de larvas en primavera

resulta en una primera generación de adulto en noviembre-diciembre, y la población se incrementa progresivamente alcanzando su pico en la cuarta generación al final del otoño, seguida de una disminución de la población en invierno, el rápido descenso de la población de garrapatas sobre el ganado obedece al hecho de que las hembras que se desprenden desde abril hasta mediados de julio no producen progenie, las hembras que se desprenden a finales de julio sí producen progenie. Las garrapatas superan el invierno como larvas, eclosionada de huevos puestos por hembras que se desprendieron del ganado en marzo o a principios de abril, estas son la fuente de las eclosiones de las larvas en primavera, esto ocurre en regiones subtropicales como algunas áreas de México y sureste de Australia (Queensland) (Kettle, 1995; Burg, 2001; Mangold et al., 1994). La continuidad de la especie en una localidad depende de la sobrevivencia de las larvas, pero tanto las larvas como los huevos son susceptibles a las bajas temperaturas y humedades (Lima et al., 2000; Kettle, 1995; Bennett, 1974).

Una forma de tener certidumbre sobre la estimación de la densidad de una población en un momento determinado es analizando las características poblacionales con base a la disposición espacial; la que puede ser medida en función de la media y la varianza (Badii et al., 1998; Barnard and Morrison, 1985; Barnard et al., 1989).

Dinámica de la población

Se han construido modelos matemáticos que relacionan la población de *B. microplus* a su huésped y época del año, estos modelos son una herramienta útil para planear estrategias de manejo del ganado. Estos modelos han mostrado que la producción de huevos es constante en el rango de temperatura de 16 a 33 °C. La densidad de la población en un huésped es otro factor importante en el crecimiento de la misma. La sobrevivencia de las larvas que han encontrado un huésped depende de varios factores, incluyendo la raza de los animales (Cebú son mas resistentes que

Hereford), época del año y el número de hembras completamente repletas de sangre (Kettle, 1995).

La sobre vivencia de las garrapatas en sus diversos estados de evolución (huevo, larva, ninfa, adulto), está determinado por factores climatológicos como lluvias, sequías, altitud, heladas, temperaturas medias nocturnas y diurnas, tipo de vegetación, así como por la cantidad de animales a disposición, de cuya sangre se alimentan estos parásitos. Cabe mencionar que los factores climatológicos afectan especialmente a los delicados huevecillos y a las fases no parásitas de la garrapata (García et al, 1989; Labruna et al., 2002).

Las hembras de los ixódidos buscan, después de haberse alimentado con suficiente sangre, lugares protegidos en el suelo, donde según el género ovipositan cantidades determinadas de huevos (*Boophilus* spp. entre 2,000-3,000, *Amblyomma* spp. hasta 5,000). Es por esto que el microclima del suelo (vegetación espesa, temperatura y humedad relativa), es tan importante para su sobrevivencia (Bennet, 1974).

Estos huevecillos son muy sensibles a sequías. Las larvas eclosionadas de ellos también evitan los ambientes secos y las altas temperaturas, ya que estos factores les perjudican. Las ninfas y especialmente las garrapatas adultas son mucho más resistentes a estos factores climatológicos (Bennet, 1974; Davey et al., 1984; Trigueros y Rojas, 1999; Davey and Cooksey, 1989; .

Los estudios de los períodos de sobrevivencia en condiciones de laboratorio a diferentes temperatura y humedad, también ha sido importante, porque nos permite obtener información básica que podrá aplicarse para determinar ésta misma información de larvas en la vegetación y formas de controlarlas (Davey et al., 1991)

2.6. Métodos de control de las garrapatas

El método más eficaz y rentable para el control de la garrapata *B. microplus* ha sido el uso de ixodicidas, los cuales se aplican sobre el cuerpo del huésped a intervalos específicos determinados por la región ecológica, especies a las que se va

a combatir y eficacia residual del ixodicida (FAO, 1981). La aplicación tópica ha sido principalmente a través de baños de inmersión y aspersion (mecánica y manual), las preparaciones pour-on (epicutánea) son ixodicidas concentrados que se aplican directamente sobre la piel de los bovinos y actúan después de dispersarse sobre la superficie del animal o después de absorberse a través de la piel y ser ingeridos por el artrópodo. Entre las principales familias de productos que se han usado para el control de las garrapatas incluyen los arsenicales, organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, amidinas cíclicas e ivermectinas (FAO, 1987; Norton et al., 1983).

El gobierno mexicano desde 1975 estableció un programa para erradicar la garrapata del ganado *B. microplus* con productos químicos mediante el uso de baños garrapaticidas. Sin embargo, éste programa mostró avance, pero limitado, en donde las metas de erradicación no se lograron y en las regiones de alta presencia de ésta garrapata no se ha conseguido un nivel de control adecuado, desafortunadamente el uso de acaricidas organofosforados y piretroides de manera indiscriminada ha provocado que en ciertas regiones de México se presente el fenómeno de la resistencia a dichos compuestos (Ortíz, et.al.,1995), debido a esta situación es necesario considerar la utilización de métodos de control alternativos que permitan disminuir el uso de los acaricidas, dando así mayor tiempo de vida a este recurso tan importante (Fernández, 1996; Tellam et al., 2002).

Muchos programas de erradicación de garrapatas se han realizado, resultando con éxito solo algunos de ellos, históricamente las técnicas de erradicación, tales como el uso de acaricidas en todo el ganado, la rotación de potreros con pastos infestados por largos períodos de tiempo en los que los estados de vida libre de las garrapatas pueden vivir, han sido los factores primarios responsables del éxito de los programas. Se ha estudiado la posibilidad de usar machos estériles por tecnologías de hibridación (Osburn and Knipling, 1982), como tecnologías más seguras para el ambiente sin el uso de acaricidas.

2.7 Control integrado de plagas

Un sistema integrado de manejo de plagas o control integrado (CIP) es la manipulación práctica de ácaros, garrapatas y poblaciones de insectos que constituyan una plaga, usando cualquiera de todos los métodos de control en una manera ecológica (Watson et. al., 1976). El manejo integral de plagas incluye la integración de dos o más tecnologías para controlar una ó más plagas de una comunidad y para reducir el daño ocasionado a la comunidad. El control integrado es la optimización de las medidas de control, aplicadas, tomando en consideración la ecología del parásito y el costo de las medidas de control utilizadas, es por lo tanto un mecanismo importante de transmitir tecnología a los productores (Camino, 1991; Beesley, 1982). La información ecológica acerca de las garrapatas, ha proporcionado en distintas partes del mundo la base para la adecuada selección y uso de diferentes métodos de combate y control, como son el seleccionar ganado bovino resistente, la detección de sitios de infestación en el huésped, la alternancia de las zonas de pastoreo y las modificaciones de los hábitats, el baño estratégico es otro ejemplo de cómo puede ser utilizado el conocimiento de la ecología de éste parásito (Fernández y García, 1999; Palmer et al., 1976; Norval et al., 1983). Es fundamental el obtener información ecológica de las plagas para poder hacer un uso inteligente de los insecticidas disponibles, a la fecha, ésta afirmación es aún vigente sobre todo debido a la amplia difusión de la resistencia en zonas altamente ganaderas de México y otras regiones del mundo (Kunz and Kemp, 1994). En el año de 1979, en Kansas, USA, (Camino, 1991) recomendaron el promover investigaciones sobre los efectos abióticos sobre poblaciones de garrapatas de bovinos, así como el determinar la fecundidad y longevidad del estado no parasítico, con el objeto de implementar descanso de praderas como medida de control cultural, otras medidas de control no químico han sido estudiadas desde entonces, destacando que las mismas se fundamentan en el conocimiento adecuado del comportamiento del parásito en una zona fisiográfica-ecológica determinada (Fernández, 1996).

Otros estudios ecológicos toman en cuenta también los microclimas, Daniel, 1988 en Checoslovaquia dio gran importancia al estudio del microclima como un elemento determinante en la distribución de las garrapatas, y en relación al desarrollo del ciclo de vida de los estados no parasíticos, asimismo Zapata y Camino, en 1977 en Tabasco, México y en el estado de Morelos (Camino,et.al., 1979) siendo éste último estado, donde se ha hecho el único trabajo integrado sobre la dinámica poblacional de los estados parasíticos y no parasíticos de la garrapata *Boophilus microplus*, en nuestro país, donde se encuentran resultados que indican una importancia decisiva del microclima en la reproducción de las garrapatas, sí éste es adverso (poca humedad o nula) las garrapatas van a tender a enterrarse en busca de humedad, las hembras grávidas son caminadoras y rascadoras.

El control de las diferentes especies de garrapatas y el erradicar la *Boophilus spp*, del territorio nacional, representaría un considerable aumento en la disponibilidad de leche y carne; de igual forma, para la industria peletera nacional de disponer de pieles de primera calidad sin tener que recurrir a las importaciones y para la ganadería, el poder utilizar razas altamente productivas que lograran manifestar su potencial genético.

El control químico ha sido y aún lo es en la mayor parte del mundo y a pesar de sus importantes desventajas el método más eficaz para el combate de plagas en general. En México en 1975, el Gobierno Federal creó, el Fideicomiso Campaña Nacional contra la Garrapata, habiendo sido los compuestos organofosforados los acaricidas autorizados para dicho control. Sin embargo la aparición de fenómenos de resistencia en *Boophilus microplus*, hacia los compuestos utilizados en su contra, es uno de los factores más desfavorables que pueden presentarse en el uso de productos químicos, además de los efectos residuales y efecto en otras poblaciones de artrópodos que puede modificar los hábitat. Esto los torna total o parcialmente ineficientes para el control de éstos ectoparásitos.

Por tal razón desde hace algunas décadas se ha estado trabajando en busca de otras tecnologías, si no más eficientes, si alternativos y complementarios al control químico, como el desarrollo de vacunas, razas de ganado resistentes al

ectopárasito, el uso de pasturas y sustancias anti-garrapata para ser incorporados en un control integral ecológico, para lograr disminuir las poblaciones de garrapatas y los efectos detrimentales que causan a la ganadería.

Un programa de control permitiría monitorear el impacto de los tratamientos y actividades de prevención. Para establecer calendarios estratégicos de tratamiento y reducir el uso de acaricidas aumentando su eficiencia en la reducción de las poblaciones de *B. microplus* a lo largo del tiempo.

La aptitud en los animales debe ser medida en términos de su habilidad para sobrevivir y también para producir descendencia viable (Marquardt et al., 2000). Los parásitos producen una progenie grande, de gran número, lo cual compensa los bajos valores de sobrevivencia, antes de encontrar un huésped (Cordero del Campillo et al., 2004; Davey, 1980^a; Price, 1977). Es conocido que las hembras de algunas especies de garrapatas ovipositan aproximadamente 20,000 huevos, en una sola postura (Diehl, et al., 1982). En las garrapatas ixódidas, las hembras mueren después de la oviposición, entonces tienen solo una oportunidad para producir descendencia viable después del apareamiento (Davey, 1980b; Jagannath, 1982; Ouhelli, 1982). *B. microplus* es la principal especie de garrapata que parasita a los bovinos entre los paralelos 30^a norte y sur. Sus efectos pueden ser observados en los animales parasitados en concordancia con los daños directos causados y también por la transmisión de enfermedades, específicamente aquellas del complejo de la tristeza parasitaria bovina (Borges, et al., 2001; Chilton, 1992). En tales circunstancias el principio activo ha ser usado debe contener las propiedades y efectos de acuerdo a los resultados de las pruebas de inmersión de hembras ingurgitadas realizadas (Harley, 1994). De la misma forma se busca que los nuevos compuestos acaricidas se basen en este tipo de pruebas. La eficiencia de los diferentes tratamientos evaluada a través del índice de conversión en huevos que depende del peso inicial de la hembra ingurgitada, son pues muy importantes para determinar medidas de control. La resistencia de los hospederos de las garrapatas ha sido explorada como una forma de control de estos ectoparásitos, esto a través del uso de razas resistentes y también como base para el desarrollo de vacunas.

Otros efectos de la inmunidad del hospedero hacia las garrapatas han sido observados en diferentes fases de su ciclo biológico, tales como el desprendimiento prematuro, reducido peso de ingurgitamiento, aumento de la mortalidad, reducción de las tasas de fecundidad y eclosión (Davey, 1988; Davey et. al., 1991; Oberem, 1984; Sutherst et al. 1999). Sutherst et al. (1983) observaron, que en el desarrollo de las fases parasitarias en la resistencia del hospedero de *B. microplus* varía de acuerdo a la época del año. Para muchas especies de garrapatas ixódidas, el número de huevos producidos, está relacionado con el peso de la hembra ingurgitada, las hembras más pesadas producen más huevos o estos son más pesados (Diehl et al., 1982; Chilton and Bull, 1991). Drummond y Whetstone (1970), construyeron el Índice de Eficiencia Reproductiva (IER que es igual al número de huevos puestos entre el peso de la hembra ingurgitada en el momento que se cae del huésped) para comparar la aptitud reproductiva de diferentes hembras. Este índice, el cual calcula la conversión del peso del cuerpo de la hembra entre la producción de huevos, ha sido aplicado en comparaciones intraespecíficas de la aptitud reproductiva de hembras con irregularidades y sin ellas durante la oviposición, entre las hembras que se alimentaron en huéspedes de diferentes especies (Koch, 1982) o para hembras en diferentes días y fases del ciclo de oviposición (Koch and Dunn, 1980). Este índice ignora la viabilidad de los huevos, que es la proporción de huevos que eclosionan exitosamente hasta llegar a larvas bajo condiciones óptimas. Esto podría ser biológicamente engañoso en comparaciones intraespecíficas y/o interespecíficas de aptitud reproductiva de las hembras. Por ejemplo, si dos hembras ingurgitadas del mismo peso y bajo las mismas condiciones ambientales producen el mismo número de huevos, pero 90% de los huevos puestos por la primer hembra eclosionan, en cambio ninguno puesto por la segunda hembra lo hace, entonces las dos hembras con el mismo valor de IER, claramente tienen una desigual aptitud (Chilton, 1992). Existe una versión modificada del Índice de Eficiencia Reproductiva de Drummond y Whetstone (1970), lo que es el Índice de Aptitud Reproductiva (IAR) de Chilton (1992) es definido como el número de huevos que eclosionan como larvas entre el peso que

tiene la hembra ingurgitada en el momento que se cae del huésped. El IAR tiene una ventaja sobre los índices reproductivos existentes (IER), porque toma en cuenta la viabilidad de los huevos puestos. Esto proporciona una determinación biológicamente más significativa del éxito reproductivo de la hembra. Basado en éste índice, las hembras que fallan para poner huevos, o las hembras que no ponen huevos viables, tienen una aptitud reproductiva de cero. Esto es de significancia ecológica porque provee una información más puntual y exacta y biológicamente relevante al medir intraespecíficamente y/o interespecíficamente comparaciones de la aptitud reproductiva de las hembras.

2.8. Ganadería en Sinaloa

La ganadería bovina en México representa una de las principales actividades del sector agropecuario. En la región central del estado de Sinaloa, durante la última década, la engorda intensiva de ganado bovino se ha vuelto una actividad de creciente importancia y actualmente es la región engordadora de bovinos más importante del país, con una capacidad instalada para 150,000 cabezas (INEGI,2001; SARH, 1980). La gran mayoría de ganaderos, se encuentran constituidos como pequeños productores, distribuidos en 32,523 unidades de producción de ganado bovino (INEGI, 2001), aquí es donde deben tener sistemas de manejo adecuados con sus animales, para alimentarlos satisfactoriamente y mantenerlos libres de enfermedades, entre ellas las parasitosis; para comercializar a mejor precio, para obtener más carne, más leche y más crías, las cuales si no las pueden finalizar las venden a los acopiadores.

A diferencia de otras regiones altamente ganaderas del país con climas templados y semidesérticos como Sonora, Coahuila, Nuevo León, Baja California e incluso Estados Unidos, la actividad ganadera en Culiacán y municipios vecinos, se desarrolla en clima tropical seco y subhúmedo con altas temperaturas y humedades relativas altas también en algunos meses, ya que la lluvia se concentra en los meses de julio a septiembre (García ,1988), éstas condiciones ambientales someten a los animales bovinos a estrés principalmente por calor y éstos mismos factores

predisponen a que haya una alta prevalencia y desarrollo de ciclos parasitarios entre ellos los ectoparásitos como las garrapatas, cuya presencia y las enfermedades infecciosas transmitidas por ellas se han asociado a problemas de inmunosupresión (Blecha y Charley, 1990).

Los ganaderos han utilizado estrategias y se está en busca de ellas para disminuir los factores estresantes en los bovinos, entre las que se tiene, la utilización de cruzas con *Bos indicus*. La importancia de inclusión de razas de *Bos indicus*, principalmente Brahman en la ganadería tropical es un concepto bien establecido (Crouse et al., 1989). Ello se debe a la conocida capacidad del ganado cebuino para tolerar mejor las condiciones medioambientales de los climas tropicales (Blackshaw and Blackshaw, 1994), atribuido además a una serie de adaptaciones anatómicas, a una tasa metabólica 15% menor que la de *Bos taurus* (NRC, 1996). A éstos factores se deben unir los factores de resistencia que estas razas tienen hacia las garrapatas.

Los efectos de las infestaciones por garrapatas en la producción de la ganadería en Sinaloa están escasamente documentados. De ésta manera, es una necesidad actual el implementar los trabajos básicos sobre la dinámica poblacional de la garrapata del ganado, *B. microplus*, para que con ésta información estar en capacidad de desarrollar y proponer un programa de manejo de control integrado aplicable a ésta región del país, contribuyendo de ésta manera a resolver la problemática de su ganadería anteriormente planteada.

III. OBJETIVO GENERAL

Conocer la dinámica poblacional de la fase parasítica de *Boophilus microplus* durante un período de dos años y determinar la longevidad de las larvas, y demás estadios de la fase no parasítica bajo condiciones de laboratorio y ecológicas del Municipio de Culiacán en el estado de Sinaloa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Determinar la dinámica poblacional de la fase parasítica en bovinos adultos en un período de dos años.
2. Determinar la asociación de los factores climatológicos a la dinámica poblacional de la etapa parasítica de *B. microplus*.
3. Determinar la distribución espacial de los diferentes estadios de *B. microplus* en la fase parasítica en bovinos infestados naturalmente durante un período de 2 años.
4. Determinar los parámetros reproductivos de garrapatas hembras ingurgitadas en dos tratamientos climatológicos y en condiciones de laboratorio durante un período de dos años.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó contemplando dos fases; etapa parasítica de la garrapata *Boophilus microplus* y etapa no parasítica durante un período de dos años, comprendidos de marzo del 2001 a febrero del 2004.

4.1. Etapa parasítica

4.1.1. Sitio de estudio

Esta fase del estudio se realizó en el poblado de Estación Rosales, que se encuentra ubicado en el km 18 a la salida Norte de la ciudad de Culiacán, municipio de Culiacán, Estado de Sinaloa. Geográficamente se encuentra situado a 20°48' latitud Norte y 107°23' latitud Oeste, a una altitud de 60 msnm, y una precipitación pluvial promedio anual de 675 mm, con un régimen de lluvias en los meses de junio a octubre, el clima predominante es cálido subhúmedo con una temperatura promedio anual de 24.9°C (INEGI, 2001).

4.1.2. Diseño Experimental

Se realizó un estudio longitudinal de cohorte utilizando nueve bovinos hembras, con características fenotípicas, de Brahaman- Holstein, y Simmental-Brahmán. Los criterios de inclusión fueron animales nacidos en el mismo rancho, adultos de 4 a 7 años de edad, y no haber recibido tratamiento un mes previo al inicio del estudio.

Los animales fueron alojadas por las noches en un corral de 50 x 50 m², cercado con material de Palo colorado (*Caesalpinia platyloba*) y Brasil (*Haematoxylon brasiletto*). El manejo de la alimentación fué acorde a las explotaciones de la región, con pastoreo en esquilmos agrícolas, de maíz y garbanzo principalmente durante los meses de enero a junio, durante mayo y junio se les proporcionó también pajas de frijol y garbanzo, de julio a diciembre pastorearon en vegetación nativa de gramíneas y algunas leguminosas, durante las estaciones de otoño-invierno ocasionalmente se les proporcionó forraje de corte, como pasto Sudán (*Sorghum vulgare sudanense*).

En los predios donde pastorearon los animales previamente se había determinado la presencia de la garrapata *B. microplus*. Los animales no recibieron tratamiento acaricida durante el período de estudio

4.1.3. Conteo de garrapatas

El tiempo de muestreo fue de dos años, de febrero del 2001 a enero del 2004. Los conteos de las garrapatas fueron realizados semanalmente (104 muestreos), de 7-9 a. m. los mismos días de la semana. El procedimiento utilizado fue el señalado por Hernández (1978) y Bennett (1975), se pasó la mano suavemente sobre las diferentes regiones del cuerpo del hospedero donde habitualmente se localizan las garrapatas: región mamaria, patas traseras, ancas, flancos, abdomen, costillas y patas delanteras incluidas las axilas, cuello y cuartos delanteros, papada y cabeza. Para éste propósito, el lado derecho completo del animal, fue dividido en cinco áreas, las cuáles fueron designadas como: (1) región púbica; (2) región femoral; (3) cabeza y cuello; (4) cola e ingle; (5) tórax, vientre y piernas. El número de garrapatas en cada una de las cinco áreas fue multiplicado por dos y los totales sumados para estimar el número total de garrapatas en cada animal. Al detectar las garrapatas éstas fueron desprendidas directamente con la mano mediante los dedos índice y pulgar, tomándola lo más cerca posible del capítulo, volteándola hacia arriba y tirando suavemente de ella en contrapelo hasta desprenderla, evitando así que el hipostoma quedara adherido a la piel del hospedero ya que éste órgano de fijación representa un carácter taxonómico muy importante para la identificación a nivel de especie. El conteo de garrapatas durante las épocas de mayor infestación se realizó tomando como referencia un área circular de 10 cm de diámetro, éste valor fue relacionado, con el área total infestada. La colecta de ninfas y larvas se realizó pasando un peine fino y una espátula (como un raspador suave) sobre el cuerpo del animal (en algunas zonas se utilizo una cinta adhesiva suave también, éstos estadios fueron recogidas en embudos con su fondo tapado y con un lado aplanado o una extensión para facilitar su aplicación al cuerpo del animal (Silvestri, 1980).

Los animales fueron identificados individualmente con aretes en las orejas y no tuvieron ningún tratamiento acaricida durante todo el período de estudio, la mitad del cuerpo de los animales era analizada y se realizaba la colecta de garrapatas cada 28 días por los mismos investigadores. Todos los animales estuvieron siempre presentes en el momento de la colecta de las garrapatas, realizando durante todo el estudio colectas completas. Los estados de desarrollo de larvas y ninfas fueron fijados en etanol al 70% y las adultas depositadas en un frasco con papel humedecido con agua (Wharton and Utech, 1970) y posteriormente transportadas al laboratorio de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa (FMVZ-UAS) y examinadas con microscopio estereoscópico a 50X e identificadas de acuerdo con la utilización de las claves de Hoogstraal (1956) y de Sen and Fletcher (1962) para *Boophilus*. La identificación de la especie fue confirmada por personal investigador del Departamento de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El número de garrapatas hembras adultas fue usado para estudiar la variación estacional, ya que son el único indicador significativo de actividad estacional (Basu and Bandyopadhyay, 2004).

Los diferentes estadios o el sexo de los adultos fue determinado por inspección visual, registrándose posteriormente. Se midió la precisión del método de conteo usando el coeficiente de variación (Sokal and Rohlf, 1981) el cual se determinó de repetidos conteos de *B. microplus* en cada animal. En tres diferentes fechas de muestreo, fueron seleccionadas al azar tres animales del hato y por tres veces, el número de cada estadio de las garrapatas en cada área del cuerpo fue contado y registrado. El coeficiente de variación para los conteos en áreas individuales nunca excedió 5%. El coeficiente de variación para los conteos de todo el cuerpo, no excedió 8% para larvas, ó 5% para ninfas y adultos. Cada dato de los conteos fue transformado a $\log(x + 1)$ antes del análisis.

4.1.4 Datos Climáticos

Microclima, los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica más cercana al sitio de estudio, situada aproximadamente a medio kilómetro del rancho donde se mantuvieron los animales en estudio. Las medidas diarias de temperaturas máximas y mínimas, precipitación pluvial, y humedad relativa fueron registradas.

Microclima estas medidas fueron registradas diariamente la temperatura y humedad en el sitio de estudio con un termohigrómetro, considerando estos datos como microclima. Estos datos se correlacionaron con los eventos de dinámica poblacional.

4.1.5. Análisis estadístico

Los conteos y mediciones obtenidos semanalmente del número de adultos, larvas, ninfas, y los datos climáticos tomados diariamente de temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, evaporación, se pusieron en una base de datos de Excell y se transformaron por $\ln(x + 1)$ para cumplir con los supuestos de normalidad de acuerdo a los requerimientos (Snedecor y Cochran, 1977; Little y Hills, 1976).

Las variables del número de adultos, ninfas y larvas así como, la temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, y evaporación fueron transformados a logaritmo natural, y se analizaron mediante estadísticas descriptivas (medias \pm desviación estándar). Se cruzaron las variables de larvas vs temperatura y las combinaciones respectivas entre estadios y T, HR, y se calculó los coeficientes de Correlación de Pearson R entre las variables, considerando un alfa máximo de 0.05 para aceptar la asociación entre los valores de las variables. En el caso de valores de r mayores a 0.30 se aplicó un análisis de Regresión Múltiple, evaluando el modelo mediante el valor del coeficiente de determinación (r^2) y la significancia de los coeficientes de regresión ($P < 0.05$) (Steel y Torrie, 1988), bajo el criterio de número de parámetros que explica el comportamiento de cada uno de los estadios del organismo (SAS ver 8, 2004).

4.2. Etapa no Parasítica

4.2.1. Sitio de estudio

Esta fase del estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Sinaloa, la cual se localiza sobre la carretera Internacional Culiacán-Mazatlán km. 3.5 Predio las Coloradas, en la ciudad de Culiacán de Rosales, del municipio de Culiacán, Sinaloa. Este lugar se ubica en 24° 48' latitud Norte y 107° 23' longitud Oeste, a una altitud de 40 msnm y cuenta con un clima subhúmedo con lluvias en verano (Aw) de acuerdo a las modificaciones hechas por García (1988) a la clasificación de Koppen, con una temperatura media anual de 25°C, una mínima de 8° C y máxima de 45° C, con vientos dominantes del Noroeste entre 8 y 16 km/h y ocurrencia de vientos huracanados 1.85 veces al año. La precipitación pluvial es de 675.4 mm en promedio, con precipitaciones máximas en los meses de julio y agosto (INEGI, 2001). En ésta fase de trabajo participaron también el Departamento de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), CENID-Parasitología Veterinaria.

Para llevarla a cabo, se realizaron observaciones de los diferentes indicadores de la fase no parasítica de *B. microplus* en condiciones de laboratorio y en condiciones de ambiente natural (sol y sombra).

4.2.2. Cepas de garrapatas *Boophilus microplus*.

Se usó una cepa de garrapata *B. microplus* proporcionada por CENID-Parasitología Veterinaria del INIFAP (cepa Media joya) para su reproducción en los estudios de campo, libres de *Babesia spp.* Así mismo se utilizó una cepa nativa colectada del poblado de Estación Rosales, del Municipio de Culiacán, Sinaloa, obtenida de las vacas donde se estudió la fase parasítica (cepa NATIVA), también libre de *Babesia spp.*

4.2.3. Reproducción y mantenimiento de cepas de *Boophilus microplus*

La reproducción de la cepa Media Joya de *B. microplus* fue realizada en bovinos de raza europea, machos de aproximadamente 250 kg de peso, para lo cual se infestaron con 20 000 larvas activas de 21 días de edad. Después se procedió a la recolección de las hembras adultas ingurgitadas para su limpieza y un grupo de 10 hembras ingurgitadas se colocaron en cajas de Petri para la oviposición y fueron incubadas a 28° C y humedad relativa de 90%. Una vez terminada la oviposición fue retirada de las cajas, pesada y depositada en viales en diferentes cantidades de acuerdo a las necesidades del estudio, se consideró que un gramo de huevecillos es el equivalente a 20,000 larvas. Posteriormente se realizaron infestaciones periódicas con 20,000 larvas activas en una vaca de raza europea con características fenotípicas de Holstein, de la cual se obtuvieron hembras adultas ingurgitadas de la cepa Media Joya, para realizar las observaciones mensuales, en condiciones de laboratorio y en ambiente natural.

El mismo procedimiento se siguió con la cepa nativa excepto que la toma de hembras adultas ingurgitadas se realizó de la infestación natural, del poblado de Estación Rosales donde se estudio la dinámica de población de la fase parasítica.

4.2.4. Diseño experimental para determinar el efecto de tres condiciones climatológicas sobre la reproducción de hembras ingurgitadas *B. microplus*

Se seleccionaron dos sitios dentro de las instalaciones antes mencionadas, uno con sol, otro con sombra rodeado de arbustos o árboles. Se realizaron treinta repeticiones por tratamiento. Las observaciones se midieron mensualmente durante un periodo de dos años.

Como contenedores para las hembras adultas ingurgitadas, se utilizaron tubos de PVC de 10 cm de largo y un radio de 1.5 cm a los que se les hizo una ranura de 6 cm y fueron forrados con una malla de gasa. Se depositaron 30 contenedores en cada sitio conteniendo una garrapata adulta ingurgitada en cada tubo. Diariamente

se observaron y se determinaron las diferentes fases no parásitas de las garrapatas.

4.2.4.1. Preoviposición

Esto incluyó el número de días antes de darse la oviposición, iniciando a contar desde el primer día de exposición, hasta que se inicia a poner primer huevo.

4.2.4.2. Período de oviposición

El periodo de oviposición se determinó por observación de las hembras adultas ingurgitadas desde el inicio de la primera puesta de huevos hasta la finalización de la postura de los mismos. El número de días se anotó por grupo e individuo.

Las masas de huevos producidas por cada una de las hembras fueron pesadas en una balanza digital, expresando en mg su peso, y con números en escala de 1 a 5000 la cantidad de huevos producidos.

4.2.4.3. Incubación

El período de incubación fue registrado como el inicio a partir del momento cuando la garrapata terminó su oviposición hasta que la primera larva emergió.

Una vez que las hembras terminaban su oviposición, la masa de huevos se pesó, contó y se depositó en frascos de vidrio transparente tapados con algodón, para observar la eclosión.

Cuando se detectaba que ya no existía eclosión de la masa de huevos, los contenedores se trasladaron al laboratorio, tomando cada alícuota de aproximadamente 100 huevecillos y con la ayuda de un microscopio estereoscópico se determinó el porcentaje de eclosión.

Expresando el resultado en número y porcentaje del total por hembra de huevos eclosionados.

4.2.4.4. Longevidad de las larvas

Se designó una escala de 1 a 300 en orden al número de días. Lo cual se expresó como el número de días que las larvas sobrevivieron, en el ambiente respectivo estudiado y contenidas en los frascos.

Una vez finalizada la eclosión se determinó la sobrevivencia de las larvas. La determinación de viabilidad fue a través de la observación diaria (tres ocasiones durante el día) de las larvas, las cuales se estimulaban y si existía movimiento se consideraron vivas y paralizadas muertas. La longevidad total fue usada para estudiar las posibilidades de establecer estrategias de pastoreo rotacional.

4.2.4.5. Índice de Eficiencia Reproductiva

Se calculó dividiendo el número de oviposición entre el peso de la hembra ingurgitada (Chilton, 1992).

4.2.4.6. Índice de Aptitud Reproductiva

Se calculó dividiendo el número de huevos eclosionados entre el peso de la hembra ingurgitada (Chilton, 1992).

4.2.5. Diseño para el estudio de las fases no parasíticas en condiciones de laboratorio.

Una vez que se reprodujeron las cepas Media Joya y Nativa de *B. microplus*, se procedió a la recolección de las hembras ingurgitadas seleccionando aquellas con un peso mayor de 120 mg, para su limpieza y colocación en cajas de petri, incubadas a $28^{\circ} \pm 1^{\circ}$ C y humedad relativa de $80\% \pm 2$, éstos valores de temperatura y humedad fueron seleccionados porque investigaciones previas indican que $20 - 35^{\circ}$ C es el rango en el cual la biología reproductiva de éstas garrapatas ocurre (Hitchcock, 1955; Davey, 1988). Se realizaron observaciones diariamente, durante un período de dos años, haciendo registros y evaluaciones mensuales de 30 hembras adultas ingurgitadas de cada cepa; de las fases de preoviposición, oviposición, la cual una vez lograda fue retirada de las cajas,

pesada, contada y depositada en viales de vidrio transparente con tapa de algodón, donde se continuó con las mediciones de incubación, eclosión y supervivencia larval, calculándose además con éstos datos los índices de eficiencia y aptitud reproductiva, según la descripción hecha para cada medición en el punto anterior de éstas variables en condiciones de ambiente natural.

4.2.6. Datos climatológicos

Las variables de temperatura y humedad relativa macro fueron determinadas por medio de registros proporcionados a través de la Comisión Nacional del Agua, y los valores micro de éstas variables se determinaron al registrarse diariamente en el sitio de estudio. Posteriormente se correlacionaron éstos valores con los parámetros biológicos de la fase no parásita de *B. microplus*.

4.2.7. Análisis Estadísticos

Los valores de las variables de las cepas Media Joya y Nativa, tanto en condiciones de laboratorio como en ambiente natural, como fueron: peso de la hembra ingurgitada, preoviposición, oviposición, número de huevos eclosionados, incubación, porcentaje de eclosión, índice de eficiencia reproductiva, índice de aptitud reproductiva, sobrevivencia larval, y de variables climáticas, temperatura, humedad relativa, y precipitación se analizaron mediante estadística descriptiva (media \pm desviación estándar); se aplicó un análisis de Correlación de Pearson \otimes con un alfa máximo de 0.05 para considerar asociación entre las variables.

Dentro de cada ambiente, se realizó un análisis de la varianza utilizando un modelo lineal de efectos fijos (Steel y Torrie, 1988), de la siguiente forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = la variable de respuesta (peso hembra, preoviposición, oviposición, incubación, eclosión. Índice de eficiencia reproductiva, índice de aptitud reproductiva, sobrevivencia larval, humedad, temperatura, precipitación)

μ = la media general de los tratamientos.

β_i = efecto del i-ésimo mes.

T_j = efecto de la cepa de garrapata (Media Joya, Nativa)

E_{ijk} = error aleatorio

Para comparar el peso inicial de las hembras adultas ingurgitadas y su capacidad de conversión en huevos y su eclosión, 720 garrapatas adultas ingurgitadas de *B. microplus* con un peso variando de 120-400 mg fueron estudiadas. De éstas, 360 fueron colectadas de bovinos naturalmente infestados en un rancho de Estación Rosales, Culiacán, Sinaloa, México, llamada cepa NATIVA; y la otra del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria (CENID PAVET), la cual se denomina cepa Media Joya. La influencia del peso de la hembra ingurgitada sobre el número y el peso de la masa de huevos y la eclosión de los mismos, así como el efecto o influencia de la estación o los meses del año sobre la producción de huevos fue medida mensualmente, en 30 garrapatas adultas ingurgitadas de cada cepa. Durante el período de 2002 a febrero de 2004. Las hembras fueron pesadas individualmente, puestas en frascos de vidrio, tapados con algodón, y mantenidas en una cámara climatizada (temperatura de 27° C, humedad relativa de 80 %). Tres semanas después de la incubación, la masa de huevos fue pesada y los huevos fueron contados para calcular el índice de eficiencia reproductiva (IER que es igual al peso de la masa de huevos entre el peso inicial de las hembras x 100) (Bennett, 1974), (IER que es igual al número de huevos puestos entre el peso inicial de la hembra ingurgitada (Drummond y Whetstone 1970), lo que es el Índice de Aptitud Reproductiva (IAR) de Chilton (1992) que es definido como el

número de huevos que eclosionan como larvas entre el peso que tiene la hembra adulta ingurgitada en el momento que se cae del huésped. Los pesos iniciales de las hembras fueron agrupados en categorías de 30 mg para comparar el peso con la conversión en huevos. En el estudio de la interrelación con las estaciones, en el IER y en el IAR las garrapatas fueron analizadas por mes. En ambos estudios los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparados a través de la prueba de Rangos Múltiples de Duncan (Steel y Torrie, 1988).

ANDEVA.

IER

IAR = $\mu + \text{Año}_i + \text{Mes}_j + \text{Cepak} + e_{ijkR}$

$\alpha = 0.05$

El método usado para procrear y mantener las garrapatas en el laboratorio ha sido descrito previamente (Chilton and Andrews, 1988; Chilton and Bull, 1991).

Se colectaron mensualmente, en el periodo comprendido de febrero 2001 a febrero 2004, garrapatas *B. microplus* adultas ingurgitadas de dos orígenes: a) de bovinos infestados naturalmente (Cepa Nativa), localizados en un predio ganadero del municipio de Culiacán, Sinaloa, México; y b) de bovinos susceptibles que se mantienen infestados artificialmente en el CENID-PAVET (INIFAP), de Jiutepec, Morelos, México, con la cepa de referencia Media Joya.

En cada ocasión, se colectaron 30 hembras ingurgitadas de cada cepa, mismas que se pesaron y colocaron en un vial de vidrio de manera individual para esperar la oviposición incubándolas a 27°C y 80% de humedad relativa; las masas ovígeras se pesaron también de forma individual y posteriormente se incubaron en las mismas condiciones hasta observar la eclosión de larvas, finalmente se tomó una alícuota de aproximadamente 100 huevos de cada vial, mismos que se observaron al microscopio estereoscópico clasificando como eclosionados a los cascarones y como no eclosionados a los huevos enteros.

Se calculó el IER y el IAR de cada colecta mensual de acuerdo a lo recomendado en la literatura (Drummond y Whetstone 1970; Chilton, 1992), agrupando los pesos de las garrapatas ingurgitadas en rangos de 100 mg; la información fue sometida a un análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan ($P < 0.05$). Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson ($P < 0.01$) para estimar la asociación entre el peso de las garrapatas ingurgitadas y el peso y número de huevos puestos y eclosionados (Steel y Torrie, 1988).

V. RESULTADOS

5.1 Etapa parasítica

Los conteos de *B. microplus* en bovinos mostraron distintos picos de actividad para cada uno de los tres estadios parasíticos en las 104 semanas de estudio. En el primer año, los picos de larvas fueron observados durante la última semana de abril y las tres primeras semanas de mayo, contándose un promedio total de 4,122.89 larvas (Fig. 1^a). El pico más alto ocurrió la segunda semana de mayo cuando se observaron 3924 larvas en total. Durante el segundo año la población larval fue más uniforme, y aunque se contó un promedio total de 4,126.4 larvas muy similar al anterior; el pico más alto se presentó la primera semana de noviembre con un promedio de 1182 larvas, el cual fue menor (3924 vs 1182) que el pico más alto del primer año, presentándose mayores promedios de larvas durante julio y agosto. Las ninfas presentaron picos en mayo en la primera y segunda semana, con promedios de 1014 y 996 respectivamente durante el primer año, y picos menores en julio y otro de dos semanas durante noviembre para el segundo año (Fig. 1^b). Los picos de las garrapatas adultas de *B. microplus* en el primer año se presentaron en la semana 25 (correspondiente a julio), con un promedio de 1122 garrapatas adultas en total, que fue el más elevado y otro menor en mayo (semana 15) con 504 garrapatas (Fig. 1^c). Para el segundo año se registró una elevación durante las dos primeras semanas de julio con 402 garrapatas y el pico más elevado se presentó en diciembre durante dos semanas con 527 y 700 garrapatas adultas respectivamente. El promedio semanal de garrapatas adultas encontradas fue bajo, durante semanas cercano a cero, en los conteos realizados de septiembre a noviembre y durante enero, febrero y marzo, en el primer año, fue similar la situación para el segundo año, con la excepción del pico presentado en diciembre (Fig. 1^c).

El mayor promedio de recuperación semanal le correspondió a las larvas durante el primer año, con un valor de 713.57 ± 846.90 y el menor a los adultos, durante el primer año también con 100.8 ± 174.75 .

En las Figuras 2^a, 2^b, 2^c, 2^d y 2^e, se muestra el comportamiento de los factores climáticos en el área de estudio, el promedio anual de temperatura, humedad, evaporación y precipitación fueron 26.5°C, 66.6%, 175.1 y 48.5 mm respectivamente.

La comparación entre los datos climáticos obtenidos y los promedios de garrapatas presentados, mostraron que los períodos de más alta actividad de larvas de *B. microplus*, fueron los meses de primavera, seguidas por un nivel menor para el verano (julio agosto); coincidiendo éstos últimos meses, con la temperatura, humedad y precipitación más altas también. La evaporación se observó más elevada durante mayo-junio lo cual coincide con el pico más alto de la población larval, en cambio, los picos más elevados de larvas en el segundo período, coincide el primer aumento con los datos climáticos de temperatura y precipitación más elevados, y el segundo pico con la evaporación. Los aumentos del número de ninfas variaron en ambos períodos, el mayor aumento poblacional fue durante mayo-junio para el primer año, registrándose una mayor evaporación. Para el segundo año, las ninfas presentaron el pico más alto en verano coincidiendo con un aumento de la temperatura, precipitación y humedad, observándose otro pico entre octubre noviembre, lo cual coincide con una variación en la precipitación observada en el segundo año, donde de manera inusual la mayor precipitación pluvial se presentó en el mes de septiembre, la cual se continuó hasta octubre.

El mayor aumento de la población de garrapatas adultas para el primer período se presentó durante el verano, en los meses de julio y agosto, observándose algunos picos medianos durante la primavera y unas pequeñas elevaciones durante el otoño, sostenidos por tres semanas en diciembre y durante dos semanas en marzo antes de la primavera, cuando la temperatura, humedad, precipitación y evaporación fueron altas, se observó el aumento poblacional mayor, en julio; también se observó que durante el segundo año las garrapatas adultas presentaron el pico poblacional más elevado en diciembre, lo cual debió verse favorecido por la

precipitación pluvial que se presentó durante los meses de septiembre y octubre, con la consecuente elevación de la humedad presente en ese mes, aunado al hecho que las temperaturas registraron un promedio de 20 a 26 ° C de octubre a diciembre, por lo que consecuentemente, la evaporación se mantuvo también más elevada que en mismo período anterior.

Los coeficientes de correlación entre los promedios de los diferentes estadios de *B. microplus* y los datos climáticos se muestran en el Cuadro 1, se observó que el efecto de temperatura y evaporación fueron estadísticamente significativos ($p < 0.01$), sobre la presencia de larvas y ninfas, mientras que para el estadio adulto se observó además el efecto de precipitación ($p < 0.01$). Los resultados sugieren que cualquiera de éstas variables, por sí solas y en sus efectos lineales no pueden explicar el patrón de distribución de las garrapatas a través del año. El Cuadro 2 muestra el índice calculado de las variables climáticas sobre el comportamiento de larvas, ninfas y adultos. Para el estadio de larvas y ninfas se observó un efecto de temperatura, evaporación y evaporación en su efecto cuadrático ($R^2 = 0.204$), mientras que en los adultos las variables climáticas fueron además la precipitación y precipitación en su efecto cuadrático ($R^2 = 0.242$).

Los sitios predilectos de infestación por *B. microplus* en las vacas fueron la región pública y la ingle. De un total de 25,000 garrapatas; 15,000 fueron larvas, 9,000 fueron ninfas y 1000 adultas, observándose distribuidas como se aprecia en el Cuadro 3.

El 12% de las larvas encontradas, se localizaron ampliamente distribuidas (no en las regiones predeterminadas) en el cuerpo del animal, así como el 16% de las ninfas y 10% de los adultos.

5.2. Etapa no parasítica

El promedio total de peso encontrado en las hembras adultas ingurgitadas en los tres ambientes durante los dos años de estudio, fue el siguiente: En ambiente

natural de sol 240.96 mg, en sombra 250.12 mg, y en condiciones de laboratorio 236.18 mg,

Separándolas por ambientes y cepa se tienen las siguientes observaciones: cepa Media Joya (MJ), en el laboratorio tuvo un promedio de peso de 197.17 mg, en el sol de 208.297 mg y en la sombra de 223.13 mg. La cepa Nativa en el laboratorio presentó 275.186 mg, en el sol 273.62 y en la sombra 277.11 mg (Cuadro 4). Donde puede observarse que el mayor peso promedio alcanzado fue por las hembras Nativas ingurgitadas en la sombra, incluso mayor que la misma cepa en el laboratorio (277.11 mg vs 275.186 mg) (Cuadros 5 y 7).

Cepa Media Joya en sol 2.887 días, en sombra 3.83 días y en el laboratorio 4.06 días. La cepa Nativa 2.74 días en sol, 3.62 días en sombra y 5.24 días en el laboratorio (Cuadros 4 al 7).

La capacidad reproductiva de 720 garrapatas adultas ingurgitadas de *Boophilus microplus* se muestra en el Cuadro 1. La relación observada entre los pesos de estas hembras y sus IER y IAR son mostrados. Los registros fueron del número de huevos puestos por cada hembra y el número de huevos que las larvas eclosionaron. De manera general total las hembras de la cepa Nativa fueron más pesadas que la cepa Media Joya y tuvieron índices más elevados tanto del IER como del IAR ($P < 0.05$), (Cuadro 1) de manera particular por cepa, en la Nativa el 58.5% de las garrapatas con pesos entre 150 a 300 mg tuvieron más altos IER (variando de 13.48 % a 10.31%), mientras tanto las más pesadas (un 47.5% de las hembras) presentaron una más baja capacidad de conversión (variando de 9.81 a 9.22%). En la cepa Media Joya se observó una situación diferente, el 21.25% que fueron 153 garrapatas más livianas presentaron un IER y un IAR más alto, al igual que las 13 (1.8%) garrapatas más pesadas (8.57 a 8.01%) sin diferencias entre las más livianas y más pesadas; mientras que el (77%) 554 garrapatas con peso medio entre ellas, tuvieron IER y IAR más bajos y similares entre ellas (6.83 a 6.62%).

Los índices de Eficiencia y Aptitud reproductiva variaron estacionalmente entre la cepa Nativa y Media Joya, esto es, significativamente los índices más altos tanto de IER como IAR se observaron en la cepa Nativa durante todos los meses de los dos

años estudiados, con un promedio general de 10.40% para el IER y un 8.18% para el IAR en la cepa Nativa y un 7.18% y 4.36% respectivamente para sus índices de la cepa Media Joya, lo que evidentemente muestra valores más altos para la cepa Nativa ($p < 0.001$), Cuadro 9. Significativamente el índice más alto fue observado en meses de otoño/invierno (11.87% a 10.45%) y (7.75% a 7.38%) en el IER de las cepas Nativa y Media Joya, respectivamente: que en los meses de lluvia de primavera/verano con (9.86% a 9.32%) y (6.84% a 6.49%) en el IER también de ambas cepas. Respecto al IAR el comportamiento durante los meses de secas fue de (9.95% a 8.0%) para la cepa Nativa y de (5.25% a 4.80%) la cepa Media Joya, y durante los meses de lluvias y más calurosos, el IAR fue de (8.33% a 6.90%) para la cepa Nativa y de (3.88% a 3.68%) para la cepa Media Joya. De manera particular por cepa, en la Nativa, el IER varió significativamente de los meses secos a los meses de lluvias, el valor más alto fue observado en los meses de marzo y abril (11.87 y 11.49%) y se mantuvieron cercanos el resto de los meses, pero siempre más elevados que la cepa Media Joya. Por lo que respecta al IAR se observó una disminución durante los meses de primavera /verano (6.90% a 8.33%) respecto al otoño/invierno (8% a 9.9%). Se observó que la cepa Nativa presentó una relación lineal entre el peso de las hembras y su IER e IAR y la cepa Media Joya una tendencia cuadrática, (Cuadro 8).

Fue observado que, así mismo en hembras adultas mantenidas en ambiente controlado, la capacidad de conversión del peso en huevos varió estacionalmente. En la cepa Nativa, el menor IER y IAR fueron observados en septiembre, 9.32% y 6.90% respectivamente y en la cepa Media Joya también los menores índices fueron en septiembre el IER con 6.49% y el menor IAR en agosto con 3.80%. Los más altos IERs fueron observados en el periodo seco, de octubre a mayo (10.95 a 11.87%), y no en el período lluvioso, de julio a septiembre (9.32% a 6.49%) ($P < 0.05$). El peso medio de las hembras tuvo una distribución estacional y varió de 175 mg a 262 mg de abril a septiembre y de 190 mg a 216 mg de octubre a marzo ($P > 0.05$) (Cuadro 9).

Figura 1a. Distribucion de los promedios semanales de larvas durante el periodo de febrero del 2001 a enero 2003 en el Municipio de Culiacan, Sinaloa, México.

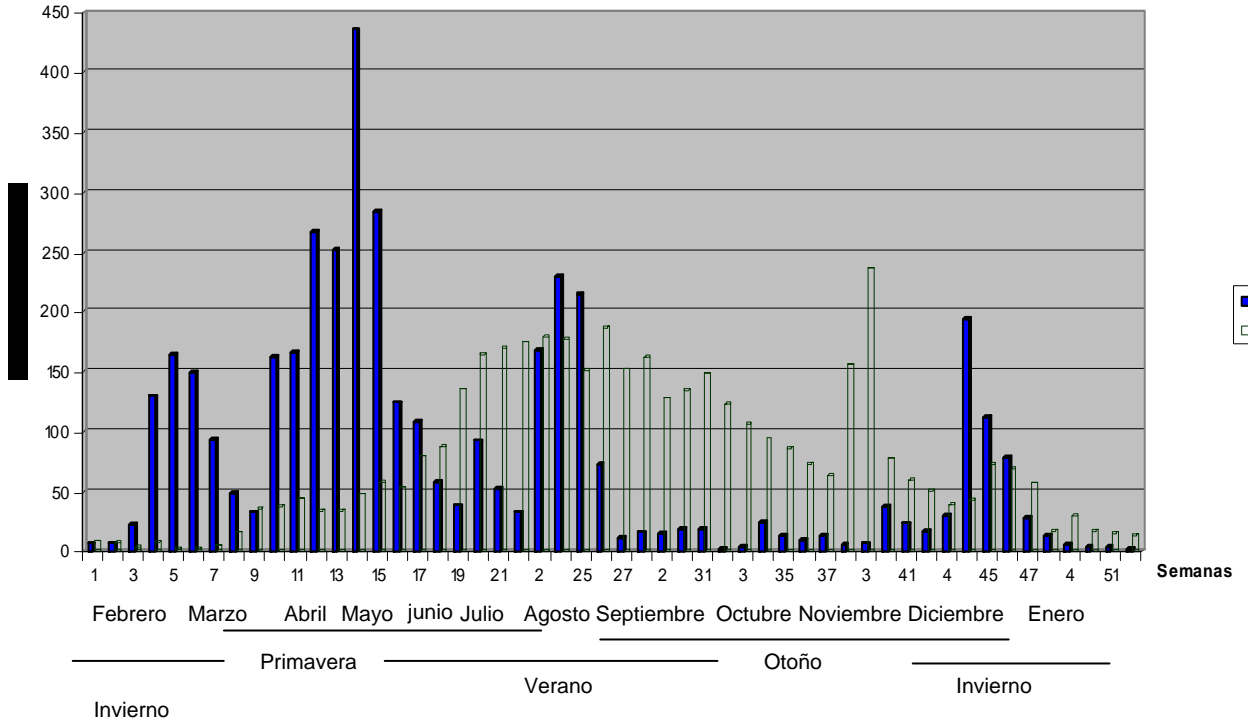


Figura 1b. Distribucion de los promedios semanales de ninfas colectadas en bovinos durante el periodo de febrero 2001 a enero 2003 en el municipio de Culiacan, Sinaloa, México.

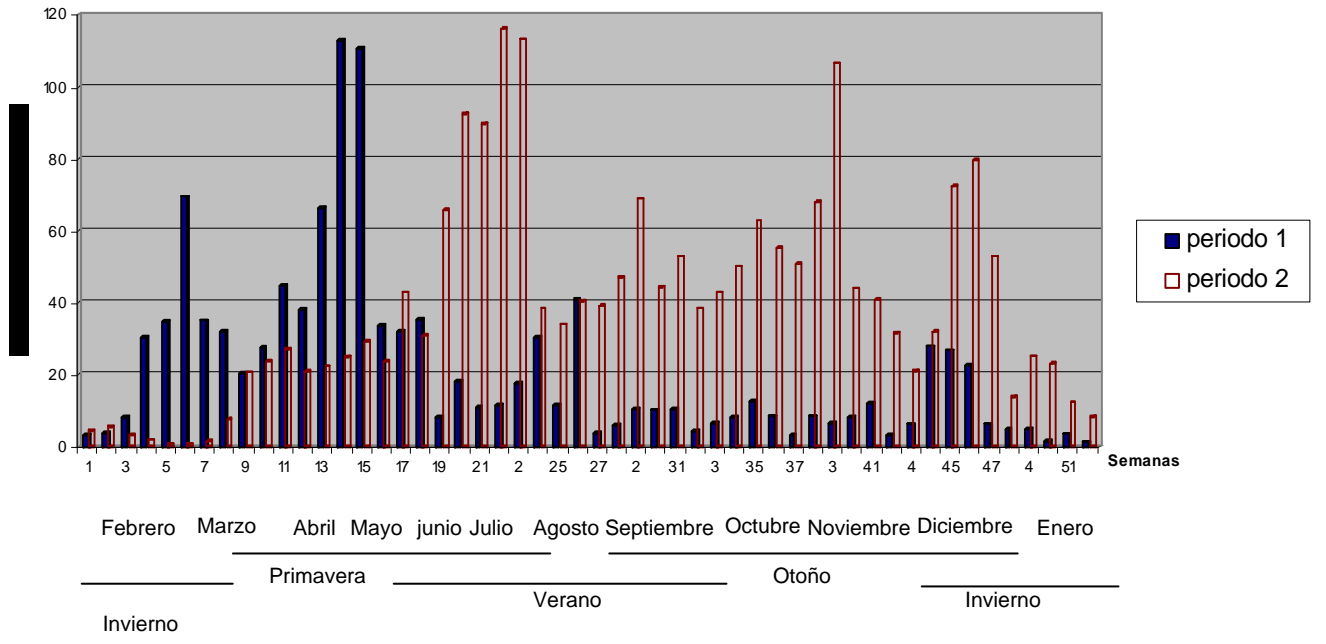


Figura 1c. Distribucion de los promedios de garrapatas adultas *Boophilus microplus* colectadas de bovinos durante el periodo de febrero del 2001 a enero del 2003 en el municipio de Culiacan, Sinaloa, México.

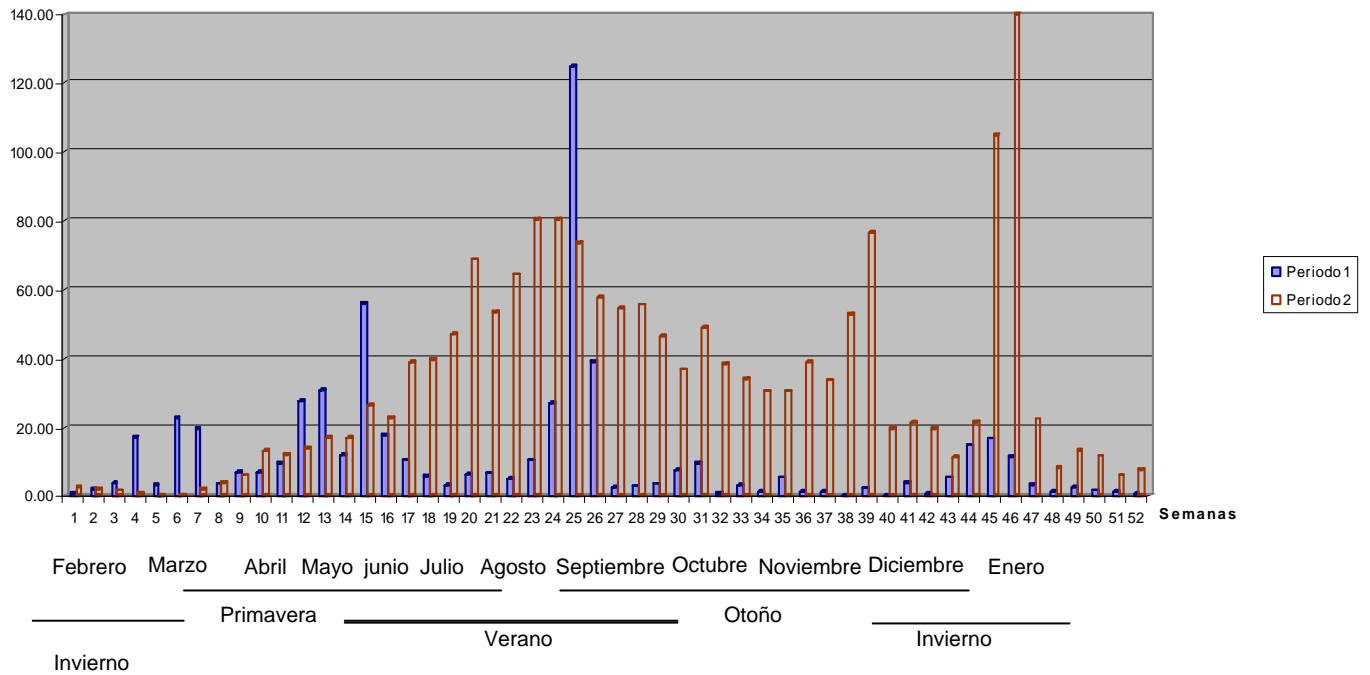


Figura 2a. Relacion Temperatura-Evaporacion 2001-2002 en Culiacán, Sinaloa

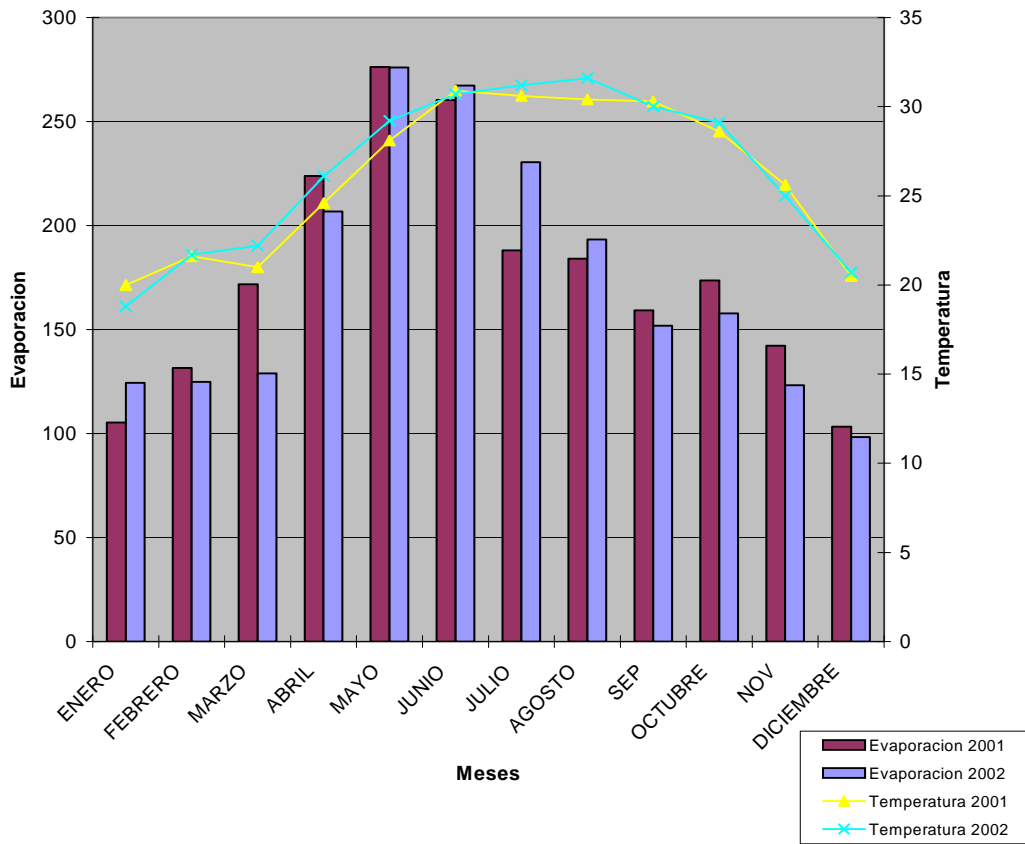


Figura 2b. Relacion Temperatura- Humedad 2001-2002 en Culiacán, Sinaloa

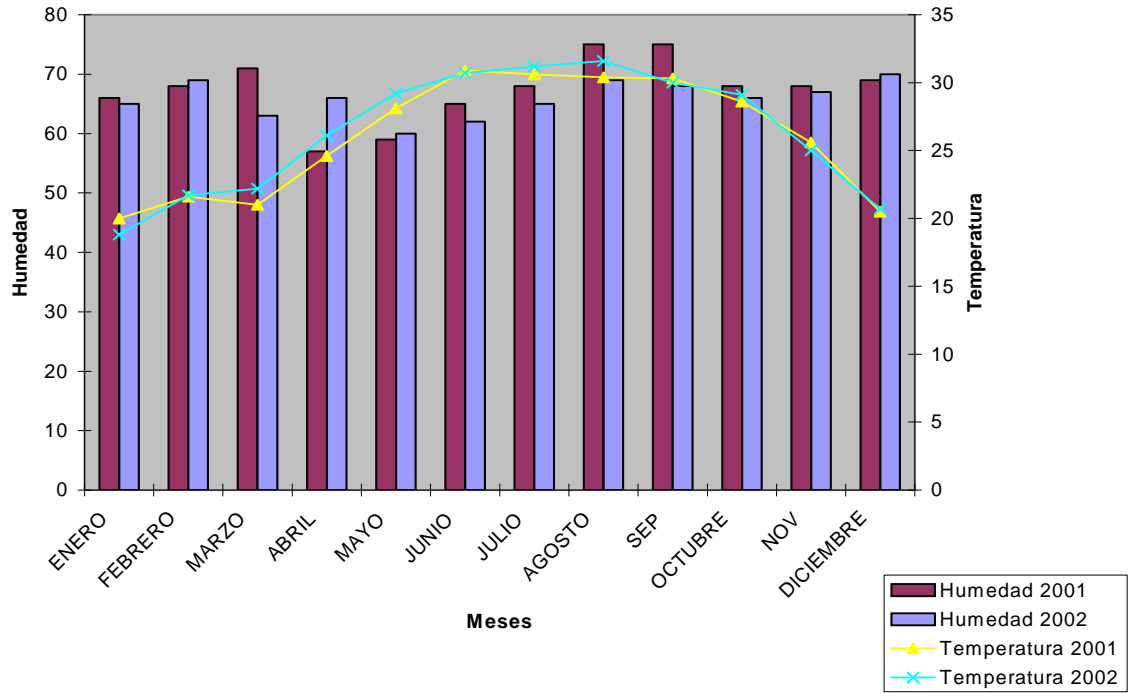


Figura 2c. Relacion Temperatura- Precipitacion 2001-2002 en Culiacán Sinaloa

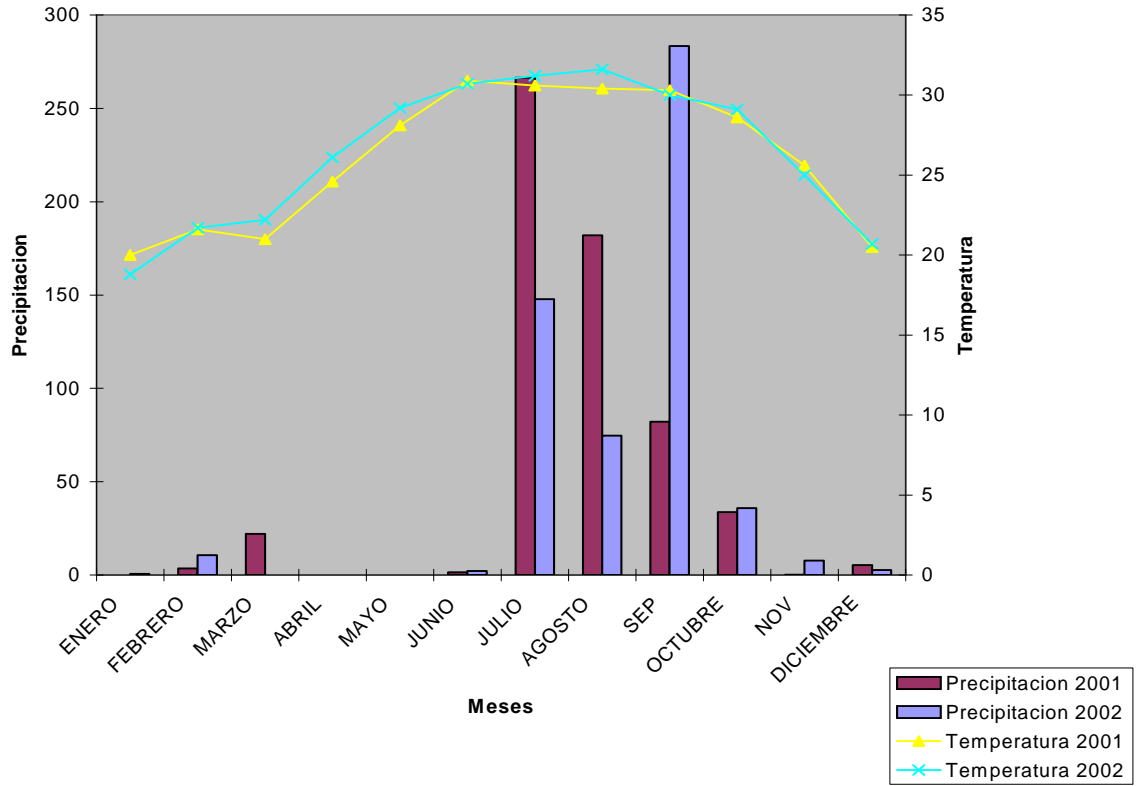


Figura 2d. Relacion Evaporacion respecto a la Variacion de Temperatura 2001 en Culiacán, Sinaloa

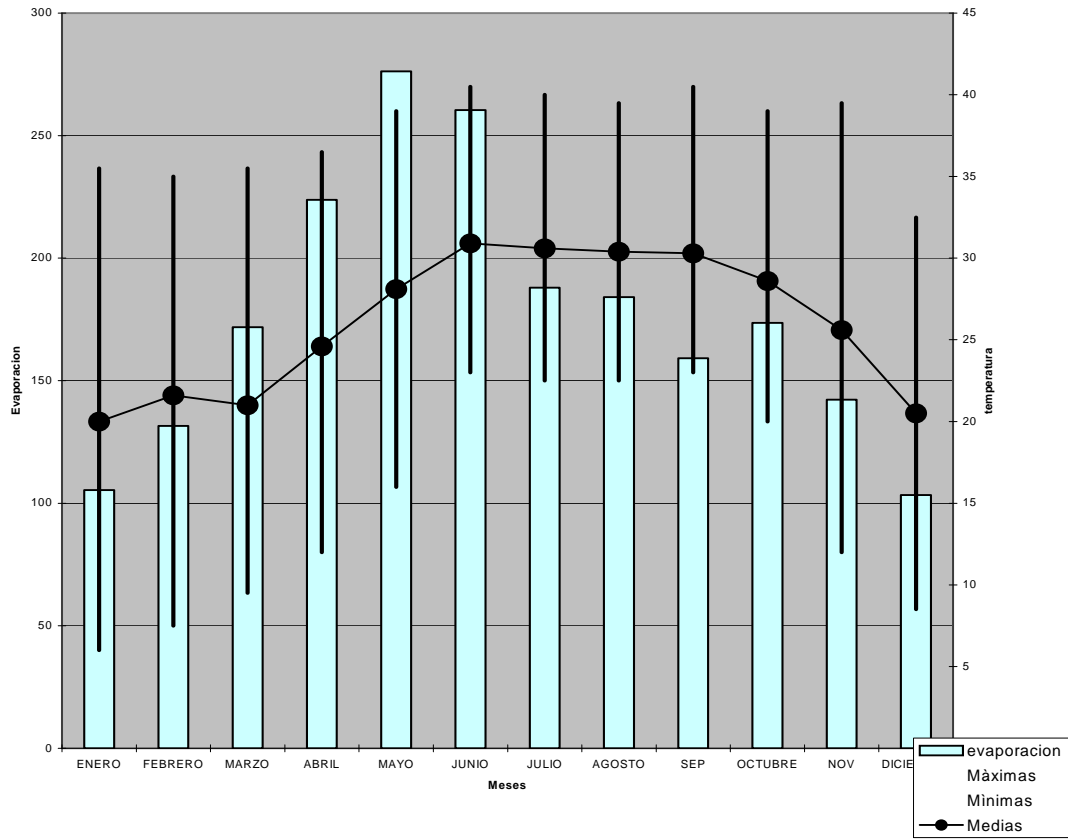
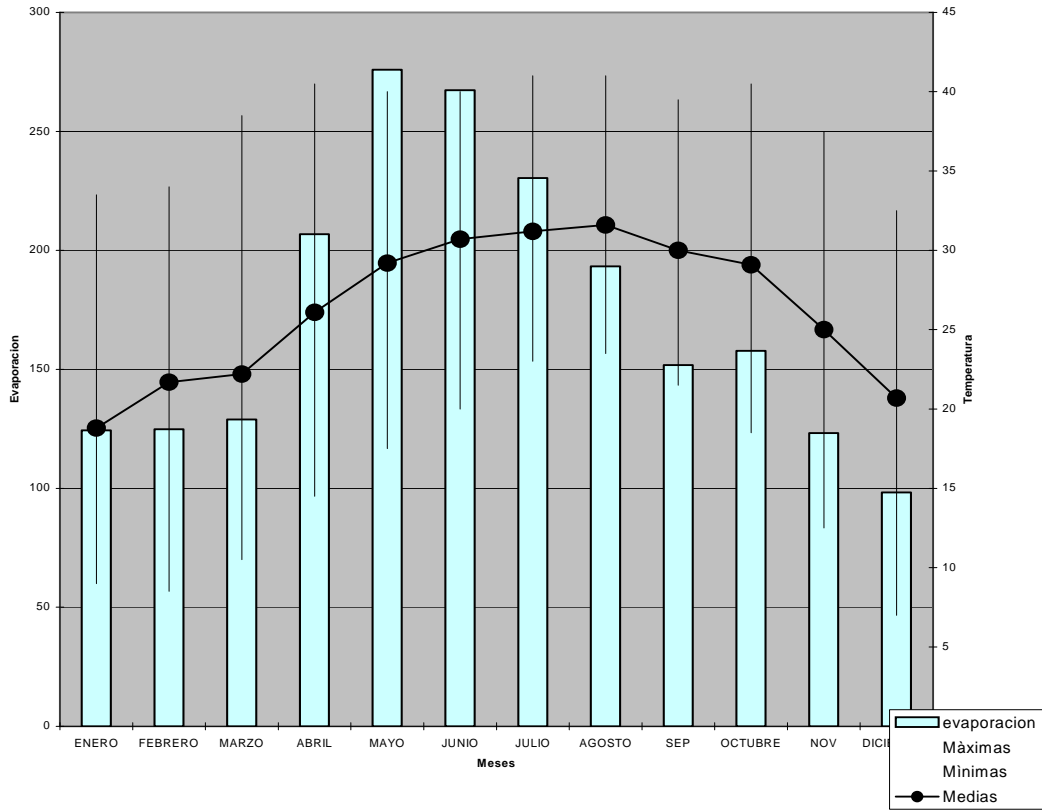


Figura 2e. Relacion Evaporacion respecto a la Variacion de Temperatura 2002 en Culiacán, Sinaloa



Cuadro 1. Coeficientes de correlación entre las variables climáticas y los promedios semanales del número de los diferentes estadios (transformados $\log_{10}+1$) de la garrapata *Boophilus microplus* en dos años de estudio 2001-2003, en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México.

| Variables climáticas. | <i>Boophilus microplus</i> | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------|----------------|
| | Larva(P) | Ninfa(P) | Adulta(P) |
| Temperatura | 0.381 (0.0001) | 0.355 (0.0002) | 0.379 (0.0001) |
| Humedad | 0.012 (0.9000) | 0.016 (0.8600) | 0.104 (0.3000) |
| Precipitación | 0.144 (0.1400) | 0.039 (0.6900) | 0.254 (0.01) |
| Evaporación | 0.377 (0.0001) | 0.301 (0.0001) | 0.252 (0.01) |

*Los datos son presentados como el coeficiente de correlación de Pearson (r) seguidos por el valor de P en paréntesis.

Cuadro 2. Índice de variables climáticas temperatura (t), evaporación (e) y precipitación (p) sobre el comportamiento de los diferentes estadios de *Boophilus microplus* transformados a $\log_{10}+1$.

| Estadio | Índice | R ² | Desv. Estándar del modelo |
|---------|--|----------------|---------------------------|
| Larva | $4.15+0.085 t-0.953 e+0.117 e^2$ | 0.205 | 1.2 |
| Ninfa | $3.93+0.093 t-1.17 e+0.127 e^2$ | 0.188 | 1.05 |
| Adulto | $3.24+0.158 t-1.70 e+0.168 e^2 -0.11p +0.01 p^2$ | 0.242 | 1.26 |

Cuadro 3. Distribución y localización de las garrapatas en sus diferentes fases de desarrollo en los bovinos.

| Región | No total de Larvas (%) | Ninfa | Adulto |
|--------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|
| Región púbica | 11,756 (36%) | 3434 (34%) | 1625 (31%) |
| Región femoral | 9,470(29%) | 1212 (12 %) | 1415 (27%) |
| Cara y cuello | 2,938 (9%) | 1212 (12 %) | 419 (8%) |
| Cola e ingle | 3,592 (11%) | 1111 (11%) | 629(12%) |
| Tórax, vientre y piernas | 979 (3%) | 1515 (15 %) | 786 (15%) |

Cuadro 4. Cepas Media Joya y Nativa de garrapatas *Boophilus microplus* en tres ambientes: laboratorio, sol y sombra.

| | | Peso Hem | PreOv. (mg) | Ovip. (días) | PeHue (mg) | Num. Huev | Incub. (días) | Núm. Eclos | %Eclo |
|-------|-----|----------|-------------|--------------|------------|-----------|---------------|------------|-------|
| M.J* | Lab | 197.17 | 4.06 | 16.6 | 98.51 | 1395.23 | 25.1 | 851.58 | 60.41 |
| | Sol | 208.29 | 2.89 | 9.41 | 68.61 | 316.58 | 14.74 | 18.28 | 6.08 |
| | Som | 223.13 | 3.83 | 11.62 | 84.26 | 1311.92 | 17.19 | 395.98 | 29.33 |
| NAT** | Lab | 275.18 | 5.24 | 15.2 | 159.76 | 2806.14 | 24.5 | 2233.77 | 79.35 |
| | Sol | 273.62 | 2.74 | 8.92 | 82.35 | 398.85 | 14.31 | 16.87 | 4.27 |
| | Som | 277.11 | 3.62 | 10.96 | 132.38 | 2475.22 | 16.57 | 1270.55 | 48.59 |

- *Media Joya
- ** Nativa

Cuadro 5. Ambiente Laboratorio comportamiento de las dos Cepas tanto Media Joya (MJ) como Nativa de la garrapata *Boophilus microplus*.

| | | Peso Hembra | PreOv. (mg) | Ovip. (días) | PeHue (mg) | Num. Huev | Incub. (días) | Núm. Eclos | %Eclo |
|-----|-----|-------------|-------------|--------------|------------|-----------|---------------|------------|-------|
| Lab | MJ | 197.17 | 4.06 | 16.6 | 98.51 | 1395.23 | 25.1 | 851.58 | 60.41 |
| | Nat | 275.18 | 5.24 | 15.2 | 159.76 | 2806.14 | 24.5 | 2233.77 | 79.35 |

Cuadro 6. Ambiente Natural Sol. Comportamiento de las Cepas Media Joya y Nativa de la garrapata *Boophilus microplus*.

| | | Peso Hembra | PreOv. (mg) | Ovip. (días) | PeHue (mg) | Num. Huev | Incub. (días) | Núm. Eclos | %Eclo |
|-----|-----|-------------|-------------|--------------|------------|-----------|---------------|------------|-------|
| SOL | MJ | 208.29 | 2.89 | 9.41 | 68.61 | 316.58 | 14.74 | 18.28 | 6.08 |
| | NAT | 273.62 | 2.74 | 8.92 | 82.35 | 398.85 | 14.31 | 16.87 | 4.27 |

Cuadro 7. Ambiente natural Sombra. Comportamiento de las Cepas Media Joya y Nativa de la garrapata *Boophilus microplus*.

| | | Peso Hembra | PreOv. (mg) | Ovip. (días) | PeHue (mg) | Num. Huev | Incub. (días) | Núm. Eclos | %Eclo |
|-----|-----|-------------|-------------|--------------|------------|-----------|---------------|------------|-------|
| SOM | MJ | 223.13 | 3.83 | 11.62 | 84.26 | 1311.92 | 17.19 | 395.98 | 29.33 |
| | NAT | 277.11 | 3.62 | 10.96 | 132.38 | 2475.22 | 16.57 | 1270.55 | 48.59 |

Cuadro 8. Relación del peso al ingurgitamiento en garrapatas *Boophilus microplus* de dos cepas (Nativa y Media Joya) y el IER e IAR, en condiciones de laboratorio.

| | N | N | Peso Hem | Ingurgis. | IER | IER | IAR | IAR |
|------------|------------|--------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Peso | Media Joya | Nativa | Media Joya | Nativa | Media Joya | Nativa | Media Joya | Nativa |
| (mg) | | | X ±D.E. | X ± D.E. | X ±D.E. | X ±D.E. | X ±D.E. | X ±D.E. |
| 100-200 | 449 | 87 | 172.74±19.67 ₁ | 182.97±15.39 ₂ | 7.47±3.01 ^a | 12.51±2.5 _{1^b} | 4.59±0.14 ^A | 9.13±0.12 ^B |
| 201-300 | 263 | 410 | 236.30±23.20 ₁ | 262.77±25.14 ₂ | 6.66±2.32 ^a | 10.36±1.4 _{3^b} | 4.13±0.11 ^A | 8.08±0.07 ^B |
| 301-400 | 8 | 213 | 309.88±8.90 ¹ | 331.90±19.79 ₂ | 7.94±3.05 ^a | 9.75±1.42 ^b | 5.02±0.04 ^A | 8.02±0.05 ^B |
| 401-500 | 0 | 10 | -- | 403.90±3.07 | | 9.43±1.17 | | 7.90±0.07 |
| Lineal | | | 0.001 | 0.001 | 0.457 | 0.001 | 0.319 | 0.042 |
| Cuadrático | | | 0.250 | 0.497 | 0.023 | 0.007 | 0.045 | 0.023 |

a,b Literales diferentes en las columnas indican diferencias estadísticas en el peso (P<0.05).

A,B Literales diferentes en las columnas indican diferencias estadísticas en el IAR (P<0.05).

1,2 Números diferentes en las columnas indican diferencias estadísticas en el IER (P<0.05).

Cuadro 9. Determinación de los índices de Eficiencia Reproductiva y de Aptitud Reproductiva de dos cepas de garrapatas *Boophilus microplus* hembras durante un periodo de 2004-2005

| | IER | | | | | IAR | | | | |
|--------|--------|------|--------|------|--------|--------|------|--------|------|--------|
| | NATIVA | | INIFAP | | | NATIVA | | INIFAP | | |
| | X | D.E | X | D.E. | P | x | D.E. | X | D.E. | P |
| Marzo | 11.87 | 1.56 | 7.38 | 3.45 | <0.001 | 9.95 | 1.32 | 5.25 | 2.53 | <0.001 |
| Abril | 11.49 | 2.45 | 7.19 | 3.43 | <0.001 | 9.30 | 1.94 | 4.60 | 2.20 | <0.001 |
| Mayo | 10.45 | 1.25 | 6.84 | 2.12 | <0.001 | 8.33 | 0.88 | 3.88 | 1.63 | <0.001 |
| Junio | 9.86 | 1.68 | 7.01 | 2.10 | <0.001 | 7.76 | 1.33 | 3.83 | 1.17 | <0.001 |
| Julio | 9.74 | 1.81 | 6.94 | 1.99 | <0.001 | 7.69 | 1.43 | 3.38 | 1.15 | <0.001 |
| Agosto | 9.52 | 1.13 | 6.93 | 2.22 | <0.001 | 8.37 | 1.06 | 3.68 | 1.34 | <0.001 |
| Sept | 9.72 | 0.78 | 6.49 | 2.10 | <0.001 | 6.90 | 1.20 | 3.80 | 1.07 | <0.001 |
| Oct. | 10.95 | 2.30 | 7.75 | 3.10 | <0.001 | 8.21 | 1.42 | 4.80 | 2.04 | <0.001 |
| Nov. | 10.00 | 1.45 | 7.21 | 2.53 | <0.001 | 8.00 | 1.49 | 4.57 | 1.71 | <0.001 |
| Dic. | 10.09 | 1.33 | 7.54 | 2.79 | <0.001 | 8.16 | 1.29 | 4.73 | 1.84 | <0.001 |
| Enero | 10.22 | 1.21 | 7.53 | 3.79 | <0.001 | 8.19 | 1.20 | 5.01 | 2.62 | <0.001 |
| Feb. | 10.32 | 2.28 | 7.33 | 3.50 | <0.001 | 7.36 | 1.87 | 4.88 | 2.56 | <0.001 |

Cuadro 10. Coeficiente de correlación de Pearson en características reproductoras de dos cepas de garrapatas.

| | Peso hembra(mg) | Peso de huevos(mg) | Número de huevos | Huevos eclosionados |
|--------------------|-----------------|--------------------|------------------|---------------------|
| Peso hembra(mg) | 1.00 | 0.40** | 0.66** | 0.67** |
| Peso huevos(mg) | 0.61** | 1.00 | 0.33** | 0.35** |
| Número de huevos | 0.35** | 0.59** | 1.00 | 0.91** |
| Huevos eclosionado | 0.33** | 0.57** | 0.94** | 1.00 |

(cepa NATIVA en la diagonal superior, cepa IMedia Joya en la diagonal inferior).

** P<0.001

NS= No significativo

VI. DISCUSIÓN

6.1. Etapa parasítica

De acuerdo a la dinámica poblacional de *Boophilus microplus* encontrada, puede observarse que el ganado se mantiene infestado durante todo el año, aunque hay algunos períodos con infestaciones muy bajas sobre todo en el estado adulto, esto coincide con lo reportado en Brasil (Solis, 1986, Willadsen and Jongejan, 1999) con ganado Cebú y criollo, alojado en potreros y rastrojeras. En el Estado de Morelos se encontró, que en ganado Holstein, cuando pastorea durante primavera-verano, la actividad de las garrapatas *B. microplus* se eleva, presentando sus picos de infestación más altos durante éste período y en cambio, durante otoño-invierno que son estabulados y poco pastoreo, sus infestaciones son menores (Camino et.al., 1979), de igual forma se presentó en éste estudio, con la excepción durante el mes de diciembre para el segundo período estudiado para ninfas y adultos que presentan un aumento poblacional, esto puede explicarse que debido a las condiciones climatológicas durante ese año, en que la evaporación tuvo un efecto importante al dar las condiciones adecuadas para elevar las poblaciones, ya que tiene un efecto combinado de la humedad relativa y la temperatura. El aumento poblacional más elevado de las garrapatas *B. microplus*, se presentó antes del período de lluvias a finales de la primavera, entre mayo y junio, lo cual se reportó de manera similar en Zambia (Pegram et.al., 1986), y en regiones tropicales y subtropicales (Bianchi and Barrè, 2003, Gallardo y Morales, 1999, Labruna et.al., 2002), sobre todo con períodos de sequía muy prolongados y definidos, el stress nutricional tiene un efecto muy marcado, ya que inmunosuprime a los animales y esto permite que las poblaciones de *B. microplus* aumenten (Fernández, 1996, benavides, 1999). En Culiacán se encontró que el estadio adulto presenta su actividad más elevada, a finales de julio aún durante el verano, aunque también se observó que durante el mes de marzo cuando la temperatura empieza a elevarse, el aumento poblacional de los tres estadios fue moderado, lo cual coincide con otro estudio realizado con *B. microplus* en Argentina (Mangold et.al., 1994), y para el caso de *Amblyomma cajennense* en

equinos de Río de Janeiro (Serra-Freire, 1982, Souza, 1990), y en Minas Gerais, Brasil (Oliveira et.al., 2000, Labruna y Verissimo, 2001).

Las variables climáticas, como la precipitación pluvial, la temperatura y la evaporación, son los factores que más afectan la variación estacional de la población de garrapatas, lo cual es similar a lo reportado en Brasil (Estrada-Peña, 2001), en Zambia (Lima et.al., 2000, Pegram et.al., 1989) y California USA (Eisen et.al., 2001), con lo observado en el municipio de de Culiacán, Sinaloa, y que solo explican en un pequeño porcentaje el total de variación en abundancia de larvas, ninfas, y garrapatas adultas (Wedderburn et.al., 1991, Chilton et.al., 2000, Pegram et.al., 1993).

6.2. Etapa no parasítica

El IER en la cepa Media Joya (Cuadro 8), fue similar en los tres rangos de peso al ingurgitamiento que se determinaron ($P > 0.05$), y mostró una tendencia cuadrática ($P < 0.02$); este mismo índice resultó también similar ($P > 0.05$) en la cepa Nativa en los cuatro rangos de peso y mostró una tendencia lineal ($P < 0.001$) y cuadrática ($P < 0.007$). Al comparar los IER por rango de peso al ingurgitamiento, se observó que invariablemente la cepa Nativa presentó IER más altos ($P < 0.05$). La tendencia cuadrática y lineal observada es normal por las variaciones en los aumentos o disminuciones de peso de las hembras y su capacidad de oviposición. Esto se ha podido observar en estudios previos, la existencia de una relación curvilínea entre el peso de las hembras y el peso de la masa de huevos producida ha sido demostrada en varias especies de garrapatas, por Bennett (1974), Chilton (1992, 1988) y Borges et al., (2001) en *B. microplus*; Koch y Dunn (1980) en *Amblyomma americanum* y Borges et al. (1997) en *Anocentor nitens*). Es interesante hacer notar que Bennett (1974) encontró rangos de peso similares, aunque algunos no tan altos como en este trabajo, en una región geográfica diferente de otro continente, como lo es Australia.

El potencial de oviposición de una hembra ingurgitada está directamente relacionado con su capacidad de alimentarse, así que las hembras más pesadas,

muestran mayor valor de oviposición tanto para el número de huevos puestos como el peso de la masa de huevos, lo que explica los IER más altos en la cepa Nativa, la cual presentó pesos al ingurgitamiento más altos también.

El IAR en la cepa Media Joya (Cuadro 8), fue similar en los tres rangos de peso al ingurgitamiento que se determinaron ($P > 0.05$), mostrando una tendencia cuadrática ($P < 0.04$); en la cepa Nativa tampoco se observaron diferencias ($P > 0.05$), aunque mostró una tendencia lineal y cuadrática ($P < 0.02$). Al comparar los IAR por rango de peso al ingurgitamiento, se observó que la cepa Nativa siempre tuvo índices mas altos ($P < 0.05$).

Al igual que los IER, los IAR de la cepa Nativa se mostraron más altos, las hembras de ésta cepa fueron significativamente más pesadas que las de la cepa Media joya, y la relación entre los pesos y cantidad de huevos puestos con la viabilidad de los mismos o sea los que llegaron a convertirse en larvas siguió la misma tendencia, lo cual indica que son más fuertes y más aptos, fortaleza que les conferida por hembras más fuertes también ya que existe una alta correlación entre el peso de la hembra ingurgitada y los huevos que ésta oviposita (dos Santos y Furlong, 2002). Independientemente de cual de los índices (IER o IAR) es usado, las hembras de *B. microplus* que fallan en la oviposición tienen valores de aptitud de cero, pero igual puede darse la situación que la falla se presento en la incubación de huevos a larvas (viabilidad de cero) lo que da como resultado IAR muy bajo o de cero y aunque hubiera tenido IER elevado una hembra así su valor reproductivo será muy bajo o nulo, (Chilton y Bull, 1991). El considerar el éxito o el fracaso de la viabilidad de los huevos producidos por las hembras, tiene importantes ramificaciones ecológicas, por ejemplo, en modelos que calculan el éxito reproductivo de hembras colonizadas en el margen del rango de distribución de las especies (Price, 1977), donde se considere no solo cual es el valor de la oviposición, sino cual es la eclosión final de larvas que se logra.

Chilton (1992) en otra garrapata también encontró un rango de peso para sus índices, lo cual coincide con el intervalo de peso de la cepa Media Joya estudiada en este trabajo, aunque su patrón de disminución gradual de los índices

de eficiencia reproductiva es contrario a las garrapatas comparadas, hasta llegar al máximo peso encontrado aquí donde ya los índices cambian a ser los más altos, probablemente si se hubiera tenido otros rangos de peso de ésta cepa de garrapata se hubiera seguido un patrón a partir de los 350 mg de peso similar o igual a los encontrados por Borges et al. (2001) y Bennet (1974). Es interesante notar que éstas muestras de *B. microplus* se encuentran en regiones geográficas distintas que las estudiadas por Bennet desde hace casi 30 años y las de Borges, del mismo continente, que éste trabajo; sin embargo lo que es más importante resaltar es que aunque los rangos de peso no coinciden con los máximos valores encontrados por otros investigadores, tanto en el IER como en el IAR en los diferentes rangos de pesos y durante los diferentes meses, los valores de índices reproductivos encontrados en éste trabajo aún para la cepa que presenta valores menores de las dos que es la Media Joya, son más altos que los reportados en los otros estudios (Borges, 2001 y Chilton 1992 y Liu et al., 2005)

Una determinación del peso de conversión máxima en huevos de especies de ixódidos es relevante para pruebas de eficacia de drogas comerciales ya o que esten en desarrollo. La prueba de inmersión de hembras adultas ingurgitadas ampliamente utilizada para tales fines es la reportada por Drummond et al. (1971) citado por Chilton (1992) e involucra una comparación entre la conversión en huevos de grupos tratados y controles. En estudios ecológicos, Sutherst et al. (1983) recomiendan una evaluación porcentual de oviposición para hembras expuestas en campo o en condiciones controladas. En ambos casos, una falta de estandarización del peso inicial de las hembras puede generar conclusiones no confiables. Por los resultados obtenidos en el presente estudio, una hembra de *B. microplus* seleccionada para pruebas de drogas o estudios epidemiológicos debe pesar por lo menos 160 mg.

Una interferencia de las estaciones del año sobre la capacidad de la hembra de *B. microplus* para convertir su peso en huevos y probablemente atribuible a la alteración de la resistencia de los bovinos a esta garrapata. Sutherst et al. (1983) verificaron que los bovinos inoculados con un mismo número de larvas de *B.*

microplus presentan mayor cantidad de individuos alcanzando la etapa adulta en otoño/invierno que en primavera/verano. Lo cual coincide con lo observado en éste trabajo así como también lo que respecta a las garrapatas de *B. microplus* desarrolladas en el medio natural en diferentes ambientes, además de las condiciones de laboratorio presentadas aquí (datos sin publicar). Esta prueba de resistencia ocurre como una respuesta fisiológica del hospedero al encuentro del fotoperíodo en ésta época del año.

Davey et al, (1992) y Barriga et al. (1995) observaron que la resistencia para diferentes funciones biológicas de *B. microplus* ocurre de forma independiente, esto es, la resistencia para el desarrollo de larvas es independiente a la resistencia que actúa en la fase adulta. Así mismo diferentes sistemas antigénicos están involucrados en la respuesta inmune del hospedero, es interesante notar, que las variaciones climáticas actúan de manera similar, esto es, favoreciendo el desarrollo de garrapatas en otoño/invierno. Estudios adicionales son necesarios para evaluar una respuesta del hospedero a las vacunas usadas para controlar a *B. microplus* también en las variaciones estacionales, hecho éste que pudiera interferir en la eficacia de este tipo de control.

Independientemente de cual de los índices (IER o IAR) es usado, las hembras de *B. microplus* que fallan en la oviposición tienen valores de aptitud de cero, datos que igualmente señalan Chilton and Bull (1991). El considerar el éxito o el fracaso de la viabilidad de los huevos producidos por las hembras, tiene importantes implicaciones ecológicas, por ejemplo, en modelos que calculan el éxito reproductivo de hembras colonizadas en el margen del rango distribucional de las especies. Por ejemplo, como instancia el tiempo cuando las hembras de *Amblyomma* son apareadas por machos conespecíficos no tienen efecto sobre el número de huevos producidos, sin embargo, las hembras retrasan, postergan el apareamiento, lo cual es un problema potencial, para la reproducción de hembras, produciendo significativamente menor progenie viable (Borges et al., 2001).

Es importante considerar la viabilidad de los huevos puestos por las garrapatas adultas hembras (y verdaderamente de otros parásitos también) en la

determinación de su contribución para la población. El Índice de Aptitud Reproductiva provee una determinación biológicamente más relevante de la aptitud reproductiva de las hembras.

Liu et.al., (2005), observaron en *Dermacentor silvarum* una significativa correlación entre el peso de la hembra ingurgitada y la masa de los huevos puestos ($r = 0.9877$, $p < 0.001$). En éste estudio la correlación significativa es más elevada en la cepa Media Joya para el peso de la hembra y el peso de la masa de huevos, aunque también en la cepa Nativa la correlación es significativa aunque con un valor menor, ($r = 0.61$ para MJ y 0.40 para Nativa, $p < 0.001$ Cuadro 10). Los índices reproductivos IER e IAR en las hembras fueron similares a los observados en la cepa Nativa *B. microplus* de este estudio, ya que los valores observados fueron 11.09 y 9.58 , para *Dermacentor* y 10.40% y 8.18% para el IER y IAR de la Nativa. Respecto a la cepa Media Joya los valores si fueron significativamente menores, 7.18% para el IER y 4.36% para el IAR ($p < 0.001$). Lo cual puede explicarse por la falta de adaptación de ésta cepa a las condiciones o a la etapa parasitaria en otros hospedadores y en condiciones climáticas diferentes.

En la cepa de referencia Media Joya, la mayoría de las garrapatas estuvieron en el rango de 100 a 200 mg de peso ($n = 449$, 62.6%), mientras que en la cepa Nativa, estuvieron en el rango de 210 a 300 mg ($n = 410$, 58.6%), la cepa Nativa mostró un peso al ingurgitamiento mas alto que la cepa Media Joya (Cuadro 8). Un 29.6% (213) de las garrapatas de la cepa Nativa presentò un peso de ingurgitamiento superior a la media para *B. microplus* y un 1.4% (10) presentaron los pesos máximos reportados para este género. Esto es posible por las condiciones climáticas de la zona geográfica donde nos encontramos con humedades relativas superiores al 80% en verano y otoño (Solís,1991), lo cual aunado a las temperaturas propicia valores de evapotranspiración en microclimas favorables para el desarrollo de las larvas (Camino, 1980) y por consiguiente de la hembra adulta y su alimentación eficiente en infestación natural.

La cepa Nativa fue evidentemente más pesada que la Media Joya y sus índices reproductivos también fueron mejores, otro factor que puede explicar éstas

diferencias encontradas entre las dos cepas, es la falta de adaptación de la cepa Media Joya a las condiciones o a la etapa parasitaria en otros hospedadores. Considerando que el número de competidores influencia el peso medio de las hembras ingurgitadas, eso es evidente, y en la distribución de las mismas sobre el hospedero también. La cepa Media Joya es infestada con un número constante de larvas por tanto la competencia es mayor para llegar las hembras a ingurgitarse, permaneciendo como hembras más livianas quedando demostrado que las hembras más pesadas tienen mayor eficiencia reproductiva, (Passos dos Santos y Furlong, 2002; Liu et.al., 2005).

Esto es explicable porque la cepa Media Joya proviene de infestaciones de larvas realizadas siempre un mismo día y en cantidades constantes lo que las hace competir por los lugares de ubicación en el hospedero y por la cantidad de alimento. En cambio, la cepa Nativa proviene de una infestación natural, donde las hembras ingurgitadas caen a los pastos diariamente y las larvas igual se suben al hospedero representando para ellas una menor competencia, por lo tanto su potencial de ingurgitamiento y capacidad de alimentarse se manifiesta plenamente.

En el Cuadro 9, se muestra el comportamiento de los IER y los IAR de ambas cepas a lo largo del estudio. En el mismo se observa que hubo diferencias entre ambas cepas ($P < 0.01$), siendo la cepa Nativa la que mostró mejor desempeño en ambos índices. Los IER fueron más bajos de junio a septiembre y más altos el resto de los meses en la cepa Nativa; mientras que en la cepa Media Joya el IER fue más constante durante el año. Los IAR mostraron un comportamiento uniforme a lo largo del año en ambas cepas, siendo los meses de junio, julio y septiembre los más bajos en la cepa Nativa, mientras que en la Media Joya los valores tendieron a ser similares.

Las hembras mantenidas en ambiente controlado mostraron que la capacidad de conversión del peso en huevos varió estacionalmente. En la cepa Nativa, el menor IER y IAR fueron observados en septiembre, 9.72% y 6.90% respectivamente y en la cepa Media Joya también los menores índices fueron en

septiembre el IER con 6.49% y el menor IAR en agosto con 3.80%. Los más altos IER fueron observados en periodo seco, de octubre a mayo (10.95 a 11.87%), y no en el periodo lluvioso, de julio a septiembre (9.52% a 6.49%). Estos resultados coinciden totalmente con lo encontrado por Borges, 2001 en Brazil, respecto a las diferencias encontradas en las garrapatas en su ingurgitamiento y producción y eclosión de larvas de los huevos en la variación climática de períodos secos y períodos lluviosos .

Una interferencia de las estaciones del año sobre la capacidad de la hembra de *B. microplus* para convertir su peso en huevos es debida probablemente a la resistencia de los bovinos a ésta garrapata. En este aspecto Sutherst et al. (1983), Sutherst and Bourne (2006) verificaron que los bovinos inoculados con el mismo número de larvas de *B. microplus* presentan mayor cantidad de individuos, alcanzando la etapa adulta en otoño/invierno, que en primavera/verano, ésta pérdida de resistencia ocurre como una respuesta fisiológica del hospedero al encuentro del fotoperíodo en estas épocas del año, y al efecto de la temperatura sobre la emergencia de las larvas, lo cual coincide con lo observado en este trabajo así como también lo que respecta a las otras etapas no parásitas de *B. microplus* desarrolladas en el medio natural en diferentes ambientes. Es interesante notar, que las variaciones climáticas actúan de manera similar, esto es, favoreciendo el desarrollo de garrapatas adultas en otoño/invierno, Davey et al, (1980, 1991), Davey, (1988) y Barriga et al. (1995), donde en humedades de 75% o mas la temperatura se constituye en el principal factor que determina la sobrevivencia de larvas y en humedades de 63% o menos, la temperatura es sustituida por la humedad relativa en la determinación de este factor (Davey, 1991).

A través de los índices de correlación de Pearson es posible apreciar que existió una correlación altamente significativa para todos los parámetros evaluados, sobresaliendo el número de huevos puestos con el número de huevos eclosionados (0.94) y (0.91), para la cepa Media Joya y Nativa, respectivamente. Estos resultados coinciden con investigaciones previas realizadas por Davey et.al.,

(1980a, b), Garris et.al., (1990), Gallardo y Morales (1999) cuando al estudiar las fases no parásitas de ésta garrapata se han encontrado las mas altas correlaciones al comparar las variables peso de las garrapatas y el número de huevos puestos y eclosionados. También otros autores al estudiar otras especies de garrapatas han obtenido resultados similares al evaluar la influencia del peso de la garrapata y el número de huevos totales y eclosionados (Drummond y Whetstone, 1970, 1975; Drummond et.al., 1971; Wanchinga y Baker, 1986; Koch, 1982).

Es claro, que es importante considerar la viabilidad de los huevos puestos por las hembras garrapatas (y otros parásitos también) en la determinación de su contribución para la población. El Índice de Aptitud Reproductiva provee una determinación biológicamente más relevante de la aptitud reproductiva de las hembras.

La información obtenida sobre la capacidad reproductiva de éstas dos cepas de *B. microplus* mantenidas en su etapa no parásita en laboratorio nos proporciona información de conocimiento básico aplicable a investigación y que deben ser considerados en el control de las garrapatas, ya que la información del laboratorio nos puede servir para predecir los datos de campo (De la Vega y Diaz 1996; Diaz y de la Vega;, 2000; Ogden et.al., 2004).

Una determinación del peso de conversión máxima en huevos de especies de ixódidos es relevante para pruebas de eficacia de compuestos ixodicidas ya liberados o que estén en desarrollo. Una prueba de inmersión de hembras ingurgitadas largamente utilizada para tales fines es aquella patentada o desarrollada por Drummond et al. (1971), e implica una comparación entre la conversión en huevos de grupos tratados y controles. En estudios ecológicos, Sutherst et al. (1983), recomiendan una evaluación porcentual de oviposición para hembras expuestas en campo o en condiciones controladas. En ambos casos, una falta de estandarización del peso inicial de las hembras puede generar conclusiones no confiables. Los resultados obtenidos en el presente estudio, sugieren que una hembra de *B. microplus* como cepa seleccionada para pruebas

de validación o evaluación de ixodicidas o estudios epidemiológicos debe pesar por lo menos 160 mg y esto podría ser tomado como referente, porque las hembras muy livianas no aseguran el éxito de las pruebas, ya que a menor peso de la hembra es menor peso de la masa o número de huevos puestos y menor también la viabilidad de los mismos.

VII. CONCLUSIONES

7.1. Etapa Parasítica

Por lo que se concluye que en el municipio de Culiacán, Sinaloa, las poblaciones de los estadios de larva y ninfa aumentan durante los meses de marzo y septiembre-octubre y que el tratamiento estratégico para el control de *B. microplus* en bovinos es necesario aplicarlo al inicio del mes de marzo y septiembre en forma programada y que la evaporación (175.1 mm) es el principal factor climático que favorece el desarrollo poblacional de los tres estadios parasíticos de *B. microplus* en los bovinos.

7.2. Etapa no parasítica

Las hembras ingurgitadas de *B. microplus* pesando entre 150 y 350 mg en la cepa Nativa, presentaron índices significativamente similares de conversión en huevos y mayores que aquellas más ligeras de la cepa Media Joya. Fue más eficiente en la conversión de su peso en masa de huevos y en viabilidad de su huevos puestos (IER, IAR) la cepa Nativa que la Media Joya de referencia. Hay interferencia de las estaciones del año sobre la productividad de huevos y la eclosión de larvas de *B. microplus* mantenidas en condiciones controladas.

El área que comprenden cada uno de los sitios de observación en el estado de Sinaloa presenta condiciones ecológicas favorables para el desarrollo de *Boophilus microplus*, durante todo el año.

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo se determinaron los siguientes datos:

1. El tiempo de preoviposición, es función lineal de la temperatura en el rango de 24-33 °C en condiciones naturales y de 20-35°C en condiciones de laboratorio.
2. El tiempo de oviposición es función exponencial de la temperatura en el rango de 22-33 C en condiciones naturales y de 20-38°C 38|0C en condiciones de laboratorio.

3. La manipulación diaria de las garrapatas no afecta la eficiencia de las mismas.
4. El tiempo de eclosión mínimo es función lineal de la temperatura, con pendientes positivas y negativas según los rangos de temperatura.
5. El peso medio de los huevos se mantiene constante.
6. El peso inicial de las garrapatas se correlaciona negativamente con el tiempo de preoviposición a las temperaturas más favorables; se correlaciona positivamente con la cantidad de huevos puestos en condiciones naturales y de laboratorio.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarez V., Bonilla R., y Chacón I. 2003. Frecuencia relativa de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) en bovinos (*Bos taurus* y *B. indicus*) en ocho zonas ecológicas de Costa Rica. Rev. Biol. rop 51(2): 7.
2. Badii MH, Flores A, Galán LJ. 1998. Fundamentos de muestreo y monitoreo de enemigos naturales. En Fundamentos y perspectivas de control biológico. Monterrey (N.L.) México. Universidad Autónoma de Nuevo León.; 2:21-49.
3. Barnard DR, Morrison RD. 1985. Density estimators for populations of the lone star tick, *Amblyomma americanum* (Acari:Ixodidae), on pastured beef cattle. J. Med. Entomol. 1985; 3:244-249.
4. Barnard DR, Morrison RD, Ervin RT. 1989. Sites of Attachment and density assessment in *Amblyomma americanum* (Acari:Ixodidae) on nursing Beef Calves. Exp. Appl. Acarol. 6:245-252.
5. Barriga OO., Silva SS., Azevedo JSC.; 1995. Relationships and influences between *Boophilus microplus* characteristics in tick-naive or repeatedly infested cattle. Vet. Parasitol. 56:225-238.
6. Bautista GC. 1987. Interacciones Artrópodo-Respuesta inmune del huésped. Ciencia Veterinaria 4: 87-119.
7. Basu AK., Bandyopadhyay PK. 2004. The effect of season on the incidence of ticks. Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr. 52: 39-42.

8. Beesley WN. 1982. The ecological basis of parasite control: ticks and flies. *Vet.Parasitol.* 11:99-106.
9. Benavides OE. 1999. Resistencia de las garrapatas a los acaricidas en Colombia, *Epidemiología y control*. IV Seminario Internacional de Parasitología Animal. Puerto Vallarta, México.
10. Bennett GF. 1974a. Oviposition of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarida :Ixodidae). 1. Influence of tick size on egg production. *Acarología*, 16,. 52-61, 1974.
11. Bennett GF. 1974b. Oviposition of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarida :Ixodidae). II. Influence of temperature, humidity and light. *Acarología*. 2:250-257.
12. Bennett GF. 1974. Oviposition of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarida :Ixodidae). II. Influence of temperature, humidity and light. *Acarología*; t. XVI, fasc.2:250-257.
13. Bennett, GF. 1975. *Boophilus microplus* (Canestrini: Ixodidae) on the bovine host. Distribution of stages during development. *Acarología*. 17: 43-52.
14. Bianchi MW, Barré N. 2003. Factors affecting the detachment rhythm of engorged *Boophilus microplus* female ticks (Acari: Ixodidae) from Charolais steers in New Caledonia. *Vet. Parasitol.* 2003;112(4):325-336.
15. Brown SJ. 1988; Highlights of contemporary research on host immune responses to ticks. *Vet. Parasitol.* 28:321-334.
16. Burg JG. 2001. Seasonal activity and spatial distribution of host-seeking adults of the tick *Dermacentor variabilis*. *Med. Vet. Entomol.*;15:413-21.

17. Borges, LMF., Carneiro, JR., Gomes, AG., Moreira PC.; 2001. Influencia do peso inicial e da estacao do ano na conversao em ovos de fêmeas de *Boophilus microplus* (Acari:Ixodidae). *Ciencia Animal Brasileira* 2(2): 127-131.
18. Borges IMF, Oliveira PR, Ribeiro MFB. 2000. Seasonal dynamics of *Anocentor nitens* on horses in Brazil. *Vet. Parasitol.*;89:165-171.
19. Borges LMF. Ribeiro MFB., Oliveira PR.; 1997. Biological parameters of *Anocentor nitens* (Neumann) females obtained directly from equine and naturally detached. *Rev. Med. Vet.*,148:. (5),. 429-432.
20. Borges, LMF, Loss, ACS.; 1993. Estudos in vitro da eficiencia de carrapaticidas em amostras de *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) provenientes da microrregiao de Goiania. In: Seminario brasileiro de Parasitologia Veterinaria, 7., 1993. Londrina, Paraná. Anais..Londrina, 1993. p. A5.
21. Camino LM, Butler JF, Guerrero RR, Quintero MT. 1979. The development of an integrated pest management system for the cattle tick, *Boophilus microplus* (Canestrini) in Morelos State, Mexico. *Acarology* 2:1220-1231.
22. Camino LM. 1991. Control integrado de *Boophilus microplus* en el Estado de Morelos. Estrategias de control ecológico para las garrapatas *Boophilus* spp. En: Cruz, VC,MoralesSM,FernándezRM. Editores. Tópicos en Parasitología Animal, Vol.III. Morelos, México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 1991:17-46.
23. Cardozo MM. 1989. Historia de la garrapata en Uruguay. The Eradication of ticks. FAO. 45-59.

24. Chilton NB, Andrews RH, Bull CM. 2000. Influence of temperature and relative humidity on the moulting success of *Amblyomma limbatum* and *Aponomma hydrosauri* (Acari: Ixodidae) larvae and nymphs. *Int. J. Parasitol.* 30:973-979.
25. Chilton NB. 1992. An index to assess the reproductive fitness of female ticks. *Int J. Parasitol.* 22:109-111.
26. Chilton NB. and Bull CM., 1991. A comparison a reproductive parameters of females of two reptile tick species. *Int J. Parasitol* 21: 907-911.
27. Chilton NB. and Andrews RH., 1988. Mating behaviour and parapatry in two species of Australian reptile ticks. *Oecologia (Berlin)* 75: 146-152.
28. Cordero del Campillo M, Rojo Vázquez FA., Martínez Fernández AR., Sánchez Acedo C., Quiroz Romero H., Carvalho Varela M. 2004. *Parasitología Veterinaria*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. Madrid, España. P. 968.
29. Corson MS, Teel PD, Grant WE. 2004. Microclimate influence in a physiological model of cattle-fever tick (*Boophilus* spp.) population dynamics. *Ecol. Model.* 180:487-514.
39. Davey RB. 1988. Effect of temperature on the ovipositional biology and egg viability of the cattle tick *Boophilus annulatus* (Acari: Ixodidae). *Exp. Appl. Acarol* 1988;5:1-14.
31. Davey RB, Cooksey LM. 1989. Effects of prolonged exposure at low temperature on *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 26(5):407-410.

32. Davey RB., Cooksey LM., and Despins JL., 1991. Survival of larvae of *Boophilus annulatus*, *Boophilus microplus*, and *Boophilus hybrids* (Acari: Ixodidae) in different temperature and humidity regimes in the laboratory. *Vet. Parasitol.*, 40: 305-313.
33. Davey RB, Osburn RL, Miller JA. 1984. Ovipositional and morphological comparisons of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) collected from different geographic areas. U.S. Department of Agriculture .pp.:1-5.
34. Davey, RB., Garza, Jr., J., Thompson, GD. and Drummond, RO., 1980a. Ovipositional biology of the cattle tick, *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae), in the laboratory. *J. Med. Entomol.*, 17: 117-121.
35. Davey, RB., Garza, Jr., J., Thompson, GD., and Drummond, RO., 1980b. Ovipositional biology of the cattle tick, *Boophilus annulatus* (Acari: Ixodidae), in the laboratory. *J. Med. Entomol.*, 17: 287-289.
36. De la Vega R., Camejo A., and Diaz G. 2003. Dynamics of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) female feeding on bovine. *Rev. Salud Anim.* 25 (3): 192-195.
37. Diaz G., De la Vega R. 2000. Larval survival of *Anocentor nitens* under simulated natural conditions. 1: *Ann N Y Acad Sci.* 916:309-14
38. Diehl P.A., Aeschlimann A. and Obenchain F.D., 1982. Tick reproduction: oogenesis and oviposition. In: *Physiology of Ticks* Ed. Obenchain F.D. and Galun R.), pp. 277-350. Pergamon Press, New York.
39. Domínguez GDI, Rosario RC, Hernández OR, Cornel AJ, Rodríguez VRI, Alonso DMA. 2003. Variación en la actividad de esterasas en cepas de garrapatas *Boophilus microplus* (Canestrini 1887) con diferentes niveles de

resistencia a acaricidas piretroides. Sociedad Mexicana de Entomología. Entomol Mex. 2:85-89.

40. Drummond RO. and Whetstone TM. 1970. Oviposition of the Gulf Coast tick. Ann. Entomol. Soc. Amer., 63: 1547-1551.

41. Drummond RO. and Whetstone TM. 1975. Oviposition of the cayena tick, *Amblyomma cajennense* (F.) in the laboratory. Ann. Entomol. Soc. Amer. 68:214-216.

43. Drummond RO., Whetstone TM., Ernst SE. And Gladney WJ. 1971. Oviposition of the american dog tick (Acarina: Ixodidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 64:214-216.

44. Eisen RJ., Eisen L., Lane RS. 2001. Prevalence and abundance of *Ixodes pacificus* immatures (Acari:Ixodidae) infesting western fence lizards (*Sceloporus occidentalis*) in northern California: temporal trends and environmental correlates. J. Parasitol. 87(6):1301-1307.

45. Eldridge FB, Edman DJ. 2000. Medical Entomology. Public Health and Veterinary Problems Caused by Arthropods. Davis,U.S.A.; Kluwer Academic Publishers, .

46. Estrada-Peña A. 2001. Climate warming and changes in habitat suitability for *Boophilus microplus* (Acari:Ixodidae) in Central América. J. Parasitol. 87(5):978-987.

47. Evans DE, Martins JR, Guglielmone AA. 2000; A review of the ticks (Acari,Ixodida) of Brazil, their hosts and geographic distribution. 1. The state of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. Mem. Inst. Oswaldo. 95(4):453-470.

48. Fernández RM. 1996. Estrategias de control ecológico para las garrapatas *Boophilus spp.* Tópicos en Parasitología Animal, Vol III. :Editores: Cruz VC, Morales SM, Fernández RM. Cuernavaca, Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 17-46.
49. Fernández RM, García VZ. 1999. Algunas estrategias ecológicas para el combate de la garrapata del ganado. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. CENID-PAVET. Folleto Divulgativo. 5:1-11.
50. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1981. Recommended methods for detection and measurement of resistance of agricultural pest to pesticides. Tentative method for larvae of cattle ticks *Boophilus spp.* Method No.7 FAO. Protection Bulletin. 19:13-18.
51. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).1985. Control de las garrapatas y de las enfermedades que transmiten manual práctico de campo. FAO. 1:5-20.
52. Gallardo JS., Morales SJ., 1999. *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae): Preoviposición, oviposición, incubación de los huevos y geotropismo. Bioagro, 11(2): 77-87..
53. Garris GL., Popham TW., Zimmerman RH., 1990. *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae): Oviposition, egg viability and larval longevity in grass and wooded environments of Puerto Rico. Envir. Entomol. 19:66-75.

54. García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Enriqueta García de Miranda. Indianápolis.

55. García M, Huanca W, Chávez A. 1989. Body weight, tick burden (*Boophilus microplus*), physiological parameters and reproductive efficiency of crossbred Zebú cattle. *Acta Vet. Scand.* 30:347-353.

56. Gaxiola CSM, Quintero MMT, Rodríguez MJ, Borbolla JE, Castro del CN, Rubio RMC. 1999. Infestación natural de bovinos con *Boophilus microplus* en el Municipio de Culiacán, Sinaloa, México. Memorias de IV Seminario Internacional de Parasitología Animal; octubre 4-8; Puerto Vallarta, (Jalisco) México. Asociación Mexicana de Parasitólogos Veterinarios, AC, 1999:76-79.

57. Gaxiola CSM, Rodríguez MJ, Borbolla IJE, Quintero MMT, Castro del CN. 2002. Natural infestation and treatment of bovine with *boophilus microplus* in Culiacán, Sinaloa, Mexico. Proceedings of the 10th International Congress of Parasitology- ICOPA X: Symposia, Workshops and Contributed Papers. Vancouver (B.C), Canadá. August 4-9, Monduzzi Editore- International Proceedings Division,

58. Gaxiola CSM, Zamora ZMC, Borbolla IJE, Castro del CN, Rubio RMC. 2002. Análisis retrospectivo (1995-2001) de la Prevalencia de hemoparásitos en bovinos del Estado de Sinaloa. Memorias XV Congreso Nacional de Parasitología; septiembre 11-14; Guanajuato (Guanajuato), México. Sociedad Mexicana de Parasitología, AC, (CONAPAR) :283-286.

59. Gaxiola CSM, Borbolla IJE, Castro Del CN, López VM, Rubio RMC 2003. *Boophilus microplus* en el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en Culiacán, Sinaloa, México. Memorias XXVII Congreso Nacional de Buiatría; 2003,

junio 12-14; Villahermosa (Tabasco), México: Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, :389-391.

60. George JE. 1986. Acquisition and expression of resistance by *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* calves to *Amblyomma americanum* infestation. J. Parasitol.1986;71:174-182.

61. George JE. 1982. Naturally acquired immunity as an element in strategies for the control ticks in livestock. Insect. Sci. Appl..13:515-524.

62. Harley KLS. 1966. Studies on the survival of the non-parasitic stages of the cattle tick *Boophilus microplus* in three climatically dissimilar districts of North Queensland. Aus. J. Agric. Res.17:387-410.

63. Harley KLS. and Wilkinson PR., 1994. A comparison of cattle tick control by conventional acaricidal treatment, planned dipping, and pasture spelling. Aust. J. Agric. Res., 15 : 841-853.

64. Harwood RF, James MT. 1993. Entomología Médica y Veterinaria. México:Utth-Noriega Editores. Editorial Limusa,

65. Hernández, F., 1978. Garrapatas (Acarina: Ixodoidea) del ganado bovino y algunos aspectos de su control en el Distrito Urdaneta, estado Zulia, Venezuela. Trabajo de Ascenso, Universidad de Zulia. 37 p.

66. Hitchcock's LF. 1955. Studies on the non-parasitic stages of the cattle tick, *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarina: Ixodidae). Aus. J. Zool..3: 293-311.

67. Hoffmann A, López-Campos G. 2000. Biodiversidad de los ácaros en México. Universidad Nacional Autónoma de México-Conabio,

68. Hoogstraal, H. 1956. Ticks of the Sudan with preliminary reviews of the genera *Boophilus*, *Margaropus* and *Hyalomma*. Depto. Medical Zoology, US Naval Medical Research, El Cairo.
69. Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa. México (Aguascalientes):INEGI,1998.
70. Inokuma H, Kerlin RL, Kemp DH, Willadsen P. 1993. Effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on the bovine immune system. *Vet Parasitol.* 471-2:107-118.
71. Iwuala MOE, Okpala I. 1999. Studies on oviposition and egg-hatching in *Amblyomma variegatum* and *Boophilus annulatus* (Say) (Ixodoidea: Ixodidae). *Folia Parasitol.* 24:269-275.
72. Jagannath,MS., Muraleedharan, K. and Hiregoudar, LS., 1982. Life-cycle of *Boophilus annulatus* (Say, 1821) (Acarina: Ixodidae). *Indian J. Anim. Sci.*, 52: 502-505.
73. Kitaoka OS, Yajima's A. 1958. Physiological and ecological studies on some ticks. II. Phase change of ovipositing ability with blood-sucking quantity. *Bull. Nat. Inst. Animal Health.* 34:149-162.
74. Kettle DS. 1995. *Medical and Veterinary Entomology.* Cambridge (UK). Cab International, 2nd Edition.. .
75. Koch HG. and Dunn JC., 1980. Egg production efficiency of female lone star ticks of different engorgement weights. *The Southwestern Entomologist* 5: 179-182.

76. Koch HG., 1982. Oviposition of the brown dog tick (Acari:Ixodidae) in the laboratory. An. Entomol. Soc. Am. 75: 583-586.
77. Labruna MB., Kasai N., Ferreira F., Faccini JLH., Gennari SM.;2002. Seasonal dynamics of ticks (Acari:Ixodidae) on horses in the state of Sao Paulo, Brazil. Vet. Parasitol. 105: 65-77.
78. Labruna MB, Kasai N, Ferreira F, Faccini JLH, Gennari SM. 2002. Seasonal dynamics of ticks (Acari:Ixodidae) on horses in the state of Sao Paulo, Brazil. Vet. Parasitol. 105:65-77.
79. Labruna MB, Veríssimo CJ. 2001. Observacoes sobre a infestacao por *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) em bovinos mantidos em rotacao de pastagem, sobalta densidade animal. Arr. Inst. Biol. . 68(2):115-120.
79. Landeros FJ, Guerrero RE, Sánchez VVM. Garrapatas. Aspectos sobre biología, morfología, taxonomía y transmisión de enfermedades. Saltillo (Coahuila) México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 1999: pp. 73-86.
80. Legg J. Some observations on the life history of the cattle tick (*Boophilus australis*). Proc. R. Soc. Queen., XLI ,1930:121-132.
81. Lima WS, Ribeiro MF,Guimaraes MP. 2000. Seasonal variation of *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) (Acari:Ixodidae) in cattle in Minas Gerais State, Brazil. Trop Anim. Health Prod. 32:375-380.
82. Little TM, Hills FJ. 1976. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. México (DF): Editorial Trillas.

83. Liu J., Liu Z., Zhang Y., Yang X., Gao Z. 2005. Biology of *Dermacentor silvarum* (Acari: Ixodidae) under laboratory conditions. *Exp. Appl. Acarol.* 2005;36(1-2):131-8.
84. Marquardt WC, Demaree RS, Grieve RB. 2000. *Parasitology Vector Biology*. Second Edition. Harcourt Academic Press HAP. Estados Unidos de Amèrica. Pàgs. 702. ISBN: 0-12-473275-5.
85. McCulloch RN, Lewis IJ. Ecological studies of the cattle tick, *Boophilus microplus* in the north coast district of New South Wales. *Aust. J. Agric. Res.* 1968;19:689-710.
86. Mangold AJ, Aguirre DH, Gaido AB, Guglielmone AA. Seasonal variation of ticks (Ixodidae) in *Bos Taurus* x *Bos indicus* cattle under rotational grazing in forested and deforested habitats in northwestern Argentina. *Vet. Parasitol.* 1994; 54(4):389-395.
87. Mason CA, Norval RAI. Zimbabwe. *Vet.J.*1980;II:36-43.
88. McCosker PJ. 1979. Global aspects of the management and control of tick of veterinary importance. *Recent Advanced in Acaralogy*; II:280-286.
89. Nari, A. 1990. Methods currently used for the control of one-host ticks. *Parasitologia*32: 133-143.
90. Norton GA, Sutherst RW, Maywald GF. 1983. A framework for integrating control methods against the cattle tick, *Boophilus microplus* in Aust.. *J.Appl. Ecol.* 20:489-505.

91. Norval RA, Fivaz BH, Lawrence JA, Daillecourt T. 1983. Epidemiology of tick-borne diseases of cattle in Zimbabwe. I. Babesiosis. Trop. Anim. Health Prod. 15(2):87-94.
92. Nuñez JL, Muñoz CME, Moltedo HL. 1987. *Boophilus microplus*. La garrapata común del ganado vacuno. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, 1987. pp. 184.
93. Oberem, PT.; 1984. The immunological basis of host resistance to ticks; a review. J. South African Vet. Assoc. 55 (4): 215-217.
94. Ogden NH, Lindsay LR, Beauchamp G, Charron D, Maarouf A, O'Callaghan CJ, Waltner-Yoews D, Barker IK. 2004. Investigation of relationships between temperature and developmental rates of tick *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) in the laboratory and field. J. Med. Entomol. 41(4):622-33.
95. Oliveira PR, Borges LMF, Lopes CML, Leite RC. 2000. Population dynamics of the free living stages of *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) (Acari: Ixodidae) on pastures of Pedro Leopoldo, Minas Gerais state, Brazil. Vet. Parasitol. 92:295-301.
96. Osburn RL, Knipling EF. 1982. The potential use of sterile hybrid ticks (Acari : Ixodidae) as a supplemental eradication technique. J. Med. Entomol.; 19:637-644.
97. Ortiz EM, Santamaría VA, Ortiz NN, Soberanes CJ, Osorio MR, FragosoBF, Martínez IR, Quezada DH, Fragoso SH. 1995. Caracterización de la resistencia de *Boophilus microplus* a ixodidas en México. Memorias del Tercer Seminario Internacional de Parasitología Animal; octubre 11-13; Acapulco (Guerrero), México. Asociación Mexicana de Parasitólogos Veterinarios, AC, :58-66.

98. Ouhelli, H., Pandey, V.S. and Choukri, M., 1982. The effects of temperature, humidity, photoperiod and weight of engorged female on oviposition of *Boophilus annulatus* (Say, 1821). *Vet. Parasitol.*, 11: 231-239.
99. Palmer WA, QDAH, Treverrow BR, O'Neill BS. 1976. Factors affecting the detection of infestations of *Boophilus microplus* in tick control programs. *Austr. Vet. J.* 52:321-324.
100. Passos dos Santos,A., Furlong,J. 2002. Competicao intraespecifica em *Boophilus microplus*. *Ciencia Rural, Santa Maria*, 32, (6): 1033-1038,.
101. Pegram RG, Perry BD, Schels HF. 1986. Seasonal dynamics of the parasitic and non-parasitic stages of cattle ticks in Zambia. *Acarology* 6(2):1183-1188.
102. Pegram RG., Lemche J., Chizyuka HG., Sutherst RW., Floyd RB., Kerr JD., McCosker PJ. 1989. Ecological aspects of cattle tick control in central Zambia. *Med. Vet. Entomol.* 3(3):307-312.
103. Pegram RG, Tatchell RJ, De Castro JJ, Chizyuka HGB, Creek MJ, McCosker PJ, Moran MC, Nigarura G. 1993. Tick Control: new concepts. *World Anim. Rev.*, 74-75:2-11.
104. Perry BD, Schels HF. Cattle tick control. 1982; *Trop.Anim.Hlth.Prod.* 22(1-4):229-234.
105. Price PW., 1977. General concepts on the evolutionary biology of parasites. *Evolution.* 31: 405-420.
106. Quiroz RH. 1991. Situación actual de la problemática de las garrapatas. *Memorias Segundo Seminario Internacional de Parasitología Animal, garrapatas y*

enfermedades que transmiten; 1991, octubre 20-24;Oaxtepec(Morelos)México. Asociación Mexicana de Parasitólogos Veterinarios, AC, 79-83.

107. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Fideicomiso Campaña Nacional Contra la Garrapata. Manual para el inspector. México(DF):S.A.R.H., 1980.

108. Serra-Freire NMS. 1982. Epidemiología de *Amblyomma cajennense*: ocurrencia estacional e comportamento dos estadios nao parasitarios em pastagens do Estado do Rio de Janeiro. Arq. Univ. Fed. Rur. Río de Janeiro. 5:187-193.

109. Silva, MCL., Sobrino, RN., Linhares, GFC.; 2000. Avaliacao in vitro da eficacia do clorfenvinfos e da cialotrina sobre o *Boophilus microplus*, colhidos em bovinos da bacia leiteira da microrregiao de Goiania, Goiás. Ciencia Animal Brasileira, 1 (2): 143-148.

110. Silvestri, R. 1980. Forma de recolectar, conservar y enviar garrapatas de animales domésticos y salvajes. Cat. Farmacología, Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV, Maracay. 8 p.

111. Snedecor GW, Cochran WG. Métodos estadísticos. México (DF); Edit. CECSA., 1977.

112. Solís HS. Ecología de garrapatas en México. 1986. En: 1er. Seminario Internacional de Parasitología Animal. Asociación Mexicana de Parasitología Veterinaria, AC., (AMPAVE)- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Cuernavaca (Morelos), México. 1986:250-263.


113. Solis S. Epidemiología de las garrapatas *Boophilus* spp. y *Amblyomma* spp. en México. En: Segundo seminario Internacional de parasitología animal: Garrapatas y enfermedades que transmiten. 1991:19-30.
114. Souza AP. Variacao populacional dos principais ixodídeos parasitas de bovinos e equinos em diferentes condicoes de manejo, nos municipios de Paracambi e Itaguaí no estado do Río de Janeiro. Tese de Doutorado em Parasitología Animal. Universidade Federal Rural do Río de Janeiro, Seropédica. 1990;81.
115. Steel RGD y Torrie JH. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da. Edición. Editorial McGraw-Hill. México, D.F. 1998.
116. Sutherst RW, Bourne AS, Sutherland ID.; 1999. Production and survival of eggs of the cattle tick *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarina: Ixodidae) in the wet and dry tropics of north Queensland. *Aust. J. Entomol.* 38,340-47.
117. Sutherst RW, Kerr JD., Maywald, GF., Stegeman, D.A.; 1983. The effect of season and nutrition on the resistance of cattle tick *Boophilus microplus*. *Australian Journal of Agriculture Research*34: 329-339.
118. Sutherst RW. 1981; Some aspects control of *Boophilus microplus*. In: Tick Biology and Control, Proc. Ont. Conf. Grahamstown, South Africa, 79-85.
119. Sutherst RW, Bourne AS. ; 2006. The effect of desiccation and low temperature on the viability of eggs and emerging larvae of the tick, *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Canestrini) (Ixodidae). *Int. J. Parasitol.* 78:193-200.

120. Tandon SK. 1982. The ixodid ticks of Zambia: a study of zoogeography and distribution of Ixodidae with special emphasis on livestock. National Council for Scientific Research. 1982:34(3):256-262.
121. Teel PD. Effect of saturation deficit on eggs of *Boophilus annulatus* and *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 1984;77: 65-68.
122. Tellam RL, Kemp D, Riding G, Briscoe S, Smith D, Sharp P, Irving D, Willadsen P. . 2002. Reduce oviposition of *Boophilus microplus* feeding on sheep vaccinated with vitellin. Vet.Parasitol;103(1-2):141-156.
123. Tomassone L., Camicas JL., Pagani P., Diallo O. T., Mannelli A., De Meneghi D. 2004. Monthly dynamics of ticks (Acari: Ixodida) infesting N'Dama cattle in the Republic of Guinea. Exp. Appl. Acarol. 32: 209-218.
124. Trigueros A, Rojas M. Desarrollo y supervivencia de larvas de *Boophilus microplus* en Pucallpa, Perú. 1999. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. VI: 456-463
125. Vaz JIS, Martínez RH, Oliveira, Heck A, Logullo C, Gonzales JC, Dejes, Masuda A. 1996. Functional bovine immunoglobulins in *Boophilus microplus* hemolymph. Vet. Parasitol. 62(1-2):156-160.
126. Vezzani D., Velázquez SM., Schweigmann N. 2004. Seasonal Pattern of Abundance of *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae) in Buenos Aires City, Argentina. Mem. Inst. Oswaldo 99(4): 351-356.
127. Wanchinga, DM., Barker RW., 1986. Colonization and laboratory development of *Otobius megnini* (Acari:Ixodidae). J. Econ. Entomol. 79:999-1002.

128. Wedderburn PA, Jagger TD, McCartan B, Hunter AG. 1991. Distribution of *Boophilus* species ticks in Swaziland. *Trop. Anim. Hith. Prod.* 23:167-171.
129. Wilkinson PR, Wilson JT. 1969. Survival of cattle tick in central Queensland pastures. *Aust. J. Agric. Res.* 10:129-143.
130. Willadsen P, Jongejan F. 1999. Immunology of the tick-host interaction and the control of ticks and tick-borne diseases. *Parasitol. Today.* 15(7):258-62.
131. Winston PW, Bates DH. 1900. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology*, 41:232-237.

IX. ANEXOS

Anexo 1.9 Artículo aceptado para publicación

| | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|-----------------------------|----------------------------------|--|--|
|  | 10493 | 9098 | APPA215 | Dispatch: 11.8.07 | | No. of Pages: 6 | |
| | Journal | Article | MS Code | LE <input type="checkbox"/> | TYPESET <input type="checkbox"/> | CP <input checked="" type="checkbox"/> | DISK <input checked="" type="checkbox"/> |

Exp Appl Acarol
DOI 10.1007/s10493-007-9098-6

1

2 **Comparison of efficiency and reproductive aptitude**
3 **indexes in two strains of the cattle tick *Boophilus***
4 ***microplus***

5 Soila Maribel Gaxiola-Camacho · Zeferino García-Vázquez ·
6 Carlos Cruz-Vázquez · Jesus Jose Portillo-Loera ·
7 Carlos Vázquez-Peláez · Maria Teresa Quintero-
8 Martínez · Rodrigo Rosario-Cruz

9 Received: 8 June 2007 / Accepted: 7 August 2007
10 © Springer Science+Business Media B.V. 2007


11 **Abstract** The objective of this work was to study the reproductive efficiency index (REI)
12 and reproductive aptitude index (RAI) of two strains of *B. microplus*, one wild caught
13 (Native) and one reference strain (Media Joya) for 2 years. Engorged ticks from each strain
14 were collected monthly from February 2002 to February 2004. These were weighed and
15 kept in the laboratory until egg-laying. Oogenic masses were individually weighed and
16 incubated until larvae emergence. REI and RAI were calculated from each sample, group-
17 ing ticks by weight in 100 mg range classes. An analysis of variance and Duncan's multiple
18 rank tests were carried out on the data ($P < 0.05$). Pearson's correlation coefficients were
19 estimated ($P < 0.01$) in order to determine the relationship between engorgement weight,
20 the weight and number of laid and hatched eggs. The Native strain showed a higher
21 engorgement weight than Media Joya strain. In both strains REI and RAI were similar in all
22 weight classes; with a quadratic tendency in Media Joya and linear-quadratic in the Native
23 strain ($P < 0.05$). Significant differences were observed when REI and RAI of both strains
24 were compared along the duration of the study ($P < 0.01$) with the Native strain performing
25 better in both indexes, including better performance during the dry season. All parameters

A1 S. M. Gaxiola-Camacho · J. J. Portillo-Loera
A2 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa, José Luis Ceceña
A3 Cervantes, Fracc. Universidad 94, CP 80059 Culiacan, Sinaloa Mexico

A4 Z. García-Vázquez · R. Rosario-Cruz
A5 Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria (Cenid-PaVet), INIFAP.
A6 A.P. 206, CIVAC, CP 62250 Cuernavaca, Morelos Mexico

A7 C. Cruz-Vázquez (✉)
A8 Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, A.P. 74-2 Admon. Postal No. 2.,
A9 CP 20041 Aguascalientes, Mexico
A10 e-mail: cruva18@yahoo.com.mx

A11 C. Vázquez-Peláez · M. T. Quintero-Martínez
A12 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México,
A13 Av. Universidad No. 2000, Cd. Universitaria, CP 04150 Mexico, D.F. Mexico

| | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|-----------------------------|----------------------------------|--|--|
|  | 10493 | 9098 | APPA215 | Dispatch: 11.8.07 | No. of Pages: 6 | | |
| | Journal | Article | MS Code | LE <input type="checkbox"/> | TYPESET <input type="checkbox"/> | CP <input checked="" type="checkbox"/> | DISK <input checked="" type="checkbox"/> |

Exp Appl Acarol

26 studied showed highly significant correlation; eggs laid and eggs hatched were notably
27 highly correlated, 0.94 and 0.91, for Media Joya strain and Native strain respectively.

28 **Keywords** *Boophilus microplus* · No-parasitic stage · Native strain · Reference strain ·
29 Reproductive efficiency index · Reproductive aptitude index · Mexico

30 Introduction

31 The cattle tick, *Boophilus microplus*, is widely distributed in tropical and subtropical
32 regions of America, causing direct damage to the animals by bloodsucking as well as by
33 transmission of diseases such as bovine babesiosis; economic losses are important due to
34 these direct causes as well as due to chemical control costs (Byford et al. 1992; Homer
35 et al. 2000).

36 It is known that in Ixodidae ticks, the number of eggs produced is correlated with the
37 weight of the engorged female, i.e. heavier females produce more eggs or these are
38 heavier (Diehl et al. 1982; Chilton and Bull 1991). Drummond and Whetstone (1970)
39 created the Reproductive Efficiency Index (REI), which is defined as the number of eggs
40 laid divided by the weight of the ingurgitated female at the time of leaving the host, in
41 order to estimate the reproductive aptitude of different females. Later, Chilton (1992)
42 proposed the Reproductive Aptitude Index (RAI), which is defined as the number of eggs
43 hatched as larvae divided by the weight of the ingurgitated female at the time it leaves
44 the host. RAI has the advantage over REI that it takes into account the viability of laid
45 eggs.

46 The object of this work was to study the behavior of REI and RAI in two strains of *B.*
47 *microplus*, one which was collected in the field and the other a reference strain, for a period
48 of 2 years.

49 Materials and methods

50 Between February 2002 and February 2004, monthly samples of engorged *B. microplus*
51 ticks were collected from two sources: (a) naturally infested cattle (Native Strain) located
52 in a livestock farm in the Culiacan municipality, Sinaloa, Mexico; and (b) from susceptible
53 cattle that are kept artificially infested in the Cenid-PaVet (INIFAP), located in Jiutepec,
54 Morelos, Mexico, with the Media Joya reference strain. A total of 30 females were
55 collected from each strain in each instance, were weighed and placed individually in glass
56 vials and incubated at 27°C and 80% relative humidity until eggs were laid. The oogenic
57 masses were individually weighed and incubated under the previous conditions until larvae
58 hatched. Finally an aliquot of approximately 100 eggs was taken from each vial and
59 observed under a stereoscopic microscope in order to classify them as hatched when only
60 the shell was present or not hatched when the whole egg remained.

61 REI and RAI measures were calculated from each monthly sample according to the rec-
62 ommendations in the literature (Drummond and Whetstone 1970; Chilton 1992), grouping
63 the engorged ticks in 100 mg weight ranges. Data was analyzed with an analysis of vari-
64 ance and Duncan's multiple rank tests ($P < 0.05$). Pearson's correlation coefficients were
65 calculated ($P < 0.01$) in order to estimate the association between engorged tick weight,
66 and weight and number of eggs laid and hatched (Steel and Torrie 1992).

Table 1 REI and RAI values for each range of engorgement weight (IW) in two strains of *B. microplus* (Media Joya and Native)

| Weight range (mg) | n | | IW | | REI | | RAI | |
|-------------------|------------|--------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | Media Joya | Native | Media Joya (X ± SD) | Native (X ± SD) | Media Joya (X ± SD) | Native (X ± SD) | Media Joya (X ± SD) | Native (X ± SD) |
| 100–200 | 449 | 87 | 172.7 ± 19.7 | 182.9 ± 15.3 | 7.5 ± 3 a | 12.5 ± 2.5 a | 4.6 ± 0.1 a | 9.1 ± 0.1 a |
| 201–300 | 263 | 410 | 236.3 ± 23.2 | 262.7 ± 25.1 | 6.6 ± 2.3 a | 10.4 ± 1.4 a | 4.1 ± 0.1 a | 8.1 ± 0.07 a |
| 301–400 | 8 | 213 | 309.9 ± 8.9 | 331.9 ± 19.7 | 7.9 ± 3.1 a | 9.7 ± 1.4 a | 5 ± 0.04 a | 8 ± 0.05 a |
| 401–500 | 0 | 10 | | 403.9 ± 3.1 | | 9.4 ± 1.1 a | | 7.9 ± 0.07 a |
| Linear | | | 0.001 | 0.001 | 0.457 | 0.001 | 0.319 | 0.042 |
| Quadratic | | | 0.250 | 0.497 | 0.023 | 0.007 | 0.045 | 0.023 |

* Same literals in a column indicate no significant difference ($P > 0.05$)

67 Results

68 The Native strain showed a higher engorgement weight than Media Joya strain (Table 1),
 69 with the latter within a range of 100–200 mg in weight ($n = 449$, 62.6%), while the former
 70 had a range of 210–300 mg ($n = 410$, 58.6%).

71 The REI in the Media Joya strain (Table 1) was similar in the three engorgement weight
 72 ranges ($P > 0.05$) with a quadratic trend ($P < 0.02$). This index was also similar in the Native
 73 strain in the four weight ranges ($P > 0.05$) and showed a linear ($P < 0.001$) as well as qua-
 74 dratic ($P < 0.007$) trend. When REI was compared between strains by weight range, the
 75 Native strain invariably had higher REI ($P < 0.05$) than Media Joya strain. The RAI of the
 76 Media Joya strain (Table 1) was similar among the three engorgement weight ranges
 77 ($P > 0.05$) with a quadratic trend ($P < 0.04$); a similar result was obtained for the Native strain
 78 with no differences among weight ranges ($P > 0.05$) although a linear and quadratic trend was
 79 observed ($P < 0.02$). When RAI was compared between engorgement weight ranges, the
 80 Native strain always showed higher values than the Media Joya strain ($P < 0.05$).

81 The behavior of REI and RAI along the time of this study can be seen in Table 2, with
 82 significant differences between both strains ($P < 0.01$) and the Native strain showed better
 83 performance than the Media Joya strain in both indexes. The lowest REI and RAI in the
 84 Native strain were observed in September, 9.72% and 6.9% respectively, whereas the lower
 85 REI in the Media Joya strain was observed in September (6.49%) and lower RAI in July
 86 (3.38%). The highest REI were observed during the dry season, from October to May, with
 87 10.95–11.87% in the Native strain, and 7.54–7.75% in the Media Joya strain. Furthermore,
 88 the highest RAI in the Native strain were 9.30–9.95% in March and April, respectively, and
 89 5.01–5.25% from January to March in the Media Joya strain.

90 Pearson's correlation coefficients are shown in Table 3. A highly significant correlation
 91 can be observed among all tested parameters, with the relationship between number of eggs
 92 laid and the number of eggs hatched being noteworthy (0.94 and 0.91, Media Joya and
 93 Native respectively).

94 Discussion

95 This study found that the Native strain had engorgement weights higher than the Media
 96 Joya strain; 88% of the Native strain ticks had weights above 200 mg. This could be due to

Table 2 REI and RAI values from two strains of *B. microplus* (Native and Media Joya) determined for each month of the study period

| | REI | | | | | RAI | | | | |
|-----------|--------|------|------------|------|--------|--------|------|------------|------|--------|
| | Native | | Media Joya | | | Native | | Media Joya | | |
| | Mean | SD | Mean | SD | P | Mean | SD | Mean | SD | P |
| March | 11.87 | 1.56 | 7.38 | 3.45 | <0.001 | 9.95 | 1.32 | 5.25 | 2.53 | <0.001 |
| April | 11.49 | 2.45 | 7.19 | 3.43 | <0.001 | 9.3 | 1.94 | 4.6 | 2.2 | <0.001 |
| May | 10.45 | 1.25 | 6.84 | 2.12 | <0.001 | 8.33 | 0.88 | 3.88 | 1.63 | <0.001 |
| June | 9.86 | 1.68 | 7.01 | 2.1 | <0.001 | 7.76 | 1.33 | 3.83 | 1.17 | <0.001 |
| July | 9.74 | 1.81 | 6.94 | 1.99 | <0.001 | 7.69 | 1.43 | 3.38 | 1.15 | <0.001 |
| August | 9.52 | 1.13 | 6.93 | 2.22 | <0.001 | 8.37 | 1.06 | 3.68 | 1.34 | <0.001 |
| September | 9.72 | 0.78 | 6.49 | 2.1 | <0.001 | 6.9 | 1.20 | 3.8 | 1.07 | <0.001 |
| October | 10.95 | 2.3 | 7.75 | 3.1 | <0.001 | 8.21 | 1.42 | 4.8 | 2.04 | <0.001 |
| November | 10 | 1.45 | 7.21 | 2.53 | <0.001 | 8 | 1.49 | 4.57 | 1.71 | <0.001 |
| December | 10.09 | 1.33 | 7.54 | 2.79 | <0.001 | 8.16 | 1.29 | 4.73 | 1.84 | <0.001 |
| January | 10.22 | 1.21 | 7.53 | 3.79 | <0.001 | 8.19 | 1.2 | 5.01 | 2.62 | <0.001 |
| February | 10.32 | 2.28 | 7.33 | 3.50 | <0.001 | 7.36 | 1.87 | 4.88 | 2.56 | <0.001 |


Table 3 Pearson's correlation coefficients of reproductive characteristics of *B. microplus* (Native strain upper triangle, Media Joya lower triangle)

* $P < 0.001$

| | Female weight (mg) | Egg weight (mg) | Egg number | Hatched eggs |
|--------------------|--------------------|-----------------|------------|--------------|
| Female weight (mg) | 1.00 | 0.40* | 0.66* | 0.67* |
| Egg weight (mg) | 0.61* | 1.00 | 0.33* | 0.35* |
| Egg number | 0.35* | 0.59* | 1.00 | 0.91* |
| Hatched eggs | 0.33* | 0.57* | 0.94* | 1.00 |

97 the fact that Media Joya has been maintained for several years in artificial infestation condi-
 98 tions. This is carried out in a single day and with constant number of larvae, which causes
 99 higher competition for attachment sites on the host and in consequence a tendency to be
 100 lighter in weight. Comparatively, the Native strain comes from natural infestations where
 101 larvae climb freely onto the host and only the most capable are those that reach engorge-
 102 ment fully showing their full reproductive capacity. Bennett (1974) reported weight ranges
 103 similar to those in this study, although higher maximums occurred in this study. Further-
 104 more, it is noteworthy that the collection site of the Native strain has ideal climate condi-
 105 tions for the development of *B. microplus*.

106 The egg-laying potential of an engorged female is directly related to her capacity to
 107 feed; therefore heavier females show better values in the number of eggs laid as well as the
 108 weight of the egg mass and after that a higher hatch rate. This would explain higher REI
 109 and RAI in the native strain during this study. It has been suggested by Passos dos Santos
 110 and Furlong (2002) that heavier females produce more eggs and thus has a higher REI. The
 111 REI and RAI observed in this study were higher than those reported by other authors (Borges
 112 et al. 2001; Chilton 1992; Liu et al. 2005). The quadratic and linear trend observed in this
 113 study should be considered normal due to existing variations in female weight increase and
 114 decrease and their capacity to lay eggs. The existence of a curved relationship between
 115 female weight and weight of the egg mass produced has been previously shown in *B. microplus*
 116 (Bennett 1974; Chilton and Andrews 1988; Chilton 1992; Borges et al. 2001), as well as in
 117 other tick species (Koch and Dunn 1980; Koch 1982; Borges et al. 1997).

| | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|-----------------------------|----------------------------------|--|--|
|  | 10493 | 9098 | APPA215 | Dispatch: 11.8.07 | | No. of Pages: 6 | |
| | Journal | Article | MS Code | LE <input type="checkbox"/> | TYPESET <input type="checkbox"/> | CP <input checked="" type="checkbox"/> | DISK <input checked="" type="checkbox"/> |

Exp Appl Acarol

118 The importance of RAI stems on the fact that it demonstrates the capacity to generate a
 119 new larvae generation, which puts into evidence the reproductive aptitude of the tick (Chilton
 120 and Bull 1991). The success or failure in egg viability has important biological ramifications,
 121 for example, in models that calculate reproductive success of females located at the
 122 edges of the distribution range for the species (Price 1977) where not only egg laying
 123 values are considered, but also hatchability and final larvae production are also considered.
 124 Reproductive capacity of the studied strains provides reference values that should be
 125 considered for different uses as the information generated in the laboratory can be useful to
 126 predict behavior in the field (De la Vega and Diaz 1996; Diaz and De la Vega 2000; Ogden
 127 et al. 2004).

128 It was observed that REI and RAI along this study were higher during the dry season,
 129 which agrees with the results of other authors (Borges et al. 2001). Sutherst et al. (1983)
 130 and Sutherst and Bourne (2006) suggest an influence of the length of day in the natural
 131 resistance of cattle to infestations, which would allow a higher presence of adult ticks in
 132 autumn and winter, and of temperature on the emergence of larvae in grasses. Climatic con-
 133 ditions would favor the development of adult ticks during autumn and winter (Davey et al.
 134 1980a, b, 1991; Davey 1988; Barriga et al. 1995). Furthermore, when the relative humidity
 135 (RH) is equal or above 75%, temperature becomes the main factor that determines larvae
 136 survival; in contrast when RH is equal or less than 63%, it becomes the main factor substi-
 137 tuting temperature (Davey et al. 1991).


138 Davey et al. (1980a, b), Garris et al. (1990), Gallardo and Morales (1999), when study-
 139 ing the non-parasitic stages of *B. microplus*, found high correlations between tick weight
 140 and the number of eggs laid and eggs hatched. Other authors have found similar relation-
 141 ships in other species of ticks (Drummond and Whetstone 1970, 1975; Drummond et al.
 142 1971; Wanchinga and Baker 1986; Koch 1982; Liu et al. 2005). The results of this study
 143 agree with these previous reports in the literature.

144 A lack of standardization of initial weight in female ticks in other studies could generate
 145 unreliable conclusions; the results of this study suggest that a female *B. microplus* selected
 146 for validation or assessment of ixodicides or for epidemiological studies should weight at
 147 least 160 mg. Females with less weight would not be a reliable representation in tests as a
 148 lighter female will have a lighter egg mass or decreased number of eggs and a correspond-
 149 ing decreased viability.

150 To conclude, this study detected better REI and RAI in the Native strain than the Media
 151 Joya reference strain, and that engorged females with weights greater than 160 mg have a
 152 better reproductive behavior. We suggest using REI and RAI when attempts are made to
 153 assess this life stage in *B. microplus*.


154 References

- 155 Barriga OO, Silva SS, Azevedo JSC (1995) Relationships and influences between *Boophilus microplus*
 156 characteristics in tick-native or repeatedly infested cattle. *Vet Parasitol* 56:225–238
- 157 Bennett GF (1974) Oviposition of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarida:Ixodidae) I. Influence of tick
 158 size on egg production. *Acarologia* 16:52–61
- 159 Borges LMF, Ribeiro MFB, Oliveira PR (1997) Biological parameters of *Anocentor nitens* (Neumann)
 160 females obtained directly from equine and naturally detached. *Revue Med Vet* 148:429–432
- 161 Borges LMF, Carneir JR, Gomes AG, Moreira PC (2001) Influencia do peso inicial e da estacao do ano na
 162 conversao em ovos de femeas de *Boophilus microplus* (Acarida:Ixodidae). *Ciencia Anim Bras* 2:127–131
- 163 Byford RL, Craig ME, Crosby BL (1992) A review of ectoparasites and their effect on cattle production.
 164 *J Anim Sci* 70:597–602
- 165 Chilton NB (1992) An index to assess the reproductive fitness of female ticks. *Int J Parasitol* 22:109–111

| | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|-----------------------------|----------------------------------|--|--|
|  | 10493 | 9098 | APPA215 | Dispatch: 1L8.07 | | No. of Pages: 6 | |
| | Journal | Article | MS Code | LE <input type="checkbox"/> | TYPESET <input type="checkbox"/> | CP <input checked="" type="checkbox"/> | DISK <input checked="" type="checkbox"/> |

Exp Appl Acarol

- 166 Chilton NB, Andrews RH (1988) Mating behavior and parapatry in two species of Australian reptile ticks.
167 *Oecologia* (Berlin) 75:146–152
- 168 Chilton NB, Bull CM (1991) A comparison a reproductive parameters of females of two reptile tick species.
169 *Int J Parasitol* 21:907–911
- 170 Davey RB (1988) Effect of temperature on the ovipositional biology and egg viability of the cattle tick
171 *Boophilus annulatus* (Acari:Ixodidae). *Exp Appl Acarol* 5:1–14
- 172 Davey RB, Cooksey LM, Despins JL (1991) Survival of larvae of *Boophilus annulatus*, *Boophilus microplus*
173 and *Boophilus hybrids* (Acari:Ixodidae) in different temperature and humidity regimes in the laboratory.
174 *Vet Parasitol* 40:305–313
- 175 Davey RB, Garza J Jr., Thompson GD, Drummond RO (1980a) Ovipositional biology of the cattle tick,
176 *Boophilus microplus* (Acari:Ixodidae) in the laboratory. *J Med Entomol* 17:117–121
- 177 Davey RB, Garza J Jr., Thompson GD, Drummond RO (1980b) Ovipositional biology of the cattle tick,
178 *Boophilus annulatus* (Acari:Ixodidae) in the laboratory. *J Med Entomol* 17:287–289
- 179 De la Vega R, Diaz G (1996) Age and weight relationship in *Boophilus microplus* (Ixodoidea:Ixodidae)
180 larvae. *Ann NY Acad Sci* 791:227–232
- 181 Diaz G, De la Vega R (2000) Larval survival of *Anocentor nitens* under simulated natural conditions. *Ann*
182 *NY Acad Sci* 916:309–314
- 183 Diehl PA, Aeschlimann A, Obenchain FD (1982) Tick reproduction: oogenesis and oviposition. In:
184 Obenchain FD, Galun R (eds) *Physiology of ticks*. Pergamon Press, New York, pp 277–350
- 185 Drummond RO, Whetstone TM (1970) Oviposition of the gulf coast tick. *Ann Entomol Soc Am* 63:1547–
186 1551
- 187 Drummond RO, Whetstone TM (1975) Oviposition of the cayena tick, *Amblyomma cajennense* (F.) in the
188 laboratory. *Ann Entomol Soc Am* 68:214–216
- 189 Drummond RO, Whetstone TM, Ernst SE, Gladney WJ (1971) Oviposition of the American dog tick
190 (Acarina:Ixodidae). *Ann Entomol Soc Am* 64:214–216
- 191 Gallardo JS, Morales SJ (1999) *Boophilus microplus* (Acari:Ixodidae): preoviposición, oviposición, incuba-
192 ción de los huevos y geotropismo. *Bioagro* 11:77–87
- 193 Garris GL, Popham TW, Zimmerman RH (1990) *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae): oviposition, egg
194 viability and larval longevity in grass and wooded environments of Puerto Rico. *Environ Entomol*
195 19:66–75
- 196 Homer MJ, Aguilar-Defin I, Telford III SR, Krause PJ, Persing DH (2000) Babesiosis. *Clin Microbiol Rev*
197 13:451–469
- 198 Koch HG, Dunn JC (1980) Egg production efficiency of female lone star ticks of different engorgement
199 weights. *Southwest Entomol* 5:179–182
- 200 Koch HG (1982) Oviposition of the brown dog tick (Acari:Ixodidae) in the laboratory. *Ann Entomol Soc Am*
201 75:583–586
- 202 Liu J, Liu Z, Zhang Y, Yang X, Gao Z (2005) Biology of *Dermacentor silvarum* (Acari:Ixodidae) under
203 laboratory conditions. *Exp Appl Acarol* 36:131–138
- 204 Ogden NH, Lindsay LR, Beauchamp G, Charron D, Maarouf A, O'Callaghan CJ, Waltner-Yoews D, Barker
205 IK (2004) Investigation of relationships between temperature and developmental rates of tick *Ixodes*
206 *scapularis* (Acari:Ixodidae) in the laboratory and field. *J Med Entomol* 41:622–633
- 207 Passos dos Santos A, Furlong J (2002) Competicao intraespecifica em *Boophilus microplus*. *Ciencia Rural*
208 (Santa Maria) 32:1033–1038
- 209 Price PW (1977) General concepts on the evolutionary biology of parasites. *Evolution* 31:405–420
- 210 Steel RGD, Torrie JH (1992) *Bioestadística, Principios y Procedimientos*. 2nd edn. McGraw Hill, México
- 211 Sutherst RW, Bourne AS (2006) The effect of desiccation and low temperature on the viability of eggs and
212 emerging larvae of the tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini) (Ixodidae). *Int J Parasitol*
213 36:193–200
- 214 Sutherst RW, Kerr JD, Maywald GF, Stegeman DA (1983) The effect of season and nutrition on the resistance
215 of cattle tick *Boophilus microplus*. *Aust J Agric Res* 34:329–339
- 216 Wanchinga DM, Barker RW (1986) Colonization and laboratory development of *Otobius megnini* (Acari:Ix-
217 odidae). *J Econ Entomol* 79:999–1002

| | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|-----------------------------|----------------------------------|--|--|
|  | 10493 | 9098 | APPA215 | Dispatch: 11.8.07 | No. of Pages: 6 | | |
| | Journal | Article | MS Code | LE <input type="checkbox"/> | TYPESET <input type="checkbox"/> | CP <input checked="" type="checkbox"/> | DISK <input checked="" type="checkbox"/> |

Exp Appl Acarol

118 The importance of RAI stems on the fact that it demonstrates the capacity to generate a
 119 new larvae generation, which puts into evidence the reproductive aptitude of the tick (Chilton
 120 and Bull 1991). The success or failure in egg viability has important biological ramifications,
 121 for example, in models that calculate reproductive success of females located at the
 122 edges of the distribution range for the species (Price 1977) where not only egg laying
 123 values are considered, but also hatchability and final larvae production are also considered.
 124 Reproductive capacity of the studied strains provides reference values that should be
 125 considered for different uses as the information generated in the laboratory can be useful to
 126 predict behavior in the field (De la Vega and Diaz 1996; Diaz and De la Vega 2000; Ogden
 127 et al. 2004).

128 It was observed that REI and RAI along this study were higher during the dry season,
 129 which agrees with the results of other authors (Borges et al. 2001). Sutherst et al. (1983)
 130 and Sutherst and Bourne (2006) suggest an influence of the length of day in the natural
 131 resistance of cattle to infestations, which would allow a higher presence of adult ticks in
 132 autumn and winter, and of temperature on the emergence of larvae in grasses. Climatic con-
 133 ditions would favor the development of adult ticks during autumn and winter (Davey et al.
 134 1980a, b, 1991; Davey 1988; Barriga et al. 1995). Furthermore, when the relative humidity
 135 (RH) is equal or above 75%, temperature becomes the main factor that determines larvae
 136 survival; in contrast when RH is equal or less than 63%, it becomes the main factor substi-
 137 tuting temperature (Davey et al. 1991).

138 Davey et al. (1980a, b), Garris et al. (1990), Gallardo and Morales (1999), when study-
 139 ing the non-parasitic stages of *B. microplus*, found high correlations between tick weight
 140 and the number of eggs laid and eggs hatched. Other authors have found similar relation-
 141 ships in other species of ticks (Drummond and Whetstone 1970, 1975; Drummond et al.
 142 1971; Wanchinga and Baker 1986; Koch 1982; Liu et al. 2005). The results of this study
 143 agree with these previous reports in the literature.

144 A lack of standardization of initial weight in female ticks in other studies could generate
 145 unreliable conclusions; the results of this study suggest that a female *B. microplus* selected
 146 for validation or assessment of ixodicides or for epidemiological studies should weight at
 147 least 160 mg. Females with less weight would not be a reliable representation in tests as a
 148 lighter female will have a lighter egg mass or decreased number of eggs and a correspond-
 149 ing decreased viability.

150 To conclude, this study detected better REI and RAI in the Native strain than the Media
 151 Joya reference strain, and that engorged females with weights greater than 160 mg have a
 152 better reproductive behavior. We suggest using REI and RAI when attempts are made to
 153 assess this life stage in *B. microplus*.

154 References

- 155 Barriga OO, Silva SS, Azevedo JSC (1995) Relationships and influences between *Boophilus microplus*
 156 characteristics in tick-native or repeatedly infested cattle. *Vet Parasitol* 56:225–238
- 157 Bennett GF (1974) Oviposition of *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarida: Ixodidae) I. Influence of tick
 158 size on egg production. *Acarologia* 16:52–61
- 159 Borges LMF, Ribeiro MFB, Oliveira PR (1997) Biological parameters of *Anocentor nitens* (Neumann)
 160 females obtained directly from equine and naturally detached. *Revue Med Vet* 148:429–432
- 161 Borges LMF, Carneir JR, Gomes AG, Moreira PC (2001) Influencia do peso inicial e da estacao do ano na
 162 conversao em ovos de femeas de *Boophilus microplus* (Acarida: Ixodidae). *Ciencia Anim Bras* 2:127–131
- 163 Byford RL, Craig ME, Crosby BL (1992) A review of ectoparasites and their effect on cattle production.
 164 *J Anim Sci* 70:597–602
- 165 Chilton NB (1992) An index to assess the reproductive fitness of female ticks. *Int J Parasitol* 22:109–111