

Capítulo 4

RESISTENCIA DE LAS GARRAPATAS A LOS ACARICIDAS Y ESTRATEGIAS PARA SU CONTROL

Dildo Márquez Lara *
Gabriel Jiménez Pallares **

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de resistencia constituye una característica evolutiva de las garrapatas, desarrollada a través de millones de años gracias a la interacción con muchos y diversos compuestos químicos generados por las plantas, característica que les ha permitido detoxificar estas sustancias químicas y responder a los químicos tóxicos similares a los empleados por los seres humanos como ixodicidas.

La preocupación por el incremento de poblaciones de garrapatas resistentes a los plaguicidas ha alcanzando relevancia mundial, convirtiéndose quizá en el mayor de-

saño que debe enfrentar la producción pecuaria, no sólo porque la resistencia desarrollada por estos parásitos genera, también, problemas ambientales y de salud pública, sino porque, una vez instaurada, es irreversible, dándole connotaciones de recurso natural no renovable.

La resistencia se ha definido como la habilidad que adquieren algunos individuos de una población de garrapatas para sobrevivir a concentraciones de un pesticida, las cuales serían letales al resto de la población normal de la misma especie. Es decir, que los ectoparásitos resistentes desarrollan una habilidad que es heredable y los capacita fisiológica y etológicamente para

M.V. Esp. Programa de Salud Animal Corpoica - Geisa.

** Zoot. M.S. Programa de Socioeconomía. Tibaitatá.

bloquear la acción tóxica de un determinado plaguicida, por medio de mecanismos metabólicos y no metabólicos y, en consecuencia, sobrevivir a la exposición de dosis que para otros sería mortal. La resistencia es, entonces, un fenómeno de orden genético, lo cual quiere decir que se establece a nivel de los cromosomas de las garrapatas.

1. ORIGEN DE LA RESISTENCIA

En las poblaciones de garrapatas existen tres tipos genéticos de individuos: los RR (homocigotos resistentes), los RS (heterocigotos resistente-susceptibles) y los SS (homocigotos susceptibles). Los SS son por naturaleza susceptibles, y se presentan con alta frecuencia en poblaciones que no tienen historia previa de contacto con garrapaticidas. Los RR son naturalmente resistentes y, por tanto, capacitados para enfrentar a los garrapaticidas; ocurren con alta frecuencia en condiciones de mucha presión selectiva, y el retorno a un estado de susceptibilidad dependería de la presencia de heterocigotos o de homocigotos susceptibles. Por último, los RS, producto del cruzamiento de los RR y SS, son también sensibles, siendo importante en este caso conocer el estado de dominancia o recesividad del gen resistente (FAO, 1998).

Así, por ejemplo, la resistencia será del todo dominante si el nivel de resistencia del heterocigoto es igual a la resistencia del homocigoto resistente, y será recesiva si el nivel de susceptibilidad del heterocigoto es igual al nivel de susceptibilidad del homocigoto susceptible. Sin embargo, a pesar de la tendencia de presentarse resistencia dominante en las poblaciones cuando hay uso intensivo de acaricidas, la común ocurrencia en el campo es la resis-

tencia intermedia a partir de los individuos heterocigotos

La multiplicación del SS y de los RS es lo que mantiene una población de garrapatas susceptibles, mientras que la selección de los RR, por medio de la presión de los insecticidas, forma poblaciones de garrapatas resistentes. Cuando una población de garrapatas es seleccionada (RR) para resistir a un determinado garrapaticida, incorpora en sus cromosomas un par de genes que regirán para siempre los mecanismos de resistencia a un garrapaticida específico. Y si esta habilidad se genera a uno o más compuestos químicos, se pueden presentar los siguientes tipos de resistencia, FAO, 1998:

Resistencia cruzada: ocurre cuando una población de garrapatas, sometida a presión de selección con un compuesto químico, adquiere resistencia a él y a otros plaguicidas que no se han aplicado antes, pero relacionados toxicológicamente y afectados por un mecanismo común de resistencia. Es lo que sucede cuando una población se ha controlado con organoclorados, generándose resistencia, y luego se cambia a un piretroide que tiene un similar modo de acción, presentándose también resistencia a este compuesto químico.

Resistencia cruzada negativa: se manifiesta cuando una población que es resistente a un insecticida retorna a un estado de susceptibilidad a ese compuesto al cambiarlo por otro con efectos toxicológicos diferentes. Es lo que acontece con la rotación de compuestos químicos diferentes aplicados a intervalos que no le den oportunidad a los parásitos de seleccionar la resistencia a un compuesto

Resistencia múltiple: se relaciona con la resistencia a varios insecticidas tanto aplicados o no, con mecanismo de acción diferente, fenómeno que se explica por la existencia de varios mecanismos de resistencia en los parásitos.

Con el objeto de desentrañar los mecanismos fisiológicos involucrados en la resistencia algunos estudios han revelado que éstos comprenden una serie de defensas orgánicas de las garrapatas a los insecticidas, dentro de las cuales se destaca la detoxificación por medio de sistemas enzimáticos.

2. FASES EN EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA

El desarrollo de la resistencia según FAO (1998), ocurre en las siguientes fases:

2.1. ESTABLECIMIENTO

En ésta se establece un alelo resistente en la población de garrapatas, ocurre por lo general como un mecanismo de preadaptación a través de mutaciones naturales e independientes de procesos de selección, y se manifiesta por una tasa proporcional al tamaño de la población. En algunos casos, el alelo resistente puede estar establecido en la población antes del primer contacto de las garrapatas al acaricida contra el cual se producirá resistencia.

2.2. DISPERSIÓN

Es la propagación del alelo resistente en la población de garrapatas, a causa de la sobrevivencia preferencial de las garrapatas resistentes luego del tratamiento con el acaricida, no siendo evidente todavía la falla o el efecto reducido del compuesto químico.

Esta fase sucede en un período más o menos corto y es así mismo en ésta cuando se origina la dispersión de las garrapatas resistentes a las propiedades vecinas de manera desapercibida.

2.3. EMERGENCIA

Se produce cuando el alelo es muy común en la población de garrapatas y capaz de reducir la eficiencia característica del compuesto químico no sólo en un predio sino poco a poco en una región, siendo la fase más rápida.

De los anteriores hechos se desprenden dos consecuencias: en primer lugar, la sensibilidad al acaricida, lo opuesto de la resistencia, debe considerarse sólo como un recurso natural que no es renovable, habida cuenta que una vez perdida la sensibilidad no es posible revertirla y, en segundo lugar, la preservación de la sensibilidad a los plaguicidas debe ser un asunto social, acompañado de medidas legislativas de Estado, en la medida en que el uso inadecuado de los compuestos químicos en fincas puede causar perjuicios en una región o país.

Según los mecanismos biológicos involucrados en el tipo de respuesta a los plaguicidas, las garrapatas evaden el efecto letal de los productos de cuatro maneras:

- a) Mediante la reducción de la tasa de penetración del producto al parásito por una modificación en la composición del exoesqueleto de la garrapata, que retrasa la penetración del acaricida.
- b) A través de cambios en el sitio de acción del ixodicida, que hacen posible al parásito ser menos sensible a los efectos del garrapaticida. Desde el punto

de vista bioquímico, en las poblaciones de garrapatas resistentes los sitios blanco como canales de sodio (blanco de los piretroides sintéticos) y la acetilcolinesterasa (AChE) (blanco de los carbamatos y organofosforados), presentan modificaciones en el sitio de unión o en las propiedades catalíticas, traduciéndose en una reducida sensibilidad de la enzima blanco a la inhibición por el insecticida, reportándose que al ser la insensibilidad la causa, los niveles de resistencia pueden ser altos entonces.

- c) Por medio de modificaciones del comportamiento de las garrapatas.
- d) A través de resistencia metabólica o cambios en el metabolismo, almacenamiento y excreción del producto. En este tipo de respuesta hay una modificación enzimática que anula el efecto de los compuestos, señalándose que las principales enzimas involucradas en esta categoría son las oxidasas multifuncionales, glutatión-s-transferasas y esterasas para el caso de los piretroides, en particular.

3. FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA

El surgimiento y desarrollo de la resistencia es complejo y depende de muchos factores, por lo que es necesario su conocimiento en la búsqueda de estrategias que permitan retrasar el desarrollo de ésta en las poblaciones de garrapatas. En algunas especies de insectos estos factores generan procesos rápidos de desarrollo de resistencia, mientras que en otras el desarrollo es lento, observándose también que en algunas poblaciones de la misma especie ocurren estas dos formas de desarrollo.

Los factores que afectan el proceso de progreso de la resistencia se han agrupado en tres categorías: genéticos, biológicos y operacionales. A los dos primeros se les conoce también como factores intrínsecos por no estar sujetos a la voluntad de los seres humanos, y el tercero se conoce como factor extrínseco, el cual está bajo el control de los humanos. Si bien los factores operacionales no son los causantes de la resistencia, en la medida en que ella es condicionada genéticamente, está demostrado que éstos contribuyen en la velocidad de desarrollo y al manejo de la misma.

3.1. FACTORES GENÉTICOS

Entre éstos hace parte la frecuencia inicial de genes de resistencia en una población de garrapatas, número, dominancia, penetración, expresividad e interacción de alelos resistentes, selección previa por otros químicos y extensión de la integración del genoma por factores oportunistas.

En relación con el número de genes involucrados, se ha establecido que si es menor el número de genes responsables de la resistencia, ésta se desarrollará más rápido; por el contrario, cuando se basa en varios genes, su desarrollo será más lento pero difícil de controlarlo.

Por otra parte, la característica de la resistencia en la población dependerá de la dominancia o recesividad del gen. Así, si el gen es completamente dominante en la población original, la descendencia de ésta tenderá a la resistencia; si el gen es completamente recesivo, la población tenderá a la susceptibilidad al acaricida.

Para el caso de la interacción de los genes de resistencia, cuando se presentan cuatro genes de resistencia en la población, sus

efectos pueden ser aditivos o multiplicativos. Y en cuanto a la integración de los genes como factores preadaptativos, se señala que la resistencia es estable cuando se adquiere a través de oxidasas, siendo difícil que se pierda, mientras que si se adquiere por esterases es inestable, perdiéndose con más rapidez. Además, se señala que los individuos que adquieren resistencia por oxidasas están mejor adaptados al medio que los individuos que la adquieren con esterases, por tener los primeros mayor capacidad metabólica.

3.2. FACTORES BIOLÓGICOS

Los factores biológicos se refieren al potencial reproductivo y de comportamiento de los parásitos, encontrándose en el primer grupo la renovación de la generación, progenie por generación, monogamia, partenogénesis y poligamia, mientras que la monofagia, polifagia, movilidad, migración y el refugio hacen parte del comportamiento de los parásitos, FAO, 2002.

3.2.1. Potencial Biótico

Fertilidad y fecundidad: en los individuos con mayor potencial biótico, es decir, en los de mayor progenie por generación, también es mayor la probabilidad de desarrollo de resistencia.

Monogamia y poligamia: en los casos de monogamia, las posibilidades de resistencia son menores, por cuanto la transmisión de genes se debe a un sólo macho.

Partenogénesis: la selección de nuevas poblaciones resistentes a casi todos los plaguicidas es alta a partir de una hembra partenogénica.

Número de generaciones por año: en general, cuando una población de insectos tiene varias generaciones por año, la resistencia se adquiere con más rapidez que en las poblaciones que tienen una generación, cuando están sometidas a la misma presión de selección.

3.2.2. Comportamiento

Aislamiento, movilidad y migración: una población que no migra se vuelve más rápidamente resistente que una con movilidad, porque está expuesta en forma continua al insecticida.

Monofagia-polifagia: una población de garrapatas de un sólo huésped que ha sido seleccionada, adquiere resistencia con más rapidez por estar mayor tiempo bajo presión de selección. Ejemplos de estos los constituyen las garrapatas *B. microplus* y *A. cajennense*, en los cuales la primera desarrolla resistencia con mayor velocidad que la segunda por tener ésta última tres hospederos, donde no es seleccionada para resistencia.

Refugio: en poblaciones de garrapatas que tienen algún refugio, el desarrollo de resistencia es más lento que en las que están directamente y con mayor frecuencia expuesta a la acción de los insecticidas.

3.3. Factores Operacionales

A los factores operacionales se les subdivide por lo común en dos categorías:

- a) **Química:** relacionada con el aspecto tóxico de los productos (naturaleza química del pesticida, relación con productos de uso reciente, persistencia de residuos, formulación y umbral de aplicación).

- b) **Aplicación:** en función de las formas de uso de los acaricidas (umbral de selección, estadio de vida seleccionado, modo de aplicación y selección con mezclas de insecticidas).

4. RESISTENCIA A LOS ACARICIDAS EN COLOMBIA

En Colombia se han efectuado algunos estudios para conocer el estado de resistencia o susceptibilidad a los acaricidas en la garrapata *B. microplus*, destacándose los realizados por López *et al.* (1986), Gutiérrez y Pérez (1988), Benavides *et al.* (1989), Bentancourt (1993), Márquez *et al.* (1997), Romero *et al.* (1997) y Villar (1997).

De acuerdo con las evaluaciones de 46 fincas del departamento de Antioquia, efectuadas por López (1986), los piretoides sintéticos (PS) y los organoclorados mostraron baja efectividad en algunas zonas, mientras que Gutiérrez y Pérez (1988), en un trabajo similar en el departamento de Córdoba, sólo encontraron baja efectividad de las amidinas (amitraz).

Por otra parte, Benavides *et al.* (1989) reportaron niveles de resistencia a la cipermetrina, al evaluar los PS, organoclorados y amidinas en una colonia de garrapatas *B. microplus* mantenida por el ICA en la ciudad de Villavicencio, en tanto que los resultados de trabajos adelantados en 1997 por Márquez *et al.*, Romero *et al.* y Villar informan de resistencia de distinto grado a los piretroides y organofosforados.

5. DESARROLLO DE LA RESISTENCIA

Existen diferencias entre los requerimientos para el control intensivo de las garrapatas y los requerimientos para retardar la

aparición de la resistencia. Pareciera existir una delimitación, como se puede apreciar en los siguientes factores que han sido señalados como aceleradores de la resistencia a los acaricidas, los cuales requieren aún de validación científica antes de ser tomados como un hecho (FAO, 2002):

- 1) Uso frecuente de acaricidas
- 2) Tratamiento de los animales en épocas del año en las cuales la población refugio (estados de vida libre) es bastante reducida.
- 3) Uso de acaricidas de baja calidad y de dudosa concentración.
- 4) Uso de acaricidas con eliminación subletal prolongada.
- 5) Tratamientos subdosificados. Sin embargo, la relación entre la subdosificación y la selección varía según la clase de heredabilidad de la resistencia y la dosis usada en relación con las garrapatas homocigotos susceptibles, homocigotos resistentes y heterocigotos.

6. DIAGNÓSTICO DE RESISTENCIA A LOS ACARICIDAS

Las pruebas de evaluación de garrapaticidas tienen, por lo común, dos propósitos: a) descubrir, desarrollar y/o registrar un nuevo compuesto químico, y b) diagnosticar o medir el grado de resistencia de una cepa de garrapatas a un determinado compuesto químico.

En particular, cuando se quiere medir el grado de resistencia a los garrapaticidas en poblaciones de garrapatas en fincas, el primer paso que se requiere es precisar el conocimiento acerca del manejo de los acari-

cidas en las fincas, es decir, la historia de los garrapaticidas y las formas de aplicación de los mismos, de tal manera que se pueda descartar con certeza el uso inadecuado de los acaricidas.

El segundo aspecto es el uso de las distintas pruebas técnicas existentes y más aceptadas en el mundo, las cuales son de dos tipos: pruebas *in vitro* (en el laboratorio) y pruebas *in vivo* (en los bovinos), para lo cual las hembras ingurgitadas y las larvas no alimentadas son los dos estados de vida libre de *B. microplus* más utilizadas en la evaluación de los garrapaticidas para bovinos. Las pruebas de laboratorio son sólo un indicativo de la eficacia de un compuesto químico, debiendo ser complementadas con pruebas *in vivo*, aunque son muy costosas. Sin embargo, las primeras son los métodos más prácticos para el diagnóstico de resistencia (Amaral, 1993).

Entre las diferentes técnicas *in vitro* se destacan las Técnicas de Inmersión de Larvas, Técnicas de Inmersión de Adultos y la Técnica del Paquete Larval, conocidas como kits de la FAO (FAO, 1998; FAO, 2002).

Técnica del Paquete Larval: conocida también como prueba en sobres para larvas (kits de la FAO), consiste en exponer las larvas de *B. microplus* de siete a 15 días de eclosionadas en papeles filtro impregnados con distintos compuestos químicos a diferentes concentraciones y en cuantificar después la mortalidad pasadas 24 horas. La prueba (kit) se basa en protocolos que han sido usados durante muchos años por la Commonwealth & Industrial Research Organization (CSIRO), siendo la más aplicada en el mundo.

Los kits contienen materiales y procedimientos estandarizados, de tal manera que los resultados pueden compararse y discutirse con otros de diferentes partes del mundo, aunque un requerimiento esencial de esta técnica es el adecuado entrenamiento que deben tener los operarios si se quiere tener un alto grado de confianza de la técnica. Por ser sólo una prueba de laboratorio, sus resultados no pueden aplicarse necesariamente para el control de garrapatas en el campo.

Técnica de Inmersión Larval: por ser una técnica de poco uso, también es poco recomendada por parte de la FAO.

Técnica de Inmersión de Adultos: la técnica se apoya en una serie de concentraciones de acaricidas, teniendo como principio el que las respuestas de la dosis de mortalidad de las garrapatas a los acaricidas son determinadas mediante el tratamiento de garrapatas hembras repletas con un rango amplio de diluciones de un acaricida, comparando las garrapatas tratadas y no tratadas para evaluar el efecto de un tratamiento sobre la fecundidad y la fertilidad. Es una prueba diagnóstica bastante rápida.

7. PREVENCIÓN DE LA RESISTENCIA

Si bien el surgimiento de la resistencia es un fenómeno ineludible, siempre que se haga uso de compuestos químicos, las siguientes recomendaciones pueden contribuir a la prevención de este fenómeno (FAO, 2002):

- 1) Reducir la frecuencia de los tratamientos.
- 2) Limitar el uso de garrapatas expuestas a los tratamientos químicos, con el uso, por ejemplo, de baños umbrales.

- 3) Evitar el uso de compuestos de liberación lenta en épocas en que sea baja la contaminación de las pasturas con garrapatas.
- 4) Utilizar de manera adecuada productos de alta calidad, con dosis y concentraciones recomendadas por los laboratorios productores.
- 5) Disminuir los tratamientos químicos con el empleo de estrategias no químicas como:
 - a) Maximizar la resistencia natural de los huéspedes mediante la selección de los animales o la introducción de genes de *B. indicus*.
 - b) Aplicar vacunas contra garrapatas.
- 6) Introducir medidas de cuarentena para animales recién comprados, para evitar la introducción de garrapatas resistentes.
- 7) Adoptar normas de educación respaldadas por medidas gubernamentales fuertes en todas las áreas infestadas por garrapatas, y un servicio de monitoreo continuo para el diagnóstico temprano de la emergencia de resistencia de campo usando pruebas *in vitro*.

8. MANEJO DE LA RESISTENCIA

Igual que en los helmintos, el objetivo de las medidas de control de garrapatas es reducir las poblaciones de estos ectoparásitos, pero sobre todo eliminar o disminuir la dependencia de las aplicaciones de compuestos químicos; en este contexto, la implementación de cualquier estrategia que minimice la posibilidad de la aparición de resistencia se torna crucialmente importan-

te en cualquier esquema de control parasitario elegido, ya que una vez aparecida la resistencia a un compuesto, ésta es irreversible y el acaricida es abandonado, lo cual sugiere la necesidad de manejar con prudencia este agotable recurso químico.

Para el manejo de la resistencia a los acaricidas existe considerable información sobre los aspectos genéticos de ésta y, por tanto, sobre las recomendaciones para su retardo. A pesar de ello, existen pocos estudios de campo sobre estos aspectos, quedando en una dimensión teórica el cúmulo de conocimientos existentes sobre aspectos como el efecto de la dosis y la concentración del químico, la frecuencia y el tiempo de los tratamientos, el uso de mezclas y las rotaciones de compuestos en la aparición y el desarrollo de la resistencia.

No obstante la anterior preocupación, la integración de las alternativas químicas y no químicas de control serán las expectativas esperadas para la consecución de mejores resultados en términos de controlar y retardar la aparición de resistencia a los acaricidas, mediante la cual el uso de compuestos químicos constituirá el soporte del manejo integrado y sostenible de parásitos. En este contexto, y no obstante la ausencia de acuerdos entre los parasitólogos, sobre las recomendaciones para el manejo de la resistencia, las siguientes constituyen las principales propuestas para el control de ésta (FAO, 2003):

- 1) **Uso prudente del antiparasitario:** puesto que la dependencia a los acaricidas ha demostrado la insostenibilidad de esta práctica para el control de garrapatas (aparición de resistencia, costos directos e indirectos asociados al control, contaminación ambiental, resi-

duos en carne y leche), un imperativo en los actuales momentos es el cambio de mentalidad en los productores en cuanto a racionalizar y optimizar el uso de antiparasitarios.

- 2) **Diagnóstico adecuado:** la ausencia de un diagnóstico adecuado de la resistencia, en especial en forma temprana, dificulta aún más el control de ésta. Para la superación de tal limitante existen diferentes técnicas estandarizadas y recomendadas por la FAO (2002).
- 3) **Refugio y resistencia:** por "refugio" se conoce la proporción de la población de garrapatas que no entra en contacto con una particular medida de control (antiparasitario), escapando, por tanto, a la selección para resistencia (Van Wyk, 2001). Esta población de estados libres de las garrapatas, huevos y larvas, no son afectados en forma directa por el acaricida, diciéndose que están en "refugio".

El concepto de refugio es considerado en estos momentos como el más importante factor involucrado en la selección para resistencia, por encima aún de los tradicionales como la frecuencia de tratamientos y las subdosificaciones, radican-do su importancia en que los individuos que sobreviven a los tratamientos se desarrollan y compiten con los que no fueron tratados, los cuales son los encargados de diluir las poblaciones resistentes, determinando, de esta forma, el grado de selección para la resistencia.

Un ejemplo concreto de la reducción de la población en refugio es lo que ocurre cuando gran parte de esta población disminuye como consecuencia de las

condiciones ambientales adversas (veranos intensos), depredadores, falta de huéspedes apropiados o, cuando, adheridas a éstos, no alcanzan a superar las barreras inmunitarias de los animales, hecho que influye en la tasa de desarrollo de la resistencia.

4) **Huésped y distribución de parásitos**

En sistemas de producción ganaderos lo normal que ocurre en las praderas es que las mayores cargas parasitarias son mantenidas por una mínima proporción de hospederos; esto indica que son los animales más susceptibles los encargados de mantener y aumentar las poblaciones parasitarias en las pasturas, es decir, que los miembros de una población parasitaria no tienen una distribución uniforme en una población o categoría de animales. Esto significa que las alternativas o herramientas que fortalezcan la capacidad de los huéspedes para enfrentar los desafíos parasitarios como la selección de animales resistentes a estos ectoparásitos, el uso de vacunas contra garrapatas y el mejoramiento de la condición nutricional de éstos contribuyen a minimizar la dependencia a los acaricidas.

5) **Frecuencia de los tratamientos**

Puesto que existen resultados de trabajos en los que se reporta la asociación entre la resistencia y el número de baños garrapaticidas anuales, es necesario desestimular las prácticas que reduzcan la población en refugio mediante los tratamientos intensivos y en épocas no apropiadas.

6) **Momentos de los tratamientos**

Hay que tener en cuenta las épocas de aplicación de los tratamientos con acaricidas, por cuanto las condiciones ecológicas y ambientales específicas determinan de manera dramática el tamaño de la población refugio, así como la presión de selección del compuesto químico usado debido al escaso efecto de dilución.

7) **Dosis/concentración de garrapaticidas**

Una situación a la que se enfrentan con frecuencia los productores que realizan tratamientos con garrapaticidas, son los errores de subdosificación o sobredosificación, debido a que las aplicaciones se basan en los pesos promedios calculados de los animales, lo cual ocasiona muchas veces subdosificaciones. Estos bajos niveles de eficacia del acaricida, debidos a las subdosificaciones, es probable que incrementen la tasa de desarrollo de la resistencia en la medida en que favorecen la selección de heterocigotos aumentando de manera progresiva la resistencia de tipo poligénica. Con todo, el aspecto de si las subdosificaciones en las administraciones de los compuestos seleccionen para resistencia no está del todo dilucidado; por el contrario, se cree que la sobredosificación también favorece la resistencia.

8) **Control de calidad**

El control de calidad de un antiparasitario debe ser un asunto prioritario por parte de las autoridades del Estado que legislan sobre registro, comercialización y empleo de estos compuestos, en atención al amplio uso de esta herramienta

y a la necesidad de preservar y prolongar la vida útil de los acaricidas.

9) **Rotación de antiparasitarios**

Rotar garrapaticidas significa alternar en el tiempo el uso de dos o más compuestos, de tal manera que toda la población de garrapatas se expone sólo a un compuesto, pero experimentando una exposición múltiple en el tiempo. Este aspecto no está resuelto del todo, por la ausencia de estudios que demuestren el impacto real de esta recomendación en el campo, en lo relacionado con la velocidad de selección de genes resistentes. A esto se añade que el uso de modelos de simulación ha demostrado resultados poco halagadores cuando se hacen rotaciones.

10) **Medidas de cuarentena**

Esta estrategia puede ser aceptada con amplitud en el futuro cuando el problema de la resistencia comprometa de manera seria la productividad y competitividad de los ganaderos, y se aplicará para el control de parásitos cuya dispersión esté ligada al movimiento de los hospederos, como es el caso de las garrapatas.

11.) **Combinación de drogas**

La combinación de acaricidas es la aplicación asimultánea de dos compuestos, buscando que la población de garrapatas sea expuesta de modo simultáneo a los dos químicos. Se cree que esta estrategia puede ser una alternativa para el manejo de la resistencia, para lo cual es indispensable que los tóxicos tengan modos de acción diferentes y que sean

sinérgicos, es decir, que el efecto de la mezcla sea superior a la suma de los efectos de los compuestos usados de manera individual.

Para evitar el desarrollo de resistencia a cualquiera de los dos compuestos de la combinación se requiere: a) usar la mezcla antes de que haya resistencia a

alguno de los compuestos, pues de lo contrario la resistencia continuará en el momento en que el otro compuesto no logre eliminar del todo la población de garrapatas, b) el tiempo de persistencia de los dos componentes de la mezcla debe ser similar, con el fin de evitar la selección para resistencia para el compuesto de mayor tiempo de vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, N.K. 1993.** Guidelines for the evaluation of ixodicides against the cattle tick *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae). Rev. Bras. Parasitol. Vet. Vol. 2. No.2. p. 144-151.
- Benavides, E.; González, R.; Martínez, H.; Parra, D.; Villar, C. 1989.** Espectro de sensibilidad a acaricidas de una colonia de garrapata *Boophilus microplus* establecida en el piedemonte llanero. Rev. ICA. Vol. 24. p. 24-31.
- Betancourt, A.; García, O.; Roqueme, L.; 1984.** Distribución y niveles de infestación por garrapatas en bovinos de Córdoba, noroeste de Sucre y noreste de Antioquia. ICA, Bogotá.
- Betancourt, A. 1993.** Limitantes parasitarias en salud y sus alternativas de manejo en sistemas de producción de doble propósito. En: Ganadería de doble propósito. Memorias. ICA-GTZ. p. 141-154.
- Betancourt, A. 1995.** Esquemas de manejo integrado de parásitos en relación al grado de cruzamiento y al sistema de producción. En: Seminario Internacional "Estrategias de manejo genético en la producción bovina tropical". CIPEC. p. 28-45.
- FAO. 1998.** Curso-Taller sobre diagnóstico de resistencia a ixodicidas en garrapatas *Boophilus microplus*. Jiutepec, Mor., México. 34 p.
- FAO. 2002.** Guidelines for resistance management and integrated parasite control in ruminants. Module 1: Ticks. 56 p.
- FAO, 2003.** Resistencia a los antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina. www.inta.gov.ar/producto/helminto.
- Fuentes, V. 1992.** Farmacología y terapéutica veterinarias. Segunda edición. Ciudad de México. Ed. Interamericana McGraw-Hill. 669 p.
- Márquez, D.; Benavides, E.; Romero, A.; Hernández, G.; Sánchez, C. 1997.** Estado de la resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a piretroides sintéticos y organofosforados en fincas del Norte de Santander. Rev. Col. de Ciencias Pecuarias. Memorias. IV Encuentro Nacional de Investigadores de las Ciencias pecuarias. ENICIP. Vol. 10. Suplemento.
- Márquez, D.; García, F.; Jiménez, G.; Garzón, A.; Basto, G.; Aragón, R.; Albarracín, L. 2003.** Diseño y formulación de estrategias para el control de ecto y endoparásitos en sistemas de producción bovina

del pequeño productor en trópicos, alto, medio y bajo de Cundinamarca y Boyacá Informe Técnico PRONATTA.

Piedrahita, I.; Restrepo, J. 1974. Garrapatas del ganado bovino del Valle de Aburrá. Tesis Facultad de Medicina Veterinaria. U. de Antioquia, Medellín, Colombia.

Romero, A.; Benavides, E.; Herrea, C.; Parra, M. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los acaricidas organofosforados y piretroides sintéticos en el departamento del Huila. Evaluación de factores de riesgo. Rev. Col. de Ciencias Pecuarias. Memorias. IV Encuentro Nacional de Investigadores de las Ciencias pecuarias. ENICIP. Vol. 10. Suplemento.

Sauer, J.R.; McSwain, J. L.; Bowman, A.S.; Essenberg, R.C. 1995. Tick salivary gland physiology. Annu. Rev. Entomol. Vol. 40. p. 245-267.

Sutherst, R. W.; Wharton, R. H.; UTECO, B. W. 1978A. Guide to studies Tick Ecology. CSIRO Aust. Div. Entomol. Tech. Pap. No. 14. p. 1-59.

Sutherst, R. W.; Tatchell, R. J. 1978B. Ecological principles in tick control CSIRO Aust. Div. Entomol. Tech. Pap. No. 14. p. 1.6.1-1.6.11.

Van Wyk, J. A. 2001. Refugio – overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. Onderstepoort Journal of Veterinary Research. Vol 68 p. 47-57.

Villar, C. 1997. Control integrado de garrapatas en explotaciones de doble propósito en el pie del Meta y Arauca. Rev. Col. de Ciencias Pecuarias. Memorias. IV Encuentro Nacional de Investigadores de las Ciencias pecuarias. ENICIP. Vol. 10. Suplemento.

Wagland, B.M. 1980. Tick resistance in Brahman cattke. Proc 56th Annu conf Aust Vet Assoc. p. 55-59.

Wagland, B.M. 1980. Tick Resistance in Brahman cattle. Proc 56th Annu Con Aust vet Asso. p. 55-59.