

Mecanismos de resistencia a insectos: naturaleza e importancia en la formulación de estrategias de mejoramiento para incorporar resistencia a salivazo en *Brachiaria*

César Cardona y Guillermo Sotelo*

Introducción

Con los nombres de salivazo o mión de los pastos en Colombia, cigarrhina en Brasil y mosca pinta en México se conoce un conjunto neotropical de insectos homópteros de la familia Cercopidae que son chupadores de savia del xilema de las plantas y que pertenecen, a por lo menos, a 15 especies dentro de ocho géneros diferentes (Lapointe et al. 1992; Peck 2001). Estos insectos son, sin duda, las plagas más importantes de los pastos del género *Brachiaria* en América Latina (Valério et al. 1996), al punto que se considera que el daño causado por ninfas y adultos de estos insectos es el mayor limitante en la producción comercial del cultivar (cv.) Basilisk (*B. decumbens* Stapf.) y de otros cultivares de *Brachiaria*, sobresalientes por su calidad y por buena adaptación a suelos ácidos, pero muy susceptibles a estos insectos. El daño por salivazo puede tener un impacto económico muy grande en la producción ganadera, por ejemplo, en un estudio reciente Holmann y Peck (2002) calcularon que las pérdidas causadas por esta plaga en Colombia superan 250 millones de dólares anuales.

La resistencia varietal puede ser el más ecológico, eficiente, económico y duradero de los métodos de control para un

insecto como el salivazo, que ataca millones de hectáreas de pastos perennes, que no tiene buen control natural y que no responde bien al control cultural. El uso intensivo y extendido de insecticidas para su control resultaría muy costoso y constituiría una empresa con múltiples inconvenientes logísticos, además, de las serias consecuencias ecológicas negativas que traería para el ambiente. Por estas razones, el Proyecto de Forrajes del CIAT ha puesto mucho énfasis en el desarrollo de cultivares resistentes como la mejor alternativa de control de estos insectos.

Valério et al. (2001) publicaron un resumen de los trabajos que se han hecho sobre resistencia varietal a salivazo en *Brachiaria*. No es el propósito de este artículo hacer una revisión a fondo sobre el tema, pero sí es importante indicar que en los últimos años se han desarrollado nuevas metodologías de evaluación por resistencia en condiciones de invernadero (Cardona et al., 1999) y de campo (Sotelo y Cardona, 2001) que permiten evaluar miles de genotipos de *Brachiaria* cada año. Esto ha facilitado y acelerado el proceso de selección de híbridos de *Brachiaria* con altos niveles de resistencia a las especies más importantes del insecto en Colombia.

Esta metodología puede ser utilizada con cualquier especie de salivazo y se ha extendido a Brasil y México, donde ocurren especies diferentes, y en trabajos en invernadero permite una diferenciación muy clara entre mecanismos de resistencia. En

* Entomólogo y Asistente, respectivamente, de la Sección de Entomología, Proyecto Forrajes Tropicales del CIAT, A. A. 6713, Cali. Correos electrónicos: c.cardona@cgiar.org; g.sotelo@cgiar.org

este artículo se definen y diferencian los mecanismos de resistencia al insecto con énfasis en tolerancia y antibiosis y se analiza la importancia de conocer muy bien cuál de ellos gobierna la resistencia con el fin de formular estrategias de mejoramiento adecuadas.

Los mecanismos de resistencia a insectos

Painter (1951) fue el primero en distinguir los tres mecanismos básicos por los cuales una planta puede ser clasificada como resistente a un insecto: antibiosis, antixenosis y tolerancia. Esta clasificación sigue siendo aceptada aunque es necesario señalar que la terminología ha variado un poco. En este artículo se utilizan las definiciones propuestas por Smith (1989) para describir cada uno de ellos:

Antibiosis. categoría o mecanismo de resistencia que describe los efectos negativos de un genotipo resistente en la biología de un insecto. Se manifiesta de varias maneras: (1) muerte de insectos inmaduros, generalmente en instares tempranos; (2) prolongación del ciclo de vida del insecto en la variedad resistente; (3) conversión anormal del alimento; (4) fallas en el proceso de empupamiento o de emergencia de adultos; (5) emergencia de adultos muy pequeños o malformados; (6) fecundidad y fertilidad reducidas. Cuando la antibiosis es muy alta generalmente ocurre una disminución en el crecimiento de la población de insectos, por lo cual esta puede desaparecer. La antibiosis es, sin duda, el más importante de los mecanismos de resistencia a insectos.

Antixenosis. También conocida como no-preferencia. Es el conjunto de características de un genotipo que interfieren con la conducta del insecto afectando la cópula, la oviposición, la alimentación y la ingestión de alimentos. Se hace referencia, entonces, a antixenosis para alimentación y para oviposición. En otros términos, es la incapacidad de la planta para servir como hospedante de un insecto. El resultado final de la antixenosis es siempre una reducción

sustancial de la población del insecto en el genotipo forrajero resistente y por consiguiente un menor daño, ya que al existir antixenosis el insecto se ve forzado a seleccionar otro hospedante más atractivo.

Tolerancia. Es la capacidad de un genotipo del hospedante para soportar o tolerar el ataque del insecto sin sufrir igual pérdida económica (rendimiento) que otros a un mismo nivel de infestación de la plaga. Es la habilidad genética de una planta para superar una infestación o para recuperarse y producir nuevos tejidos después de la destrucción por un insecto. En sentido estricto, en la tolerancia se debe demostrar que el genotipo tolerante es capaz de rendir más que uno susceptible, cuando ambos están sometidos al mismo nivel de infestación. El principio siguiente es muy importante y, como se explica más adelante, tiene gran relevancia en el desarrollo de híbridos de *Brachiaria* resistentes a salivazo: La tolerancia de ninguna manera afecta la colonización de la planta (antixenosis) ni afecta el desarrollo o reproducción del insecto (antibiosis). En otras palabras, la tolerancia no afecta al insecto, simplemente, ayuda a que la planta se recupere del daño que éste le causa.

Los mecanismos de resistencia a salivazo en *Brachiaria*

Los principales mecanismos de resistencia a salivazo en *Brachiaria* son antibiosis y tolerancia. La antixenosis ha sido muy poco estudiada en relación con este insecto. Los trabajos al respecto adelantados en el CIAT indican que este mecanismo no tiene un papel importante en la expresión de resistencia, posiblemente por el carácter polífago del salivazo y por la ocurrencia de grandes extensiones cultivadas con uno o dos genotipos de *Brachiaria*. Cuando estas condiciones se presentan, la posibilidad de encontrar un nivel alto de antixenosis (grado marcado de no-preferencia por un genotipo dado) es muy baja, ya que para que ésta funcione como verdadero mecanismo de defensa es necesario que la no-preferencia sea muy alta y que ocurra aún en situaciones

en las cuales el insecto no tiene otra alternativa para su alimentación.

Antibiosis como mecanismo de defensa al ataque de salivazo

Como en otros cultivos, y para otros insectos, en *Brachiaria* también existe variabilidad genética en la planta hospedera para antibiosis. Para ilustrar la ocurrencia de este mecanismo en salivazo, se utilizan hallazgos recientes (Cardona et al., 2004) sobre la forma negativa como un genotipo resistente, el híbrido *Brachiaria* CIAT 36062, afecta la biología de las especies *Aeneolamia varia* (F.) y *Mahanarva trifissa* (Jacobi). Para comparación se utilizan los resultados obtenidos con un testigo susceptible, la accesión CIAT 0654 de *B. ruziziensis* (Germain y Evrard).

La primera y más importante manifestación de antibiosis es una reducción significativa en la supervivencia de los estados inmaduros (ninfas). Las plantas resistentes tienen una defensa constitutiva —generalmente una sustancia tóxica para el insecto— que mata una proporción importante de la población del insecto. En consecuencia, estas plantas, una vez se liberan de buena parte de esta población, sufren mucho menos daño que las susceptibles. En el Cuadro 1 se observa que la supervivencia de ninfas de *A. varia* y de *M. trifissa* es significativamente menor en el híbrido resistente (CIAT 36062) que en el testigo susceptible (*B. ruziziensis* CIAT 0654). Los niveles de antibiosis a *A. varia* y a *M. trifissa* en el híbrido CIAT 36062 (9.5% y 1.0% de supervivencia, respectivamente) pueden ser clasificados como altos y muy altos, respectivamente. Las calificaciones de daño tan bajas en este último (Cuadro 1) reflejan el alto grado de protección ofrecido a la planta como resultado de la mortalidad de ninfas.

El análisis detallado de las ninfas indica que la mortalidad de ninfas inmaduras por efecto de antibiosis es progresiva, o sea, que a medida que transcurre el proceso de

Cuadro 1. Respuesta de dos genotipos de *Brachiaria* al ataque por ninfas de dos especies de salivazo.

Genotipo	<i>Aeneolamia varia</i>	<i>Mahanarva trifissa</i>
	Porcentaje de supervivencia al quinto instar	
CIAT 0654 (<i>B. ruziziensis</i>)	73.5a	79.0a
CIAT 36062 (híbrido)	9.5b	1.0b
	Calificación de daño ^a	
CIAT 0654 (<i>B. ruziziensis</i>)	4.1a	4.8a
CIAT 36062 (híbrido)	1.3b	1.1b

^a. En una escala de 1 a 5 (1, no hay daño aparente; 5, daño muy severo, muerte de la planta).

Para cada variable, los valores dentro de cada columna seguidos por diferentes letras difieren por Diferencia Mínima Significativa al 5%. Adaptado de Cardona et al. (2004).

infestación, más y más ninfas mueren a tasas variables que dependen de los niveles de antibiosis presentes en diferentes genotipos hospederos. Cuando existe una antibiosis alta, las curvas de supervivencia del insecto difieren significativamente (Figura 1) pero una parte de la población de ninfas, en este caso de *A. varia*, logra completar el ciclo de vida (hasta la formación de adultos) en el genotipo resistente. Las curvas en la Figura 1 se pueden comparar mediante el cálculo del tiempo medio que las ninfas logran supervivir. En el ejemplo de este artículo (Cardona et al., 2004) los valores fueron 37 días en el genotipo susceptible (*B. ruziziensis* CIAT 0654) y 27 días en el resistente

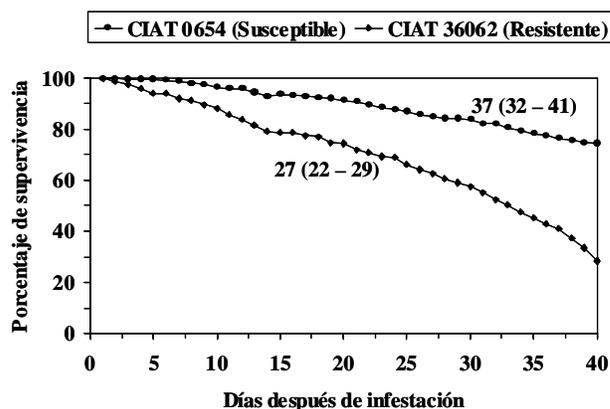


Figura 1. Curvas de supervivencia de ninfas de *Aeneolamia varia* en dos genotipos de *Brachiaria*. Se muestran los valores de tiempo medio de supervivencia (intervalos de confianza al 95%).

(*Brachiaria* híbrido CIAT 36062). Debido a que los intervalos de confianza ($P < 0.05$) para *B. ruziziensis* CIAT 0654 (32 - 41) y el híbrido CIAT 36062 (22 - 29) no se superponen, es válido concluir que la supervivencia de *A. varia* en el genotipo resistente es significativamente menor que en el susceptible.

Cuando la antibiosis es muy alta, la mortalidad de insectos inmaduros es de tal magnitud que la población puede colapsar y desaparecer. Este fue el caso encontrado en el estudio de la supervivencia de *M. trifissa* en el genotipo resistente *Brachiaria* híbrido CIAT 36062 (Figura 2). El tiempo medio de supervivencia (17 días) sugiere que una población de esta especie de salivazo que coloniza un genotipo tan antibiótico como este híbrido está condenada a desaparecer en 17 días.

Este ejemplo sirve para aclarar un concepto erróneo que con frecuencia se tiene sobre la resistencia varietal consistente en descalificar y declarar susceptible un genotipo que ha sido liberado como resistente a un insecto, simplemente porque detectan en él la presencia de adultos o de algunos inmaduros. Esto equivale a confundir resistencia varietal con inmunidad,

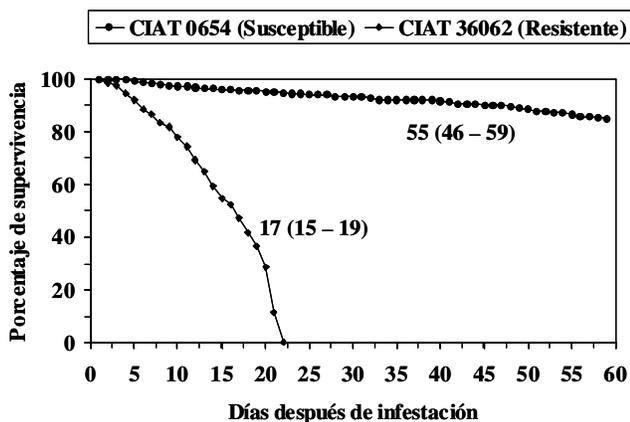


Figura 2. Curvas de supervivencia de ninfas de *Mahanarva trifissa* en dos genotipos de *Brachiaria*. Se muestran los valores de tiempo medio de supervivencia (intervalos de confianza al 95%).

asumiendo erróneamente que la resistencia varietal necesariamente se traduce en absoluta falta de infestación. En realidad es apenas natural que un insecto oviposite en una variedad resistente y que los huevos eclosionen. La importancia radica en que el factor o los factores antibióticos presentes en la variedad sean capaces de reducir la población de inmaduros del insecto a niveles tan bajos que no ocasionen daño económico en el cultivo. En otras palabras, se debe esperar que la resistencia proteja el cultivo ejerciendo control de la población del insecto, pero no es lógico esperar que lo mantenga completamente libre.

La segunda manifestación de antibiosis es una prolongación del ciclo de vida del insecto, lo cual se traduce en menos generaciones por año, contribuyendo así a bajar el nivel general de infestación en una región. En la Figura 3 se observa que los diferentes instares de *A. varia* tardan más en desarrollarse en el genotipo *Brachiaria* híbrido CIAT 36062 (resistente) que en *B. ruziziensis* CIAT 0654 (susceptible). El resultado final es una prolongación de la duración de la etapa ninfal del ciclo de vida (desde eclosión del huevo hasta la emergencia del adulto) (de 34 en el testigo susceptible a 41 días en el híbrido resistente).

La antibiosis también genera insectos más pequeños y de menor peso. Cardona et al., (2004) encontraron que las ninfas de cuarto y quinto instar y los adultos de *A. varia* y de *A. reducta* (Lallemand) criados en *Brachiaria* híbrido CIAT 36062 (resistente) pesaron menos que aquellos criados en *B. ruziziensis* CIAT 0654 (susceptible) (Figura 4). En ocasiones, los adultos criados en un genotipo antibiótico pueden presentar malformación y no ser viables (Lapointe et al. 1992).

Además, la antibiosis afecta la demografía de la población de insectos cuando se alimentan en un genotipo resistente. Sotelo (2004) demostró que las

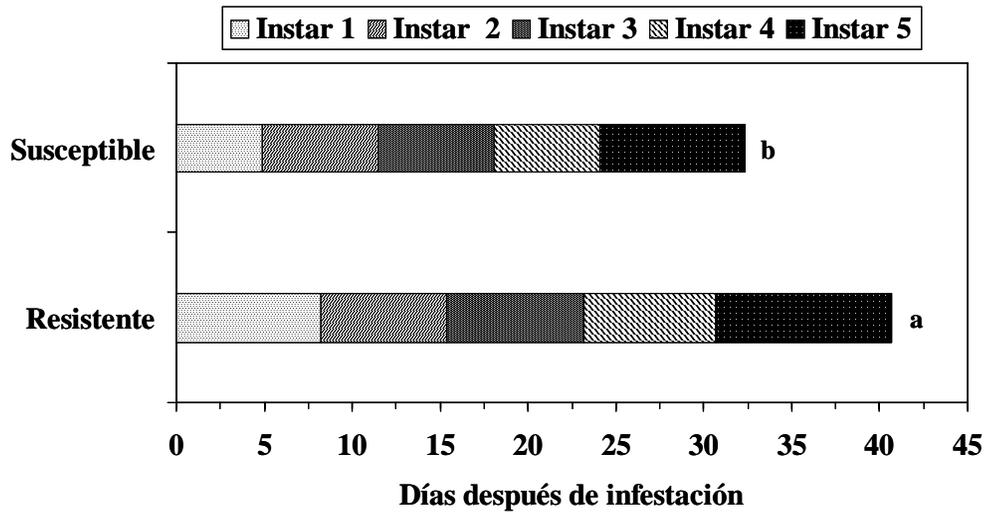


Figura 3. Duración de instares de *Aeneolamia varia* criados en los genotipos *B. ruziizensis* CIAT 0654 (susceptible) y *Brachiaria* híbrido CIAT 36062 (resistente). Las letras indican diferencias significativas en la duración del ciclo de vida desde la eclosión del huevo hasta la emergencia del adulto ($P < 0.05$) según la prueba de 't'.

hembras de *A. varia* provenientes de ninfas criadas en *Brachiaria* híbrido CIAT 36062 ovipositan menos y sus huevos son menos fértiles que aquellos de hembras criadas en el testigo susceptible *B. ruziizensis* CIAT 0654. Esto se conoce como un efecto subletal que

se refleja en una disminución de las tasas reproductiva neta e intrínseca de crecimiento natural, los dos parámetros más importantes de la dinámica poblacional (Cuadro 2). Lo anterior significa que las hembras formadas a partir de ninfas criadas en los genotipos

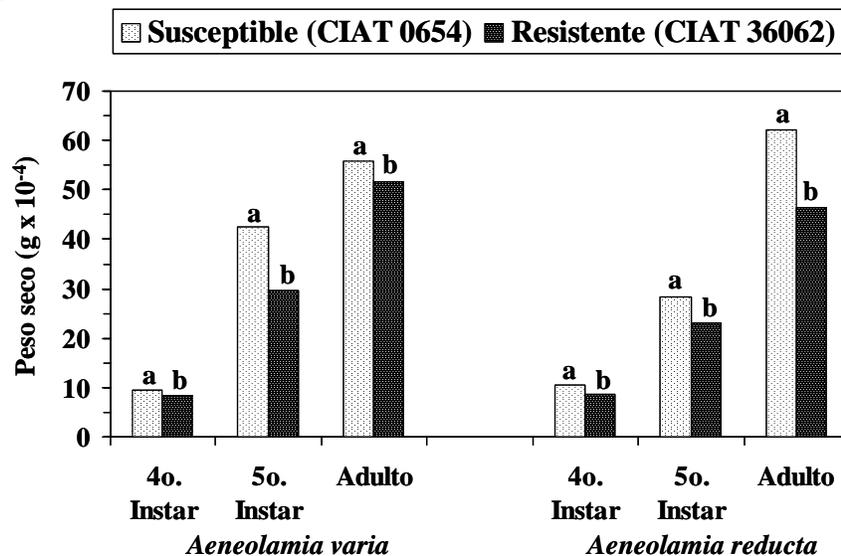


Figura 4. Peso de ninfas y adultos de *Aeneolamia varia* y *Aeneolamia reducta* criados en dos genotipos de *Brachiaria*. Las letras sobre las barras indican diferencias significativas ($P < 0.05$) según la prueba de "t" (comparación pareada dentro de estado).

Cuadro 2. Estadísticas reproductivas de hembras de *Aeneolamia varia* provenientes de ninfas criadas en dos genotipos de *Brachiaria*. Adaptado de Sotelo (2004).

Genotipos	Estadísticas de fecundidad de las hembras resultantes			
	Huevos por hembra (no.)	Porcentaje de fertilidad de huevos	Tasa reproductiva neta	Tasa intrínseca de crecimiento de la población
<i>B. ruziziensis</i> CIAT 0654 (S) ^a	130.4 a*	93.0 a	65.8 a	2.06 a
<i>Brachiaria</i> CIAT 36062 (R)	108.0 b	80.6 b	52.5 b	1.77 b

^a. S = susceptible, R = resistente

* Valores en la misma columna seguidos por letras diferentes difieren entre sí por D.M.S. al 0.05.

resistentes son menos fuertes, nacen menos adaptadas al ambiente y se reproducen menos. A medida que transcurren las generaciones, el efecto se va acumulando y el resultado final es una menor incidencia de salivazo en las regiones donde se cultive un genotipo forrajero resistente.

Otros efectos de antibiosis incluyen la ocurrencia de ninfas de segundo, tercero y cuarto instar diminutas, poca producción de espuma o saliva por las ninfas que sobreviven y ninfas que abandonan la espuma buscando una alimentación más adecuada y como consecuencia mueren por deshidratación. En este punto es posible afirmar que la antibiosis causa no sólo mortalidad directa de individuos inmaduros sino también una serie de interrupciones en el ciclo de vida del insecto y efectos en el largo

plazo sobre su demografía. Todo lo anterior se traduce en una reducción sustancial de los niveles de la población, es decir, en un nivel de protección al cultivo tan bueno o mejor que el alcanzado con la aplicación de un insecticida efectivo, con la diferencia de que la resistencia varietal es un método de control limpio, más económico y sostenible.

La tolerancia como mecanismo de resistencia a salivazo

En algunos genotipos de *Brachiaria* se ha detectado tolerancia a especies de salivazo. Para ilustrar este mecanismo se utilizan datos tomados de Cardona et al. (2004) sobre la relación planta huésped:insecto (*Brachiaria* híbrido CIAT 36062:*Zulia carbonaria* Lallemand). La supervivencia del insecto en

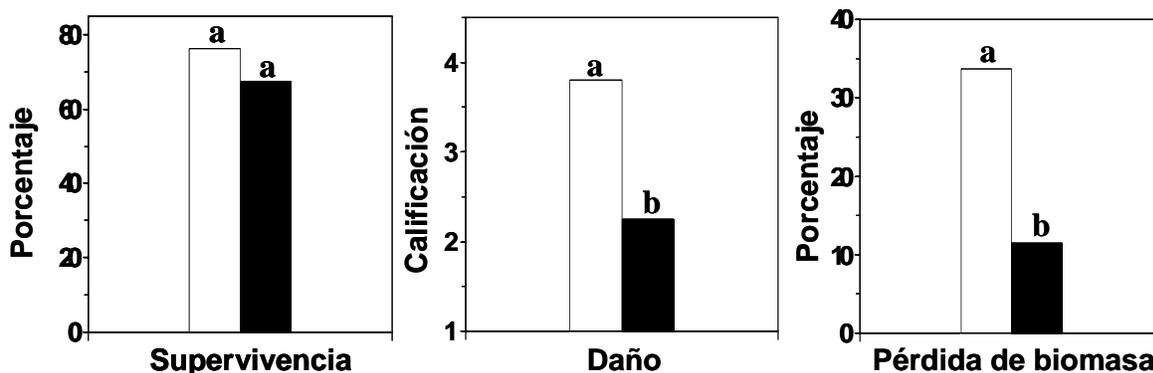


Figura 5. Supervivencia de ninfas, niveles de daño y pérdidas de biomasa causadas por *Zulia carbonaria* en *Brachiaria ruziziensis* CIAT 0654 (susceptible, barras blancas) y en *Brachiaria* híbrido CIAT 36062 (tolerante, barras negras). Las letras sobre las barras indican diferencias significativas ($P < 0.05$) por la prueba de “t” de comparación pareada para cada variable). Adaptado de Cardona et al. (2004).

este genotipo no difiere de la supervivencia en el testigo susceptible *B. ruziziensis* CIAT 0654 (Figura 5). O sea, no hay antibiosis a *Z. carbonaria*. No obstante, las plantas del híbrido CIAT 36062 muestran un menor daño ($P < 0.05$) y pierden menos biomasa que las plantas del testigo susceptible ($P < 0.05$) (Figura 5). La única explicación posible es la ocurrencia de un mecanismo de tolerancia presente en el híbrido CIAT 36062 que le permite de alguna manera sobreponerse al ataque del insecto.

La ocurrencia de tolerancia como mecanismo genuino de resistencia a *Z. carbonaria* en el híbrido CIAT 36062 se comprobó cuando este genotipo se sometió a niveles crecientes de infestación con ninfas y se calculó el índice de pérdida funcional de la planta, que combina la calificación visual del daño causado por el insecto con la pérdida de biomasa que sufre el genotipo como consecuencia del daño. En todos los niveles de infestación a que fue sometido el híbrido *Brachiaria* CIAT 36062 presentó un menor índice que el testigo susceptible *B. ruziziensis* CIAT 0654 ($P < 0.05$) (Figura 6). Se cumplió

así con el postulado de Painter (1951): para hablar de tolerancia genuina es necesario demostrar que el genotipo tolerante es capaz de rendir más que uno susceptible, cuando ambos están sometidos al mismo nivel de infestación.

Es necesario señalar en este punto que un mismo genotipo puede tener asociados los dos mecanismos de resistencia, por ejemplo, la resistencia de *Brachiaria* híbrido CIAT 36062 a la especie andina *Z. pubescens* (F.) es debida a una combinación de antibiosis moderada y tolerancia al daño de las ninfas (Cardona et al. 2004).

Implicaciones para el mejoramiento de *Brachiaria* por resistencia

Después de describir los mecanismos de antibiosis y tolerancia como responsables de resistencia a salivazo, a continuación se analiza la relevancia de estos conocimientos en la formulación de estrategias de fitomejoramiento en el género *Brachiaria*.

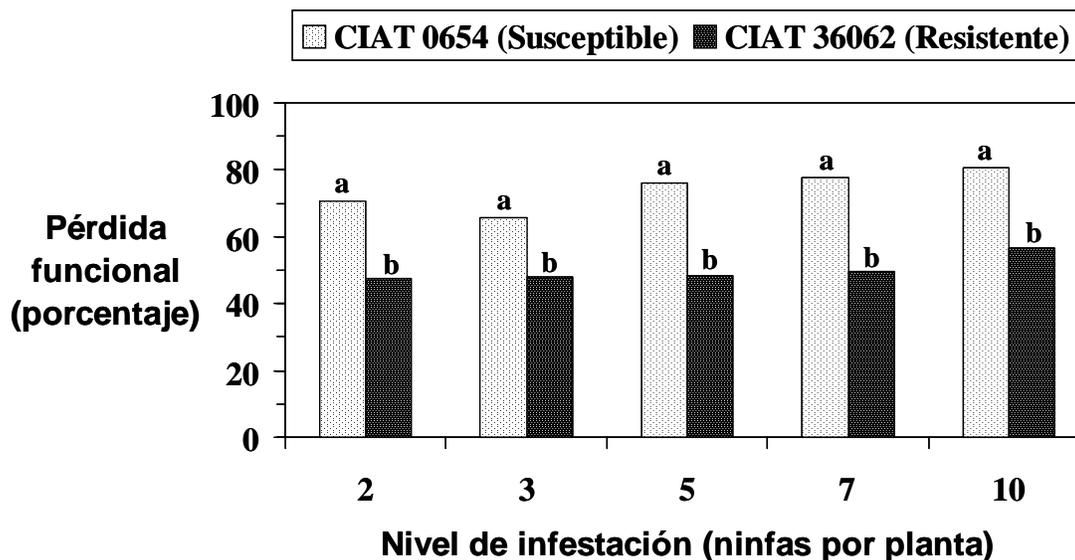


Figura 6. Pérdidas funcionales ocasionadas por *Zulia carbonaria* en dos genotipos de *Brachiaria* expuestos a cinco niveles de infestación. Las letras sobre las barras indican diferencias significativas ($P < 0.05$) por prueba de "t" (comparación pareada dentro de cada nivel de infestación). Adaptado de Cardona et al. (2004).

La tolerancia es un mecanismo importante y de mucha utilidad en cultivos anuales de ciclo corto o en situaciones en las cuales hay riesgo de que se desarrollen biotipos del insecto que puedan quebrar la resistencia (Painter, 1951; Smith, 1989; Panda y Kush, 1995). No obstante, en el caso particular del salivazo hay un riesgo inherente cuando se liberan cultivares tolerantes a salivazo debido al carácter perenne de las pasturas de *Brachiaria*, a las enormes extensiones continuas sembradas con esta gramínea y a la agresividad de estos insectos (Ferrufino y Lapointe, 1989; Lapointe et al., 1992; Valério et al., 2001). Como un genotipo tolerante no afecta la biología del insecto y como la planta tolerante puede soportar una mayor población, liberar un cultivar de *Brachiaria* tolerante equivale a establecer un sustrato gigantesco para la cría masiva del insecto. Ferrufino y Lapointe (1989) y Valério et al. (2001) citan los casos de las liberaciones de los cultivares de *B. humidicola* cv Llanero y Tully en Colombia y Brasil, respectivamente, como ejemplos de materiales que permitieron el crecimiento desmedido de la población del insecto en las áreas para las cuales fueron liberados, al punto que la tolerancia se quebró y el daño fue severo.

El objetivo del fitomejoramiento de *Brachiaria* es desarrollar cultivares con propiedades antibióticas con capacidad para causar un nivel significativo de mortalidad de individuos inmaduros del insecto, aún mejor, si dicha antibiosis está asociada con tolerancia al daño por adultos. De esta manera, la variedad resistente estaría actuando como un eficiente insecticida contra las ninfas y sería capaz de sobreponerse al daño causado por los pocos adultos que logren emerger. Ahora bien, cuando se trabaja con antibiosis no se puede ignorar el riesgo de la aparición de biotipos del insecto que puedan romper la resistencia. Sin embargo, en el caso de salivazo esta posibilidad no parece ser inminente porque la resistencia está gobernada por más de un gen mayor (Miles et al., 1995). Además, el rango de huéspedes es muy amplio (Peck, 2001) de

tal manera que siempre existen refugios susceptibles o tolerantes para el insecto que sirven para disminuir la presión de selección sobre éste ayudando, así, a prevenir o demorar la aparición de biotipos con capacidad para quebrar la resistencia. El cultivar Marandú (*B. brizantha*), que es una gramínea antibiótica a varias especies de salivazo y se encuentra establecido hace más de dos décadas en grandes extensiones de pasturas de áreas tropicales, es un buen ejemplo de la estabilidad de la resistencia a salivazo.

La resistencia antibiótica a una especie de salivazo no necesariamente se aplica a otras, aún cuando se trate de especies simpátricas (aquellas que coexisten en una misma región geográfica). Por ejemplo, *B. brizantha* cv. Marandú siempre ha mostrado resistencia antibiótica a *A. varia* pero no a *Z. carbonaria*. Por la experiencia adquirida en evaluaciones rutinarias de cientos de híbridos provenientes del proyecto de mejoramiento de *Brachiaria* del CIAT se sabe que es frecuente encontrar híbridos que muestran antibiosis a una o dos especies del insecto pero no a otras, así como un buen número que pueden tener diferentes combinaciones de mecanismos de resistencia. Unos pocos, los seleccionados, poseen genes para resistencia por antibiosis a todas las especies del insecto evaluadas.

Lo anterior, unido al hecho que en muchas zonas de América Latina tropical coexisten varias especies de salivazo, resalta la necesidad de desarrollar resistencia múltiple al mayor número posible de especies de este insecto. Este proceso, que hace parte de la estrategia general de mejoramiento de *Brachiaria* que adelanta el Proyecto de Forrajes del CIAT, está en marcha con resultados muy promisorios obtenidos a través de un esquema de selección recurrente que ha permitido la selección de numerosos genotipos híbridos con resistencia antibiótica a *A. varia*, *A. reducta* y *Z. carbonaria* (Miles et al., 2005); muchos de ellos tienen resistencia también a *Z. pubescens*, *M. trifissa* y *Prosapia simulans* (Walker).

Aún quedan muchos aspectos por estudiar en relación con la resistencia a salivazo en *Brachiaria*. Entre ellos: la identificación de los factores bioquímicos responsables de la resistencia, el modo de herencia de la resistencia a diferentes especies de salivazo, el desarrollo de marcadores moleculares que faciliten la selección, la naturaleza de los mecanismos de resistencia a especies de salivazo muy importantes que no están presentes en Colombia y la durabilidad de esta resistencia. Estos conocimientos permitirán progresar en una línea de investigación que producirá beneficios económicos de alta eficiencia y elevado retorno social que superan ampliamente la inversión para investigación en pasturas mejoradas (Rivas y Holmann, 2004).

Resumen

Con los nombres de salivazo o mión de los pastos en Colombia y cigarrhina en Brasil se conoce un conjunto de insectos homópteros de la familia Cercopidae que son chupadores de savia del xilema de las plantas y que pertenecen, por lo menos, a 15 especies dentro de ocho géneros diferentes. Estos insectos son, sin duda, las plagas más importantes del género *Brachiaria* en América Latina al punto que se considera que el daño causado por ninfas y adultos de este insecto es el mayor obstáculo para la producción comercial de Basilisk (*B. decumbens* Stapf.) y de otros cultivares de *Brachiaria*. En este artículo se definen y diferencian los mecanismos de resistencia al insecto con énfasis en tolerancia y antibiosis y se analiza la importancia de conocer muy bien cuál de ellos gobierna la resistencia con el fin de formular estrategias de mejoramiento adecuadas para el género *Brachiaria*. Se presentan las experiencias del Programa de Mejoramiento de *Brachiaria* del Proyecto de Forrajes Tropicales del CIAT con el cultivar resistente *Brachiaria* híbrido 36062 y el susceptible *B. ruziziensis* CIAT 0654 y los principales hallazgos en el desarrollo de cultivares de *Brachiaria* con propiedades antibióticas y capacidad para causar un nivel

significativo de mortalidad de individuos inmaduros y adultos del insecto.

Summary

The insect commonly known as the spittle bug or *mión de los pastos* in Colombia or *cigarrhina* in Brazil actually represents a group of *homopterous* insects belonging to at least 15 species within eight different genera of the *Cercopidae* family that suck the sap from the xilem vessels of plants. These insects are, without a doubt, the most serious plague of the *Brachiaria* genus in Latin America and the damage caused by the nymphs and adults is considered the biggest obstacle for the commercial production of Basilisk (*B. decumbens* Stapf.) and of other *Brachiaria* cultivars. In this article, the resistance mechanisms of these plants to the insects are defined and differentiated with an emphasis on tolerance and antibiosis, and the specific mechanisms affecting resistance are analyzed, in order to facilitate the formulation of appropriate improvement strategies for the genus *Brachiaria*. The experiences of the *Brachiaria* Improvement Program of CIAT's Tropical Forages Project with the resistant cultivar hybrid *Brachiaria* 36062 and susceptible *B. ruziziensis* CIAT 0654 are presented, and the main findings in the development of *Brachiaria* cultivars with antibiotic properties and the capacity to cause a significant level of mortality of immature individuals and adult insects are discussed.

Referencias

- Cardona, C.; Miles, J. W.; y Sotelo, G. 1999. An improved methodology for massive screening of *Brachiaria* spp. genotypes for resistance to *Aeneolamia varia* (Homoptera:Cercopidae). J. Econ. Entomol. 92:490-496.
- Cardona, C.; Fory, P.; Sotelo, G.; Pabón, A.; Díaz, G.; y Miles, J. W. 2004. Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera:Cercopidae) in *Brachiaria*

- spp.: Implications for breeding for resistance. *J. Econ. Entomol.* 97:635-645.
- Ferrufino, A., y Lapointe, S. L. 1989. Host plant resistance in *Brachiaria* grasses to the spittlebug *Zulia colombiana*. *Entomol. Exp. Appl.* 51:155-162.
- Holmann, F. y Peck, D. 2002. Economic damage caused by spittlebugs (Homoptera:Cercopidae) in Colombia: A first approximation of impact on animal production in *Brachiaria decumbens* pastures. *Neotropical Entomol.* 31:275-284.
- Lapointe, S. L.; Serrano, M. S.; Arango, G. I.; Sotelo, G.; y Córdoba, F. 1992. Antibiosis to spittlebugs (Homoptera:Cercopidae) in accessions of *Brachiaria* spp. *J. Econ. Entomol.* 85:1485-1490.
- Miles, J. W.; Lapointe, S. L.; Escandón, M. L.; y Sotelo, G. 1995. Inheritance of resistance to spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in interspecific *Brachiaria* hybrids. *J. Econ. Entomol.* 88:1477-1481.
- Miles, J. W.; Cardona, C.; y Sotelo, G. 2005. Recurrent selection in a synthetic brachiariagrass population improves resistance to three spittlebug species. *Crop Science* (en revisión).
- Painter, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. The McMillan Co., Nueva York.
- Panda, N., y Khush, G. S. 1995. Host plant resistance to insects. CAB International, Wallingford, Oxon, Reino Unido.
- Peck, D. C. 2001. Diversidad y distribución geográfica del salivazo (Homoptera:Cercopidae) asociado con gramíneas en Colombia y Ecuador. *Rev. Colomb. Entomol.* 27:129-136.
- Rivas, L. y Holmann, F. 2004. Impacto económico potencial de la adopción de cultivares de *Brachiaria* resistentes a cercópidos. *Pasturas Tropicales* 26(3):39-55.
- Smith, C. M. 1989. Plant resistance to insects. A fundamental approach. Wiley, New York.
- Sotelo, G. y Cardona, C. 2001. Metodología de campo para la evaluación de *Brachiaria* spp. por resistencia al salivazo de los pastos, *Aeneolamia varia* (Homoptera:Cercopidae). *Rev. Colomb. Entomol.* 27(1-2):17-20.
- Sotelo, P. 2004. Resistencia de *Brachiaria* spp. al salivazo: Efectos subletales de cultivares resistentes sobre los adultos de *Aeneolamia varia* (F.) (Homoptera: Cercopidae). Tesis de Grado, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali, Colombia. 109 p.
- Valério, J. R.; Lapointe, S. L.; Kelemu, S.; Fernández, C. D.; y Morales, F. J. 1996. Pests and diseases of *Brachiaria* species. pp. 87-105 *En*: J. W. Miles, B. L. Maas, and C. B. do Valle (eds.). *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Valério, J. R.; Cardona, C.; Peck, D. C.; y Sotelo, G. 2001. Spittlebugs: Bioecology, host plant resistance and advances in IPM. pp. 217-221 *En*: Proceedings 19th. International Grasslands Congress. 11-21 February 2001. São Pedro, São Paulo, Brazil.