

ESTUDIO SOBRE BABESIOSIS Y ANAPLASMOSIS EN RELACIÓN CON LA CARGA DE GARRAPATAS EN TERNEROS LECHEROS DEL ORIENTE BOLIVIANO

Hugo Ribera Cuéllar*
Ana María Cuellar*
Gerardo Barba Chávez*
Juan J. Carrique-Mas**
Alan Walker**

Abstract

The aim of this paper was to study the relationship between tick burdens and inoculation rates for *Babesia bovis*, *B. bigemina* and *Anaplasma marginale* in dairy farms in Santa Cruz, situated in the tropical eastern lowlands of Bolivia. In these farms, cattle are periodically dipped with acaricide against the cattle tick *Boophilus microplus*, the only species of significant importance in this region. Fifty one Holstein calves from four dairy farms were selected. Animals were visited monthly from the age of 2-3 months until they were 7-8 months old. Monthly standard female tick counts were carried out, and serum samples were taken from them. Samples were tested for antibodies against *B. bovis*, *B. bigemina* and *A. marginale* using indirect ELISA. These results served to calculate inoculation rates for each of the haemoparasites. A significant linear correlation was found between log-transformed tick numbers and inoculation rates for *B. bovis*, but not for *B. bigemina* and *A. marginale*. A theoretical minimum number of ticks necessary for endemic stability was calculated from regression formulae. The interpretation of these results and their practical application is discussed.

Key words: *BABESIA SP*, *ANAPLASMA SP*, *BOOPHILUS MICROPLUS*, TICKS, ENDEMIC STABILITY, INOCULATION RATE, HAEMOPARASITES, DAIRY FARMS.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar la relación entre la carga por garrapatas y la tasa de inoculación para *Babesia bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale* en granjas lecheras de la región tropical de los llanos orientales de Santa Cruz, Bolivia. En estas fincas, el ganado es periódicamente bañado con acaricidas contra la garrapata *Boophilus microplus*, la única especie de importancia en la región. Se seleccionaron 51 terneros pertenecientes a cuatro granjas lecheras. Se visitaron estos animales mensualmente desde la edad de 2-3 meses hasta 7-8 meses. Se contaron las garrapatas hembras estándar de medio cuerpo de cada animal y se extrajeron muestras de suero, a las que se realizó pruebas de ELISA indirecta para detección de anticuerpos contra *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale*. Estos datos sirvieron para calcular tasas de inoculación para cada uno de los hemoparásitos. Se encontró una correlación lineal significativa entre los números de garrapatas transformados logarítmicamente y la tasa de inoculación para *B. bovis*, pero no para *B. bigemina* ni *A. marginale*. De las ecuaciones de regresión se calculó un número de garrapatas mínimo necesario para obtener estabilidad endémica. Se analizaron los resultados y se dieron recomendaciones prácticas.

Palabras clave: *BABESIA*, *ANAPLASMA*, *BOOPHILUS MICROPLUS*, ESTABILIDAD ENDEMIC, TASA DE INOCULACIÓN, HEMOPARÁSITOS.

Recibido el 9 de marzo de 1999 y aceptado el 25 de junio de 1999.

* Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Veterinario, Av. Avda Ejército Nacional 153, Santa Cruz de la Sierra Bolivia. Email: lidivet.bolivia@scbbs-bo.com

** Centre for Tropical Veterinary Medicine, Easter Bush, Roslin, Midlothian, EH25 9RG, Escocia.

Introducción

La babesiosis (*Babesia bovis* y *Babesia bigemina*) y anaplasmosis (*Anaplasma marginale*) bovinas son enfermedades de gran impacto en la ganadería de Centro y Sudamérica¹.

Mientras que el vector de babesiosis en casi toda esta región es la garrapata de un solo hospedero *Boophilus microplus*, la anaplasmosis es también transmitida por otros artrópodos hematófagos, así como por el uso de material quirúrgico y agujas contaminadas¹⁻³.

Las razas de origen europeo (*Bos taurus*) son generalmente más susceptibles a *B. bovis* (y en menor medida a *B. bigemina* y *A. marginale*), así como a la parasitación por garrapatas^{4,5}.

Los animales jóvenes tienen inmunidad natural a babesiosis y anaplasmosis clínica⁶. Se considera que ésta dura hasta los 9 meses para *Babesia* spp.⁷ La exposición de los animales a niveles suficientes de garrapatas infectadas con babesias, mientras que son jóvenes, asegura una protección natural de éstos durante toda su vida útil, al mantenerse seropositivos.

Ross y Mahoney⁸ desarrollaron un modelo matemático para evaluar la situación epidemiológica de babesiosis en Australia: $I = 1 - e^{-ht}$; donde I es la proporción de animales infectados, h es la tasa de inoculación y t es la edad media de los animales expresada en días. La tasa de inoculación (h) es la frecuencia de transmisión de babesia y se define como la probabilidad de que cada animal en un hato se infecte en un día. Dicho valor se puede calcular despejando h de la fórmula anterior: $h = [-\ln(1/I)]/t$.

En términos prácticos, es fácil determinar la tasa de inoculación en una finca partiendo de un grupo cohorte de terneros de una edad homogénea y calculando el porcentaje de animales seropositivos a babesiosis. Un valor de h de 0.005 o mayor, implicará que al menos 75% de los animales habrá alcanzado la seropositividad a los 9 meses. A esta situación se le conoce como estabilidad endémica. Un valor de h de 0.0005 o menor tampoco representará un gran riesgo en el hato, ya que el número de animales que se infectará a partir de los 9 meses será relativamente pequeño.

Por el contrario, los hatos sometidos a valores de h situados entre 0.0005 y 0.005 para babesiosis, están en situación de inestabilidad endémica, y existe en ellos un alto riesgo de casos clínicos^{8,9}. Este mismo modelo epidemiológico puede también ser utilizado para anaplasmosis¹⁰. El cálculo de tasas de inoculación para hemoparásitos debería hacerse en toda zona en la que estas enfermedades constituyan una amenaza, con el fin de adaptar el control de las garrapatas y de las hemoparasitosis a cada situación³.

La industria lechera en el área de Santa Cruz ha vivido en los últimos años un notable desarrollo, debido a un rápido crecimiento de la población y una considerable mejoría genética de los animales. Las cabañas lecheras del área son casi exclusivamente de raza europea, fundamentalmente Holstein y Pardo Suizo.

El control de babesiosis y anaplasmosis del ganado en esta zona se basa en el tratamiento acaricida externo durante todo el año. Éste es realizado con una periodicidad variable, pero casi siempre a intervalos inferiores a seis semanas.

Santa Cruz, (Bolivia) goza de un clima subtropical, con niveles de pluviometría y temperatura altos a lo largo de todo el año (Figura 1). Estos factores favorecen la presencia continua del vector *Boophilus microplus*¹¹.

No se conoce el impacto de las prácticas acaricidas realizadas en la zona sobre la estabilidad endémica para babesiosis y anaplasmosis. El uso excesivo de acaricidas y rotación de pastos parece estar relacionado con la aparición de brotes de babesiosis y anaplasmosis, especialmente en ganado lechero¹.

Se realizó un estudio longitudinal en terneros lecheros de origen europeo a partir de 2-3 meses en cuatro fincas lecheras, con los siguientes objetivos:

1. Investigar la presencia de los hemoparásitos *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale* en las mismas.
2. Conocer los niveles de infestación por garrapatas.
3. Evaluar la situación epidemiológica para *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale*, mediante el cálculo de h , a partir del porcentaje de terneros seropositivos a diferentes edades en que fueron visitados, según el modelo de Ross y Mahoney⁸ para babesiosis. Para anaplasmosis se aplicó un similar modelo epidemiológico.
4. Determinar la correlación entre el número de garrapatas en los animales y h para calcular teóricamente el número de garrapatas mínimo necesario para obtener estabilidad endémica para

babesiosis y anaplasmosis. Esta información es de gran importancia para la formulación de un adecuado programa de control contra las garrapatas y mantener la estabilidad endémica.

Material y métodos

Fincas y animales de estudio

Las fincas de estudio están situadas en las provincias Andrés Ibáñez, Warnes y Sara, del Departamento de Santa Cruz, Bolivia. Dicha área está enclavada geográficamente entre 17° y 18° latitud sur y entre 63° y 64° longitud oeste. Las fincas lecheras seleccionadas fueron: Finca 1, La Victoria; Finca 2, Adolfo El Hage; Finca 3, Jerges Ballivián; y Finca 4, Kurt Steiger, situadas en un radio inferior a los 30 kilómetros al N, O, S y E de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

De cada finca se escogieron de 10 a 15 terneros de 2-3 meses hasta 7-8 meses de edad, resultando un total de 51 animales. Las razas bovinas presentes en estas fincas fueron Pardo Suiza (Finca 3) y Holstein (las tres restantes). Los terneros fueron criados de manera homogénea, compartiendo los mismos pastos en cada finca. Tras ser marcados, fueron visitados a intervalos de un mes \pm 10 días durante un periodo de 6 meses (abril-septiembre 1998).

De cada uno de los animales se extrajo sangre de la vena yugular en cada una de las visitas. En el laboratorio se centrifugaron para obtener el suero sanguíneo y se almacenaron a -20°C hasta su procesamiento.

Estimación de la carga de garrapatas

En cada visita se extrajeron todas las garrapatas detectadas al tacto de medio cuerpo de cada animal, y se guardaron en frascos identificados para su posterior recuento en el laboratorio. Se puso especial cuidado en realizar estas visitas sin avisar previamente al ganadero, para que la estimación de los niveles de parasitación por garrapatas no dependiera del programa de fumigación de las fincas. En el laboratorio se contaron las garrapatas *Boophilus* entre 4.5 y 8 mm de longitud (garrapatas hembras estándar). Estas garrapatas caen del animal en menos de 24 horas y representan una estimación de la carga total por garrapatas en el animal ¹². Los recuentos de garrapatas fueron multiplicados por dos para obtener las garrapatas estándar por animal. Con el fin de normalizar la distribución de los recuentos obtenidos, se realizó la transformación $\log_{10}(2 \times \text{recuento} + 1)$ ¹³.

Pruebas serológicas

A las muestras de suero se les realizó en el laboratorio pruebas de ELISA indirecta para la detección de anticuerpos IgG contra *B. bovis*,* *B. bigemina* y *A. marginale*,** según el protocolo de los laboratorios proveedores. El procedimiento seguido fue similar al descrito por Molloy y colaboradores ¹⁴.

Para determinación de los puntos de corte (*cut-off points*) en las pruebas ELISA, se analizaron 85 sueros de bovinos criados en Kallutaca, en el altiplano boliviano, donde el vector *Boophilus microplus* no está presente. A los valores obtenidos de densidad óptica (DO) para estas muestras se sumaron 3 desviaciones estándar.

Cálculo de las tasas de inoculación (h)

Los valores de *h* en cada finca para cada una de las tres hemoparasitosis se calculó a partir de los resultados de las pruebas ELISA de los sueros obtenidos en cada una de las visitas. Se aplicó la fórmula: $h = [-\ln(1/I)]/t$; sustituyendo *I* por la proporción de terneros seropositivos, y *t* por la edad media de la cohorte de terneros (en días) en cada visita. La estimación del valor de *h* para cada hemoparásito en cada finca se realizó calculando el valor promedio de los valores de *h* obtenidos en cada una de las visitas realizadas.

Estudios de correlación entre número de garrapatas y tasa de inoculación

Se realizó un análisis estadístico de la correlación entre *h* y la carga de garrapatas en cada finca, representada por la media aritmética de los logaritmos de los números de garrapatas + 1 de los animales en

* FAO/IAEA, Viena, Austria

** ILRI, Nairobi, Kenya

cada finca. Se determinó la línea de regresión, y a partir de ella, el número de garrapatas mínimo para conferir estabilidad endémica ($h = 0.005$) a las fincas para cada uno de los tres hemoparásitos.

RESULTADOS

Presencia de las tres hemoparasitosis en las fincas de estudio

Los resultados confirmaron la presencia de anticuerpos contra los tres hemoparásitos *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale*, en diferentes grados, en terneros pertenecientes a las cuatro fincas de estudio.

Carga de garrapatas en los terneros de las cuatro fincas

El Cuadro 1 y la Figura 2 muestran las cargas de garrapatas en las cuatro fincas de estudio, expresadas como medias aritméticas de los logaritmos del número de garrapatas por animal + 1 en cada visita (a la que denominaremos media geométrica). La finca 4, con 3.78 garrapatas por animal ([antilog (0.680) - 1]) tuvo la mayor carga y la finca 2, con 1.23 garrapatas ([antilog (0.349) - 1]), la menor.

Cálculo de las tasas de inoculación (h)

La Figura 3 muestra el porcentaje de animales seropositivos encontrado en cada visita y el Cuadro 2 muestra los valores de h calculados para cada hemoparásito. Sólo se tomaron en cuenta para el cálculo de h los resultados serológicos de las cohortes de animales a partir de la edad de tres meses (90 días), a fin de evitar la inclusión de animales seropositivos por efecto de la inmunidad pasiva calostrada. Tampoco fue posible el cálculo de h en los casos en los que 100% de los animales alcanzaron la seropositividad. El Cuadro 3 muestra los resultados finales del cálculo de las tasas de inoculación por finca y hemoparásito, calculados como el promedio de las tasas de inoculación de las cohortes de animales en cada visita para cada finca. A partir de estas tasas de inoculación, las fincas se clasificaron en endémicamente estables (h mayor a 0.005) o inestables (h comprendida entre 0.005 y 0.0005) para cada hemoparásito.

Correlación entre h y cargas parasitarias de garrapatas, y cálculo del número mínimo de garrapatas necesario para estabilidad endémica

Se representó en un diagrama de dispersión la media geométrica del número de garrapatas en cada finca (Cuadro 1), como una estimación de la carga de garrapatas (variable independiente), y el valor de h obtenido para cada hemoparásito (variable dependiente). (Cuadro 4 y Figura 4). Se encontró una correlación lineal altamente significativa para *Babesia bovis* (coeficiente de correlación múltiple, $r = 0.997$, $P < 0.001$), pero no para *B. bigemina* ($r = 0.559$, $P > 0.05$) ni para *A. marginale* ($r = 0.144$, $P > 0.05$).

Se calculó la ecuación de regresión lineal entre h para *B. bovis* y la carga de garrapatas ($h = -7.58 \cdot 10^{-3} + 3.35 \cdot 10^{-2} \cdot \logaritmo \text{ del número de garrapatas por animal } + 1$). Para un valor de h de 0.005, se obtuvo una cifra de $0.374 \pm SE 0.00065$ (intervalo de confianza = 0.371-0.376). Esto último corresponde a un número entre 1.34 y 1.37 garrapatas estándar de media por animal.

Para el cálculo de los valores mínimos de garrapatas para *B. bigemina* y *A. marginale*, se ignoró los valores de la finca 3 (Figura 5). De este modo se pudo encontrar una mejor correlación, aunque no suficientemente significativa para *B. bigemina* ($r = 0.986$, $P > 0.05$) ni para *A. marginale* ($r = 0.876$, $P > 0.05$).

Aplicando la ecuación de regresión para *B. bigemina* ($h = -8.85 \cdot 10^{-3} + 3.54 \cdot 10^{-2} \cdot \logaritmo \text{ del número de garrapatas por animal } + 1$) para $h = 0.005$ se obtuvo una cifra de $0.39 \pm SE 0.00179$ (intervalo de confianza = 0.388 - 0.412), que corresponde a entre 1.44 y 1.58 garrapatas.

Para *A. marginale* igualmente se aplicó la ecuación de regresión ($h = -2.15 \cdot 10^{-4} + 1.69 \cdot 10^{-2} \cdot \logaritmo \text{ del número de garrapatas por animal } + 1$) para $h = 0.005$, se obtuvo una cifra de $0.283 \pm SE 0.00216$ (intervalo de confianza = 0.255-0.310), que corresponde a 0.80-1.04 garrapatas.

Discusión

Situación general

El presente estudio confirmó la presencia de los hemoprotozoarios *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale* en las fincas lecheras de la zona integrada de Santa Cruz. Los resultados indicaron una situación de mayor estabilidad para *B. bovis* y *A. marginale* (con sólo una finca inestable para cada

hemoparásito, pero con valores muy cercanos a la estabilidad, 0.005) que para *B. bigemina*. Estos resultados deben traducirse en una población adulta mayoritariamente seropositiva en las fincas con estabilidad endémica, lo que concuerda con una encuesta epidemiológica realizada en ganado lechero en Bolivia en 1980, en la que se encontraron, asimismo, niveles de seroprevalencia muy altos (por encima del 80%) para *B. bovis* y *A. marginale*¹⁵. El presente estudio aporta nuevos datos sobre seroprevalencia para *B. bigemina*, una enfermedad que se considera poco importante en el oriente boliviano, posiblemente porque no resulta tan patógena. Los valores de *h* para *B. bigemina* fueron inferiores a las de *B. bovis*, posiblemente indicando un menor nivel de infestación de las garrapatas con la primera que con la segunda.

El trabajo se realizó a lo largo de la época seca del año, en la que se encuentra una mayor carga de garrapatas en los animales (observación personal). Estos resultados, que indican una situación predominante de estabilidad endémica, podrían no darse en los terneros que nacen al comienzo de la época húmeda, ya la que las poblaciones de garrapatas disminuyen naturalmente. Sin embargo, el hecho de que el ganadero de esa zona realiza predominantemente un tratamiento acaricida de tipo umbral, fumigando a los animales cuando éstos aparecen con garrapatas, pudiera compensar algo esta disminución natural de la carga por garrapatas.

Finca con inestabilidad endémica para los tres hemoparásitos

En la finca 1 se encontró inestabilidad endémica para los tres hemoparásitos, aunque solamente para *B. bigemina* estuvo el valor de *h* (0.0026) lejos de lo requerido para estabilidad endémica (0.005). En esta finca se practicó el confinamiento de los terneros en corrales durante la mayor parte del tiempo, evitando la exposición a la acción inoculadora suficiente de las garrapatas.

Niveles de parasitación por garrapatas

La determinación exacta de los niveles de parasitación por garrapatas hubiera requerido la visita diaria a los animales desde su nacimiento hasta los nueve meses en todas las fincas, lo cual no es factible. Mediante la realización de visitas espaciadas a intervalos aproximados de un mes se pretendió evaluar el nivel general de parasitación a nivel de cohorte. La fumigación de los animales en las fincas estudiadas se realizaba a intervalos irregulares y sin guardar relación alguna con las visitas efectuadas, por lo que no fue un factor que originara sesgo entre las fincas.

Brote de anaplasmosis

En el mes de julio se detectó y confirmó un brote de anaplasmosis en cinco terneros del grupo cohorte de la finca 3, cuando los animales contaban con unos cuatro meses de edad. El valor de *h* del mes anterior (junio) (0.0032) (Cuadro 2) reflejó una situación de inestabilidad. Los valores de seroprevalencia al mes siguiente denotaron una súbita seroconversión de los terneros de esa finca. Una exposición repentina de esos animales a mayor número de vectores transmisores o un incremento de la infectividad de esos vectores pudo determinar la causa de esa inesperada seroconversión de todo el grupo. Aunque se considera que existe una cierta resistencia genética a anaplasmosis en los animales en su juventud, en este caso, la presentación de los síntomas típicos acusados (fiebre alta y anemia) obligó a realizar un tratamiento con antibióticos. Todos los animales se recuperaron sin secuelas.

Algunos estudios han relacionado brotes de hemoparasitosis con deficientes condiciones de nutrición en los terneros⁶. Este estudio se llevó a cabo durante la época seca, en la que la cantidad y calidad de los pastos disminuye notablemente, afectando la condición física de los animales. Este factor podría explicar la aparición de este brote, sumado a un déficit de inmunidad calostrual, ya que solamente 4 de 11 animales de esta finca eran seropositivos a poco más de un mes de edad.

Cálculo de número de garrapatas necesario para estabilidad endémica

La correlación encontrada entre número de garrapatas y *h* para *B. bovis* indica unos niveles de infección de las garrapatas con este hemoparásito similares en las cuatro fincas. Los valores de *h* para *B. bigemina* y *A. marginale* encontrados en la finca 3, inferiores a lo esperado, podrían ser explicados por diferencias en los niveles de infección de las garrapatas, o por la transmisión adicional por otros vectores en las otras tres fincas en el caso de *A. marginale*. Existe una falta de información sobre cuáles son los niveles de garrapatas necesarios para conferir estabilidad endémica al ganado en nuestro medio. Este estudio mostró que se puede alcanzar la estabilidad endémica con relativamente pocas garrapatas, aunque las cifras obtenidas estudio deberían servir más como orientación general que como una pauta rigurosa. Se

recomienda para mayor seguridad, permitir en el ganado un número significativamente mayor que las cifras obtenidas en los animales menores de nueve meses. Esto difícilmente supondrá pérdidas de consideración al ganadero.

Debido a la gran variabilidad que existe en las cargas por garrapatas entre animales y en los mismos animales en diferentes días, se sugiere que se haga esta estimación basándose en recuentos a todos los terneros disponibles hasta los nueve meses de edad, en seis o más ocasiones. Con el fin de comparar los resultados con este estudio, se piensa que es plausible que se realice el cálculo de la media geométrica a partir de la transformación logarítmica de los recuentos como se ha explicado. La estimación de medias aritméticas en vez de geométricas alterará considerablemente los resultados.

Para el caso de encontrarse niveles de garrapatas excesivamente bajos, se recomienda dejar de aplicar al menos una o dos veces el acaricida en los animales menores con el propósito de permitir el desafío de las garrapatas.

Smith¹⁶ desarrolló un modelo computado para la estimación de la tasa de inoculación con base en el número de garrapatas, en función del grado de actuación estos últimos. Para alcanzar estabilidad endémica para *B. bovis*, calculó un mínimo de 5 garrapatas hembras estándar por día. El mismo autor, en otro estudio, calculó en 8-10 garrapatas el número necesario para estabilidad endémica para *B. bovis*, sin causar estrés fisiológico a los animales.¹⁷ En este estudio se encontraron cifras considerablemente inferiores.

Se destaca el hecho de que, a pesar de las cargas de garrapatas relativamente reducidas que se encontraron en las fincas, muy posiblemente como consecuencia de los tratamientos acaricidas efectuados, se alcanza la estabilidad endémica en la mayoría de las mismas. Los ganaderos en la zona tienen tendencia a la fumigación excesiva, al no aceptar la presencia visual de garrapatas en el ganado. Resulta pertinente, por tanto, realizar una formulación más racional de los programas de tratamiento acaricida, de acuerdo con un análisis de costos y beneficios. Esto último posiblemente conllevaría un ahorro considerable de costos y una mejoría significativa de la estabilidad endémica en las mismas.

Agradecimientos

Se agradece a la Dra. Ana María Camacho, del Laboratorio de Kallutaca (La Paz, Bolivia), el suministro de sangre de bovinos criados en el altiplano boliviano, así como a los Señores. Arce, Ballivián, Steiger y El Hage, su colaboración para este estudio.

Referencias

1. Guglielmo A. Epidemiology of babesiosis and anaplasmosis in South and Central America Vet Parasitol 1995;57:109-119.
2. Nari A. Strategies for the control of one-host ticks and relationship with tick-borne diseases in South America. Vet Parasitol 1995;57:153-165.
3. Alonso M, Arellano-Sota C, Cereser VH, Cordoves CO, Guglielmo AA, *et al.* Epidemiology of bovine anaplasmosis and babesiosis in Latin America and the Caribbean. Rev Sci Tech 1992;11:713-733.
4. Mahoney D, Wright I, Goodger B, Mirre G, Sutherst R, Utech K. The transmission of *Babesia bovis* in herds of European and Zebu European cattle infected with the tick *Boophilus microplus*. Austr Vet J 1981;57:461-469.
5. Utech KBW, Wharton RH, Kerr JD. Resistance to *Boophilus microplus* (Canestrini) in different breeds of cattle. Austr J Agric Res 1978;29:885-895.
6. Payne RC, Scott JM. Anaplasmosis and babesiosis in El Salvador. Trop Anim Health Prod 1982;14:75-80.
7. Riek R. Babesiosis. In: Weinmann D, Ristic M, editors. Infectious blood diseases of man and animals. New York: Academic Press, 1968:219-268.
8. Ross D, Mahoney D. Epizootiological factors in the control of bovine babesiosis. Austr Vet J 1972;48:292-298.
9. Mahoney D. The application of epizootiological principals in the control of babesiosis in cattle. Bull Off Int Epiz 1974,81:123-138.
10. Montenegro-James S. Prevalence and control of babesiosis in the Americas. Mem Inst Oswaldo Cruz 1992;87(Suppl.):27-36.
11. FAO. Epidemiology of tick-borne diseases: epidemiological parameters and their application to the control of tick-borne diseases. Manual of ticks and tick-borne diseases. Rome, Italy: FAO, 1975.
12. Wharton R, Utech K, Turner H. Resistance to the cattle tick, *Boophilus microplus* in a herd of Australian Illawarra Shorthorn cattle: its assessment and heritability. Austr J Agric

Res 1970;21:163-181.

13. Lemos A, Teodoro R, Oliveira G, Madalena F. Comparative performance of six Holstein-Friesian x Guzera grades in Brazil. *Anim Prod* 1985;41:187-191.
14. Molloy J, Bowles P, Jeston P, Bruyeres A, Bowden J, *et al.* Development of an enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of antibodies to *B. bigemina* in cattle. *Parasitol Res* 1998;84:651-656.
15. Nichols M, Ibata G, Vallejos F. Prevalence of antibodies to *Babesia bovis* and *Anaplasma marginale* in dairy cattle in Bolivia. *Trop Anim Health Prod* 1980;12:48-49.
16. Smith R. Computer simulation of bovine babesiosis using a spreadsheet age-class model with weekly updates. *J Agric Entomol* 1991;8:297-308.
17. Smith R. *Babesia bovis*: computer simulation of the relationship between the tick vector, parasite and bovine host. *Exp Parasitol* 1983;56:27-40.

Cuadro 1

CARGA DE GARRAPATAS EN LAS CUATRO FINCAS DE ESTUDIO EN LAS SUCESIVAS VISITAS, EXPRESADAS COMO MEDIAS ARITMÉTICAS DE LOS LOGARITMOS DEL NÚMERO DE GARRAPATAS POR ANIMAL + 1. EN LA COLUMNA DE LA DERECHA SE PRESENTA LA MEDIA GEOMÉTRICA DEL NÚMERO DE GARRAPATAS PARA CADA FINCA, REPRESENTANDO LA CARGA DE GARRAPATAS EN CADA FINCA.

Finca	Número de terneros	Media geométrica del número de garrapatas ($\pm SE$)						Media geométrica del número de garrapatas por finca ($\pm SE$)
		Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	
1	15	0.969 (± 0.133)	0.032 (± 0.032)	0.095 (± 0.069)	0.437 (± 0.095)	0.561 (± 0.125)	0 (± 0)	0.349 (± 0.051)
2	15	0.412 (± 0.103)	0.627 (± 0.184)	0.690 (± 0.193)	0.078 (± 0.078)	0.310 (± 0.140)	0.409 (± 0.143)	0.421 (± 0.061)
3	11	0.240 (± 0.106)	0.127 (± 0.084)	1.102 (± 0.235)	0.795 (± 0.133)	0.414 (± 0.111)	1.379 (± 0.117)	0.676 (± 0.080)
4	10	0.267 (± 0.219)	0.367 (± 0.190)	0.511 (± 0.227)	1.250 (± 0.140)	0.403 (± 0.179)	1.287 (± 0.246)	0.680 (± 0.096)

Cuadro 2

CÁLCULO DE LA TASA DE INOCULACIÓN PARA CADA GRUPO COHORTE DE TERNEROS EN LAS SUCESIVAS VISITAS REALIZADAS A LAS FINCAS.

Finca	Número de terneros	Visitas	Promedio de edad terneros (días)	<i>B. bovis</i>			<i>B. bigemina</i>			<i>A. marginale</i>		
				Número de seropos / total	% seropositivos	<i>h</i>	Número de seropos / total	% seropositivos	<i>h</i>	Número de seropos / total	% seropositivos	<i>h</i>
1	15	Abril	75	4/15	26.7%	NP	4/15	26.7%	NP	6/15	40.0%	NP
		Mayo	96	6/15	40.0%	0.0053	3/15	20.0%	0.0023	6/15	40.0%	0.0053
		Junio	134	7/15	46.7%	0.0047	4/15	26.7%	0.0023	7/15	46.7%	0.0047
		Julio	170	7/15	46.7%	0.0037	5/15	33.4%	0.0024	7/15	46.7%	0.0037
		Agosto	194	8/15	53.4%	0.0039	7/15	46.7%	0.0032	9/15	60.0%	0.0047
		Sept.	225	10/15	66.7%	0.0049	7/15	46.7%	0.0028	10/15	66.7%	0.0049
2	15	Abril	67	7/15	46.7%	NP	9/15	60.0%	NP	11/15	73.4%	NP
		Mayo	100	7/15	46.7%	0.0063	8/15	53.4%	0.0076	9/15	60.0%	0.0092
		Junio	130	8/15	53.4%	0.0059	8/15	53.4%	0.0058	10/15	66.7%	0.0085
		Julio	162	9/15	60.0%	0.0057	10/15	66.7%	0.0068	11/15	73.4%	0.0082
		Agosto	191	11/15	73.4%	0.0069	12/15	80.0%	0.0084	13/15	86.7%	0.0105
		Sept.	225	11/15	73.4%	0.0059	12/15	80.0%	0.0072	13/15	86.7%	0.0090
3	11	Abril	39	5/11	45.4%	NP	5/11	45.4%	NP	4/11	36.4%	NP
		Mayo	67	7/11	63.6%	NP	2/11	18.2%	NP	2/11	18.2%	NP
		Junio	99	8/11	72.7%	0.0131	4/11	36.4%	0.0046	3/11	27.2%	0.0032
		Julio	134	10/11	90.9%	0.0179	4/11	36.4%	0.0034	10/11	90.9%	*0.0018
		Agosto	155	11/11	100%	Imp.	6/11	54.5%	0.0050	11/11	100%	*Imp.
		Sept.	189	11/11	100%	Imp.	6/11	54.5%	0.0042	11/11	100%	*Imp.
4	10	Abril	64	6/10	60.0%	NP	6/10	60.0%	NP	5/10	50.0%	NP
		Mayo	95	8/10	80.0%	0.0169	6/10	60.0%	0.0096	7/10	70.0%	0.0127
		Junio	123	8/10	80.0%	0.0131	7/10	70.0%	0.0098	7/10	70.0%	0.0098
		Julio	151	9/10	90.0%	0.0152	8/10	80.0%	0.0107	8/10	80.0%	0.0107
		Agosto	185	10/10	100%	Imp.	10/10	100%	Imp.	9/10	90.0%	0.0124
		Sept.	212	10/10	100%	Imp.	10/10	100%	Imp.	9/10	90.0%	0.0109

Clave: NP= Cálculo de la tasa de inoculación no procede, por ser animales menores a 90 días; Imp.= Cálculo de tasa de inoculación imposible, al haber seroconvertido todos los animales; *=Tasas de inoculación no tomadas en cuenta en la finca 3, debido a la repentina seroconversión por un brote de anaplasmosis en julio.

Cuadro 3

PROMEDIO DE LOS VALORES DE *H* PARA LOS TRES HEMOPARÁSITOS POR FINCA Y CLASIFICACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.

<i>Finca</i>	<i>Babesia bovis</i>		<i>Babesia bigemina</i>		<i>Anaplasma marginale</i>	
	<i>h</i> <i>Media (±SE)</i>	<i>Clasificación epidemiológica</i> <i>a</i>	<i>h</i> <i>Media (±SE)</i>	<i>Clasificación epidemiológica</i> <i>a</i>	<i>h</i> <i>Media (±SE)</i>	<i>Clasificación epidemiológica</i> <i>a</i>
1	0.0045 (± 0.0003)	Inestabilidad	0.0026 (± 0.0002)	Inestabilidad	0.0047 (± 0.0003)	Inestabilidad
2	0.0061 (± 0.0002)	Estabilidad	0.0072 (± 0.0004)	Estabilidad	0.0091 (± 0.0004)	Estabilidad
3	0.0155 (± 0.0023)	Estabilidad	0.0043 (± 0.0003)	Inestabilidad	0.0032	Inestabilidad
4	0.0150 (± 0.0011)	Estabilidad	0.0150 (± 0.0011)	Estabilidad	0.0113 (± 0.0005)	Estabilidad

Cuadro 4

VALORES UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO DE CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES REPRESENTATIVOS DE LA CARGA DE GARRAPATAS (MEDIA GEOMÉTRICA) Y LOS VALORES DE *H* PARA CADA HEMOPARÁSITO EN LAS CUATRO FINCAS DE ESTUDIO.

<i>Finca</i>	<i>Variable x</i>	<i>Variable y</i>		
	<i>Media geométrica del número de garrapatas (± SE)</i>	<i>h B. bovis (± SE)</i>	<i>h B. bigemina (± SE)</i>	<i>h A. marginale (± SE)</i>
1	0.349 (± 0.051)	0.0045 (± 0.0003)	0.0026 (± 0.0002)	0.0047 (± 0.0003)
2	0.421 (± 0.061)	0.0061 (± 0.0002)	0.0072 (± 0.0004)	0.0091 (± 0.0004)
3	0.676* (± 0.080)	0.0155 (± 0.0023)	0.0043* (± 0.0003)	0.0032*
4	0.680 (± 0.096)	0.0150 (± 0.0011)	0.0150 (± 0.0011)	0.0113 (± 0.0005)

*Valores no utilizados para el análisis de regresión (para *B. bigemina* y *A. marginale*)

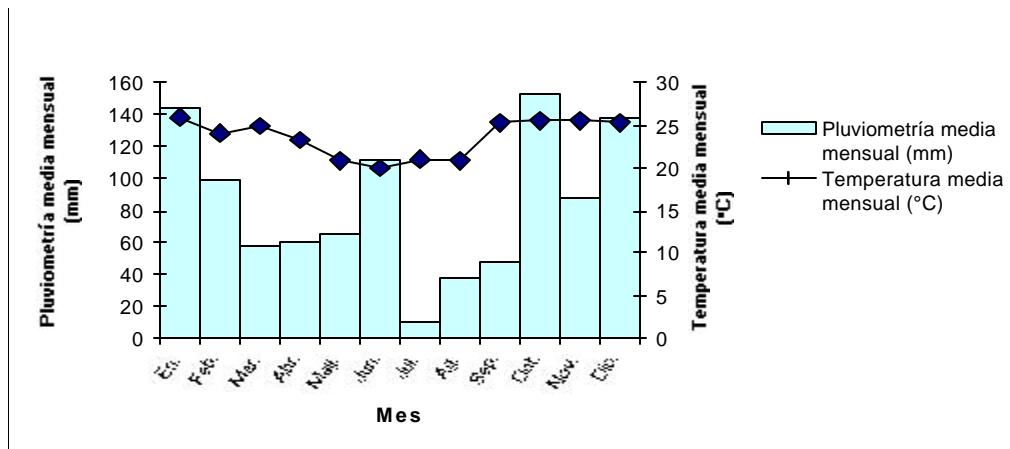


Figura 1. Temperatura y pluviosidad mensual en el área integrada de Santa Cruz (1997). (Fuente: Estación Meteorológica-Aeropuerto de Viru-Viru, Santa Cruz, Bolivia).

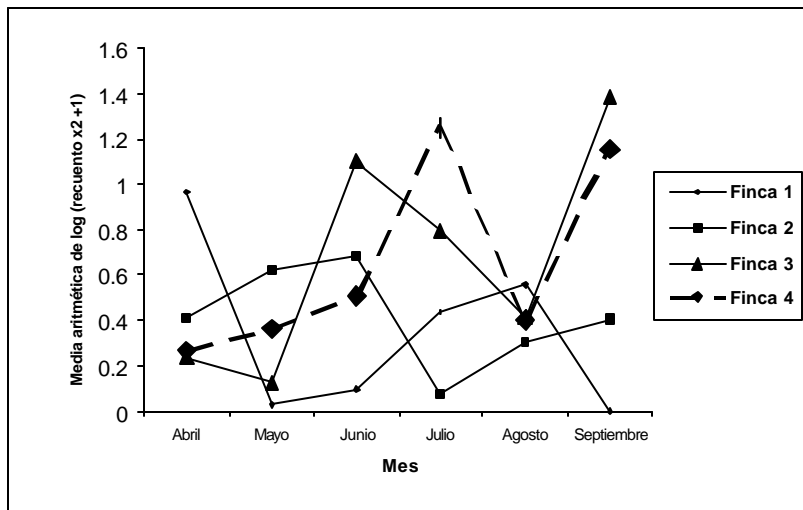


Figura 2 Variaciones en las cargas de garrapatas en las cuatro fincas, expresadas como la media geométrica del número de garrapatas por animal en cada visita efectuada.

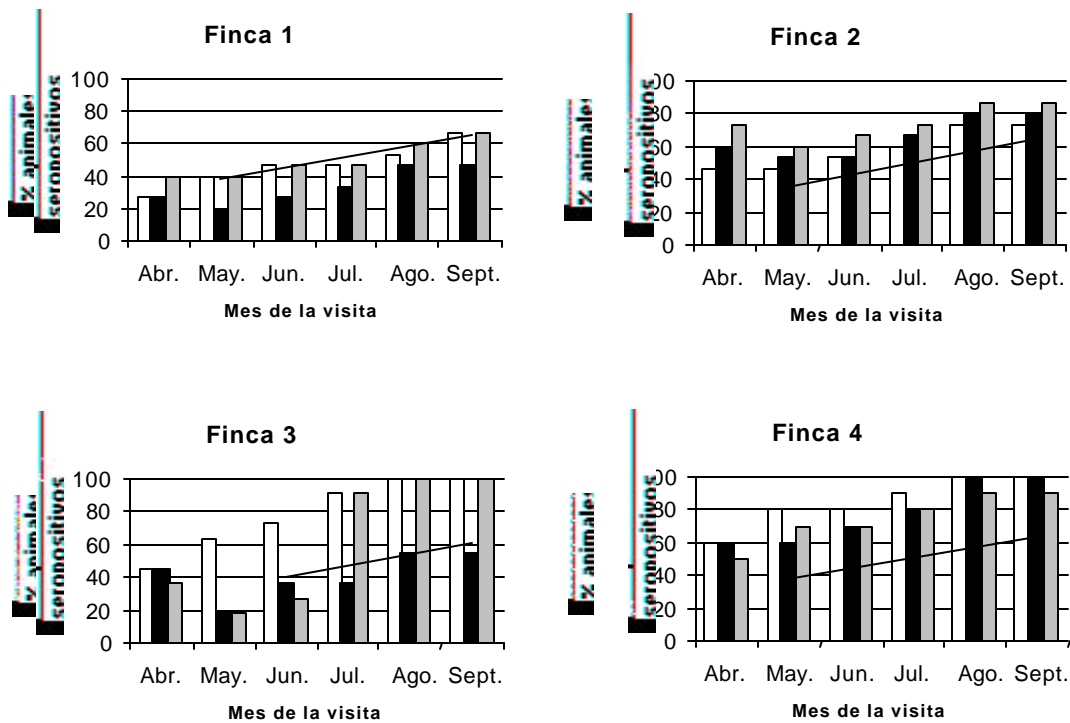


Figura 3. Proporción de animales infectados con *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale* en cada una de las visitas realizadas. La línea representa el porcentaje mínimo de animales infectados en cada visita para estabilidad endémica ($h = 0.005$).

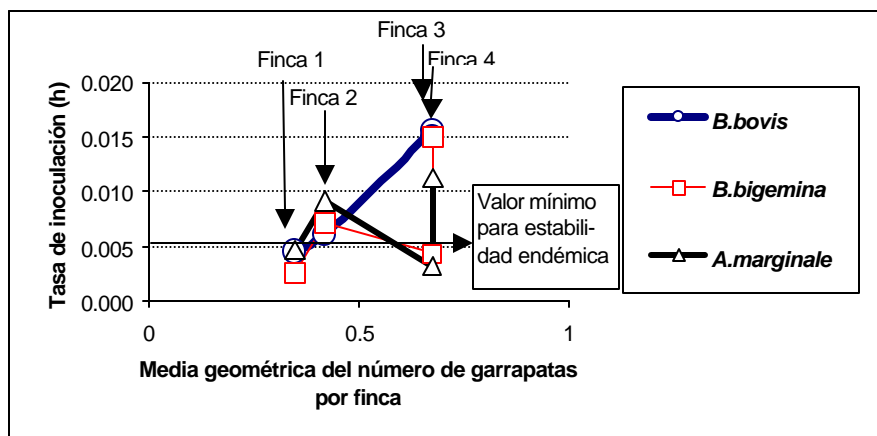


Figura 4. Relación entre la media geométrica del número de garrapatas y la tasa de inoculación (h) para *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale* para las cuatro fincas.

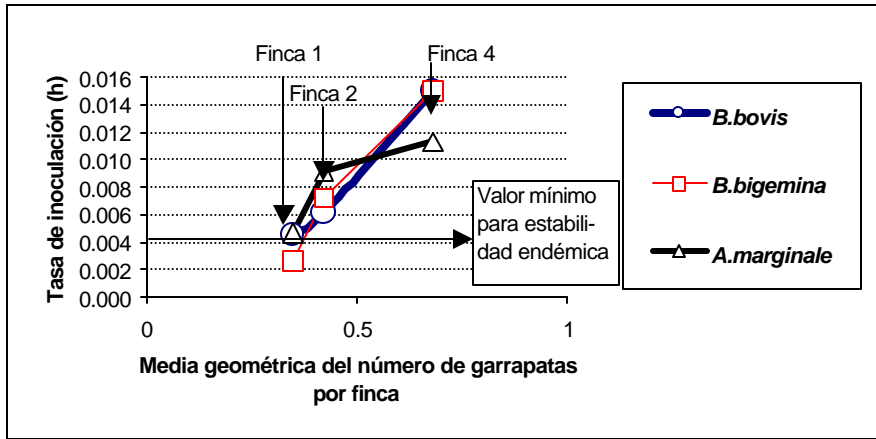


Figura 5. Relación entre la media geométrica del número de garrapatas y la tasa de inoculación (h) para *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale* para las fincas 1, 2 y 4.