

EPIDEMIOLOGÍA Y CONTROL DE LA GARRAPATA COMÚN DEL BOVINO *RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS* EN ARGENTINA

Santiago Nava
Nicolás Morel

María Florencia Ortega Masagué
María Victoria Rossner
Jorgelina Torrents
Oscar Sergio Anziani



Santiago Nava

Instituto de Investigación de la Cadena Láctea (IDICAL, INTA-CONICET), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela (INTA E.E.A. Rafaela), Rafaela, Santa Fe, Argentina

Nicolás Morel

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela (INTA E.E.A. Rafaela), Rafaela, Santa Fe, Argentina.

María Florencia Ortega Masagué

Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, IIACS-CIAP (INTA), Leales, Tucumán, Argentina.

María Victoria Rossner

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Colonia Benítez (INTA E.E.A. Colonia Benítez), Chaco, Argentina.

Jorgelina Torrents

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela (INTA E.E.A. Rafaela), Rafaela, Santa Fe, Argentina.

Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral, Esperanza, Santa Fe, Argentina.

Oscar Sergio Anziani

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Epidemiología y control de la garrapata común del bovino
Rhipicephalus-Boophilus-microplus en Argentina /
Santiago Nava ... [et al.]. - 1a ed - Córdoba : EDUCC -
Editorial de la Universidad Católica de Córdoba, 2024.
Libro digital, PDF - (Producción Bovina. Sanidad Animal ; 1)

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-626-561-4

1. Ganado Bovino. 2. Epidemiología. 3. Argentina. I. Nava,
Santiago
CDD 636.08944

Colección: Producción Bovina
Serie: Sanidad Animal

Facultad de Ciencias Agropecuarias

De esta edición:

Copyright © 2024 by Editorial de la Universidad
Católica de Córdoba.

Maquetación interior y arte de tapa: Gabriela Callado.

Todos los derechos reservados – Queda hecho el depósito
que prevé la ley 11.723



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CÓRDOBA**
JESUITAS

Obispo Trejo 323. X5000IYG
Córdoba. República Argentina
Tel./Fax: +(54-351) 4286171
educ@ucc.edu.ar - libros.ucc.edu.ar



Facultad de
Ciencias Agropecuarias

EPIDEMIOLOGÍA Y CONTROL DE LA GARRAPATA COMÚN DEL BOVINO *RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS* EN ARGENTINA

Santiago Nava
Nicolás Morel
María Florencia Ortega Masagué
María Victoria Rossner
Jorgelina Torrents
Oscar Sergio Anziani



ÍNDICE

Prólogo	3
Introducción	5
1. Ciclo biológico de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	5
2. Distribución y dinámica estacional de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	9
3. Control integrado de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	11
3.1. Tratamientos químicos	12
3.1.1. Esquemas de control estratégico	13
3.1.2. Tratamientos tácticos como complemento del control estratégico	15
3.1.3. Aplicabilidad y limitantes del control estratégico	16
3.1.4. Sobre el uso de combinaciones de dos o más drogas	17
3.2. El uso del descanso de pasturas para el control de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	18
3.3. La relevancia del biotipo bovino en el control de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	19
3.4. Otras herramientas de control	22
4. La resistencia de <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> a los acaricidas químicos	22
4.1. Definición de resistencia	23
4.2. Diagnóstico de resistencia	24
4.3. Algoritmo diagnóstico de la resistencia en <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	25
4.4. Factores que determinan la evolución de la resistencia	26
4.5. Bases epidemiológicas de la alternancia de drogas acaricidas en el manejo de la resistencia aplicable al control estratégico	28
5. Consideraciones finales sobre el control de garrapatas y el diagnóstico de resistencia	29
6. Babesiosis y anaplasmosis de los bovinos: prevención en el área de Argentina infestada con <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	29
Bibliografía	33
Leyendas de las figuras	37

PRÓLOGO

El presente libro inaugura la colección Producción Bovina dentro del catálogo de la Editorial de la Universidad Católica de Córdoba. Se trata de una colección que es impulsada por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Córdoba (UCC), y tiene como objetivos sintetizar la información disponible en nuestro país sobre los aspectos más relevantes de la producción bovina.

Específicamente, la sanidad, la reproducción y la nutrición bovina constituyen el núcleo de esta colección e incluyen el estado actual de las prácticas de manejo y sanitarias que permiten un balance entre productividad y sustentabilidad en la producción bovina nacional. Los contenidos, basados fundamentalmente en evidencias locales obtenidas por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UCC y otras instituciones privadas y oficiales relacionadas con la producción animal, deberían servir de referencia a veterinarios, ingenieros agrónomos y otros profesionales asesores que desarrollan sus actividades en el área centro norte de Argentina.

A los fines del tratamiento de la información, la colección se organiza en series con el objetivo de abarcar el espectro completo relacionado con la producción bovina (sanidad, reproducción y nutrición). Los volúmenes integrantes de estas constituyen, en estos momentos, un trabajo en desarrollo e indudablemente se harán necesarias versiones y actualizaciones futuras. La colección contempla potenciales nuevas series y temáticas como el bienestar animal, así como la inclusión de enlaces a otras plataformas para la correcta utilización de la información por profesionales y los servicios de extensión ganaderos.

En su especificidad, este número de la colección Producción Bovina sintetiza la información actualmente disponible sobre el control de los parásitos de mayor importancia económica para los bovinos del área centro y norte de Argentina (más del 95 % del rodeo nacional). El carácter genérico de la información brindada hace necesaria su adaptación a características regionales específicas y aun a las necesidades individuales de cada establecimiento. Se incluyen los ciclos de vida, los aspectos biológicos generales, su diagnóstico e identificación y se enfatiza en los aspectos relativos a las características de los animales, el ambiente, y las drogas parasitocidas actualmente disponibles en nuestro país.

En este primer número se incluye la información técnica específica sobre la garrapata común del bovino (*Rhipicephalus Boophilus microplus*) y las enfermedades transmitidas por estas (babesiosis y anaplasmosis). Otros parásitos identificados como de mayor importancia económica para la producción bovina nacional como ácaros productores de sarna (*Psoroptes ovis var bovis*) e insectos productores de miasis (*Cochliomyia hominivorax* y los nematodos gastrointestinales (familia Trichostrongylidae) serán incorporados en números posteriores de la serie Sanidad Animal.

Debido a que la resistencia de estos parásitos externos e internos a las drogas constituye una de las principales limitantes a la sustentabilidad del control químico, se incluye y discute la información documentada en nuestro país sobre el desarrollo actual de resistencia a los diferentes grupos químicos por cada parásito en particular. En algunas regiones y sistemas productivos son comunes la presencia simultánea sobre los bovinos de la mayor parte de los parásitos incluidos en la presente serie. Así, algunas

de las drogas de uso común y masivo para controlar determinados artrópodos externos (como las lactonas macrocíclicas) impactan fuertemente sobre otros parásitos que no son el objetivo del control al momento del tratamiento como por ejemplo los tratamientos garrapaticidas sobre nematodos y viceversa.

Estas interacciones resultan en una severa presión de selección sobre el genoma de parásitos externos e internos acelerando la aparición de resistencia y aumentando la complejidad para mantener un balance entre productividad y sustentabilidad enfatizando la necesidad del conocimiento sobre las potenciales implicancias cuando se recomiendan estas alternativas de control químico. La gestión de la problemática de los residuos de antiparasitarios sobre los bovinos y el ambiente es discutida y se proveen enlaces que pueden ser de utilidad sobre el uso responsable de insecticidas, acaricidas y anti-helmínticos.

Nota para el lector

Las recomendaciones que se presentan en la guía no sustituyen las instrucciones de los marbetes y prospectos de los productos antiparasitarios comercialmente disponibles, las cuales deberían ser consideradas siempre como legalmente determinantes. El número de laboratorios farmacéuticos veterinarios y de antiparasitarios (drogas madres y genéricos) es muy grande en el mercado veterinario argentino y seguramente muchos de estos productos pueden encontrarse con marcas o nombres comerciales no listados en la presente publicación. Las referencias que puedan realizarse en esta guía a productos comerciales son sólo a modo de ejemplo y no intentan discriminar entre los mismos ni constituyen preferencias del INTA Rafaela o de la UCC de un producto sobre otro similar.

Leonel Ángel Alisio
Decano

Oscar Sergio Anziani
Profesor Consulto

Facultad Ciencias Agropecuarias
Universidad Católica de Córdoba

INTRODUCCIÓN

La garrapata común del bovino, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) es un ectoparásito hematófago asociado principalmente a los bovinos. Desde una perspectiva sanitaria y económica, es la especie de garrapata con mayor relevancia para la producción ganadera mundial. En Argentina se distribuye en las zonas tropicales y subtropicales del noreste y noroeste ubicadas al norte de los paralelos 31° S, donde ocasiona fuertes limitaciones al desarrollo de la ganadería de carne y leche (Guglielmone y Nava 2013; Nava et al. 2022). En las regiones propicias para el desarrollo de *R. microplus*, es prácticamente inviable el desarrollo de una actividad ganadera rentable sin su control. Su impacto se asocia a pérdidas físicas directas como disminución en la ganancia de peso, daño de los cueros, mortalidad y menor producción láctea, y por los costos relacionados a su control (productos garrapaticidas, mano de obra, mantenimiento de infraestructura de bañaderos, etc.) (Spath et al. 1994). Un componente importante de las pérdidas económicas provocadas por *R. microplus* se relaciona a su rol como vector, ya que esta garrapata es el vector exclusivo en la Argentina de los agentes causales de la babesiosis bovina (*Babesia bovis* y *Babesia bigemina*) y está involucrada en la transmisión de la anaplasmosis (*Anaplasma*

En las regiones propicias para el desarrollo de *R. microplus*, es prácticamente inviable el desarrollo de una actividad ganadera rentable sin su control.

marginale) (Guglielmone et al. 1992a; Spath et al. 1994). Así mismo, existe una relación directa entre altos niveles de parasitismos con garrapatas y el desarrollo de miasis o “bicheras” provocadas por larvas de *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) (Reck et al. 2014a).

En el presente documento se presenta una descripción general del ciclo biológico, la distribución geográfica y la dinámica estacional de *R. microplus* en Argentina. Luego se describen los aspectos técnicos y epidemiológicos aplicables al control de esta garrapata, al diagnóstico de resistencia, y a la prevención y control de la babesiosis y anaplasmosis bovina.

1. CICLO BIOLÓGICO DE *RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS*

El ciclo biológico de *R. microplus* se divide en dos fases: una parasitaria, en la cual la garrapata se desarrolla sobre el bovino hospedador, y otra no parasitaria, que ocurre en las pasturas (Figura 1). La fase parasitaria se desarrolla íntegramente sobre el bovino, es escasamente influida por las condiciones ambientales, y tiene un lapso modal relativamente constante de aproximadamente 21-23 días. Las larvas suben al bovino y comienzan a alimentarse para mudar al estadio siguiente de ninfa, que cambia de sitio para seguir alimentándose. Las ninfas mudan sobre el hospedador a adultos (machos y hem-

El ciclo biológico de *R. microplus* se divide en dos fases: una parasitaria, en la cual la garrapata se desarrolla sobre el bovino hospedador, y otra no parasitaria, que ocurre en las pasturas (Figura 1).

bras), estos copulan, la hembra fecundada finaliza su alimentación (teleogina), se ingurgita con sangre completamente, y finalmente cae a las pasturas para oviponer. Los períodos que transcurren desde que se fija una larva a un bovino hasta que muda a ninfa es de 3,5 a 9,5 días, desde que se comienza a alimentar una ninfa hasta que muda a un macho o hembra varía de 9,5 a 28,5 días, mientras que la caída de teleoginas se da entre los 20 y 41 días posteriores a la subida de las larvas (Nuñez et al. 1982). La fase no parasitaria comienza cuando las hembras ingurgitadas y fecundadas (teleoginas) se desprenden del bovino y caen al suelo buscando un sitio adecuado para poner sus huevos. Este espacio de tiempo se define como período de pre-oviposición. El período abarcado desde que las teleoginas comienzan la oviposición hasta que oviponen su último huevo se conoce como período de oviposición. Las teleoginas habitualmente ponen entre 1000 y 3000 huevos en un lugar protegido de las radiaciones solares directas. El tiempo que transcurre desde la oviposición hasta la eclosión de los huevos se denomina período de incubación, y el intervalo temporal entre el nacimiento de la primera larva y la muerte de la última se define como período de longevidad larval. La extensión de todos estos períodos va a determinar la duración máxima potencial de la fase no parasitaria, que se extiende desde que una teleogina se desprende del bovino hospedador hasta que muere la última larva originada de esa teleogina. Cuando las larvas que se encuentran en las pasturas acceden a un hospedador, comienza la fase parasitaria del ciclo biológico.

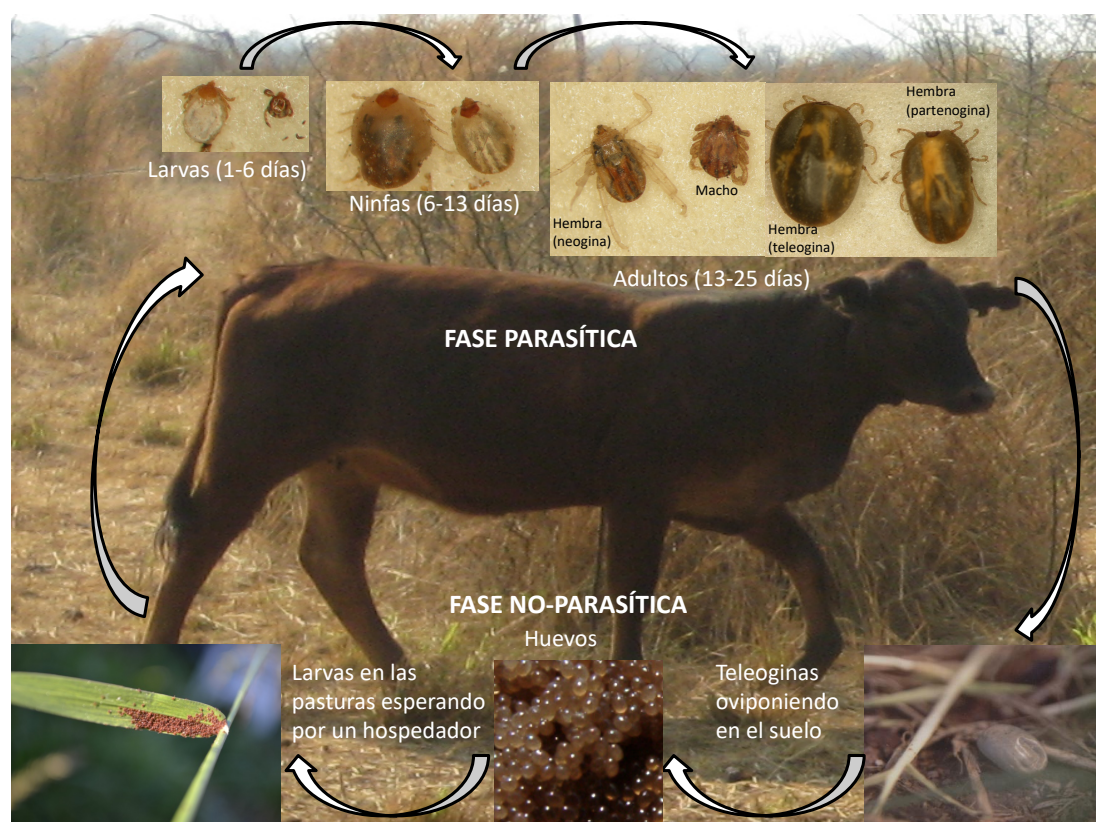


Figura 1. Ciclo biológico de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

La duración de la fase no parasitaria en distintas regiones de la Argentina se muestra en la Figura 2, dónde se puede observar un patrón general para cada región, obtenido de la información publicada en Nava et al. (2013), Canevari et al. (2017), Mastropaolo et al. (2017), Nava et al. (2020, 2022). La fase no parasitaria de mayor duración se desarrolla cuando las teleoginas caen de los bovinos desde mediados del verano al fin del otoño, donde puede extenderse por un período de hasta aproximadamente seis a seis meses y medio, mientras que la de menor duración se observa cuando las teleoginas se desprenden de los bovinos en la primavera y principios del verano, cuando suele alcanzar una duración que fluctúa entre tres y cuatro meses (ver Figura 2).

Independientemente de la estación en que las teleoginas se desprenden de un bovino, el fenómeno de oviposición se observa durante todo el año, pero solo en las localidades más septentrionales del NEA (dentro del área más favorable para *R. microplus*; ver Figura 4) existe eclosión en los aoves originados de las hembras que caen de los bovinos a mediados y fines del otoño y durante el invierno. En el resto de las áreas, las bajas temperaturas del otoño e invierno, sumado en el caso del NOA al déficit hídrico, determinan la inviabilidad de los aoves durante esos meses. Es importante resaltar que la eclosión de los huevos en un área dada, y por ende la presencia de larvas, es dependiente de la temperatura. O sea, los huevos necesitan acumular una determinada cantidad de grados días (GD) para que se dé la eclosión. En el caso particular de *R. microplus*, se necesitan juntar aproximadamente 270-275 GD sobre una temperatura base de 15,5° en un período no mayor a 100-110 días en el área favorable y no mayor a 80-90 días en el área de aptitud intermedia o desfavorable (ver Fig.4). De esta manera, ante un eventual aumento de temperaturas, puede darse en algunas áreas la eclosión de los huevos en meses (por ej. otoño, invierno) dónde habitualmente esto no ocurre, lo que puede derivar en nivel más alto de infestación de las pasturas con larvas o más prolongado en el tiempo.

El mayor período de incubación corresponde a los aoves originados por las teleoginas que se desprenden de los bovinos entre el final del verano y el comienzo de la primavera (o sea, que se exponen a los meses más fríos del año en el otoño y el invierno), mientras que el menor período de incubación se observa en los aoves generados por las teleoginas que se desprenden de los bovinos hacia el final de la primavera y durante el comienzo del verano. Esto se debe al que el período de incubación (por encima del umbral térmico que permite la eclosión) es inversamente proporcional a la temperatura. La longevidad larval está determinada por la temperatura y el déficit de saturación. A mayores valores de temperatura y de déficit de saturación, menor es la longevidad larval.

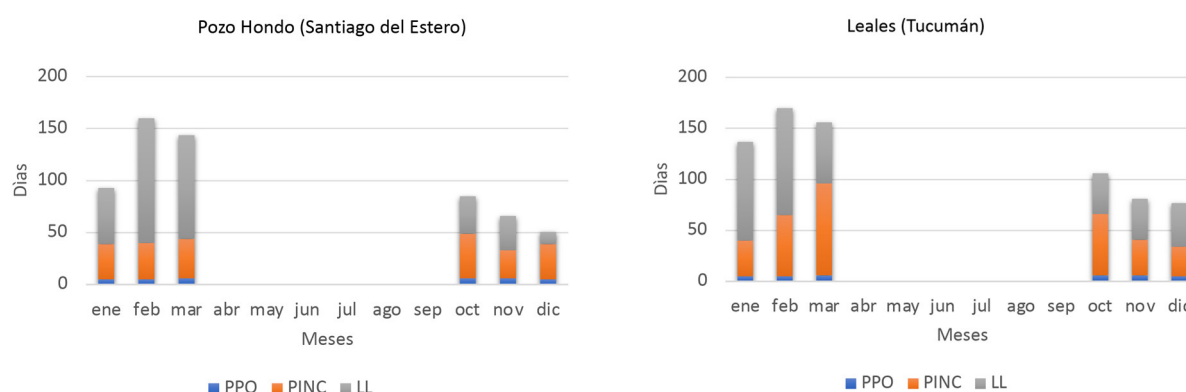




Figura 2. Duración en días de la fase no parasítica del ciclo biológico de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en diferentes localidades de Argentina, desagregada en período de preoviposición (PPO), período de incubación de los huevos (PINC) y longevidad larval (LL). Cada mes corresponde a la fecha en la que las teleoginas se exponen en el ambiente.

2. DISTRIBUCIÓN Y DINÁMICA ESTACIONAL DE *RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS*

La distribución de *R. microplus* en Argentina abarca zonas ubicadas al norte de los paralelos 31° S de 12 provincias: Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Santa Fe, Santiago del Estero y Tucumán, y comprende una superficie de aproximadamente 64 millones de hectáreas (Figura 3). Debe tenerse en cuenta que no todos los establecimientos ganaderos localizados dentro del área indicada en la Figura 3 se hallan infestados con *R. microplus*. Asimismo, la aptitud ecológica de esta área para el desarrollo de *R. microplus* no es uniforme. La abundancia de garrapatas sobre los bovinos está controlada por factores abióticos (temperatura, déficit hídrico, tipo de suelo) y bióticos (carga animal, razas bovinas, cobertura vegetal) que juegan un rol preponderante en los niveles de infestación de los vacunos. El déficit hídrico es de importancia para el desarrollo de los huevos y la longevidad de las larvas, siendo favorecidos por déficits hídricos anuales inferiores a 200 mm. Los suelos inundados la mayor parte del año o con escasa cobertura vegetal conspiran contra el desarrollo de huevos y la longevidad de las larvas, y lo inverso ocurre en terrenos secos con abundante cobertura vegetal. Por otro lado, el incremento de la carga bovina favorece la tasa de encuentro parásito-hospedador mientras que biotipos taurinos (principalmente razas británicas) son más susceptibles a la infestación con *R. microplus* que las razas índicas o sintéticas con componente cebuino, y ambos factores conducen a un aumento de la abundancia de garrapatas en un sitio dado.

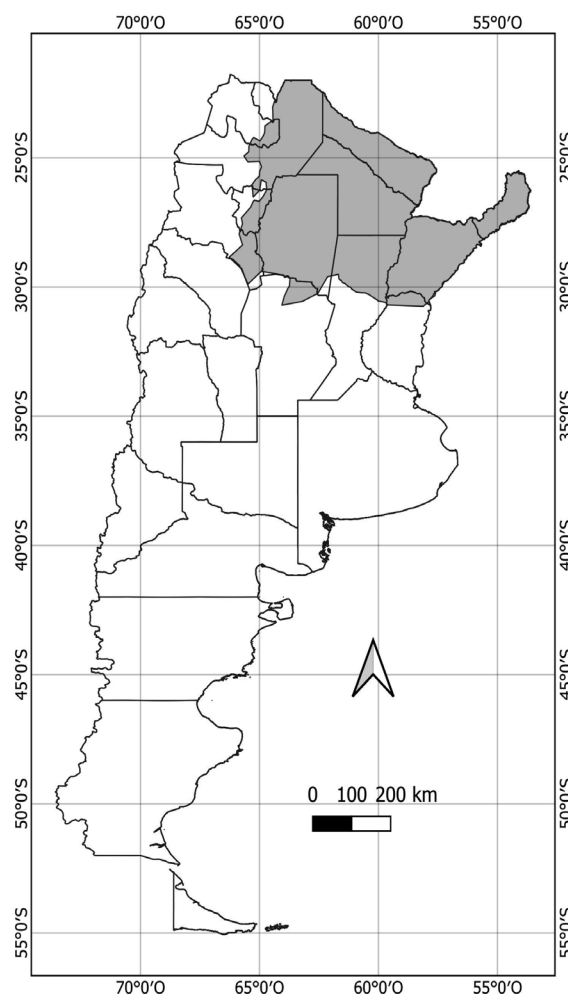


Figura 3. Área de distribución de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en Argentina

La distribución de *R. microplus* en Argentina abarca zonas ubicadas al norte de los paralelos 31° S de 12 provincias: Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Santa Fe, Santiago del Estero y Tucumán, y comprende una superficie de aproximadamente 64 millones de hectáreas (Figura 3).

Los factores mencionados anteriormente han permitido clasificar áreas favorables, intermedias y desfavorables para el desarrollo de la garrapata común del bovino, las cuáles se definen de la siguiente manera: 1)- área favorable: Déficit hídrico anual <200 mm; 1 mes del año con $T^{\circ} < 15,4^{\circ}\text{C}$; 2)- área intermedia: Déficit hídrico anual <200 mm; 3-4 meses del año con $T^{\circ} < 15,4^{\circ}\text{C}$; 3)- área desfavorable: Déficit hídrico anual entre 200 y 500 mm; 3-4 meses del año con $T^{\circ} < 15,4^{\circ}\text{C}$. Estas tres áreas, delimitadas por Guglielmone (1992), se muestran en la Figura 4. Entre 15 y 16 millones de bovinos están expuestos a *R. microplus* dentro de su rango de distribución.

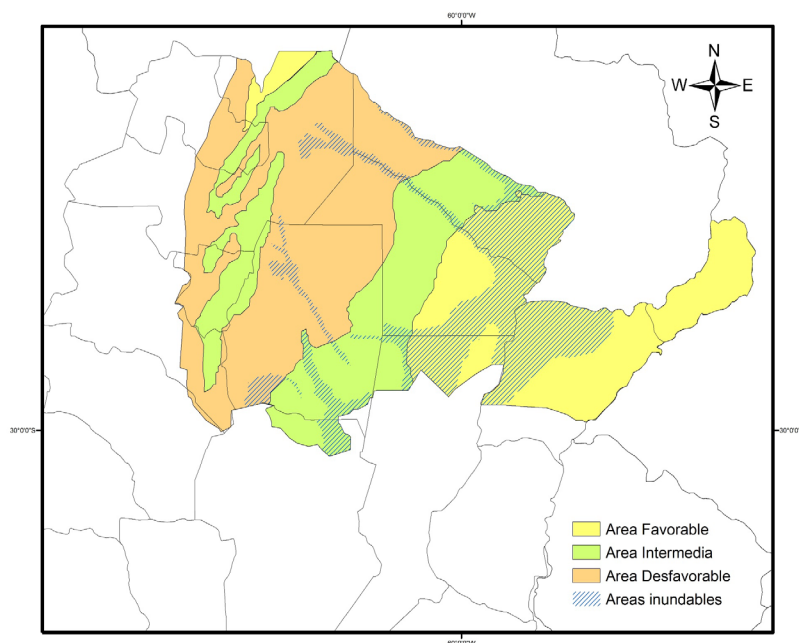


Figura 4. Áreas de aptitud ecológica para *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en Argentina.

La dinámica estacional del nivel de infestación en bovinos está caracterizada por un incremento en la abundancia de garrapatas desde mediados de la primavera al otoño, donde alcanza el pico máximo, para luego decrecer hacia el invierno e inicio de la primavera (Figura 5).

En el área ecológicamente más favorable para su desarrollo, *R. microplus* puede generar entre cuatro y cinco generaciones anuales, mientras que en las zonas intermedia y desfavorable usualmente se producen tres generaciones anuales. La dinámica estacional del nivel de infestación en bovinos está caracterizada por un incremento en la abundancia de garrapatas desde mediados de la primavera al otoño, donde alcanza el pico máximo, para luego decrecer hacia el invierno e inicio de la primavera (Figura 5). Sin embargo, este patrón a veces se ve alterado por factores que inciden sobre la abundancia y

longevidad larval en las pasturas, como cambios drásticos en la temperatura o en la cobertura vegetal, eventos de sequía o inundación, modificaciones en la carga animal de los potreros o del estado inmunológico de los bovinos, y por supuesto, de los tratamientos químicos.

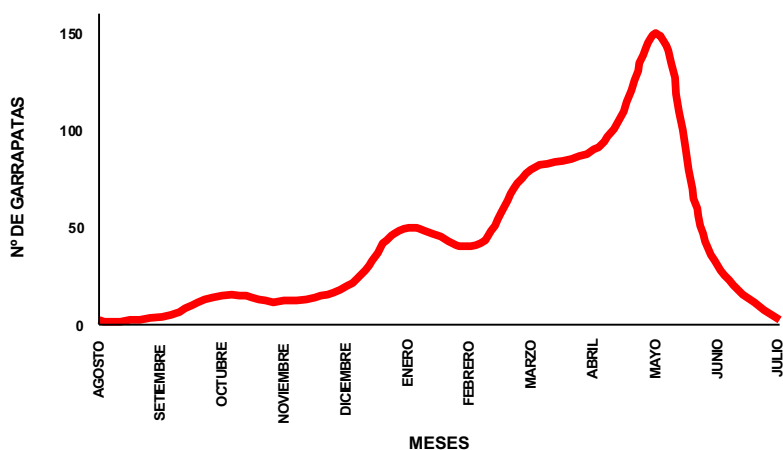
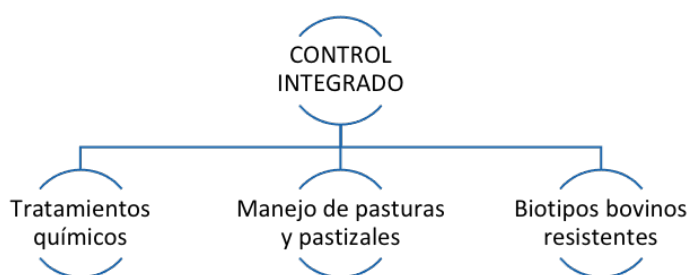


Figura 5. Patrón teórico de abundancia estacional de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en Argentina

3. CONTROL INTEGRADO DE RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS

El control integrado de la garrapata común del bovino *R. (B.) microplus* implica la combinación en simultáneo de dos o más técnicas, de las cuales una de ellas no debiera ser química. Las tres principales técnicas, con eficacia comprobada, que en la práctica pueden ser utilizadas en un control integrado de *R. microplus* en Argentina son: i) la aplicación de productos acaricidas químicos sintéticos; ii) la rotación y descanso de pasturas y pastizales; iii) la utilización de biotipos bovinos con resistencia natural a la infestación con garrapatas. Asimismo, para incrementar la eficacia y asegurar la sustentabilidad de la instrumentación de estas técnicas, se deben efectuar de manera complementaria planes de prevención contra la babesiosis y anaplasmosis bovina, y un diagnóstico continuo del estatus de resistencia de las garrapatas a las distintas drogas usadas en las formulaciones comerciales acaricidas.



Las tres principales técnicas, con eficacia comprobada, que en la práctica pueden ser utilizadas en un control integrado de *R. microplus* en Argentina son: i) la aplicación de productos acaricidas químicos sintéticos; ii) la rotación y descanso de pasturas y pastizales; iii) la utilización de biotipos bovinos con resistencia natural a la infestación con garrapatas.

A continuación, se presentan aspectos técnicos y epidemiológicos generales para facilitar la aplicación de los instrumentos mencionados en el párrafo anterior: I) uso estratégico y táctico de acaricidas químicos sintéticos; II) manejo de pasturas ajustado al control de garrapatas; III) biotipos bovinos resistentes a la infestación con garrapatas. Esto es complementado por otras dos secciones que abordan el diagnóstico de resistencia y la prevención de la anaplasmosis y babesiosis bovina.

3.1. Tratamientos químicos

Las distintas formulaciones químicas disponibles comercialmente a la fecha en Argentina se muestran en la tabla 1. Los esquemas de los tratamientos químicos se pueden dividir en dos grandes grupos de acuerdo con el objetivo final: I) erradicación (=control absoluto) y II) control. Aquellos destinados al control absoluto o erradicación buscan como objetivo final suprimir totalmente las poblaciones de garrapatas donde dichos esquemas se aplican. A nivel de establecimientos, el control absoluto implica tratamientos continuos con intervalos de no más de 9 días para baños o que no superen el período de poder residual absoluto en el caso de las drogas de aplicación *pour-on* o inyectable, por un período de al menos 7 meses. Para lograr la erradicación a nivel regional se debe considerar la delimitación de zonas de erradicación, áreas de cuarentena, fuerte vigilancia epidemiológica y tratamientos acaricidas periódicos estrictos (ej: planes nacionales o provinciales de erradicación de garrapatas). En Argentina este tipo de esquemas es diseñado y auditado por organismos nacionales (SENASA) o provinciales autorizados para tales fines. En cambio, el objetivo de los esquemas de control es aplicar tratamientos cuya eficacia terapéutica contribuya a mantener bajos niveles de infestación, de manera que la merma productiva por esta parasitosis sea muy baja.

Tabla 1. Grupos químicos y formas de aplicación de los garrapaticidas disponibles en la Argentina a noviembre de 2021. Las concentraciones de cada droga varían de acuerdo con la formulación comercial de cada producto.

GRUPO QUÍMICO	MODO DE APLICACIÓN
<u>I) PIRETROIDES</u>	
Cipermetrina	Inmersión
Alfametrina	Inmersión
Deltametrina	Inmersión/ <i>Pour-on</i>
Flumetrina	Inmersión/ <i>Pour-on</i>
<u>II) FORMAMIDINAS</u>	
Amitraz	Inmersión
<u>III) INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE QUITINA</u>	
Fluazurón	<i>Pour-on</i>
<u>IV) FENIL PIRAZOLES</u>	
Fipronil	<i>Pour-on</i>
<u>V) AVERMECTINAS</u>	
Ivermectina	Inyectable
Abamectina	Inyectable
Doramectina	Inyectable
<u>VI) ISOXAZOLINAS</u>	
Fluralaner	<i>Pour-on</i>

VII) MEZCLAS

Cipermetrina 20%-Clorpirifos 50%*	Inmersión
Cipermetrina 10%-Etión 40%*	Inmersión
Fluazurón 2,5%-Cipermetrina 5%	Pour-on
Fluazurón 2,5%-Abamectina 1%	Pour-onn
Fluazurón 2,5%-Ivermectina 0,5%	Pour-onn
Ivermectina 2,25%-Abamectina 1,25%	Inyectable
Fipronil 2%-Ivermectina 1%	Pour-onn
Fipronil 1%-Ivermectina 0,5%	Pour-on
Fipronil 0,9%-Abamectina 0,5%	Pour-on
Cipermetrina 5 %-Clorpirifós 7 %-Fluazurón 2,5%**	Pour-on

* Organofosforado

** Con Butóxido de Piperonilo 5%

La casi exclusiva dependencia de los acaricidas químicos sintéticos para el control de *R. microplus*, asociada a los problemas de resistencia y contaminación, ponen en evidencia la necesidad de aplicar esquemas de tratamientos garrapaticidas que minimicen el número y la frecuencia de estos, pero que alcancen niveles de eficacia compatibles con los parámetros productivos y económicos de los establecimientos ganaderos. Los diseños de los esquemas de control se pueden desagregar, en líneas generales, de la siguiente manera: i) esquemas con tratamiento umbral; ii) esquema con tratamientos estratégicos. En el primer caso, se aplican tratamientos cuando la infestación con garrapatas supera un umbral de pérdida económica. Si bien estos tratamientos pueden tener un efecto terapéutico inmediato al disminuir el número de garrapatas sobre los bovinos tratados, su eficacia a mediano y largo plazo se puede ver afectada por las dificultades para establecer con rigor y bajo condiciones de campo cuál es el umbral de pérdida económica. Por su parte, los esquemas de control estratégico requieren de un programa prediseñado de mediano y largo plazo, con la ventaja de que pueden incorporarse a un plan sanitario general de un establecimiento ganadero. Estos tratamientos estratégicos concentran un número mínimo de tratamientos en una determinada época del año afectando la evolución de la población de garrapatas en la pastura con un efecto duradero.

3.1.1. Esquemas de control estratégico

Tal como se mencionó anteriormente, de acuerdo con la zona geográfica, se pueden producir de 3 a 5 generaciones anuales de garrapatas (Guglielmone 1992; Guglielmone y Nava 2013; Nava et al. 2017). La primera generación de garrapatas, que se desarrolla a partir del final del invierno o principios de la primavera, usualmente alcanza niveles de infestación de poca magnitud en los bovinos, pero de gran importancia epidemiológica, ya que origina las generaciones más abundantes de verano y otoño. Los esquemas de control estratégico forman parte de un programa predeterminado de mediano y largo plazo, que pueden incorporarse a un plan sanitario anual de un predio ganadero, y consisten en concentrar un número mínimo de tratamientos en una determinada época del año afectando la evolución ulterior de la población de garrapatas en las pasturas. Estos esquemas han sido evaluados para distintas regiones de la Argentina (Nava et al. 2015; Morel et al. 2017; Nava et al. 2020, 2021; Rossner et al. 2022b). El primer tratamiento debe realizarse entre fines del invierno y principios de la primavera cuando se está desarrollando la primera generación de garrapatas (que en términos de abundancia es usualmente la menor), lo cual tendrá un impacto negativo relevante en la abundancia de las generaciones posterior-

Los esquemas de control estratégico forman parte de un programa predeterminado de mediano y largo plazo, que pueden incorporarse a un plan sanitario anual de un predio ganadero, y consisten en concentrar un número mínimo de tratamientos en una determinada época del año afectando la evolución ulterior de la población de garrapatas en las pasturas.

res. El intervalo entre estos tres tratamientos se calcula sumando el poder residual absoluto del acaricida utilizado más un período que puede oscilar entre siete y 12 días. En la Figura 6 se esquematiza la evolución esperada de una población de garrapatas tras la aplicación de un esquema de tratamientos estratégicos con tres o cuatro tratamientos anuales.

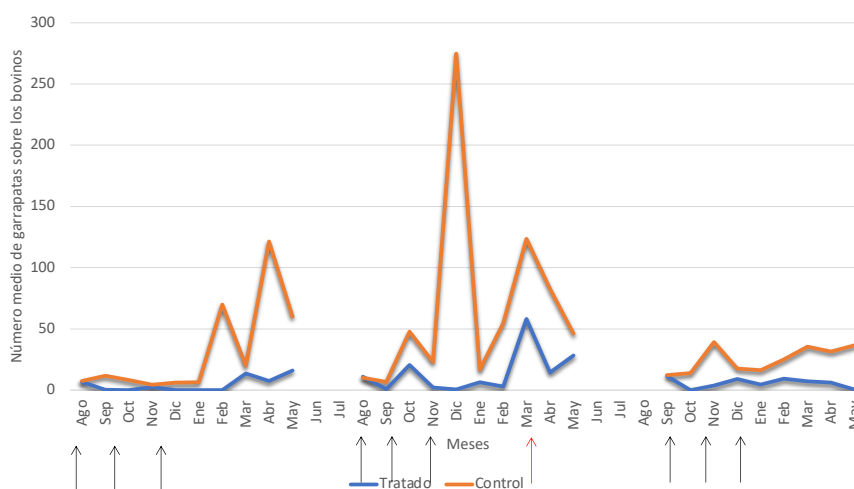


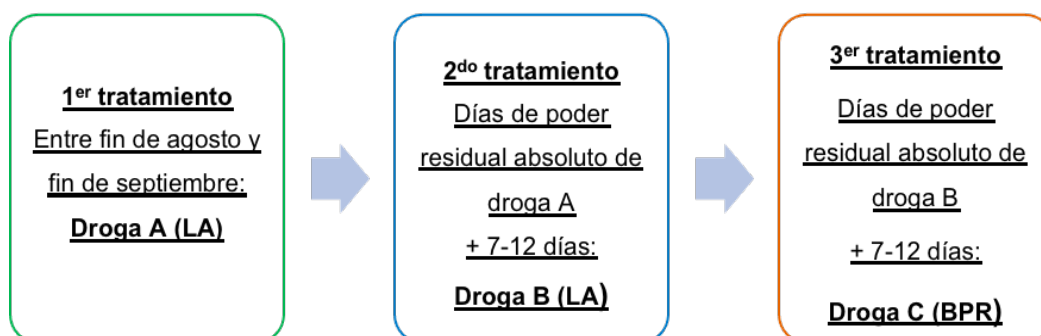
Figura 6. Esquema de la evolución esperada de una población de garrapatas tras la aplicación de un esquema de tratamientos estratégicos con tres o cuatro tratamientos anuales. Las flechas indican los tratamientos

Todos los compuestos acaricidas disponibles comercialmente pueden ser empleados para el control estratégico de *R. microplus* en tanto se respeten tres principios rectores de este tipo de esquemas. Primero, es necesario respetar estrictos intervalos entre tratamientos, que deben ser calculados de la siguiente manera: adicionar un rango de 7 a 12 días al poder residual absoluto del acaricida empleado; transcurridos esos días el nuevo tratamiento ya debe estar aplicado. Segundo, debe evitarse aplicar tratamientos sucesivos con drogas que tengan un mismo modo o sitio de acción, sobre todo si son de larga acción, con el objetivo de mantener un refugio de garrapatas no expuestas a los grupos químicos usados, y retrasar la aparición de eventos de resistencia (ver sección 4.5. “*Bases epidemiológicas de la alternancia de drogas acaricidas en el manejo de la resistencia aplicable al control estratégico*”). En este punto, es importante considerar que, en el caso de aplicar una formulación comercial en base a una combinación de dos o más grupos químicos, ninguno de ellos debe formar parte de la formulación comercial aplicada como garrapaticida en el tratamiento anterior o posterior al mismo. El tercer principio resalta la importancia de realizar un análisis de resistencia previo a la elección de las drogas a utilizar en cada tratamiento. Si bien siempre los acaricidas requieren de eficacia en el control, en el caso particular de los esquemas estratégicos, una eficacia muy alta es requerida por la gran importancia epidemiológica que tiene la primera generación de garrapatas en el ciclo anual de este parásito.

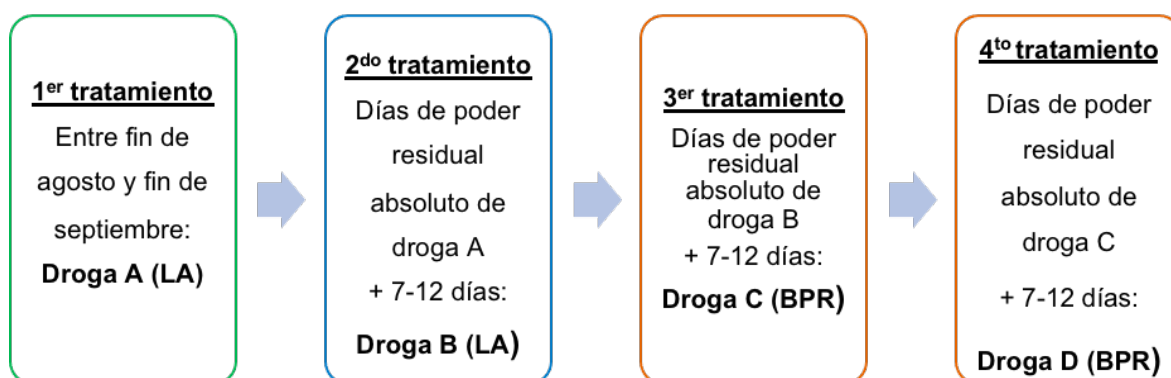
A continuación, a modo de guía, se presentan algunos ejemplos de esquemas de control estratégico basados en no más de tres o cuatro tratamientos anuales, y el modo de calcular el intervalo entre tratamientos (LA: larga acción; BPR: bajo poder residual y/o de volteo). Cabe resaltar que estas no son

las únicas opciones. La elección de las drogas a utilizar en cada esquema va a estar regida por la funcionalidad de las mismas de acuerdo a la información arrojada por los resultados de los test de resistencia (ver sección 4), y el número de tratamientos (3 o 4) ajustado en función al desafío con garrapatas al que están expuestos los animales tratados

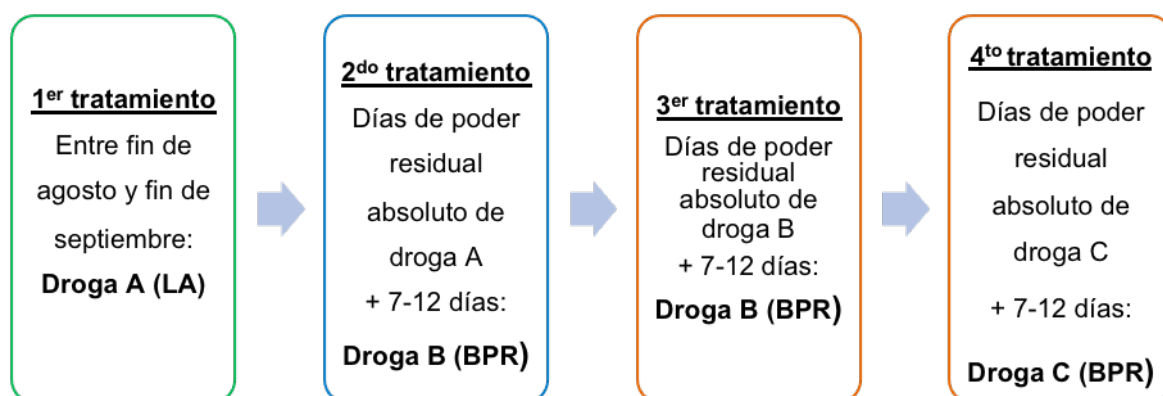
Esquema I



Esquema II



Esquema III



La aplicación del 4^{to} tratamiento se define en función del nivel de infestación con garrapatas

3.1.2. Tratamientos tácticos como complemento del control estratégico

En determinadas ocasiones, sobre todo en zonas muy favorables para el desarrollo de *R. microplus* (noreste de Argentina) o en establecimientos donde predomina hacienda de razas británicas, se pueden requerir tratamientos tácticos adicionales con drogas de bajo poder residual (preferentemente que no hayan sido aplicadas en los tratamientos previos de la primavera), a fines del verano (marzo) o

en el otoño (entre abril y principios de junio). Los tratamientos tácticos son aplicaciones puntuales de acaricidas a un grupo específico de bovinos, que se realizan como complemento a las realizadas dentro del plan estratégico, solo en los casos en los que se observan en los niveles de infestación considerablemente altos, por ejemplo 30 o más garrapatas (hembras partenoginas) en promedio por animal (ver el siguiente link como guía para estimar el número de garrapatas en un bovino: <https://www.youtube.com/watch?v=91umzxwgA-g>). Si el establecimiento tiene una estructura de manejo dónde los animales están divididos en grupos que pastorean en diferentes potreros, y el nivel de infestación medio de garrapatas no es uniforme (por ej. un grupo con más de 30 garrapatas en promedio y otro con valores inferiores a 30), solo es conveniente aplicar estos tratamientos tácticos de verano y otoño en el grupo con una abundancia media de garrapatas iguales o mayores a 30. Una vez aplicado un tratamiento táctico, el mismo no se debe repetir a menos que se vuelvan a observar cargas altas de garrapatas. No es recomendable emplear en los tratamientos tácticos de verano las mismas drogas de larga acción que luego se utilizarán para recomenzar el esquema de control estratégico de la salida del invierno y la primavera (tampoco en otoño en aquellas áreas dónde los aovos generados por las teleoginas que caen de los bovinos en los meses de otoño son viables). Esto podría implicar una importante presión de selección de resistencia porque la generación de garrapatas sujetas a estos tratamientos de fin del invierno y primavera se origina a partir de las teleoginas que caen de los bovinos en marzo y abril.

3.1.3. Aplicabilidad y limitantes del control estratégico

El control estratégico es un ordenador de los tratamientos garrapaticidas anuales a ser aplicados en un establecimiento ganadero, que contribuye a mantener un bajo nivel de infestación durante la mayor parte del año en los potreros utilizados por los bovinos tratados, siempre y cuando la población de garrapatas sea susceptible a las drogas usadas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos esquemas no son aplicables cuando el objetivo es la erradicación de este parásito. Dado que el control estratégico emplea a los bovinos tratados con garrapaticidas como vehículo para generar pasturas de bajo riesgo epidemiológico, requiere de un conocimiento preciso de la secuencia y tiempos de ocupación/descanso de los potreros. Por lo tanto, la aplicación del control estratégico disminuye su eficacia

El control estratégico es un ordenador de los tratamientos garrapaticidas anuales a ser aplicados en un establecimiento ganadero, que contribuye a mantener un bajo nivel de infestación durante la mayor parte del año en los potreros utilizados por los bovinos tratados, siempre y cuando la población de garrapatas sea susceptible a las drogas usadas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos esquemas no son aplicables cuando el objetivo es la erradicación de este parásito.

como tecnología de control en aquellos establecimientos que tengan dificultades para establecer correctamente las fechas de los tratamientos y las de ocupación y descanso de los potreros. La falla manifiesta de algunos de los tres tratamientos aplicados entre el fin del invierno y la primavera debido a la presencia de garrapatas resistentes, o rodeos bovinos de razas británicas altamente susceptibles a la infestación con *R. microplus*, son factores que claramente conspiran contra la aplicabilidad y eficacia del control estratégico.

La falla manifiesta de algunos de los tres tratamientos aplicados entre el fin del invierno y la primavera debido a la presencia de garrapatas resistentes, o rodeos bovinos de razas británicas altamente susceptibles a la infestación con *R. microplus*, son factores que claramente conspiran contra la aplicabilidad y eficacia del control estratégico.

Para el caso del pastoreo rotativo intensivo, se pueden aplicar los esquemas de control estratégico descriptos anteriormente, aunque se debe monitorear la infestación con garrapatas en verano u otoño ya que, en sistemas rotativos con alta frecuencia de rotación y alta carga instantánea, suelen requerir el complemento de al menos uno o dos tratamientos tácticos en el verano u otoño.

3.1.4. Sobre el uso de combinaciones de dos o más drogas

Actualmente, un número creciente de formulaciones basadas en la combinación de dos o más fármacos están oficialmente aprobados para el control de *R. microplus* en Argentina (ver <http://www.senasa.gob.ar>), y han ido ganando espacio en el mercado de garrapaticidas. Algunas de ellas, como la combinación de piretroides (cipermetrina) con organofosforados (clorpirifos o etion) para su aplicación en baño de inmersión, basan su eficacia en el reconocido hecho de que los organofosforados sinergizan piretroides (Ray et al. 2000; George et al. 2008). Esto ha permitido darles funcionalidad a los baños de inmersión en un escenario de resistencia expandida al amitraz y a los piretroides. Sin embargo, muchas de las otras combinaciones disponibles en el mercado (ver Tabla 1) no implican un fenómeno de sinergismo, sino que funcionan a modo de coadministración simultánea de dos drogas con modos de acción diferente, con el objetivo de lograr un efecto complementario o aditivo.

El uso de combinaciones puede contribuir a retrasar o mitigar la aparición de resistencia cuando se cumplen los siguientes supuestos:

- La resistencia a cada principio activo es monogénica e independientemente controlada
- Los genes asociados a la resistencia son recesivos
- Los individuos con resistencia múltiple en la población tratada son raros
- Existe refugio
- Las drogas que compone la mezcla tiene una persistencia similar

Sin embargo, estos supuestos no siempre se cumplen. Es importante considerar que puede haber un rápido surgimiento de la resistencia a más de un grupo químico si existen individuos con mecanismos de resistencia múltiple, o debido a una mayor presión de selección que incrementa la expresión de enzimas metabólicas con actividad de detoxificación a más de una molécula (Tabashnik, 1989; Cloyd, 2010). Las aplicaciones sucesivas de una mezcla de fármacos podrían provocar un aumento de la resistencia a los dos fármacos simultáneamente, tal como lo evidencia el trabajo de Sarli et al. (2023) para el caso de las combinaciones de ivermectina con fipronil. La consecuencia más problemática del uso sucesivo y con una alta frecuencia de combinaciones es una mayor probabilidad de seleccionar poblaciones de garrapatas con multirresistencia. En este sentido, se recomienda el uso con cautela de las combinaciones, evitando su aplicación continua en tratamientos consecutivos.

La consecuencia más problemática del uso sucesivo y con una alta frecuencia de combinaciones es una mayor probabilidad de seleccionar poblaciones de garrapatas con multirresistencia.

3.2. El uso del descanso de pasturas para el control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

La implementación de un método de control de *R. microplus* que incluya el descanso y rotación de pasturas, se basa en la duración de la fase no parasitaria del ciclo. Este método tiene como objetivo disminuir los niveles de infestación con garrapatas en las pasturas mediante el uso diferido de las mismas. Las larvas necesitan encontrar a un bovino hospedador en un período dado de tiempo, de lo contrario morirán por inanición y/o deshidratación. Este período varía de acuerdo con la duración de la fase no parasitaria al momento de comenzar el descanso de un potrero. De este modo, si el descanso comienza a mediados o fines de la primavera o a principios del verano (fin de octubre, noviembre o diciembre), el período mínimo requerido para un control casi absoluto es de aproximadamente 120 días, pero si se comienza con el descanso a fines del verano o durante el otoño (entre marzo y junio), el tiempo mínimo necesario para asegurar un control casi absoluto alcanza los 180 días (Canevari et al. 2017; Mastropaolo et al. 2017; Nava et al. 2020). Bajo estas condiciones, si se incorporan a estas pasturas bovinos libres de garrapatas se podría mantener una condición de infestación mínima o nula por períodos prolongados de tiempo.

La rotación de pasturas como estrategia para el control de la garrapata común del bovino permite minimizar el uso de acaricidas químicos y los consecuentes riesgos de aparición de resistencia a estas drogas. Pero la subutilización de las pasturas como única estrategia de control, conspira contra su factibilidad porque acarrea un costo económico y una mayor complejidad en el manejo de los rodeos, los cuales constituyen una importante restricción al empleo eficaz y sustentable de esta herramienta. Sin embargo, en algunos establecimientos ganaderos se realizan clausuras de potreros con el objetivo de diferir forraje en pie o para el control de renovales. Los intervalos temporales de estas clausuras suelen ser menores a los tiempos mínimos mencionados anteriormente para suprimir la población de larvas. No obstante, dado que una importante proporción de las larvas presentes en un potrero mueren en lapsos de tiempo más cortos que tres meses, es posible integrar de manera complementaria la descontaminación parcial ejercida mediante un descanso de pasturas de aproximadamente tres meses con un

Si bien los períodos de descanso de pasturas necesarios para llevar a niveles mínimos o suprimir totalmente la población de garrapatas de un potrero son excesivamente largos (de cuatro a seis meses de acuerdo la época del año) para el manejo usual en los establecimientos dedicados a la ganadería bovina, la posibilidad de diferir el pastoreo por un tiempo mínimo de al menos tres meses contribuye a reducir en gran medida la abundancia de larvas. Esto permite disminuir la frecuencia de tratamientos químicos, lo que conlleva a una menor presión de selección, a una reducción de los costos económicos y, en aquellos establecimientos con problemas de resistencia múltiple, a dar operatividad al control químico cuando se dispone de un número limitado de moléculas funcionales, debido a que el desafío inicial con garrapatas es menor.

número mínimo de tratamientos químicos. A modo de ejemplo, se puede mencionar un estudio realizado en el sudeste de Chaco, en una zona altamente favorable para el desarrollo de *R. microplus*. En este trabajo (ver Rossner et al. 2022a), un grupo de vacas y vaquillas de biotipo Braford fueron dispuestas en un potrero que tuvo un descanso de tres meses (de abril a julio) previo al ingreso de los animales. Los bovinos fueron tratados con una droga de baja residualidad (deltametrina 1%) y otra de un prolongado poder residual absoluto (fluazuron), a los 30 y 65 días posteriores al ingreso, respectivamente. Luego permanecieron sin tratamientos por seis meses. La integración complementaria de la descontaminación parcial ejercida mediante un descanso de pasturas de tres meses con un esquema de tratamientos mínimos (dos tratamientos en un período de diez meses) permitió alcanzar niveles significativos de eficacia en el control de *R. (B.) microplus* manteniendo bajos niveles de infestación. Los niveles de eficacia alcanzados durante esta experiencia fueron siempre superiores o iguales al 90%.

Si bien los períodos de descanso de pasturas necesarios para llevar a niveles mínimos o suprimir totalmente la población de garrapatas de un potrero son excesivamente largos (de cuatro a seis meses de acuerdo la época del año) para el manejo usual en los establecimientos dedicados a la ganadería bovina, la posibilidad de diferir el pastoreo por un tiempo mínimo de al menos tres meses contribuye a reducir en gran medida la abundancia de larvas. Esto permite disminuir la frecuencia de tratamientos químicos, lo que conlleva a una menor presión de selección, a una reducción de los costos económicos y, en aquellos establecimientos con problemas de resistencia múltiple, a dar operatividad al control químico cuando se dispone de un número limitado de moléculas funcionales, debido a que el desafío inicial con garrapatas es menor.

3.3. La relevancia del biotipo bovino en el control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

La incorporación de genética bovina con niveles significativamente altos de resistencia a la infestación por garrapatas constituye un instrumento fundamental para el control integrado de garrapatas. La resistencia genética a un parásito se define como la capacidad de un animal de limitar el desarrollo del parásito que trata de cumplir su ciclo biológico sobre él. La resistencia genética del hospedador además de afectar el número de garrapatas que se fijan sobre él, tiene efecto diferencial sobre la duración de la fase de alimentación del parásito y por lo tanto sobre el peso de desprendimiento de las hembras ingurgitadas, lo que se traducirá en una menor descendencia e infestación de las pasturas. Algunas razas bovinas presentan fenotipos contrastantes con componentes genéticos en relación con la susceptibilidad para la infestación por *R. microplus*, como consecuencia de la evolución conjunta del ganado con las garrapatas y también debido a la cría selectiva durante largos períodos de tiempo (Biegelmeyer et al. 2015; Burrow et al. 2019). En este sentido, las razas índicas (*Bos taurus indicus*) presentan mayor resistencia a la infestación por *R. microplus* que las razas taurinas (*Bos taurus taurus*), mientras que en las razas sintéticas (por ej. Braford y Brangus, entre otras) se han reportado diferentes grados de resistencia, esencialmente relacionados a la proporción del componente cebuino (Guglielmone et al. 1990, 1992b,c). Asimismo, las razas criollas, incluyendo el ganado Criollo Argentino, presentan mayor resistencia a la infestación por garrapatas que la exhibida por sus pares *B. taurus taurus* no ibéricos (Ortega et al. 2023). La elección de un biotipo animal con mayor resistencia genética a la garrapata común del bovino favorece el control biológico de *R. microplus* y puede ser utilizado para darle mayor factibilidad y eficacia a los planes de control químico de garrapatas y a las estrategias de prevención y control de los agentes causales de la tristeza bovina. En establecimientos que utilicen biotipos con un 25 % o más de genes *B. indicus*, o bien razas *B. taurus* adaptadas (como las Criollas) este componente permite reducir el uso de garrapaticidas o bien incrementar su eficacia.

La elección de un biotipo animal con mayor resistencia genética a la garrapata común del bovino favorece el control biológico de *R. microplus* y puede ser utilizado para darle mayor factibilidad y eficacia a los planes de control químico de garrapatas y a las estrategias de prevención y control de los agentes causales de la tristeza bovina.

Para el caso particular de Argentina, Guglielmone et al. (1990) evaluaron el parasitismo natural por *R. microplus* en diferentes biotipos bovinos en el norte argentino, demostrando que el gradiente creciente de genes *B. indicus* fue siempre acompañado por una disminución en la abundancia de garrapatas, y que la infestación en bovinos Hereford fue hasta 32 veces superior a la de un Nelore, como se puede apreciar en la Figura 7.

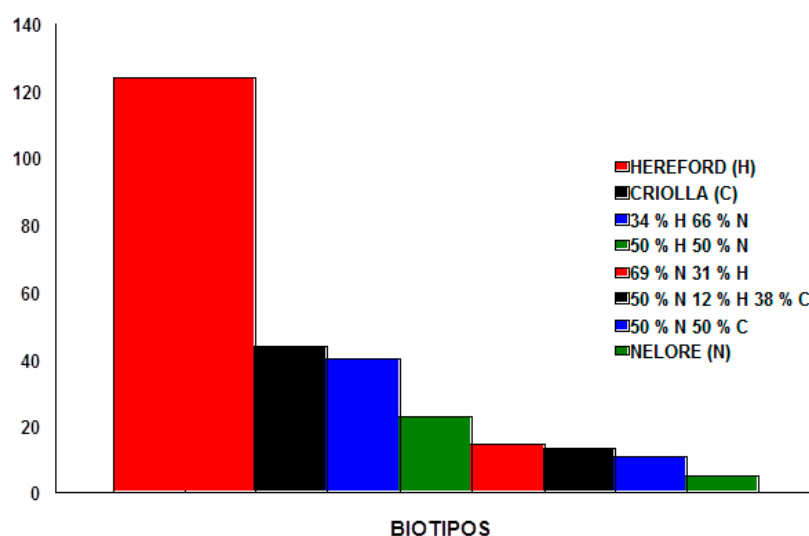


Figura 7. Niveles de infestación por hembras de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en diferentes biotipos bovinos. Estos datos corresponden a un estudio llevado a cabo en Leales, provincia de Tucumán. La información fue compilada de Guglielmone et al. (1990; 1992b,c).

En un escenario complejo como el actual, caracterizado por un problema generalizado de resistencia a uno o más compuestos garrapaticidas y con una proporción importante de rodeos sin inmunidad específica, la genética bovina podría ser un componente decisivo para el éxito o el fracaso de los programas de control de garrapatas y enfermedades asociadas en los sistemas ganaderos emplazados en el área infestada por *R. microplus*.

En un plan de control estratégico de garrapatas en un establecimiento de la provincia de Corrientes con resistencia a más de un grupo químico, y dónde conviven un rodeo Hereford con uno Braford, se registró una marcada diferencia en los niveles de infestación con garrapatas entre los animales de ambas razas, a pesar de haber estado sujetos al mismo esquema de tratamientos, y conviviendo en idénticas condiciones. La magnitud de la abundancia de garrapatas en los bovinos Hereford fue dos o tres veces superior a aquella observada en los individuos de la raza Braford en primavera, y de hasta aproximadamente diez veces superior en el verano, tal como se muestra en la Figura 8. En un escenario

complejo como el actual, caracterizado por un problema generalizado de resistencia a uno o más compuestos garrapaticidas y con una proporción importante de rodeos sin inmunidad específica, la genética bovina podría ser un componente decisivo para el éxito o el fracaso de los programas de control de garrapatas y enfermedades asociadas en los sistemas ganaderos emplazados en el área infestada por *R. microplus*.

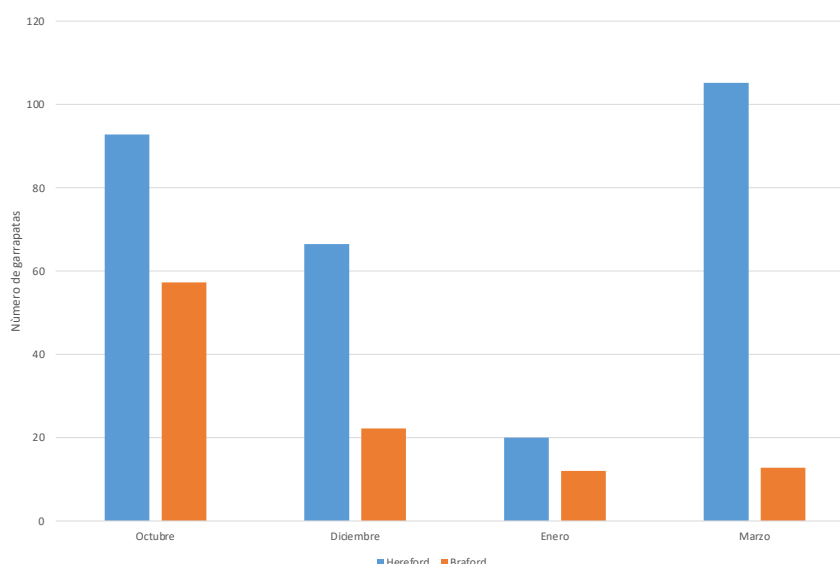


Figura 8. Número promedio de garrapatas en bovinos Hereford y Braford expuestos al mismo esquema de tratamientos químicos

La resistencia de los bovinos a las garrapatas se puede calcular como el porcentaje de larvas de *R. microplus* que no lograron madurar a hembras ingurgitadas. Esto significa que, si la infestación inicial consiste en 10.000 larvas, el ganado con 100 y 1.000 hembras ingurgitadas tendría 99 y 90 % de resistencia, respectivamente. El ganado con más de un 98 % de resistencia a la infestación se considera de resistencia elevada, entre 98 y 95 % moderada, 95 y 90 % baja, siendo menos de 90 % muy baja (ver Utech et al. 1978; Jonsson et al. 2014). Siguiendo esta clasificación, Utech et al. (1978) obtuvieron valores de resistencia de 99% en Brahman (resistencia elevada), 96% en Braford (resistencia moderada), y entre 82% y 89% en Hereford (resistencia muy baja). En un estudio realizado en la provincia de Tucumán, se determinó que el ganado Criollo Argentino es de resistencia elevada (ver Ortega Masagué 2021; Ortega et al. 2023). En la figura 7 también se visualiza como el ganado Criollo Argentino presenta mayor resistencia a la infestación con respecto a sus pares *B. taurus* no ibéricos.

La predominancia de bovinos con alta proporción de sangre británica en una parte del área infestada con *R. microplus*, conspira contra la eficacia y sustentabilidad del control químico de garrapatas, y dificulta los planes de prevención de la tristeza bovina. Esto se manifiesta claramente en áreas del país que permanecieron durante muchos años libres de la garrapata *R. microplus* pero que en la actualidad se han reinfestado con este parásito. La incorporación de genética resistente y/o tolerante a las garrapatas en los rodeos de ganado bovino es una herramienta imprescindible para alcanzar un control adecuado y sustentable de las garrapatas y de las enfermedades asociadas a estas.

La predominancia de bovinos con alta proporción de sangre británica en una parte del área infestada con *R. microplus*, conspira contra la eficacia y sustentabilidad del control químico de garrapatas, y dificulta los planes de prevención de la tristeza bovina. Esto se manifiesta claramente en áreas del país que permanecieron durante muchos años libres de la garrapata *R. microplus* pero que en la actualidad se han reinfestado con este parásito. La incorporación de genética resistente y/o tolerante a las garrapatas en los rodeos de ganado bovino es una herramienta imprescindible para alcanzar un control adecuado y sustentable de las garrapatas y de las enfermedades asociadas a estas.

3.4. Otras herramientas de control

Tanto las vacunas contra las garrapatas como el control biológico (ej.: hongos, parasitoides, predadores) y acaricidas no sintéticos como los aceites esenciales, han sido evaluados para controlar a *R. microplus*, pero en la práctica ninguna de estas herramientas ha logrado constituirse en opciones operativas. En el caso particular de las vacunas, no hay opciones disponibles comercialmente en Argentina, pero en otros países fueron aprobadas vacunas contra *R. microplus* formuladas con el antígeno Bm86 de células intestinales de esta garrapata. Los resultados dispares arrojados por las pruebas de eficacia de estas vacunas en condiciones de campo han limitado su uso extendido como un método alternativo para el control de la garrapata común del bovino. Si bien se han evaluado otros antígenos derivados de proteínas tales como ferritina, acuaporinas, vitelogenina, inhibidores de tripsina, factores de elongación, proteínas asociadas al cemento de fijación del aparato bucal de la garrapata, proteína ribosomal Po y mucinas, este tipo de vacunas no son una opción viable en la actualidad.

La utilización de la edición génica por el sistema CRISPR-Cas9 para producir modificaciones en regiones específicas del genoma de los artrópodos se ha desarrollado más en dípteros, pero en el futuro puede ser también una opción para el control de esta garrapata. Con esta técnica por ejemplo se pueden obtener machos que portan un gen autolimitante que, cuando se transmite, evita que la descendencia sobreviva hasta la edad adulta. El control de las poblaciones naturales se logra a través de la liberación regular de machos genéticamente modificados, que copulan con hembras de la población *target*, lo que deviene en una mayor proporción de hembras que producen una progenie no viable, y que en última instancia redundaría en una disminución del tamaño poblacional de la plaga a combatir. Los estudios de edición génica en garrapatas se encuentran en una etapa incipiente, por lo que es difícil inferir en la actualidad si la aplicación de esta técnica logrará tener un impacto significativo en el control de *R. microplus*.

4. LA RESISTENCIA DE *RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS* A LOS ACARICIDAS QUÍMICOS

Sin lugar a duda, una de las principales limitantes que afecta al control de *R. microplus* es el surgimiento de poblaciones resistentes a los grupos químicos usados como acaricidas. En Argentina ya se han detectado casos de resistencia en *R. microplus* a todos los garrapaticidas disponibles comercialmente (Mangold et al. 2004; Cutulle et al. 2013; Nava et al. 2018; Torrents et al. 2020 a,b, 2021, 2022), aunque por supuesto esto no implica que dichas moléculas hayan perdido su funcionalidad a escala regional. Los diagnósticos de resistencia incluyen las drogas arsenicales, organofosforados, piretroides, formamidinas, fenilpirazoles (fipronil), benzilureas (fluazurón) y avermectinas (ver secuencia histórica de los

diagnósticos de resistencia en Argentina en Figura 9). Esta situación, con algunas diferencias de matices, es similar a lo acontece en otros países latinoamericanos como Brasil, Uruguay o México.

En el contexto actual, la gran difusión del fenómeno de la resistencia de *R. microplus* a las distintas moléculas disponibles comercialmente exige de un monitoreo diagnóstico continuo para determinar la eficacia de estas en el campo. Las pruebas diagnósticas no solo tienen un propósito documental, sino que deben ser consideradas como un insumo indispensable para el manejo de las distintas drogas antiparasitarias. La aplicación de bioensayos *in vitro* y de pruebas de campo para la gestión del problema de la resistencia a los acaricidas y de la elección de las drogas a emplear, así como su extrapolación a situaciones reales de campo, requieren considerar algunos aspectos conceptuales que a continuación se abordan.

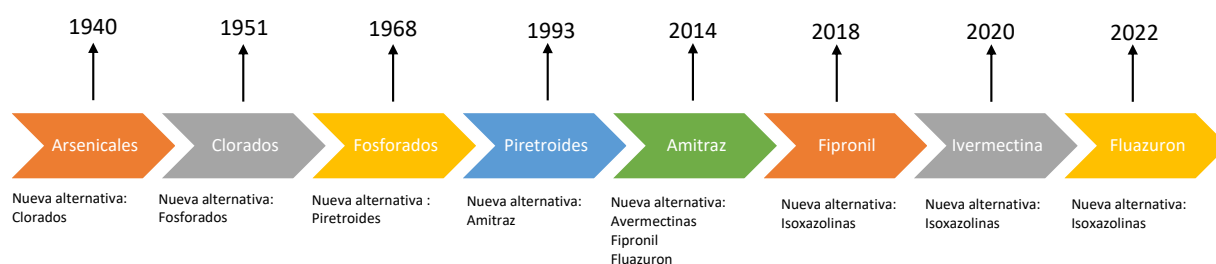


Figura 9. Algoritmo diagnóstico de la resistencia en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

4.1. Definición de resistencia

La definición del concepto de resistencia es instrumental para interpretar los resultados de las pruebas diagnósticas disponibles (ver anexo al final de este documento sobre los factores que influyen sobre el desarrollo de resistencia en una población de garrapatas). De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la resistencia a los antiparasitarios empleados como acaricidas es un fenómeno hereditario que se define como una reducción en la susceptibilidad de los parásitos a un compuesto químico cuando éste es aplicado en la concentración indicada y respetando las recomendaciones para su uso (FAO, 2004). Sin embargo, esta definición no hace referencia al proceso biológico subyacente, y tampoco precisa cuantitativamente cuál es el porcentaje de reducción de eficacia de un tratamiento antiparasitario para considerar que la población tratada ha iniciado el proceso de resistencia. La definición de la resistencia como la disminución de la susceptibilidad a un pesticida de un grupo específico de organismos basada en un cambio genético poblacional es más precisa desde una perspectiva biológica, porque explica que este fenómeno consiste en la modificación de las frecuencias génicas y de su expresión fenotípica en una población que deja descendencia, en respuesta a la presión de selección de un grupo químico, lo que finalmente deviene en una reducción de la susceptibilidad al compuesto usado como antiparasitario (Tabashnik et al. 2014). Lo que subyace a ambas definiciones es un cambio en la susceptibilidad de una población a un grupo químico dado en relación a otra población más susceptible. Un parásito se define como resistente cuando sobrevive a un tratamiento químico correcto, se reproduce y genera descendencia, y en este paradigma, una cepa resistente se define con referencia a otra cepa que se sabe que es controlada por ese tratamiento, es decir, una cepa susceptible (Sibley y Price 2012). De esto se concluye que la “resistencia” no es un término absoluto, sino operativo. Por lo tanto, la elección de la cepa susceptible es un insumo crítico para diagnosticar un caso de resistencia.

4.2. Diagnóstico de resistencia

Las sospechas de resistencia a menudo se originan cuando se registran fallas en un tratamiento garrapaticida caracterizadas por una disminución de la eficacia terapéutica esperada, un acortamiento del poder residual, o un menor efecto sobre el desarrollo de los diferentes estadios. Aquí es importante considerar que la falta de eficacia de un tratamiento no necesariamente es atribuible al desarrollo de resistencia, también puede ser producto de fallas ocurridas en la realización de los tratamientos, como por ejemplo aplicaciones incorrectas (inmersiones deficientes de los animales en los baños, preparación incorrecta de los bañaderos, sub-dosificación, preservación defectuosa del producto, etc.), cuando no se trata al total de los animales del potrero, o debido a una falla en la formulación comercial del producto. En la evaluación a campo, es indispensable que el operador que realiza la evaluación de la funcionalidad de una fórmula comercial acaricida conozca a) el modo de acción de la droga (por ejemplo, si actúa por volteo como los neurotóxicos o afectando el desarrollo de las garrapatas como los reguladores del crecimiento) y b) su período de acción residual, a fin de evitar un diagnóstico incorrecto de resistencia. Por lo tanto, todos estos aspectos deben ser considerados al momento de evaluar la eficacia de un acaricida en condiciones de campo, que indefectiblemente debe ser llevada a cabo con el asesoramiento de un profesional con conocimiento técnico sobre la temática.

El diagnóstico de resistencia se realiza por medio de pruebas *in vivo* (a campo) e *in vitro* (en laboratorio). Si bien existe un incipiente desarrollo del diagnóstico de resistencia a través de marcadores moleculares, actualmente no es una herramienta disponible para guiar la práctica. Entre las pruebas *in vitro* disponibles en Argentina para diagnosticar resistencia se encuentran la prueba del paquete de larvas (PPL), la prueba de inmersión de larvas (PIL) y la prueba de inmersión de adultos (PIA) (ver descripciones de los protocolos en: Castro-Janer et al. 2010, 2011; Cutulle et al. 2013; Reck et al. 2014b; Klafke et al. 2017; Torrents et al. 2020 a,b).

A diferencia de una prueba *in vivo*, que es definitiva a la hora de diagnosticar un caso de resistencia, las pruebas *in vitro* son orientativas, ya que sus resultados no necesariamente se extrapolan a una situación de campo. Las evaluaciones *in vitro* pueden indicar que existen individuos en una población cuya susceptibilidad a una droga X difiere significativamente con respecto a una cepa susceptible de referencia, lo que se constituye *per se* en un llamado de alerta, pero este resultado no siempre se expresa como la pérdida de funcionalidad de la droga X en condiciones de campo.

Las pruebas *in vitro* consisten en la realización de ensayos controlados donde las garrapatas son desafiadas con diferentes concentraciones de acaricidas de referencia para luego evaluar su supervivencia o su capacidad para poner huevos y/o que éstos eclosionen *a posteriori*. En las pruebas *in vitro* el estatus de susceptibilidad de la muestra incógnita es establecido a través de la comparación con el desempeño de una cepa susceptible de referencia, por lo tanto, la elección de esta cepa determina la sensibilidad de las pruebas. Además, aspectos propios del efecto del muestreo, como por ejemplo el número de garrapatas colectadas o la variabilidad que puede existir en el grado de susceptibilidad entre diferentes cohortes anuales o poblaciones de distintos potreros, influyen sobre la representatividad de los resultados de las pruebas.

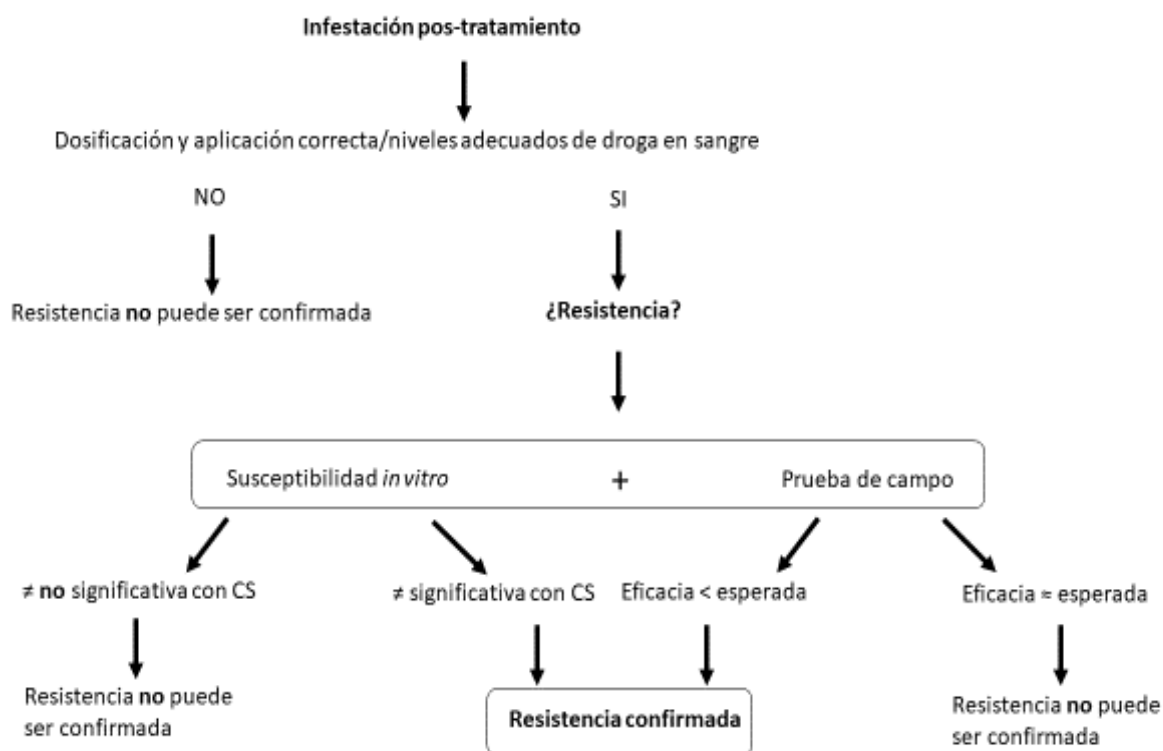
La prueba *in vivo* o “de campo” consiste en la comparación del número promedio de garrapatas entre dos grupos testigos de aproximadamente 10-15 bovinos, uno tratado con la formulación acaricida a testear y otro sin tratamiento que actúa como grupo control. Una vez realizada la aplicación del acaricida, se realizan conteos de hembras parcialmente ingurgitadas de 4.5-8.0 mm de longitud; ver <https://www.youtube.com/watch?v=91umzxwgA-g>) durante el período de poder residual absoluto de la droga evaluada, considerando el modo de acción de la misma (por ejemplo, drogas con poder de volteo que actúan por contacto, drogas sistémicas de larga acción que actúan inhibiendo el desarrollo de las garrapatas, etc.). Si el número promedio de garrapatas, y su viabilidad biológica, no difieren significativamente entre los grupos de bovinos tratados y testigos durante el período evaluado o la eficacia es menor a la esperada, se puede concluir que la población de garrapatas expuesta al tratamiento es resistente. Diferentes modelos de pruebas de eficacia a campo pueden encontrarse en Nava et al. (2018) y Torrents et al. (2020a, 2022).

A diferencia de una prueba *in vivo*, que es definitiva a la hora de diagnosticar un caso de resistencia, las pruebas *in vitro* son orientativas, ya que sus resultados no necesariamente se extrapolan a una situación de campo. Las evaluaciones *in vitro* pueden indicar que existen individuos en una población cuya susceptibilidad a una droga X difiere significativamente con respecto a una cepa susceptible de referencia, lo que se constituye per se en un llamado de alerta, pero este resultado no siempre se expresa como la pérdida de funcionalidad de la droga X en condiciones de campo. Como se indica abajo, la sospecha de resistencia *in vitro* debe ser confirmada con pruebas *in vivo*.

4.3. Algoritmo diagnóstico de la resistencia en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, y remarcando el carácter orientativo de las pruebas *in vitro*, como corolario de este documento se propone el siguiente algoritmo (Figura 10) que comprende una guía de pasos para el diagnóstico de resistencia (modificado de Sibley y Price, 2012). Aquí se manifiesta la necesidad de realizar preferentemente en simultáneo pruebas *in vivo* e *in vitro* para confirmar definitivamente un caso de resistencia que implique una disminución en la eficacia esperada de una droga acaricida en condiciones de campo.

Ante un escenario como el actual, que combina la aceleración del desarrollo de resistencia y el escaso surgimiento de nuevas moléculas garrapaticidas, la decisión de discontinuar el uso de un grupo químico debe ser sopesada con cautela, ya que disminuye las posibilidades de rotación de principios activos. La resolución final debe tomarse teniendo en cuenta los resultados de las pruebas *in vitro* e *in vivo* para cada droga tal como se explicitó anteriormente, y en el caso de los establecimientos con diagnóstico de multiresistencia, deben considerarse las opciones de reemplazo para aquellas moléculas con problemas de eficacia y siempre contando con el asesoramiento de un técnico especializado.



CS = cepa susceptible de referencia

Los casos donde los resultados indican “susceptibilidad *in vitro* baja + eficacia esperada en campo” o “susceptibilidad *in vitro* alta + baja eficacia en campo” se presentan cuando la representatividad de las muestras analizadas en el laboratorio no es adecuada. Desde el punto de vista operativo estas situaciones implican un llamado de alerta sobre la funcionalidad de la droga evaluada pero también la necesidad de realizar nuevas pruebas *in vitro* con un mayor número de muestras o repetir la prueba de campo.

Figura 10. Factores que determinan la evolución de la resistencia en una población de garrapatas

Ante un escenario como el actual, que combina la aceleración del desarrollo de resistencia y el escaso surgimiento de nuevas moléculas garrapaticidas, la decisión de discontinuar el uso de un grupo químico debe ser sopesada con cautela, ya que disminuye las posibilidades de rotación de principios activos.

4.4. Factores que determinan la evolución de la resistencia

Esquemáticamente se pueden distinguir cuatro grandes fenómenos que determinan la evolución de la resistencia en una población de garrapatas (incrementando o disminuyendo la misma) al actuar como agentes de cambio genético en la frecuencia de alelos en una población natural (Figura 11): la frecuencia de mutaciones asociadas a resistencia, los procesos de selección, el flujo de genes y la deriva génica (Roush y Tabashnik 1990).

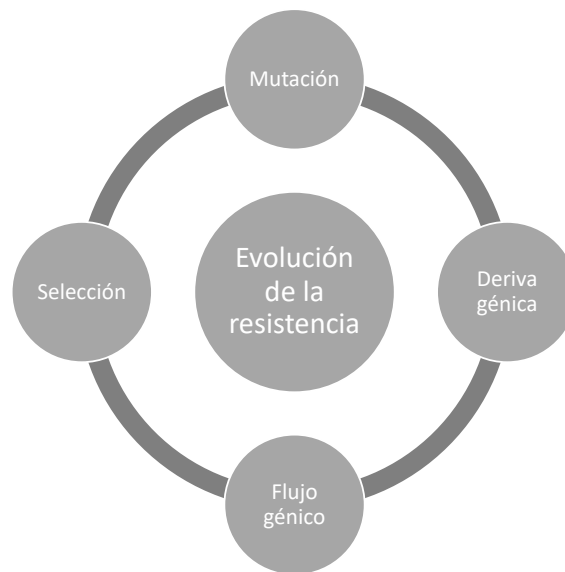


Figura 11. Factores que determinan la evolución de la resistencia en una población de garrapatas

Los dos principales factores asociados al manejo en un establecimiento ganadero que inciden sobre la evolución de la resistencia son los esquemas de tratamientos acaricidas (actúan como agentes de selección) y el ingreso de cepas de garrapatas resistentes o susceptibles a través del movimiento de hacienda entre predios (determinantes del flujo génico). La presión de selección ejercida por el uso sostenido en el tiempo de un compuesto químico en particular es debida principalmente a la frecuencia en la cual son aplicados los tratamientos en un establecimiento ganadero a lo largo del año. Las drogas de amplio espectro que se utilizan para controlar otros parásitos aumentan también la presión de selección sobre el genoma de las garrapatas. Asimismo, el poder residual del acaricida también tiene incidencia en esta selección. Cuanto mayor es la frecuencia de aplicaciones anuales de una droga, y mayor su poder residual, mayor es la presión de selección ejercida sobre la población de garrapatas. Hipotéticamente, y de manera simplificada, toda población de garrapatas está compuesta por una proporción de individuos susceptibles a una droga X y otra proporción (usualmente mucho menor) de individuos con genotipos que confieren resistencia. Los fenómenos de resistencia se manifiestan cuando la proporción de individuos resistentes crece. Cada vez que se efectúa un tratamiento con la droga X se produce un desbalance de oportunidades entre los individuos, favoreciendo a los resistentes, que no son afectados por el tratamiento. De este modo, la proporción de individuos resistentes en una población potencialmente crecerá cada vez que se efectúa un tratamiento con la droga X. Este hecho resulta magnificado cuando se aplican tratamientos sucesivos con drogas del mismo grupo químico o que comparten similar mecanismo de acción. La resistencia también puede surgir por la introducción de animales provenientes de otro establecimiento que carguen garrapatas resistentes, y sin que haya una evidente presión de selección *in situ* (en el lugar de destino) para que ésta ocurra. Pero también procesos no directamente asociados al manejo de los tratamientos o al movimiento entre predios de hacienda parasitada con garrapatas, como la deriva génica o procesos de selección natural asociados a otros factores externos, como por ejemplo variables microclimáticas, pueden modificar el acervo genético de la población con respecto a un conjunto de caracteres, y por lo tanto su perfil de susceptibilidad a una droga dada.

4.5. Bases epidemiológicas de la alternancia de drogas acaricidas en el manejo de la resistencia aplicable al control estratégico

Para prevenir o al menos retardar la aparición de resistencia, se debe reducir la frecuencia de tratamientos y alternar grupos químicos que difieran en sus principios activos y modos de acción. El fundamento biológico de la necesidad de alternar acaricidas radica en el hecho de que el universo de garrapatas disponible en las pasturas de un potrero se compone de tres estadios: teleoginas oviponiendo, huevos incubándose, y larvas. Durante el período en que actúa la droga A aplicada en un único tratamiento, sólo las larvas activas están potencialmente expuestas, porque son las que pueden infestar a un bovino. El resto se encuentra en el ambiente en forma de teleoginas oviponiendo o huevos incubándose. En las condiciones climáticas de las áreas de Argentina donde prevalece *R. microplus*, los períodos de incubación de los huevos generados por las teleoginas que caen de los bovinos en los días previos a la aplicación del primer tratamiento entre fines de agosto y fines de septiembre son lo suficientemente largos para impedir que ese segmento de la población se exponga al efecto de la droga empleada. Esta subpoblación constituye el “refugio”, que se define como a la parte de la población del parásito que no se expone a un tratamiento y que por lo tanto no está sujeta a la presión de selección por resistencia (van Wyk, 2001). El refugio constituye un “pool” de genes susceptibles que potencialmente puede “diluir” a los genes resistentes seleccionados por los tratamientos, y a > refugio < va a ser la tasa a la cual se desarrolla la resistencia. En este contexto y en el caso de que se apliquen dos o tres tratamientos sucesivos con la misma droga, se ejercería una fuerte presión de selección y el tamaño de este “refugio” se vería drásticamente reducido. La alternancia también evita que las garrapatas que han sobrevivido a un tratamiento con una droga A por ser resistentes, se expongan a un nuevo tratamiento con esa misma droga A. Para esto último, es importante poder estimar cuándo están activas en las pasturas las larvas generadas por las teleoginas potencialmente resistentes que sobreviven a un tratamiento en una determinada época del año. En el norte argentino, las teleoginas que caen de los bovinos entre el fin del invierno y mediados de la primavera de un año, generan larvas que van a estar activas a mediados y fines de la primavera de ese mismo año. Aquellas que caen a finales de la primavera y en el verano, producen larvas que van a estar activas aproximadamente a los 40-45 días posteriores a su caída, mientras que las teleoginas que caen en el otoño e invierno, producen larvas que pueden infestar bovinos hacia finales del invierno o en la primavera siguiente, pero solo en determinadas regiones del noreste de Argentina (este de Chaco, Formosa, Misiones, norte de Corrientes, norte de Santa Fe). En localidades ubicadas más al sur o en la región del noroeste, las teleoginas que caen de los bovinos a mediados y fines del otoño y en el invierno no generan una progenie viable, por lo tanto, los tratamientos aplicados en esta época no generan presión de selección.

En este contexto, el control eficiente y sustentable requiere de una tecnología de procesos más que de insumos, y contar indispensablemente con profesionales y productores que incorporen conocimientos sobre la bioecología del parásito para integrar y emplear las herramientas disponibles aplicable a cada sistema productivo específico.

En el marco considerado en este punto, haciendo foco en la presión de selección para resistencia, las garrapatas presentes en cada potrero de un establecimiento deben considerarse como una subpoblación diferente. Esto es relevante para el caso de los sistemas de pastoreo rotativo. La exposición a

una droga o grupos de drogas de las garrapatas de un potrero en particular va a depender de los tratamientos que se apliquen sobre los bovinos desde el momento que ingresan a ese potrero, pero es independiente del historial de tratamientos aplicados sobre el mismo grupo de bovinos cuándo estuvieron previamente en otros potreros.

5. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE EL CONTROL DE GARRAPATAS Y EL DIAGNÓSTICO DE RESISTENCIA

No existen métodos de control de garrapatas de aplicación universal. El diseño de esquemas para controlar a *R. microplus* debe llevarse a cabo contemplando la estructura productiva y la situación epidemiológica de cada predio ganadero. Así, el biotipo bovino predominante, el nivel inicial de infestación, el patrón de resistencia, la capacidad de hacer rotación y descanso de potreros, el estado de los alambrados perimetrales, la infraestructura y estado de los bañaderos, los movimientos de hacienda (ej.: ingresos de animales de zona infestada, necesidad de despachos de hacienda libre de garrapatas a zona indemne), el nivel de inmunidad de los rodeos contra los agentes causales de la babesiosis y anaplasmosis, y por supuesto, la localización del establecimiento en un área dada de aptitud ecológica para la garrapata, son factores determinantes a la hora de diseñar un plan de control de *R. microplus*. En este contexto, el control eficiente y sustentable requiere de una tecnología de procesos más que de insumos, y contar indispensablemente con profesionales y productores que incorporen conocimientos sobre la bioecología del parásito para integrar y emplear las herramientas disponibles aplicable a cada sistema productivo específico.

El diagnóstico de la resistencia de *R. microplus* a los distintos grupos químicos usados en formulaciones comerciales acaricidas requiere no solo la remisión ocasional de muestras a los laboratorios que realizan los análisis. Hay que tener en cuenta que la frecuencia de toma de muestras de garrapatas y el tamaño muestral en un mismo predio influyen en la clasificación de resistencia/susceptibilidad de este, porque la resistencia es un fenómeno dinámico, que puede variar en el tiempo para una misma unidad espacial, pero también entre potreros de un mismo establecimiento. Contar con un conjunto seriado de análisis de resistencia previamente a la aplicación de tratamientos químicos, facilita una correcta elección de las drogas a emplear.

6. BABESIOSIS Y ANAPLASMOSIS DE LOS BOVINOS: PREVENCIÓN EN EL ÁREA DE ARGENTINA INFESTADA CON *RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS*

Para la programación de esquemas sostenibles de control de *R. microplus* es imprescindible contar con estrategias eficaces de prevención de la babesiosis y la anaplasmosis bovina. El área de Argentina infestada de manera permanente por la garrapata común del bovino corresponde a una región de aproximadamente 64 millones de hectáreas, distribuidas en 12 provincias, ubicadas en el centro-norte del país y pobladas por alrededor de 16 millones de bovinos. Allí son de presentación endémica la babesiosis y la anaplasmosis bovina (vulgarmente conocidas como “tristeza”), dos enfermedades infecciosas, transmitidas por vectores, que causan importantes pérdidas económicas, principalmente en concepto de mortandad de bovinos adultos. En nuestro país los organismos causales de la babesiosis bovina (*B. bovis* y *B. bigemina*), son transmitidos de manera exclusiva por la garrapata *R. microplus*, por lo que la

distribución de esta enfermedad es idéntica a la de dicho vector (Guglielmone 1995). El agente causal de la anaplasmosis (*A. marginale*) por el contrario cuenta con múltiples mecanismos de transmisión, incluyendo varias especies de garrapatas, dípteros hematófagos y transmisión iatrogénica a través de instrumental contaminado con sangre.

No debe confundirse la situación expresada anteriormente con el concepto de “rodeo garrapateado” o que “conoce garrapatas”, el cual se emplea a menudo en ámbitos comerciales de Argentina con el propósito de expresar que el rodeo ha estado expuesto a *R. microplus* y suponer que tiene inmunidad que lo protege de sufrir brotes de babesiosis/anaplasmosis.

En las regiones tropicales y subtropicales del mundo afectadas por babesiosis y anaplasmosis, las medidas de control de estas enfermedades a menudo recaen en quimioterapia antimicrobiana y en el uso de acaricidas para *R. microplus* (Montenegro James 1992; Nari 1995). Estos abordajes resultan ineficaces en el largo plazo, y acarrear serios problemas de sustentabilidad ante un contexto de creciente conciencia mundial por la seguridad alimentaria y la amenaza que representa la aparición de residuos de antiparasitarios y antibióticos en alimentos de origen animal (carne, leche). En el área de Argentina infestada por *R. microplus* la transmisión de los agentes causales de estas enfermedades es prácticamente inevitable, porque gran parte de los bovinos son portadores de la infección (aunque clínicamente estén sanos) y porque los vectores no pueden ser manipulados a voluntad mediante el uso de químicos. Por ello, la prevención eficaz de largo plazo consiste en la protección de los rodeos mediante el desarrollo de inmunidad específica a nivel poblacional.

Se conoce que los animales de hasta 10-12 meses de edad son usualmente tolerantes a los efectos patogénicos de la primera infección con estos microorganismos y, luego de la infección, desarrollan una sólida inmunidad específica que es altamente protectora y de larga duración. Por el contrario, si el primer contacto de un bovino con *B. bovis*, *B. bigemina* o *A. marginale*, ocurre en la edad adulta, usualmente este se enferma y puede morir. Si se lograra que todos los bovinos del rodeo se infecten con los tres organismos causales de estas enfermedades y desarrollen inmunidad específica antes del año, ese rodeo estaría resguardado de la ocurrencia de brotes económicamente importantes.

No debe confundirse la situación expresada anteriormente con el concepto de “rodeo garrapateado” o que “conoce garrapatas”, el cual se emplea a menudo en ámbitos comerciales de Argentina con el propósito de expresar que el rodeo ha estado expuesto a *R. microplus* y suponer que tiene inmunidad que lo protege de sufrir brotes de babesiosis/anaplasmosis. La adquisición de inmunidad de rebaño por exposición natural requiere que la totalidad de los bovinos haya sido infectada con *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale* antes del año de edad, a través de la picadura de vectores infectados. Esa situación es poco frecuente en los rodeos que residen en el área de Argentina infestada por *R. microplus*, tal como lo demuestran numerosos trabajos de investigación conducidos en las últimas décadas (Aguirre et al., 1990; Guglielmone et al. 1997; Vanzini et al., 1999; Mastropaolo et al., 2009; Mangold y Mastropaolo, 2013; Mastropaolo, 2014; Morel et al., 2019). Este concepto erróneo, y aparentemente inofensivo, debe ser desterrado, ya que la tendencia a considerar inmunes a bovinos por el solo hecho de haber tenido contacto con garrapatas lleva a los propietarios a no incluir medidas de prevención de estas enfermedades en los esquemas sanitarios de los rodeos.

La elevación de la resistencia específica de un rodeo mediante su inmunización es posiblemente el abordaje más sostenible para la prevención de la babesiosis y anaplasmosis en rodeos comerciales.

Dado que es infrecuente en Argentina lograr inmunidad específica en la totalidad del rodeo, por exposición natural a la picadura de vectores infectados, existe un método para evaluar si tal condición ha sido alcanzada. Este método se basa en determinar por técnicas serológicas qué proporción de terneros (con 4 a 10 meses de edad) de una tropa se expuso naturalmente, y desarrolló anticuerpos contra *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale*. Luego, a partir de los resultados de las pruebas serológicas, se debe identificar el microorganismo con menor proporción de animales inmunes (que será el organismo al que más vulnerable es nuestro rodeo), y evaluar si la proporción de animales con anticuerpos es igual o mayor a la mínima indispensable para estar protegidos de acuerdo con la información contenida en Tabla 2 y, en caso de ser inferior, se considera que la tropa no está protegida. Sí, como ejemplo hipotético, en una tropa de terneros de 8 meses, se detectan anticuerpos específicos, contra *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale* en el 90%, 92% y 65% respectivamente, de los terneros, sabremos que la limitante está constituida por *A. marginale*. Teniendo en cuenta que, de acuerdo con la edad, se espera que al menos el 70% de los animales presente anticuerpos específicos contra *Anaplasma*, la mencionada tropa se encuentra en riesgo de sufrir brotes de anaplasmosis. Por lo tanto, se recomienda vacunarla.

Tabla 2. Prevalencia mínima de individuos con anticuerpos esperada, en función de la edad de los animales.¹

Edad (meses)	Prevalencia mínima (%)
4	45%
5	53%
6	60%
7	65%
8	70%
9	75%
10	78%

En caso de no medir por serología la proporción de terneros con anticuerpos específicos contra *B. bovis*, *B. bigemina* y *A. marginale*, debe asumirse que la tropa no tiene inmunidad suficiente ya que, como se dijo anteriormente, la falta de inmunidad específica de rebaño es la situación más frecuente en el norte de Argentina, y se debe actuar en consecuencia.

¹ La tabla está confeccionada a partir del cálculo de la tasa de inoculación, acorde a lo propuesto por Mahoney y Ross (1972) en el tratado sobre control de la babesiosis, dicho trabajo debe ser revisado para conocer en detalle los fundamentos del cálculo y parámetros elegidos. El cálculo de la tasa de inoculación está basado sobre la prevalencia real de individuos positivos, para su cálculo deberá ajustarse la prevalencia aparente (resultados del test) en función de la sensibilidad y la especificidad de la prueba diagnóstica. Consideramos más apropiado realizar este cálculo en algún punto cercano a los 9-10 meses de edad; hacerlo por ejemplo a los 4-5 meses de edad implica asumir tasas de inoculación constantes en adelante, lo que constituye una potencial fuente de error.

Es importante tener en cuenta que la profilaxis por vacunación es un abordaje de mediano-largo plazo. Dado que la vacuna no está indicada para usarse en animales de más de 10 meses de edad, existirá un período de transición desde que se decide su incorporación en el calendario sanitario, hasta que la totalidad del rodeo adulto esté compuesto por animales inmunizados.

La elevación de la resistencia específica de un rodeo mediante su inmunización es posiblemente el abordaje más sostenible para la prevención de la babesiosis y anaplasmosis en rodeos comerciales. La inmunización se basa en la inoculación de vacunas vivas compuestas de eritrocitos parasitados con *Anaplasma centrale*, y con cepas atenuadas de *B. bovis* y *B. bigemina* (10 millones eritrocitos parasitados con cada microorganismo por dosis de vacuna). Estas vacunas se aplican una sola vez en la vida del animal, entre los 4-10 meses de edad, y si son correctamente manejadas y aplicadas permiten brindar protección inmune estable contra la babesiosis y la anaplasmosis de los bovinos a más del 90% de los bovinos vacunados.

Es importante tener en cuenta que la profilaxis por vacunación es un abordaje de mediano-largo plazo. Dado que la vacuna no está indicada para usarse en animales de más de 10 meses de edad, existirá un período de transición desde que se decide su incorporación en el calendario sanitario, hasta que la totalidad del rodeo adulto esté compuesto por animales inmunizados. Es por ello, que quien está a cargo de una tropa de terneros que residen en el área infestada con *R. microplus* no debe esperar a tener un brote de babesiosis/anaplasmosis para incluir este tipo de vacunas en el calendario sanitario del rodeo.

Los quiebres de la inmunidad provista por las vacunas son infrecuentes (<1,5 % de los bovinos vacunados). En la mayoría de los casos los problemas son causados por *A. marginale* ya que, a nivel mundial, la prevención de la anaplasmosis se realiza mediante la inoculación de *A. centrale*, especie cercana que confiere inmunidad cruzada parcial contra *A. marginale*. Son más propensos a sufrir estos problemas los bovinos de tipo *Bos taurus* sin experiencia de exposición previa a infestaciones masivas con *R. microplus* (Guglielmone y Vanzini 1999). En consecuencia, se recomienda poner especial énfasis en rodeos de estas características y en dichas circunstancias, evitando las causas de estrés y promoviendo una exposición paulatina al efecto inmunosupresor de la infestación con *R. microplus*, a través de esquemas eficaces de control.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre D, Bermúdez A, Mangold A, Guglielmone, A. 1990. Infección natural con *Babesia bovis* y *Babesia bigemina* en bovinos de raza Hereford, Criolla y Nelore en Tucumán, Argentina. Rev. Med. Vet. (Buenos Aires) 71, 74–60.
- Biegelmeier P, Nizoli LQ, da Silva SS, dos Santos TRB, Dionello NJL, Gúlias-Gomes CC, Cardoso FF. 2015. Bovine genetic resistance effects on biological traits of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Vet. Parasitol. 208, 231–237.
- Burrow HM, Mans BJ, Cardoso FF, Birkett MA, Kotze AC, Hayes BJ, Mapholi N, Dzama K, Marufu MC, Githaka NW, Djikeng A. 2019. Towards a new phenotype for tick resistance in beef and dairy cattle: a review. Anim. Prod. Sci. 59, 1401–1427.
- Canevari JT, Mangold AJ, Guglielmone AA, Nava S. 2017. Population dynamics of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in a subtropical subhumid region of Argentina for use in the design of control strategies. Med. Vet. Entomol. 31, 6–14.
- Castro-Janer E, Martins JR, Mendes MC, Namindome A, Klafke GM, Schumaker TTS. 2010. Diagnoses of fipronil resistant in Brazilian cattle ticks (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) using in vitro larval bioassays. Vet. Parasitol. 173, 300–306.
- Castro-Janer E, Rifran L, González P, Niell C, Piaggio J, Gil A, Schumaker TTS. 2011. Determination of the susceptibility of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) to ivermectin and fipronil by larval immersion test (LIT) in Uruguay. Vet. Parasitol. 178, 148–155.
- Cloyd RA. 2010. Pesticide mixtures and rotations: are these viable resistance mitigating strategies?. Pest Technol. 4, 14–18.
- Cutullé C, Lovis L, D'Agostino BI, Balbiani GG, Morici G, Citroni D, Reggi J, Caracostantogolo JL. 2013. In vitro diagnosis of the first case of amitraz resistance in *Rhipicephalus microplus* in Santo Tomé (Corrientes), Argentina. Vet. Parasitol. 192, 296–300.
- FAO. (2004. Resistance Management and Integrated Parasite Control in Ruminants – Guidelines, Module 1 – Ticks: Acaricide Resistance: Diagnosis, Management and Prevention. Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health Division, Rome, pp. 25–77.
- George JE, Pound JM, Davey RB. 2008. Acaricides for controlling tick on cattle and the problem of acaricide resistance. In: Bowman, A.S., Nuttall, P. (Eds.), Ticks: Biology, Diseases and Control. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 408–423.
- Guglielmone AA. 1992. The level of infestation with the vector of cattle babesiosis in Argentina. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 87, Suppl. III, 133–137.
- Guglielmone AA. 1995. Epidemiology of babesiosis and anaplasmosis in South and Central America. Vet. Parasitol. 57, 109–119.
- Guglielmone AA, Vanzini VR. 1999. Análisis de fracasos en la prevención de la anaplasmosis y la babesiosis en bovinos inoculados con vacunas vivas. Rev. Med. Vet. 80 (2), 66–68.

- Guglielmone AA, Nava S. 2013. Epidemiología y control de las garrapatas de los bovinos en la Argentina. En: A. Nari, C. Fiel (eds), Enfermedades parasitarias con importancia clínica y productiva en rumiantes: fundamentos epidemiológicos para su diagnóstico y control. Pp. 441-456. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires. 752 pp. ISBN: 978-9974-674-35-6
- Guglielmone AA, Mangold AJ, Gaido AB, Aguirre DH. 1990. Parasitismo natural por *Boophilus microplus* de bovinos Hereford, Criolla, Nelore y cruza Hereford x Nelore. Rev. Med. Vet. (Buenos Aires). 71, 108-117.
- Guglielmone AA, Aguirre DH, Spath EJA, Gaido AB, Mangold AJ, de Ríos LG. 1992a. Long-term study of incidence and financial loss due to cattle babesiosis in an Argentinian dairy farm. Prev. Vet. Med. 12, 307-312.
- Guglielmone AA, Mangold AJ, Gaido AB, Aguirre DH. 1992b. Natural parasitism with *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) in cattle biotypes with different proportions of *Bos taurus* (Spanish and British) and *Bos indicus* genes. Res. Rev. Parasitol. 52, 77-82.
- Guglielmone AA, Mangold AJ, Aguirre DH, Gaido AB. 1992c. Estabilidad del parasitismo relativo en dos biotipos vacunos resistentes al *Boophilus microplus*, bajo condiciones naturales. Rev. Med. Vet. (Buenos Aires). 73, 233-238.
- Guglielmone A, Echaide S, Pérez y Santaella M, Iglesias J, Vanzini V, Lugaresi C, Dellepiane E. 1997. Cross-sectional estimation of *Babesia bovis* antibody prevalence in an area of Argentina used for extensive cattle breeding as an aid to control babesiosis. Prev. Vet. Med. 30, 151-154.
- Jonsson NN, Piper EK, Constantinoiu CC. 2014. Host resistance in cattle to infestation with the cattle tick *Rhipicephalus microplus*. Parasit. Immunol. 36, 551-557.
- Klafke GM, Webster A, Dall'Agnol B, Pradel E, Silva J, de La Canal LH, Becker M, Osório MF, Mansson M, Barreto R, Scheffer R, Souza UA, Corassini VB, dos Santos J, Reck J, Martins JR, 2017. Multiple resistance to acaricides in field populations of *Rhipicephalus microplus* from Rio Grande do Sul state, southern Brazil. Tick Tick-borne Dis. 8, 73-80.
- Mangold A., Mastropaolo M. 2013. Epidemiología y control de hemoparásitos (Babesia y Anaplasma) en Argentina., en: Nari, A., Fiel, C. (Eds.), Enfermedades Parasitarias Con Importancia Clínica Y Productiva En Rumiantes: Fundamentos Epidemiológicos Para Su Diagnóstico Y Control. Hemisferio Sur, pp. 639-655.
- Mastropaolo M. 2014. Epidemiología de la babesiosis de los bovinos causada por *Babesia bigemina* (Smith y Kilborne, 1893) en el sudoeste de la provincia del Chaco. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata.
- Mastropaolo M, Torioni de Echaide S, Cuatrin A, Arece H, Lobato S, Mangold A. 2009. Situación de la Babesiosis y Anaplasmosis de los bovinos en el Sudoeste de la provincia del Chaco. Rev. FAVE (Sección Ciencias Veterinarias) 8, 29-35.
- Mastropaolo M, Mangold AJ, Guglielmone AA, Nava S. 2017. Non-parasitic life cycle of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in *Panicum maximum* pastures in northern Argentina. Res. Vet. Sci. 115, 138-145
- Montenegro-James, S., 1992. Prevalence and control of babesiosis in the Americas. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 87, 27-36.
- Morel N, Signorini ML, Mangold AJ, Guglielmone AA, Nava S. 2017. Strategic control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* infestation on beef cattle grazed in *Panicum maximum* grasses in a subtropical semi-arid region of Argentina. Prev. Vet. Med. 144, 179-183.

- Morel N, Mastropaolo M, de Echaide ST, Signorini ML, Mangold AJ. 2019. Risks of cattle babesiosis (*Babesia bovis*) outbreaks in a semi-arid region of Argentina. *Prev. Vet. Med.* 170, 104747.
- Nari A. 1995. Strategies for the control of one-host ticks and relationship with tick-borne diseases in South America. *Vet. Parasitol.* 57, 153-165.
- Mangold AJ, Castelli ME, Nava S, Aguirre DH, Guglielmone AA. 2004. Poblaciones de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistentes a los piretroides en Córdoba y Salta, Argentina. *Revista FAVE.* 3, 55-59.
- Nava S, Mastropaolo M, Guglielmone AA, Mangold AJ. 2013. Effect of deforestation and introduction of exotic grasses as livestock forage on the population dynamics of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) in northern Argentina. *Res. Vet. Sci.* 95, 1046-1054.
- Nava S, Mangold AJ, Canevari JT, Guglielmone AA. 2015. Strategic applications of long-acting acaricides against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in northwestern Argentina, with an analysis of tick distribution among cattle. *Vet. Parasitol.* 208, 225-230.
- Nava S, Mangold AJ, Morel N, Rossner MV, Guglielmone AA. 2017. Epidemiología y control de la garrapata común del bovino *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en Argentina. En: Información Técnica de Producción Animal. Publicación Miscelánea. Año V - N°2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Santa Fe, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, Área de Producción Animal. Septiembre de 2017. ISSN 2314-3126. Pp. 98-115.
- Nava S, Morel N, Mangold AJ, Guglielmone AA. 2018. Un caso de resistencia de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) al fipronil detectado en pruebas de campo en el este de Santiago del Estero, Argentina. *Revista FAVE (Sección Ciencias Veterinarias).* 17, 1-5.
- Nava S, Rossner MV, Torrents J, Morel N, Martínez NC, Mangold AJ, Guglielmone AA. 2020. Management strategies to minimize the use of synthetic chemical acaricides in the control of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1888) in an area highly favourable for its development in Argentina. *Med. Vet. Entomol.* 34, 264-278.
- Nava S, Toffaletti JR, Rossner MV, Morel N, Mangold AJ. 2021. Alternative applications of the strategic control against the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in a subtropical area. *Parasitol. Res.* 10, 3653-3661.
- Nava S, Gamietea IJ, Morel N, Guglielmone AA, Estrada-Peña A. 2022. Assessment of habitat suitability for the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in temperate areas. *Res. Vet. Sci.* 150, 10-21.
- Núñez JL, Muñoz Cobeñas M, Moltedo H. 1982. *Boophilus microplus*: la garrapata común del ganado vacuno. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, p. 184.
- Ortega Masague MF. 2021. Resistencia genética a *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos de raza criollo argentino. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata. 128 pp.
- Ortega MF, Giovambattista G, Cutulle C, Dos Santos D, Nava S, Bonamy M, Holgado F. 2023. Phenotypic evaluation of genetic resistance to the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in Argentine Creole cattle. *Ticks Tick-borne Dis.* 14, 102223.
- Ray DE, Ray D, Forshaw PJ. 2000. Pyrethroid insecticides: poisoning syndromes, synergies, and therapy. *Clin. Toxicol.* 38, 95-101.
- Reck J, Marks FS, Rodrigues RO, Souza UA, Webster A, Leite RC, Gonzalez JC, Klafke GM, Martins JR. 2014a. Does *Rhipicephalus microplus* tick infestation increase the risk for myiasis caused by *Conchliomyia hominivorax* in cattle?. *Prev. Vet. Med.* 113, 59-62.

- Reck J, Klafke GM, Webster A Dall' Agnol B, Scheffer R, Souza UA, Corassini VB, Vargas R, Santos JS, Martins JR. 2014b. First report of fluazuron resistance in *Rhipicephalus microplus*: a field tick population resistant to six classes of acaricides. Vet. Parasitol. 17, 128-36
- Rossner MV, Gomez VD, Morel N, Nava S. 2022a. Evaluación de un esquema de control integrado de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en vacas preñadas y con cría en el noreste argentino. Revista Fave (Sección Ciencias Veterinarias). 21. <https://doi.org/10.14409/favecv.2022.o.e0003>.
- Rossner MV, Torrents J, Morel N, Prieto PN, Lottero F, Mangold AJ, Nava S. 2022b. Efecto del control estratégico de la garrapata común del bovino *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* sobre la ganancia de peso en vaquillas Braford en el noreste de Argentina. Rev. Invest. Agropec. 48, 41-47.
- Roush RT, Tabashnik BE. 1990. Pesticide resistance in arthropods. Chapman and Hall, New York, 311 pp.
- Sarli M, Torrents J, Toffaletti JR, Morel N, Nava S. 2023. Evaluation of the impact of successive acaricide treatments on resistance evolution in *Rhipicephalus microplus* populations: monodrugs versus drug combinations. Res. Vet. Sci. In press.
- Sibley CH, Price RN. 2012. Monitoring antimalarial drug resistance: Applying lessons learned from the past in a fast-moving present. Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist. 20, 126-33.
- Spath EJA, Guglielmone AA, Signorini AR, Mangold AJ. 1994. Estimación de las pérdidas económicas directas producidas por la garrapata *Boophilus microplus* y las enfermedades asociadas en la Argentina. 1ra a 4ta parte. Therios. 23, 341-539.
- Tabashnik BE. 1989. Managing resistance with multiple pesticide tactics: theory, evidence, and recommendations. J. Econ. Entomol. 82, 1263-1269.
- Tabashnik BE, Mota-Sanchez D, Whalon ME, Hollingworth RM, Carrière Y. 2014. Defining terms for proactive management of resistance to Bt crops and pesticides. J. Econ. Entomol. 107, 496-507
- Torrents J, Sarli M, Rossner MV, Toffaletti JR, Morel N, Martinez NC, Webster A, Mangold AJ, Guglielmone AA, Nava S. 2020a. Resistance of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to ivermectin in Argentina. Res. Vet. Sci. 132, 332-337.
- Torrents J, Morel N, Rossner MV, Martinez NC, Toffaletti JR, Nava S. 2020b. In vitro diagnosis of resistance of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to fipronil in Argentina. Exp. Appl. Acarol. 82, 397-403.
- Torrents J, Martinez NC, Nava S. 2021. Resistencia a los antiparasitarios utilizados para el control de la garrapata común del bovino *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: estado de situación en la provincia de Santa Fe. En: Información Técnica de Producción Animal 2021. Publicación Miscelánea Año 9 - N° 3 – ISSN en línea 2314-3126. Pp. 57-61. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/11017>
- Torrents J, Sarli M, Sarmiento NF, Rossner MV, Morel N, Guglielmone AA, Nava S. 2022. Resistance of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to fluazuron in Argentina. Exp. Appl. Acarol. 86, 599-606
- Utech KBW, Wharton RH, Kerr JD. 1978. Resistance to *Boophilus microplus* (Canestrini) in different breeds of cattle. Aust. J. Agric. Res. 29, 885-895.
- van Wyk JA. 2001. Refugia--overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. Onderstepoort J Vet Res. 68, 55-67.
- Vanzini VR, Mangold AJ, Guglielmone AA. 1999. Modelo técnico-económico para la prevención de la babesiosis y anaplasmosis de los bovinos en la ganadería de cría extensiva de la provincia de Corrientes. Therios. 28, 118-127.



Facultad de
Ciencias Agropecuarias



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CÓRDOBA**
JESUITAS