

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CARACTERIZACION DE LA RESISTENCIA DE Brachiaria spp. AL
SALIVAZO DE LOS PASTOS Zulia colombiana (Lallemand)
(HOMOPTERA : CERCOPIDAE)

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del
Programa conjunto de Estudios de Posgrado en
Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de
la Universidad de Costa Rica y el Centro
Agronómico Tropical de Investigación y
Enseñanza para optar al grado de

Magister Scientiae

por

ARMANDO FERRUFINO COQUEUGNIOT

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Departamento de Producción Animal
Turrialba, Costa Rica
1987

DEDICATORIA

A Irma, mi esposa
A Diego y Armando, mis hijos
A mis padres y hermanos

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece sinceramente a las siguientes personas e instituciones.

Al Dr. Stephen L. Lapointe por su valioso asesoramiento, su amistad y siempre amable colaboración. Por haberme brindado un ambiente óptimo de trabajo.

Al Dr. Elkin Bustamante por su eficaz aporte en el análisis final y enriquecimiento de la tesis y su gran ayuda.

A los Dres. Rutilio Quezada y Francisco Romero por las acertadas recomendaciones en la revisión del texto.

Al Dr. José Francisco Di Stefano por sus importantes sugerencias en la revisión de la tesis y la ayuda recibida.

A la Ing. Miriam C. Duque por su excelente cooperación en los análisis estadísticos y su amistad.

A todos y cada uno de mis compañeros de la sección entomología del Programa de Pastos Tropicales del CIAT por su apoyo, amistad y solidaridad.

Al Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria por el soporte brindado, particularmente al director del Proyecto IBTA-Chapare por su ayuda en la consecución de la beca.

A AID-Bolivia por el financiamiento de mis estudios.

Al Dr. José M. Toledo por la confianza depositada en mi persona.

Al Dr. José G. Salinas por su apoyo.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical y a sus funcionarios, por el apoyo recibido y por la amabilidad que siempre me manifestaron.

Al convenio CATIE-UCR por la formación ofrecida.

Al personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton, especialmente a Lisseth Brenes, Nidia García y Rigoberto Aguilar.

A las familias Salinas, Botero, Manrique, Rengifo, Chaparro y muy particularmente a la familia Luna por el cordial apoyo y amistad que me brindaron durante mi estancia en Cali.

A las familias Antezana, Bustamante, Marschall, Richter y Romero por sus atenciones en Costa Rica.

A mis compañeros Gerardo Arce, Julio Fraile, Héctor Huamán, Armando Androcioli, Carlos Navarro, Werner Ovalle, Alvaro Castro, Irma Hernández y sus respectivas familias por su amistad y compañerismo.

A las Srtas. Floribeth Salguero, Janet Solano y a la Sra. Lorena de Murillo por su amable colaboración.

A los funcionarios del Departamento de Producción Animal y del Proyecto MIP, por la ayuda ofrecida.

A mis padres, hermanos y a mis suegros por su solidaridad y ayuda constante a mi familia y mi persona.


A mi esposa y mis hijos por haber soportado todos los momentos difíciles, por el apoyo total e impulso que siempre me dedicaron. Por ser fuente inagotable de entereza y amor en mi vida.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Cochabamba, Bolivia, el 14 de diciembre de 1956. Inició sus estudios universitarios en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, y los continuó en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Simón en Cochabamba. Egresó de la misma en septiembre de 1982 y se graduó como Ingeniero Agrónomo en enero de 1983. Desde septiembre de 1982 labora en el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria con base en la Estación Experimental Chipiriri, donde ocupa el cargo de investigador en pastos tropicales. Adicionalmente, y durante varios meses, fue director encargado de la Estación Experimental.

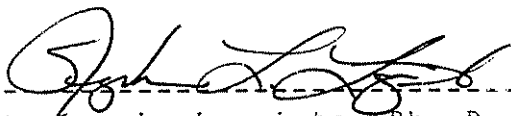
En 1983, realizó estudios de posgrado en el Programa de Pastos Tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, por espacio de siete meses. En 1985 ingresó al Programa de Posgrado UCR-CATIE. Realizó su investigación de tesis en el CIAT y se graduó de **Magister scientiae** en 1987.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar al grado de Magister Scientiae.



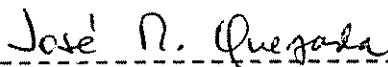
Elkin Bustamante, Ph. D.

Profesor Consejero



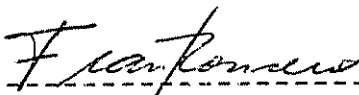
Stephen L. Lapointe, Ph. D.

Profesor Consejero
Auxiliar



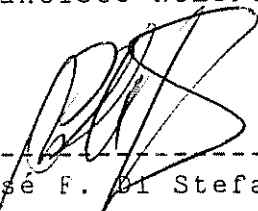
José R. Quezada, Ph. D.

Miembro del Comité



Francisco Romero, Ph. D.

Miembro del Comité



José F. Di Stefano, Ph. D.

Director del Programa de
Estudios de Posgrado en
Ciencias Agrícolas y
Recursos Naturales
UCR-CATIE.



Luis Estrada N., Ph. D.

Decano del Sistema de
Estudios de Posgrado
de la Universidad de
Costa Rica

Armando Ferrufino Coqueugniot
Candidato

INDICE

	PAGINA
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xiii
LISTA DE CUADROS.....	xv
LISTA DE FIGURAS.....	xviii
CAPITULO I. INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO II. REVISION DE LITERATURA.....	6
2.1. La resistencia varietal.....	6
2.2. Definiciones y conceptos.....	7
2.3. Las categorías de resistencia.....	9
2.4. Interacciones planta-insecto-ambiente.....	11
2.5. Evaluación de la resistencia.....	14
2.6. Los cercópidos.....	16
2.7. La importancia de los cercópidos como plagas.....	17
2.8. Zulia colombiana (Lallemand).....	20
CAPITULO III. EFECTO DEL SUSTRATO DE ALIMENTACION EN LA SOBREVIVENCIA Y DESARROLLO DE Zulia colombiana	23
3.1. Introducción.....	23
3.2. Materiales y métodos.....	27
3.2.1. Localización.....	27
3.2.2. Condiciones ambientales.....	27
3.2.3. Gramineas utilizadas.....	29
3.2.4. Propagación.....	30

3.2.5. Suelo.....	30
3.2.6. Cercópidos.....	31
3.2.7. Infestación.....	32
3.2.8. Diseño experimental.....	34
3.3. Resultados y discusión.....	36
3.3.1. Duración del estado ninfal.....	36
3.3.2. Duración por instar.....	39
3.3.3. Supervivencia de las ninfas hasta el estado adulto.....	41
3.3.4. Supervivencia por instar.....	45
3.3.5. Peso seco de hembras adultas.....	46
3.3.6. Relaciones entre variables.....	47
3.4. Conclusiones.....	50
3.5. Recomendaciones.....	51
CAPITULO IV. ESTUDIO DE ANTIXENOSIS.....	53
4.1. Introducción.....	53
4.2. Materiales y métodos.....	55
4.2.1. Localización.....	55
4.2.2. Condiciones ambientales.....	55
4.2.3. Gramíneas utilizadas.....	56
4.2.4. Infestación.....	57
4.2.5. Variables medidas.....	57
4.2.5.1. Densidad de raíces superficiales.....	57
4.2.5.2. Preferencia de oviposición	58
4.2.5.3. Número de adultos.....	58
4.2.5.4. Daño.....	58

4.2.5.5. Biomasa.....	60
4.2.5.6. Cuantificación del mantillo.....	60
4.2.6. Diseño experimental y análisis estadístico.....	60
4.3. Resultados y discusión.....	61
4.3.1. Preferencia de oviposición.....	61
4.3.2. Relaciones entre la preferencia de oviposición y las variables medidas	62
4.3.2.1. Densidad de raíces superficiales y mantillo..	62
4.3.2.2. Biomasa y número de adultos.....	64
4.3.3. Daño.....	68
4.4. Conclusiones.....	71
4.5. Recomendaciones.....	74
CAPITULO V. ESTUDIO DE TOLERANCIA.....	75
5.1. Introducción.....	75
5.2. Materiales y métodos.....	76
5.2.1. Localización.....	76
5.2.2. Condiciones ambientales.....	77
5.2.3. Material vegetal.....	77
5.2.4. Infestación.....	79
5.2.5. Cargas de insectos utilizadas.....	79
5.2.6. Variables medidas.....	80
5.2.6.1. Biomasa.....	80
5.2.6.2. Recuperación después del corte.....	80

5.2.6.3. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el follaje.....	80
5.2.7. Diseño experimental y análisis de los datos.....	81
5.3. Resultados y discusión.....	83
5.3.1. Índice de tolerancia, adultos acumulados, días al daño severo....	83
5.3.2. Recuperación.....	85
5.3.3. Contenido de nutrimentos.....	95
5.4. Conclusiones.....	100
5.5. Recomendaciones.....	101
CAPITULO VI DISCUSION Y CONCLUSIONES GENERALES.....	102
VII. LITERATURA CITADA.....	112
ANEXO.....	123

5.2.6.3. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el follaje.....	80
5.2.7. Diseño experimental y análisis de los datos.....	81
5.3. Resultados y discusión.....	83
5.3.1. Índice de tolerancia, adultos acumulados, días al daño severo....	83
5.3.2. Recuperación.....	85
5.3.3. Contenido de nutrimentos.....	95
5.4. Conclusiones.....	100
5.5. Recomendaciones.....	101
CAPITULO VI DISCUSION Y CONCLUSIONES GENERALES.....	102
VII. LITERATURA CITADA.....	112
ANEXO.....	123

FERRUFINO, A. 1987. Caracterización de la resistencia de **Brachiaria** spp. al salivazo de los pastos **Zulia colombiana** (Lallemand) (Homoptera:Cercopidae). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Programa UCR/CATIE. 129 p.

Palabras claves: **Brachiaria** spp, **Zulia colombiana**, resistencia, antibiosis, antixenosis, tolerancia, Homoptera:Cercopidae.

RESUMEN

Se realizaron bajo condiciones de invernadero, en CIAT Colombia, tres investigaciones con el fin de caracterizar la resistencia de **Brachiaria** spp.(11 accesiones de 5 especies) a **Zulia colombiana** (Homoptera : Cercopidae) plaga importante de esas gramíneas. Como testigo resistente se utilizó el pasto **Andropogon gayanus** CIAT 621 y como testigos susceptibles las gramíneas **Digitaria decumbens** y **Brachiaria decumbens** CIAT 606.

El objetivo general fue desarrollar una metodología para la selección de gramíneas forrajeras por resistencia a cercópidos. Los objetivos específicos fueron evaluar: a) el efecto del sustrato alimenticio (gramíneas) en la sobrevivencia y desarrollo de las ninfas del insecto (antibiosis); b) la preferencia de oviposición de insectos adultos en un ensayo de libre selección (antixenosis) y c) la tolerancia al daño provocado por insectos adultos confinados en jaulas (tolerancia).

Se evidenció la presencia de antibiosis en **B. brizantha** 6294. En esa gramínea las ninfas se desarrollaron más lentamente ($58,3 \pm 6,9$ días) que en las demás ($P \leq 0,05$), se presentó una baja supervivencia ($47,3 \pm 25,3$ %) y las hembras adultas fueron más livianas ($11,5 \pm 1,6$ mg) lo que supondría una menor fecundidad. En **B. decumbens** 606 las ninfas tuvieron un desempeño similar a las criadas en **B. brizantha** 6294. Ello fue atribuido a la alta susceptibilidad a la infestación por ninfas en esa gramínea. Los demás pastos, así como **A. gayanus** 621, fueron buenos hospedantes para las ninfas bajo las condiciones de este ensayo.

La especie más preferida para ovipositar (como criterio de preferencia se usó el número de ninfas que nacieron en cada pasto) fue **B. ruziziensis** 654 y la menos preferida fue **B. decumbens** 606 ($P \leq 0,05$). La única accesión que presentó una oviposición similar a **B. decumbens** 606 fue **B. brizantha** 665. No se encontraron relaciones significativas ($P \leq 0,05$)

entre el número de ninfas y la densidad de raíces superficiales ($r=0,56$) ni el mantillo sobre el suelo ($r=0,47$). Hubo una marcada preferencia ($P\leq 0,01$) de los insectos adultos por las gramíneas con mayor biomasa ($r=0,82$) que también presentaron el mayor número de ninfas ($r=0,75$).

Para la cuantificación de la tolerancia se utilizó un índice. Esa expresión matemática relacionó la población del insecto y el período de infestación necesarios para la manifestación del nivel de daño severo en el follaje. El daño se evaluó con una escala visual de 1 a 4. Las gramíneas con mayor índice de tolerancia ($P\leq 0,05$) fueron *B. dictyoneura* 6133, *B. humidicola* 675 y 6705. El pasto *B. brizantha* 6294 presentó una tolerancia media, lo mismo que *A. gayanus* 621. Las más susceptibles fueron *B. ruziziensis* 654 y 6419 y *B. decumbens* 6132.

Se realizaron algunos estudios complementarios para observar la tolerancia de los pastos. Para el efecto se compararon algunos parámetros entre plantas dañadas y plantas sanas. No se encontraron diferencias significativas ($P\leq 0,05$) entre la capacidad de rebrote de plantas dañadas severamente y plantas sanas. Lo mismo sucedió con el contenido de nitrógeno y fósforo en el follaje. Algunas gramíneas dañadas tuvieron en su follaje una reducción en el contenido de potasio.

Se presentan aspectos teóricos sobre las poblaciones de cercópidos en especies resistentes y en buenos hospederos con el objeto de resaltar la importancia relativa de la antibiosis y la tolerancia. En el trabajo se destaca la importancia de seleccionar un germoplasma de gramíneas forrajeras por antibiosis sin embargo, se sugiere hacerlo adicionalmente por tolerancia. La metodología de selección por antixenosis en cercópidos, no puede recomendarse todavía; sin embargo se dispone de bases para estudios futuros.

FERRUFINO, A. 1987. Characterization of *Brachiaria* spp. host plant resistance to spittlebug *Zulia colombiana* (Lallemand) (Homoptera:Cercopidae). Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE Program. 129 p.

Key words: *Brachiaria* spp., *Zulia colombiana*, host plant resistance, antibiosis, antixenosis, tolerance, Homoptera:Cercopidae.

SUMMARY

Three experiments were undertaken to characterize the resistance of *Brachiaria* spp. (11 accessions of 5 species) to *Zulia colombiana* (Homoptera : Cercopidae), under greenhouse conditions, at CIAT Colombia. The grass *Andropogon gayanus* CIAT 621 was used as the resistant check and *Digitaria decumbens* and *Brachiaria decumbens* CIAT 606 as the susceptible controls.

The main objective was the development of a forage grass selection methodology for resistance to spittlebug. The specific objectives were as follows: 1) to evaluate the food substrate effect on the survival and development of the insect nymphs (antibiosis); b) to evaluate the adult insect oviposition preference in a free selection test (antixenosis), and c) to evaluate the tolerance to the damage incited by adult insects on plants confined in cages (tolerance).

The presence of antibiosis was observed on *B. brizantha* 6294. Nymph development was slower in this grass (58,3±6,9 days) than in the other ones ($P \leq 0,05$). The insect also presented a low survival rate (47,3±25,3%) and the adult females were lighter (11,5±1,6 mg) wich suggests lower fertility. The nymphs located on *B. decumbens* 606 had a similar behavior to those on *B. brizantha* 6294. This was considered to be caused by the high susceptibility of the grass to nymph infestation. The other grasses, including *A. gayanus* 621, were good hosts of nymphs under the experimental conditions.

B. ruziziensis 654 was the most preferred accession according to the amount of nymphs born in each grass, in contrast, to *B. decumbens* 606 ($P \leq 0,05$). The grass *B. brizantha* 665 was the other accession with low ovipositional preference. There was not found any significant relationship ($P \leq 0,05$) between the nymphs number and the root shallow density ($r=0,56$) or the soil litter ($r=0,47$). The adult insects preferred

($P \leq 0,01$) grasses with high biomass ($r=0,82$) which also harbored the higher number of nymphs ($r=0,75$).

An index was developed to quantify the level of tolerance. The index established a relation between the insect population and the infestation period needed to reach the severe damage level in the foliage. The damage was evaluated according to a visual scale from 1 to 4. The grasses with the highest level of tolerance ($P \leq 0,05$) were *B. dictyoneura* 6133, *B. humidicola* 675 and 6705. The grasses *B. brizantha* 6294 and *A. gayanus* 621 showed an intermediate tolerance. *B. ruziziensis* 654 and 6419 and also *B. decumbens* 6132 were susceptibles.

Comparison were made between certain parameters of healthy and damaged plants for tolerance analysis. No significant differences were found in the overgrowth, nitrogen and phosphorus foliage content parameters. Potassium was lower in the affected plants from several accesions.

Theoretical aspects of the behavior of spittlebug population on resistant species and good hosts, point out the relative importance of the antibiosis and tolerance. The results indicate the importance of the grass germplasm selection by antibiosis. However, tolerance should also be considered. The antixenosis selection methodology is not ready to be used with cercopids but the information obtained will be useful in future experiments.

LISTA DE CUADROS

En el texto		Página
Cuadro N°		
1	Numero medio de ninfas por gramínea al iniciarse el experimento. Palmira, 1986...	35
2	Duración del estado ninfal de <i>Z. colombiana</i> en trece gramíneas forrajeras tropicales. Palmira, 1986.....	38
3	Duración de los instares de <i>Z. colombiana</i> en varias gramíneas forrajeras en el invernadero. Palmira, 1986.....	40
4	Supervivencia hasta adultos de ninfas de <i>Z. colombiana</i> en distintas gramíneas forrajeras tropicales. Invernadero Palmira, 1986.....	43
5	Supervivencia por instar de ninfas de <i>Z. colombiana</i> en varias gramíneas forrajeras tropicales. Palmira, 1986.....	48
6	Peso seco (mg) de hembras adultas de <i>Z. colombiana</i> emergidas en varias gramíneas forrajeras tropicales. Palmira, 1986.....	49
7	Promedio de los daños (según escala) ocasionados por adultos de <i>Z. colombiana</i> al concluir el periodo de infestación (10 días) en un ensayo de preferencia con libre selección.....	73
8	Pruebas de t para el índice de tolerancia de varias forrajeras tropicales al daño de adultos de <i>Z. colombiana</i>	88
9	Carga media (adultos/día/planta) de insectos y periodo de infestación necesarios para que varias gramíneas forrajeras manifiesten un daño severo por adultos de <i>Z. colombiana</i> en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987....	89
10	Numero de adultos de <i>Z. colombiana</i> muertos por día en distintas gramíneas forrajeras tropicales en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.....	93

11	Biomasa seca (g/pote) 40 días después de un corte en 13 gramíneas forrajeras infestadas y no infestadas con adultos de Z. colombiana en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.....	94
12	Contenido de nitrógeno (%) en follaje sano y dañado por adultos de Z. colombiana en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.....	97
13	Contenido de fósforo (%) en el follaje de varias gramíneas forrajeras tropicales sano y dañado por adultos de Z. colombiana en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987....	98
14	Contenido de potasio (%) del follaje de varias gramíneas forrajeras tropicales sano y dañado por adultos de Z. colombiana en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987....	99
15	Aspectos teóricos sobre el crecimiento de las poblaciones de Z. colombiana en distintos pastos hospedantes.....	105
En el apéndice		
1A	Formato utilizado en el estudio de antibiosis.....	124
2A	Cuadro de análisis de varianza para la duración del estado ninfal de Z. colombiana en distintas gramíneas forrajeras tropicales.....	125
3A	Cuadro de análisis de varianza para la supervivencia de ninfas de Z. colombiana hasta alcanzar el estado adulto en diferentes gramíneas forrajeras. Transformación logarítmica.....	126
4A	Cuadro de análisis de varianza para el peso seco de hembras adultas de Z. colombiana emergidas en distintas gramíneas forrajeras.....	127

5A	Cuadro de análisis de varianza para el número de ninfas/pote en distintas gramíneas forrajeras tropicales. (Transformaciones logarítmicas).....	128
6A	Cuadro de análisis de varianza para el número de adultos/día/pote. (Transformación logarítmica).....	129

LISTA DE FIGURAS

Figura N°		
1	Adulto de <i>Zulia colombiana</i> (Lallemand) ..	21
2	Ninfa de <i>Zulia colombiana</i> (Lallemand)....	22
3	Fluctuación de los promedios de temperatura y humedad relativa durante el período experimental. Invernadero Palmira, 1986-1987.....	28
4	Promedios de temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el período experimental. Invernadero Palmira, 1986.....	59
5	Preferencia de oviposición (número de ninfas) de adultos de <i>Z. colombiana</i> en distintas gramíneas forrajeras en un estudio con libre selección. Palmira, 1987.....	63
6	Relación entre el número de ninfas emergidas en distintas gramíneas forrajeras y la densidad de raíces superficiales. Palmira, 1987.....	66
7	Relación entre el número de ninfas emergidas en distintas gramíneas forrajeras y el mantillo de las macetas en un ensayo de preferencia. Palmira, 1987.....	67
8	Relación entre el número de adultos/planta/día y la biomasa seca/pote en varias gramíneas forrajeras tropicales en un ensayo de preferencia con libre selección. Palmira, 1987	69
9	Relación entre el número de ninfas en distintas gramíneas forrajeras y la biomasa seca/pote, en un ensayo de preferencia con libre selección. Palmira, 1987.....	70
10	Relación entre el número de ninfas en distintas gramíneas forrajeras y el número de adultos posados en las plantas en un ensayo de preferencia. Palmira, 1987.....	72

11	Promedios de temperatura (°C) y humedad relativa (%) en el periodo experimental. Invernadero Palmira, 1987.....	78
12	Indice de tolerancia de varias gramíneas forrajeras al daño de adultos de Z. colombiana . Palmira, 1987.....	86
13	Numero acumulado de adultos de Z.colombiana necesarios para que varias gramíneas forrajeras manifiesten daño severo en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.....	87
14	Manifestación gradual del daño de adultos de Z. colombiana en algunas gramíneas forrajeras, a través del periodo de infestación y con cargas variables en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.....	90
15	Manifestación gradual del daño de adultos de Z. colombiana en cuatro gramíneas forrajeras, a través del periodo de infestación y con cargas variables en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.....	91

CAPITULO I

INTRODUCCION

En América latina tropical, existen 850 millones de hectáreas de suelos ácidos y de baja fertilidad (Toledo 1982), donde se localizan explotaciones ganaderas con base en pasturas nativas o introducidas de baja productividad y persistencia. Las condiciones edáficas adversas, unidas a otras climáticas (sequías, alta precipitación, etc.), a menudo limitantes para la producción de pasturas, han hecho obligatorios los trabajos de selección de germoplasma forrajero por su adaptación al medio en varias regiones de América tropical.

Entre las especies de gramíneas seleccionadas por su adaptación, se destacan *Brachiaria* spp. ampliamente utilizadas en los trópicos americanos. Se estima que actualmente hay más de 15 millones de hectáreas sembradas con *Brachiaria decumbens* en esas áreas, principalmente en la Amazonia de Brasil, Colombia y Perú y en los Cerrados brasileños, el piedemonte colombiano y los llanos venezolanos (CIAT 1986).

Sin embargo, se ha constatado que uno de los factores que afecta seriamente la productividad y persistencia de las gramíneas de ese género, es la infestación y daño causado por cercópodos conocidos comúnmente como "salivazos", "miones", "cigarrinhas", "candelillas", etc. (Toledo y Serrao 1984). En el trópico húmedo, los cercópodos son sin duda, uno de los factores más importantes de la inestabilidad productiva de las pasturas, especialmente en las del género *Brachiaria* (Serrao 1986). En ese ecosistema, las infestaciones por cercópodos producen grandes pérdidas en la capacidad de soporte de las pasturas y la destrucción total de otras (Silva 1986). Asimismo, en el ecosistema de sabanas, el mayor problema en *B. decumbens* lo constituye la incidencia de cercópodos (Thomas y Grof 1986).

Debido a los bajos retornos económicos por área, las prácticas químicas no son aplicables para el control de plagas y enfermedades en los pastos tropicales. Al presente, la resistencia varietal, es el método más adecuado y económico, con gran potencial para su utilización en el control de plagas y enfermedades en los pastos tropicales (Lenné et al. 1980). La resistencia varietal, es base fundamental en el desarrollo a largo plazo de un programa de manejo integrado de una plaga (Huffaker y Smith 1980).

Recientemente, personal de la sección de germoplasma del Programa de Pastos Tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), recolectó más de 700 ecotipos de *Brachiaría spp.* en el África con el fin de aumentar la diversidad genética del género en sus colecciones. Ese material se pretende seleccionar por su resistencia a cercópodos. Existe una clara necesidad de desarrollar una metodología de selección para diferenciar entre categorías de resistencia y de identificar los mecanismos potenciales de resistencia. Lenné *et al.* (1980) opinan que en las plantas forrajeras tropicales, debe darse una alta prioridad al entendimiento de los mecanismos de resistencia a plagas y enfermedades. Esos estudios son requeridos en el desarrollo de una tecnología de mínimos insumos para la producción de pasturas en el trópico americano (Toledo 1985).

En los últimos años, la antigua colección de *Brachiaría* del CIAT (57 accesiones) fue estudiada por su comportamiento respecto a cercópodos en varios países latinoamericanos como Colombia, Bolivia y Perú. Los resultados de esos estudios, mostraron diferencias entre especies y/o ecotipos en cuanto a infestación y daño se refiere. Sin embargo, las fluctuaciones naturales de las poblaciones año a año, la naturaleza focal de las infestaciones, la interferencia entre pequeñas parcelas y

otras interacciones insecto-planta, dificultaron la conducción de estudios controlados sobre los mecanismos de resistencia bajo esas condiciones. Las poblaciones de cercópidos en los sitios de evaluación generalmente fueron bajas. Con presiones de poblaciones bajas, las especies tolerantes no manifiestan daños, que se presentan cuando las poblaciones son altas (CIAT 1987). Cabe mencionar en este punto la experiencia con *B. humidicola* en el trópico húmedo brasilero. La adopción en gran escala de esa gramínea en la Amazonia, fue debida principalmente a la adaptación de la especie a las condiciones edáficas de la zona y a su tolerancia a cercópidos (Serrao et al. 1979). Sin embargo, las poblaciones de esos insectos incrementaron al punto de causar daños severos en los pastizales de *B. humidicola* (Silva y Magalhaes 1980, Silva 1982). Ese tipo de situaciones explica porqué es necesario desarrollar una metodología que permita, en estudios controlados (invernadero, casa de malla), una selección inicial de germoplasma por resistencia a cercópidos, que luego será evaluado en el campo.

El análisis de la información de los ensayos regionales, llevó a formular la hipótesis de que existía algunas categorías de resistencia a cercópidos en ese material. Con base en la hipótesis enunciada, los objetivos de la presente investigación fueron :

Objetivo general:

Desarrollar una metodología de selección, en invernadero, de germoplasma forrajero por resistencia y/o tolerancia a cercópidos.

Objetivos específicos:

- a) Determinar el efecto del sustrato de alimentación (gramíneas), en la supervivencia y desarrollo de *Zulia colombiana* (Lallemand).
- b) Determinar la presencia de tolerancia y antixenosis en el material en estudio.
- c) Identificar accesiones promisorias que posean niveles útiles de resistencia.

Con el fin de alcanzar esos objetivos, se llevaron a cabo tres estudios para caracterizar la resistencia en los pastos estudiados. En la primera investigación se estudió la antibiosis de los pastos sobre las ninfas de *Z. colombiana* (Capítulo III). En el segundo experimento se estudió la preferencia de oviposición de los adultos del insecto en los diferentes pastos (Capítulo IV) y en el tercero la tolerancia de las gramíneas al daño ocasionado por los insectos adultos (Capítulo V). En la discusión general (Capítulo VI) se realiza un análisis sobre aspectos metodológicos relativos al objetivo general del estudio.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 La resistencia varietal.

La resistencia varietal ofrece uno de los medios más eficaces de control de las principales plagas de insectos sin necesidad de grandes gastos, sobre todo cuando se combina apropiadamente con otras medidas en una estrategia global de manejo de plagas (Maxwell 1984). La resistencia varietal es uno de los mejores métodos de combatir insectos, mientras al mismo tiempo, se evita la polución por plaguicidas en el suelo, agua y aire. Ese medio de control puede ser usado sin costo, residuos tóxicos, daño a polinizadores y enemigos naturales de la plaga (Sprague y Dahms 1972). Otra ventaja del cultivo de variedades resistentes es que la menor tasa de incremento de la plaga prolonga el periodo necesario para que ésta alcance el umbral de daño económico del cultivo (Adkisson y Dyck 1984).

Según Ortman y Peters (1984), la resistencia a plagas ofrece ventajas significativas en las siguientes situaciones: 1) Cuando existe un ritmo crítico en la vida

de un insecto, en el cual es vulnerable, solo durante un breve período. 2) La cosecha es de escaso valor económico. 3) La plaga se presenta en forma continua y es el factor más limitante para el cultivo exitoso de una especie en una superficie extensa. 4) No se dispone de otros métodos de control. Por otra parte, el uso de la resistencia a plagas, en combinación con buenas prácticas culturales, es quizás el más efectivo, conveniente, económico y ambientalmente aceptable método de control de insectos. En adición, es generalmente compatible con medidas de control químicas y biológicas (Waiss et al 1977).

2.2. Definiciones y conceptos.

Existen varios puntos de vista conceptuales sobre la resistencia a plagas y patógenos en las plantas cultivadas. Algunas definiciones resumidos por Harris y Frederiksen (1984) y que unen criterios entomológicos y fitopatológicos, incluyen:

- La resistencia a enfermedades en las plantas, es la restricción del desarrollo del agente patogénico o parásito; esta puede variar desde inmunidad (no desarrollo) a solo ligera retardación relativa o reacción susceptible (Keen y Bruegger 1977).

- La resistencia puede ser considerada como alguna característica que hace que una planta presente menores

pérdidas en rendimiento por enfermedades y ataque de plagas, que otras (Schafer 1974).

- La resistencia puede ser considerada como la contraparte de la susceptibilidad y puede ser influida en su expresión por factores ambientales (Walker 1969).

- La resistencia incluye aquellas características que permiten a la planta evitar, tolerar o recuperarse de los ataques de insectos, en condiciones que dañarían severamente a otras plantas de la misma especie (Snelling 1941).

- La resistencia de las plantas al ataque de insectos, puede ser definida como la cantidad relativa de cualidades heredables poseídas por la planta, que influyen en último grado en el daño producido por el insecto (Painter 1968).

- La resistencia incluye las características colectivas heredables, por las cuales una especie de planta, raza, clon o individuo puede reducir la probabilidad de exitosa utilización de la planta como hospedante para una especie de insecto, raza, biotipo o individuo (Beck 1965).

En contraste con Painter (1968), la definición de Beck (1965) restringe el espectro de las interacciones insecto-planta al éxito que alcanza el insecto en la utilización de la planta, pero excluye la capacidad de la planta para

recuperarse o reponer las pérdidas después de que ocurre el daño.

2.3 Las categorías de resistencia.

Painter (1968) agrupó los mecanismos de resistencia de las plantas a insectos en tres categorías:

- **Antibiosis:** abarca a todos los efectos adversos que la planta ejerce en la biología del insecto por ejemplo, supervivencia, desarrollo y reproducción.
- **No preferencia:** es la respuesta del insecto ante las plantas que carecen de las características necesarias para servir como hospedantes y es resultado de reacciones negativas, o total abstinencia durante la búsqueda de alimento, sitios de oviposición o refugio.
- **Tolerancia:** incluye todas las respuestas de la planta que provocan en ella la capacidad de tolerar la infestación y sostener a poblaciones de insectos que dañarían de modo severo a plantas susceptibles.

En adición a esos tipos de resistencia, Painter (1968) estableció la categoría de pseudoresistencia (e.g. mediante siembras tardías), la evasión del huésped, la resistencia

inducida (e.g. cambios en humedad y fertilidad del suelo) y el escape, que se refiere a la ausencia de infestación o daño debido a circunstancias transitorias, como una infestación incompleta.

Con respecto a la categoría de preferencia, Kogan y Ortman (1978) propusieron el término "antixenosis" para explicar ese fenómeno. Consideraron que el término empleado por Painter para definir esa modalidad de resistencia, tenía varios inconvenientes. En general se habla de resistencia como una propiedad de la planta. La no-preferencia, sin embargo, es la respuesta de un insecto. La antixenosis según Kogan y Ortman, es un término paralelo a la antibiosis y transmite la idea de que la planta es evitada por ser un mal hospedante.

La terminología empleada para explicar los fenómenos de la resistencia, simplifica la comprensión de una situación altamente compleja y pobremente entendida (Harris y Frederiksen 1984). Las categorías de resistencia son arbitrarias y vagamente delimitadas (Beck 1965). No todos los fenómenos de resistencia pueden asignarse de modo inequívoco a alguna de las tres categorías. La antixenosis suele confundirse con la antibiosis y viceversa, como ocurre cuando los primeros estados de un insecto no aceptan

a una planta como hospedante (Horber 1984). Las categorías clásicas de resistencia no son mutuamente excluyentes, interactúan y se complementan. Es así que un hospedante moderado o altamente tolerante, no necesita exhibir propiedades del tipo no preferencia o antibiosis para quedar protegido del daño de los insectos (Horber 1984). Por otra parte, un cultivo no preferido o antibiótico en alto grado, tal vez no necesita mucha tolerancia ante una plaga en particular. Si bien la antibiosis y la antixenosis ejercen una presión selectiva sobre la plaga, la tolerancia no lo hace (Horber 1984). La combinación de diferentes genes de resistencia puede ser la respuesta, o la utilización de las categorías de no preferencia o tolerancia en adición a la antibiosis (Gallum 1972).

La resistencia es relativa, heredable y medible, por consiguiente en los estudios relativos a ella, es necesario incluir testigos susceptibles o resistentes.

2.4 Interacciones planta-insecto-ambiente.

En la planta, la expresión y estabilidad de la resistencia a una especie de insecto, depende del genotipo de la planta, el genotipo del insecto y la interacción genética entre la planta y el insecto en diferentes condiciones ambientales (Gallum 1972; Gallum y Khush 1984). Con base en los términos propuestos por Van der

Plank (1968), se tienen dos tipos de resistencia en cuanto a factores genéticos se refiere: la resistencia horizontal, que es poligénica, es considerada estable y permanente. Una especie vegetal que posea este tipo de resistencia contra una plaga, probablemente la manifestará contra todos los biotipos de la misma. En cambio, la resistencia vertical está gobernada por genes mayores (monogénica) y se considera menos estable que la resistencia horizontal. La expresión de resistencia es diferencial según el biotipo del insecto (Gallum y Khush 1984). Los biotipos son comúnmente parásitos o parasitoides entomófagos o fitófagos que se distinguen por su supervivencia y desarrollo en un hospedante particular, o por preferir un hospedante para alimentación, oviposición o ambos (Diehl y Bush 1984).

La ocurrencia de biotipos de insectos se ve explicada con la teoría de "gene a gene" de Flor (1956). El concepto significa que por cada gene mayor de resistencia en el hospedante, existe un gene correspondiente de virulencia en la especie parasitaria (Gallum y Khush 1984). La frecuencia de un biotipo en una población de insectos depende del genotipo de la planta hospedante, el genotipo del insecto y la tasa reproductiva de los diferentes biotipos (Dahms 1972). Generalmente, la resistencia en las plantas es compleja y poligénica; esas cualidades actúan

como disuasivos para el desarrollo de biotipos de insectos y así sostienen la utilidad práctica de las variedades resistentes (Pathak 1970).

La resistencia expresada en el campo envuelve no sólo, factores físicos o bioquímicos sino frecuentemente complejas interrelaciones entre el insecto, la planta y el ambiente (Hedin *et al.* 1977). Es así, que los factores climáticos, edáficos y agrícolas ejercen una fuerte influencia en las relaciones entre insecto y planta y también en la resistencia vegetal (Tingey y Singh 1984). Kogan (1975) opina que se puede organizar los mecanismos de resistencia con base en el grado en que son afectados por el ambiente. Aquellos mecanismos gobernados por caracteres hereditarios se ven afectados por el ambiente, que determina la magnitud y expresión de esa forma de resistencia. Otros fenómenos de resistencia que se encuentran controlados en menor grado por los genes (resistencia inducida), son afectados también por el ambiente. Ciertos factores agrícolas como la fertilidad y humedad del suelo, plaguicidas, reguladores de crecimiento, etc. afectan la calidad nutritiva de los tejidos de la planta hospedante y según parece, eso es particularmente importante en la inducción de resistencia (Tingey y Singh 1984). Por otra parte, factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa, la luz y otros como la

edad fisiológica de los tejidos, influyen también en la expresión de la resistencia (Tingey y Singh 1984).

Los niveles corrientes de resistencia para muchos insectos destructivos son adecuados bajo ligeros a moderados niveles de infestación. Bajo altos niveles de infestación, la resistencia corrientemente disponible puede ser inadecuada (Sprague y Dahms 1972).

2.5 Evaluación de la resistencia.

Para un cabal conocimiento del insecto, la planta y sus interrelaciones, es necesario evaluar los cultivares por resistencia a insectos. La utilización de técnicas adecuadas para la medición del grado de resistencia, es probablemente el factor clave en la determinación o fracaso de cualquier programa de resistencia a insectos (Dahms 1972). Los criterios de Dahms (1972) para evaluar resistencia son ampliamente reconocidos e incluyen:

- Evaluación visual de cultivares infestados (crecimiento, decoloración, etc.).
- Determinación del número de plantas sobrevivientes en varios intervalos seguidos a la infestación.
- Determinación de las pérdidas de rendimiento entre parcelas infestadas y no infestadas.

- Determinación del número de insectos (adultos, larvas o ninfas) atraídos por un cultivar bajo libre escogencia.
- Observación de los efectos comparativos de la alimentación forzada (confinamiento) en las plantas, por medición de la duración del ciclo vital, mortalidad, reproducción, etc.
- Pesaje de insectos después de un determinado período de alimentación en distintos cultivares.
- Determinación del número de huevos ovipositados.
- Determinación de la supervivencia y la progenie producida.
- Medición de la cantidad de alimento consumido.
- Medición de la cantidad de alimento utilizado (digestibilidad).
- Simulación del daño del insecto y observación de su recuperación.
- Métodos indirectos de evaluación, tales como la medición del daño de raíces por la fuerza requerida para arrancar la planta del suelo.
- Determinación del efecto de las partes de la planta en el desarrollo y orientación del insecto.

- Correlación de factores químicos en la planta con la respuesta del insecto.
- Efecto de dietas artificiales en el insecto.
- Correlación de factores morfológicos con el daño.

2.6. Los cercópidos.

La familia Cercopidae pertenece al orden Homoptera. Son insectos de metamorfosis simple; su desarrollo transcurre por los estados de huevo, ninfa y adulto. Poseen aparato bucal chupador, mediante el cual succionan la savia de las plantas. Las ninfas de los cercópidos están recubiertas de una sustancia de consistencia espumosa, lo cual les ha valido el nombre común de "salivazos", "baba de culebra", "salivita", etc. por el cual son conocidos ampliamente en muchos países latinoamericanos. Esa sustancia deriva de un fluido evacuado por el ano y de una sustancia mucilaginosa excretada por las glándulas epidermales del séptimo y octavo segmentos abdominales. Las burbujas de aire son introducidas dentro la "saliva" por medio de los apéndices caudales del insecto (Borrór et al. 1981). El insecto usualmente se coloca cabeza abajo en la planta y forma la espuma que lo recubre totalmente, aún cuando esté expuesto a lluvias fuertes (Borrór et al. 1981).

2.7. La importancia de los cercópodos como plagas.

Los cercópodos causan daños en diversas gramíneas forrajeras, entre las que destacan las de los géneros **Brachiaria, Panicum, Digitaria, Cynodon** y **Cenchrus** (Calderón y Varela 1982). Existe un amplio número de especies de cercópodos en la América tropical. Las de mayor importancia económica pertenecen a los géneros **Aeneolamia, Zulia, Deois** y **Mahanarva** (Calderón y Varela 1982).

En los ecosistemas originales (bosques), las poblaciones de cercópodos son mantenidas a niveles bajos gracias a la presión ejercida por el ambiente altamente diversificado y ecológicamente equilibrado. La transformación de los bosques en pastizales, produce cambios en la microfauna original, que en las pasturas se torna más pobre en número de especies, a pesar de ser más rica en número de individuos. Eso parece claro, considerando que las pocas especies que consiguen sobrevivir en el nuevo ambiente, encuentran un inmenso nicho vacío y aumentan sus poblaciones (Dantas 1980), cuyos niveles pasan a ser controlados por las condiciones climáticas imperantes (Menezes *et al.* 1983). La siembra de gramíneas introducidas, muchas susceptibles o buenas hospederas para esos insectos, agrava el problema.

Debido al hábito de succionar savia constantemente (principalmente en las raíces y base de los tallos), las ninfas depauperan rápidamente la planta causando su desequilibrio hídrico y obligando a absorber un mayor volumen de agua del suelo. En ese proceso, es consumida gran parte de las reservas de energía destinadas al crecimiento de la planta (Naves 1980). Las ninfas se alimentan en el xilema (Wiegert 1964) y los adultos lo hacen preferentemente en el mesófilo (Hagley 1965). Sólo los adultos provocan síntomas visibles de daño (secamiento del follaje). Byers y Wells (1966) opinan que ello se debe a la inyección de toxinas en los tejidos, que posiblemente sean oxidasas diastáticas que actúan como toxinas sistémicas (Enkerlin y Morales 1979). Esos compuestos causan pérdidas de la clorofila en las células del mesófilo y luego su muerte (Byers y Wells 1966). Byers y Taliaferro (1967), verificaron que los adultos con una edad inferior a un día eran aquellos que causaban menor daño. No obstante, a partir de un día de edad, hasta los 25 días, tanto hembras como machos, presentaban la misma capacidad toxicogénica.

En general, los investigadores opinan que los daños causados por los adultos de los cercópodos son más importantes que los producidos por las ninfas (CIAT 1981, Silva 1982), que aparentemente no producen toxinas o lo

hacen en pequeñas cantidades (Byers y Wells 1966). Sin embargo, algunos autores (Naves 1980, Jiménez 1978) opinan que las ninfas también pueden causar una clorosis en las plantas, que comienza por la base y se extiende luego por toda la planta.

El síntoma inicial del daño provocado por los adultos se manifiesta después de que el insecto se ha alimentado, por la aparición de manchas húmedas y cloróticas alrededor de los puntos de succión. Esas manchas van extendiéndose a lo largo de las hojas, hasta que el tejido se torna necrótico (Calderón *et al.* 1982).

Cuando la infestación es severa, se observan en los potreros grandes parches secos (Calderón y Varela 1982). El follaje dañado es poco apetecido por el ganado y se presenta una pérdida en la calidad del forraje, cuyos tejidos pierden nitrógeno, azufre y potasio como consecuencia del daño del insecto (CIAT 1980).

Una infestación sostenida de cercópodos puede causar una reducción significativa de la producción de raíces explicada por la interrupción del proceso fotosintético en el follaje dañado y el consiguiente agotamiento de las reservas (Taliaferro *et al.* 1967).

2.8. Zulia colombiana (Lallemand).

Una descripción de la biología y los hábitos de ese insecto fue realizada por Arango y Calderón (1981). Según esos autores, el desarrollo de la ninfa transcurre en cinco instares. La duración media del estado ninfal en condiciones de laboratorio (25 °C, 70% HR) y sobre *B. decumbens* CIAT 606 fue de 45 días con un ámbito de 34-54 días. El macho adulto presenta una coloración marrón y algunas manchas de color anaranjado en las alas. Las hembras son casi negras y tienen pocas manchas en las alas. Los adultos (Figura 1) tienen una longevidad media de 12 días con un ámbito de 8-15 días (Arango y Calderón 1981). Su primera cópula puede presentarse dos horas después de haber emergido; tanto machos como hembras pueden copular hasta cuatro veces. La hembra coloca un promedio de 67 huevos con un máximo de 130 durante su vida. En el campo, los huevos generalmente son colocados en los centímetros superiores del suelo o entre los residuos vegetales, en forma individual o en grupos de hasta cinco huevos (Arango y Calderón 1981). La ninfa (Figura 2) inmediatamente que nace, busca refugio en las partes húmedas y sombreadas de las plantas y comienza a alimentarse en las partes descubiertas de la raíz, en los rebrotes y en la parte basal del tallo. Los insectos adultos se alimentan en la parte aérea de la planta.

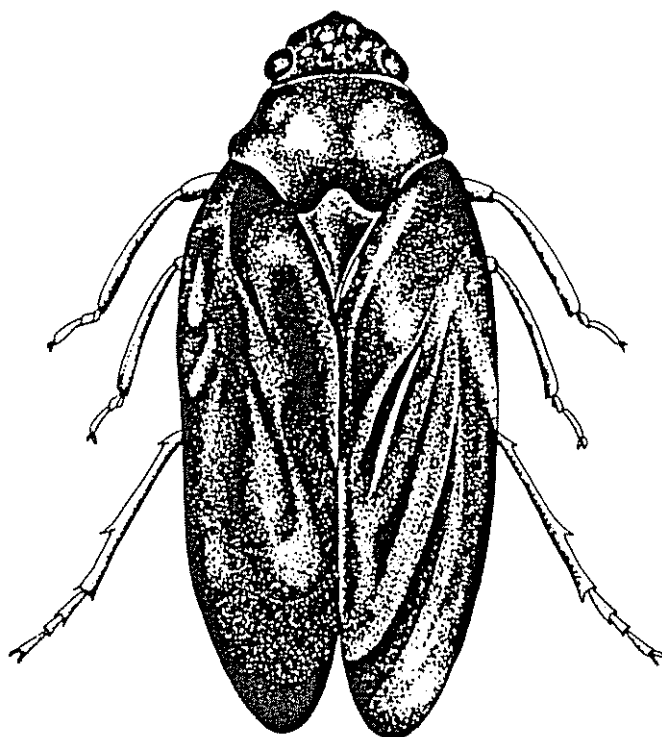


Figura 1. Adulto de *Zulia colombiana* (Lallemand).

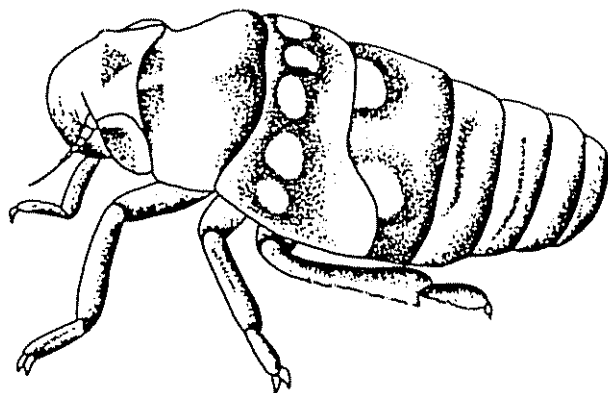


Figura 2. Ninfa de *Zulia colombiana* (Lallemand).

CAPITULO III

EFECTO DEL SUSTRATO DE ALIMENTACION EN LA SUPERVIVENCIA Y DESARROLLO DE Zulia colombiana.

3.1. Introducción.

Painter (1958) mencionó los siguientes efectos resultantes de la alimentación de insectos en plantas que poseen el tipo de resistencia antibiosis: muerte del insecto, prolongados periodos ninfales, reducida longevidad y fecundidad, tamaño pequeño, reducción de reservas, intranquilidad y otras peculiaridades del comportamiento. Painter (1958) sugirió las siguientes explicaciones fisiológicas de esos para esos fenómenos: a) efecto deletéreo de químicos específicos, incluyendo toxinas. b) falta de sustancias alimenticias específicas en las partes ingeridas. c) sustancias alimenticias presentes pero, por alguna razón, no disponibles para el insecto. d) presencia de repelentes.

Pathak (1970) indicó que, en la mayoría de los casos estudiados, la antibiosis parece ser debida a diferencias en constituyentes químicos de la planta. Las sustancias que confieren resistencia incluyen compuestos inorgánicos

(selenio) y metabolitos primarios e intermedios (ácido cítrico, cisteína, ciertos aminoácidos aromáticos y sustancias secundarias como los alcaloides) (Norris y Kogan 1984). Los dos grupos de compuestos más importantes envueltos en el desarrollo de los insectos son las sustancias secundarias y los aceites esenciales. Las sustancias secundarias (glicósidos, alcaloides, terpenos o fenoles) no tienen funciones vitales respecto al crecimiento de la planta (Maxwell 1972) pero constituyen el principal componente de defensa de las plantas contra los herbívoros (Norris y Kogan 1984). Esos compuestos pueden existir en ciertas partes de la planta y/o en ciertos estados de desarrollo de la planta (Pathak 1970).

Algunas especies de plantas sometidas a grandes presiones de herbívoros tienden a contener altas concentraciones de inhibidores de digestión y asimilación. Esas sustancias no son altamente tóxicas, pero retrasan el desarrollo de los insectos (Reese 1977). En otros casos, esas sustancias no son tóxicas, sino de digestión más difícil (Harlan y Starks 1984), lo que también puede reducir el valor alimenticio de las plantas que consumen los animales. Por ejemplo, la reducción en digestibilidad del sorgo es debida al contenido de polifenoles y en leguminosas al contenido de L-canavanina. Los efectos de esas sustancias químicas tienen efectos crónicos en el

crecimiento, desarrollo o reproducción de los insectos. Un efecto deletéreo en cualquiera de esas áreas, puede causar que una planta sea más resistente (Reese 1977). Todos esos efectos se reflejan en la dinámica poblacional de una plaga, cuya población se ve reducida constante y acumulativamente por efecto de la resistencia (Adkisson y Dyck 1984). Dahms (1969), citado por Pathak (1970), trabajó con un modelo teórico de las poblaciones de una plaga en variedades resistentes y susceptibles y demostró que si los insectos alimentándose en la variedad susceptible se reproducían sólo dos veces más rápido que en la variedad resistente, con otros factores constantes, dos generaciones después, su población sería tres veces mayor, y después de siete generaciones, cuarenta veces mayor. Esos cálculos muestran las enormes diferencias que pueden existir en las poblaciones de una plaga en hospedantes resistentes y susceptibles, en sólo algunas generaciones.

Una desventaja potencial de la manipulación genética de la calidad nutritiva del hospedero del insecto, es que aquel puede ser nutricionalmente inadecuado para el insecto y también para el hombre o los animales que utilicen el cultivo (Hedin *et al.* 1977, Harlan y Starks 1984). La evolución de los mecanismos de defensa de las plantas no sólo está limitada a las sustancias químicas. Las plantas también poseen caracteres morfológicos que sirven como

protección contra el ataque de ciertos insectos (Maxwell 1972). Los factores morfológicos (físicos) de resistencia, interfieren físicamente con los mecanismos locomotores y, en forma aún más específica, con los mecanismos de selección del hospedante, alimentación, ingestión, digestión, que alteran los procesos conductuales y metabólicos (Norris y Kogan 1984). Las barreras o disuasivos físicos que se anteponen a los insectos y otros herbívoros, como los tricomas, ceras superficiales, silificación o esclerosamiento de los tejidos son, sin embargo, expresiones de procesos bioquímicos genéticamente regulados (Norris y Kogan 1984). Es raro que alguna característica física sea peculiar a una sola especie vegetal; las características químicas son mucho más específicas (Beck y Schoonhoven 1984). Entre los factores morfológicos de mayor importancia, Norris y Kogan (1984) citaron a los factores remotos (color y forma de las plantas) y a los factores cercanos o de contacto, entre los cuales se cuentan el engrosamiento de las paredes celulares, la solidez del tallo, tricomas, acumulación de ceras superficiales y sílice y adaptaciones anatómicas como estructuras de protección. Los tricomas son apéndices epidermales de diversa forma y estructura que, en adición a las formas físicas de resistencia (barreras), poseen sustancias químicas (tricomas glandulares) que pueden inmovilizar, repeler o envenenar a los insectos fitófagos

(Stipanovic 1983). Los tricomas glandulares, exudan terpenos, fenoles, alcaloides y otras sustancias que son repelentes olfativos o gustatorios (Levin 1973).

3.2. Materiales y métodos.

3.2.1. Localización.

El experimento se llevó a cabo en la sede principal del Centro Internacional de Agricultura Tropical, en Palmira, Colombia, ubicada a 3° 31' de latitud Norte y a 76° 18' de longitud Oeste, a una altura sobre el mar de 1.001 m (CIAT 1976). La investigación fue realizada en el período comprendido entre agosto de 1986 y enero de 1987 bajo condiciones de invernadero.

3.2.2 Condiciones ambientales.

Los registros de humedad y temperatura fueron tomados por un higrotermógrafo. La temperatura media en el invernadero fue de $23,2 \pm 1,2$ °C y la humedad relativa promedio fue de $81,7 \pm 1,6$ por ciento. Las fluctuaciones semanales de la humedad relativa y la temperatura en el período de estudio se muestran en la Figura 3.

Adicionalmente se registraron datos de humedad y temperatura bajo las capuchas de aluminio. Para el efecto se utilizó un higrotermómetro portátil. Las lecturas fueron realizadas a las 8:00 y a las 12:00 hr. La temperatura

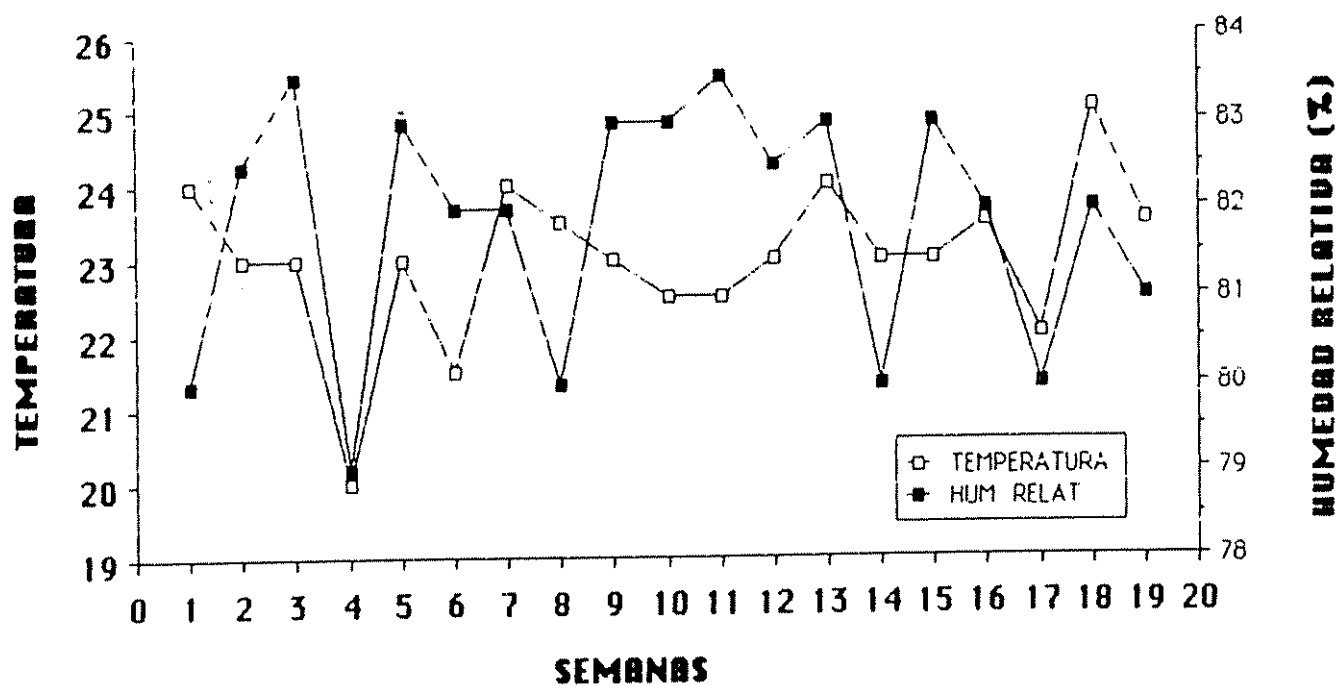


Figura 3. Fluctuación de los promedios de temperatura y humedad relativa durante el periodo experimental. Invernadero Palmira, 1986-1987.

media fue de $23,9 \pm 2,5$ °C y la humedad relativa promedio de $85,8 \pm 6,1$ por ciento.

3.2.3. Gramíneas utilizadas.

Para la selección de los pastos a utilizar, fueron analizados los datos sobre infestación por cercópodos en *Brachiaria* spp. de los ensayos regionales de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Se escogieron especies y/o ecotipos que presentaron infestaciones relativas altas, medias y bajas en varios ecosistemas de la América tropical.

El material seleccionado fue el siguiente:

Brachiaria decumbens CIAT 606 cv. Basilisk
Brachiaria decumbens CIAT 6132
Brachiaria ruziziensis CIAT 6419
Brachiaria ruziziensis CIAT 654
Brachiaria humidicola CIAT 6369
Brachiaria humidicola CIAT 675
Brachiaria humidicola CIAT 6705
Brachiaria humidicola CIAT 6707
Brachiaria brizantha CIAT 665
Brachiaria brizantha CIAT 6294 cv. Marandú
Brachiaria dictyoneura CIAT 6133
Andropogon gayanus CIAT 621 cv. Carimagua 1
Digitaria decumbens cv. Pangola

Se incluyeron los pastos *A. gayanus* como testigo resistente y *D. decumbens* como testigo susceptible, además del *B. decumbens* 606 utilizado en escala comercial en América Tropical.

3.2.4. Propagación.

La siembra fue realizada con material vegetativo (porciones de tallos enraizados), obtenido de parcelas de evaluación en el CIAT-Palmira. En primer término, fueron sembrados en potes de cartón ("jiffy pots") de 7.6 x 7.6 centímetros. Dichos potes no interfirieron con el enraizamiento de la planta y permitieron un manejo más fácil del material. Una vez que las plantas rebrotaron (5 semanas), fueron transplantadas a macetas con capacidad de dos kilogramos de suelo. Dos semanas después, las plantas estaban en condiciones de ser infestadas.

3.2.5. Suelo.

El suelo utilizado fue un Ultisol procedente de la Estación Experimental CIAT-Quilichao (Cauca, Colombia). Sus características químicas fueron analizadas en los laboratorios del Centro Internacional de Agricultura Tropical y fueron las siguientes:

pH = 4.8, m.o = 5.6%, P = 2.1 mg kg⁻¹, K = 0.36 cmol (+) kg⁻¹, Na = 0.2 cmol (+) kg⁻¹, Ca = 4.0 cmol (+) kg⁻¹, Mg = 2.0 cmol (+) kg⁻¹, CIC = 17 cmol (+) kg⁻¹.

El suelo fue esterilizado con vapor de agua con una bomba de marca Linding a una temperatura de 80°C por un lapso de hora y media.

La fertilización de establecimiento fue de 100-50-50 kg ha⁻¹ según la recomendación de Toledo y Schultze-Kraft (1982). La fuente empleada fue un fertilizante comercial de fórmula 15-15-15 aplicado al momento de la siembra en una cantidad de 50-50-50 kg ha⁻¹. Al mes de la siembra, se aplicaron 50 kg ha⁻¹ de nitrógeno en forma de urea disuelta en agua.

3.2.6. Cercópidos.

La especie de cercópido utilizada en la investigación fue *Zulia colombiana* (Lallemand), plaga de pasturas en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Antioquia en la República de Colombia. Los huevos utilizados para la infestación provinieron de una cría masiva que se realiza la sección de entomología del Programa de Pastos Tropicales del CIAT. Se utilizaron adultos capturados en la localidad de Santander de Quilichao (Cauca, Colombia), que fueron confinados en jaulas de oviposición.

3.2.7. Infestación.

En estudios realizados por el Programa de Pastos Tropicales del CIAT, se verificó la alta mortalidad (especialmente de ninfas de primer instar) en infestaciones artificiales de invernadero. Esa situación se atribuyó a las inadecuadas condiciones de humedad, temperatura y posiblemente luz prevalentes en las condiciones de los ensayos. Por otra parte, bajo esas condiciones, las ninfas aparentemente no contaban con suficientes sitios de alimentación y se enterraban en el suelo buscando raíces. Todo ello condujo a pensar que debían darse, en esos trabajos de invernadero, condiciones microambientales similares a las del campo. Se observó que al colocar una lámina de papel de aluminio sobre la maceta, se promovió la proliferación de raicillas secundarias, una mayor conservación de la humedad relativa y una reducción de la luminosidad. De esa manera, se creó un microclima similar al de las cercanías al suelo en una pradera y se aseguraron sitios de alimentación (raicillas) para las ninfas de primer instar.

Cabe destacar que al colocar la lámina de aluminio descrita, se eliminaron las diferencias (en el microclima de la región cercana al suelo) que en el campo existen entre especies de hábito de crecimiento erecto y decumbente.

La infestación fue realizada con huevos próximos a eclosionar. Para la obtención de los mismos, se utilizó la jaula de oviposición descrita por Sotelo y Arango (1986), cuyo sustrato de oviposición fue barro finamente tamizado. Los huevos fueron extraídos del barro por filtrado y flotación en una solución saturada de cloruro de sodio (30 por ciento). Fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 0.5 por ciento e incubados a temperatura ambiente por doce días. Los huevos próximos a eclosionar se colocaron en un papel filtro y en número de treinta fueron ubicados en cada una de las macetas. El papel filtro fue humedecido frecuentemente hasta el tercer día después de la infestación, cuando fueron sacados los coriones y los huevos no eclosionados. El número medio de ninfas iniciales por maceta en cada gramínea se muestra en el Cuadro 1. Diariamente y hasta la emergencia de los adultos, se hicieron lecturas sobre mortalidad de las ninfas, cambios de instar y otras observaciones, según el formato del Cuadro 1A. Cuando las ninfas alcanzaron el quinto instar, se retiraron las capuchas de papel aluminio y se colocaron otras de malla milimétrica, sostenidas por un marco metálico. Los adultos emergidos, fueron retirados diariamente, determinado su sexo, matados por frío en una nevera, secados en un horno a 50°C de temperatura y pesados en una balanza analítica.

La infestación fue realizada en dos fechas, debido a que el gran número de huevos que se necesitaban (4.300), no permitió una infestación única. La primera infestación se realizó el 26 de septiembre de 1986 y la segunda el 19 de octubre del mismo año.

3.2.8. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de bloque completos al azar. Como criterio para la separación de bloques fue utilizada la fecha de infestación. Dentro el primer bloque se tuvieron tres repeticiones y dentro el segundo ocho repeticiones, con un total de once repeticiones. El modelo asociado al diseño empleado fue el siguiente:

$$Y_{i,j,k} = \mu + B_i + T_j + \epsilon_{i,j,k} + \delta_{i,j,k} \text{ donde,}$$

$Y_{i,j,k}$ = Variable de respuesta para el tratamiento j en la repetición i

μ = media general

B_i = efecto del i-ésimo bloque

T_j = efecto del j-ésimo tratamiento (gramínea)

$\epsilon_{i,j,k}$ = error aleatorio

$\delta_{i,j,k}$ = error de muestreo, plantas de cada accesión dentro de bloques.

Las variables de respuesta fueron: duración del estado ninfal, supervivencia de ninfas y peso seco de adultos hembras.

Cuadro 1. Número medio de ninfas por gramínea al iniciarse el experimento. Palmira, 1986.

Especie, accesión	Número medio de ninfas
<i>B.humidicola</i> 6707	13,18 ± 4,53
<i>B.dictyoneura</i> 6133	12,81 ± 5,67
<i>B.decumbens</i> 6132	12,72 ± 4,43
<i>B.humidicola</i> 6705	12,54 ± 4,20
<i>B.humidicola</i> 675	11,81 ± 4,62
<i>B.ruziziensis</i> 654	11,36 ± 3,35
<i>B.humidicola</i> 6369	11,09 ± 4,89
<i>B.brizantha</i> 665	10,72 ± 2,93
<i>D.decumbens</i> PANG.	10,72 ± 3,79
<i>B.ruziziensis</i> 6419	10,72 ± 3,58
<i>A.gyanus</i> 621	9,72 ± 3,41
<i>B.decumbens</i> 606	9,63 ± 2,42
<i>B.brizantha</i> 6294	9,54 ± 2,76

El análisis de varianza se efectuó siguiendo el procedimiento GLM del paquete de análisis estadístico SAS (1985). Se utilizó la prueba de ámbitos múltiples de Duncan (1955) para verificar diferencias estadísticas significativas entre las medias.

Para el análisis de la supervivencia ninfal se utilizaron transformaciones logarítmicas $(x+1)$ (Bartlett 1947). El análisis de varianza para las variables estudiadas se presenta en los Cuadros 2A, 3A y 4A.

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Duración del estado ninfal.

El desarrollo de las ninfas en *B. brizantha* 6294 fue más lento ($P \leq 0,05$) que en las demás gramíneas en estudio, con una duración de $58,3 \pm 6,9$ días (Cuadro 2). La menor duración del estado ninfal fue encontrada en *B. dictyoneura* 6133. Las ninfas alcanzaron el estado adulto en $44,2 \pm 3,4$ días, período que difirió significativamente ($P \leq 0,05$) al encontrado para *B. brizantha* 6294 y el testigo susceptible *B. decumbens* 606. El pasto *A. gayanus* 621 fue un buen hospedero para las ninfas de *Z. colombiana*. Esos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Nilakhe et al. (1985) en Brasil. Ellos estudiaron bajo condiciones controladas el desarrollo de ninfas de *Z. entreriana* en *A. gayanus* 621, *B. decumbens* 606 y *B. humidicola*. En uno de

sus estudios encontraron que la duración del estado ninfal en *A. gayanus* fue significativamente menor que en *B. decumbens* 606 y que en *B. humidicola*, mientras que en otro estudio no encontraron diferencias significativas. Sin embargo, Cosenza (1982) menciona que, en *A. gayanus*, las ninfas de *Deois flavopicta* desarrollaron más lentamente que en *B. decumbens* o *B. humidicola*.

En un estudio realizado en el CIAT (1985), se encontró que el desarrollo de las ninfas de *Z. colombiana* fue más lento en *B. dictyoneura* 6133 que en *B. brizantha* 6294, aunque no se indicó si existieron diferencias significativas. Posiblemente, las diferencias entre ese estudio y el presente, se deban principalmente a la metodología utilizada para la cría de las ninfas. En contraste con el presente estudio, en la investigación mencionada no se utilizaron capuchas de aluminio para cubrir los potes. Los resultados encontrados (CIAT 1985), seguramente fueron influenciados por algunas condiciones abióticas, muy posiblemente la humedad relativa. Se supone que en la presente investigación, las diferencias en el desarrollo de las ninfas estuvieron más relacionadas con el efecto del sustrato de alimentación (gramíneas). Aparentemente, las condiciones microclimáticas y la disponibilidad de sitios de alimentación para ninfas de primeros instares

Cuadro 2. Duración del estado ninfal de *Z. colombiana* en trece gramíneas forrajeras tropicales. Palmira, 1986.

ESPECIE	ACCESION	DURACION (días)*	D.S.	N
<i>B.brizantha</i>	6294	58,3 a	6,9	51
<i>B.decumbens</i>	606	51,6 b	6,9	67
<i>B.humidicola</i>	6369	48,7 bc	6,2	111
<i>B.humidicola</i>	6705	48,6 bc	4,5	133
<i>D.decumbens</i>	PANG	48,6 bc	5,3	106
<i>B.brizantha</i>	665	48,2 bc	3,5	103
<i>B.ruziziensis</i>	6419	46,7 bc	4,5	89
<i>B.decumbens</i>	6132	46,6 bc	4,2	122
<i>B.humidicola</i>	6707	46,3 bc	4,0	140
<i>A.gayanus</i>	621	46,1 bc	4,4	93
<i>B.ruziziensis</i>	654	45,9 bc	3,4	114
<i>B.humidicola</i>	675	45,9 bc	4,3	125
<i>B.dictyonera</i>	6133	44,2 c	3,4	135

* Promedios seguidos por la misma letra, no difieren entre sí ($P \leq 0,05$) según la prueba de Duncan.

D.S.= Desviación estándar de la media.

N = Número de insectos adultos emergidos.

(raicillas) fueron óptimas para el desarrollo de los insectos.

3.3.2. Duración por instar.

Una comparación entre la duración de cada instar en las gramíneas en estudio se presenta en el Cuadro 3. Para todas las accesiones, el instar que transcurrió en menor tiempo fue el primero y el que más duró fue el quinto. Ello coincide con los resultados de Arango y Calderón (1981) en *B. decumbens* 606 para la misma especie de cercópido.

Las ninfas en *B. brizantha* 6294 tuvieron un desarrollo más lento en todos los instares, excepto en el quinto. En el primer instar, el tiempo de desarrollo en *B. brizantha* 6294 no fue distinto al de las ninfas en *B. decumbens* 606 y *B. humidicola* 6369, pero difirió respecto a las demás gramíneas (Cuadro 3). En el segundo instar, no se presentaron diferencias entre las accesiones ($P \leq 0,05$). Las diferencias en duración ($P \leq 0,05$) fueron más marcadas en el tercer instar; las ninfas en *B. brizantha* 6294 desarrollaron más tardíamente que en las demás gramíneas. Para ese instar, la especie en que las ninfas desarrollaron en menor tiempo fue *D. decumbens* "Pangola".

En en el cuarto y quinto instares, la duración fue similar en todas las accesiones (Cuadro 3). Comparativamente, en el quinto instar, el desarrollo de las ninfas

Cuadro 3. Duración de los instares de *Z. colombiana* en varias gramíneas forrajeras en el invernadero. Palmira, 1986.

<u>Duración (días) de los instares</u>					
Especie, accesión	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto
<i>B.brizantha</i> 6294	7,8a*	10,2a	13,0a	11,2a	14,4ab
<i>B.decumbens</i> 606	6,9ab	8,5a	10,4b	8,8ab	14,7ab
<i>B.humidicola</i> 6369	6,2abc	9,2a	8,5bc	8,3ab	14,5ab
<i>B.humidicola</i> 6707	5,7bcd	7,8a	8,1c	6,6b	15,9ab
<i>B.ruziziensis</i> 654	5,5bcd	8,2a	8,7bc	8,9ab	12,9b
<i>D.decumbens</i> PANG.	5,5bcd	7,8a	7,9c	9,5ab	16,0ab
<i>B.humidicola</i> 675	5,5bcd	7,5a	8,9bc	7,3b	14,8ab
<i>B.brizantha</i> 665	5,2bcd	7,5a	9,5bc	7,9b	15,3
<i>A.gyanus</i> 621	5,0cd	7,5a	9,1bc	8,5ab	13,8ab
<i>B.decumbens</i> 6132	5,0cd	8,2a	8,8bc	8,1b	14,5ab
<i>B.humidicola</i> 6705	4,8cd	9,2a	8,1c	7,5b	16,9a
<i>B.ruziziensis</i> 6419	4,8cd	8,4a	8,5bc	8,8ab	14,1ab
<i>B.dictyoneura</i> 6133	4,3d	7,3a	9,4bc	7,0b	14,5ab

* Promedios dentro de columnas, seguidos por la misma letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$) según la prueba de Duncan.

en *B. brizantha* 6294, fue más rápido que en los demás instares. En general, se verificó un desarrollo más rápido de las ninfas en *B. dictyoneura* 6133 principalmente en el primero, segundo y cuarto instares, lo que coincide con lo encontrado para la duración total del estado ninfal.

3.3.3. Supervivencia de las ninfas hasta el estado adulto.

Respecto a las demás gramíneas, la menor supervivencia ninfal ($47,3 \pm 25,2$ por ciento) se encontró en *B. brizantha* 6294 (Cuadro 4). Ese porcentaje no fue distinto a la supervivencia en *B. decumbens* 606 ($63,8 \pm 29,8$ por ciento). La mayor supervivencia ninfal se encontró en *B. humidicola* 6707 ($96,0 \pm 9,5$ por ciento) y *B. dictyoneura* 6133 ($95,7 \pm 7,5$ por ciento). Esos porcentajes no fueron distintos ($P \leq 0,05$) a los encontrados en *B. humidicola* 6705, 675 y 6369; *B. brizantha* 665; *D. decumbens* cv. Pangola; *A. gayanus* 621; *B. ruziziensis* 654 y 6419 y *B. decumbens* 6132. Los ecotipos 654 y 6419 tuvieron una supervivencia similar a la de *B. decumbens* 606.

La baja supervivencia de ninfas en *B. brizantha* cv. Marandu también fue encontrada por Nunes et al. (1984) y Nilakhe et al. (1985) con ninfas de *Z. entreriana* en Brasil.

LLama la atención la alta supervivencia de las ninfas en *A. gayanus* 621 ($86,6 \pm 23,5$ por ciento). Varias

publicaciones informaron la presencia de antibiosis en esa gramínea (Cosenza, 1981, CIAT, 1982, Lenné y Calderón 1987). Cosenza (1981) encontró una gran mortandad de ninfas de *Deois flavopicta* en *A. gayanus* (90 por ciento), en comparación con la mortalidad encontrada en *Brachiaria* spp. que fue de un 20 por ciento. Lenné y Calderón (1987) sugirieron que la presencia de catequinas, glucósidos cianbgénicos y otras sustancias detectadas en *A. gayanus* 621, podrían conferir a esa gramínea, propiedades antibióticas hacia los cercópodos.

Nilakhe et al. (1985) encontraron que la mortalidad de ninfas de *Z. entreriana* fue mayor en *A. gayanus* 621 que en *B. decumbens* 606, *B. humidicola* y *B. ruziziensis*. Sin embargo, en otros estudios realizados por esos autores, no se presentaron diferencias significativas en mortalidad ninfal entre esas gramíneas. Los resultados encontrados en el presente estudio, indican que cuando se proporcionaba a las ninfas condiciones aparentemente óptimas de humedad relativa y temperatura y disponibilidad de sitios de alimentación (raíces), las ninfas en *A. gayanus* 621, desarrollaron más rápidamente que en muchas gramíneas y su supervivencia fue alta. En condiciones de campo, esa gramínea es una especie resistente a salivazo, pero posiblemente, esa característica no tenga bases químicas de antibiosis. *Andropogon gayanus* 621 es una gramínea de

Cuadro 4. Supervivencia hasta adultos de ninfas de *Z. colombiana* en distintas gramíneas forrajeras tropicales. Invernadero Palmira, 1986.

ESPECIE	ACCESION	SUPERVIVENCIA (%)*	D.S.	N
<i>B.humidicola</i>	6707	95,9	a	9,5 145
<i>B.dictyoneura</i>	6133	95,7	a	7,5 141
<i>B.humidicola</i>	6705	94,0	a	11,3 138
<i>B.brizantha</i>	665	93,6	a	8,7 118
<i>B.humidicola</i>	675	92,9	a	15,3 130
<i>B.humidicola</i>	6369	88,3	a	24,9 122
<i>D.decumbens</i>	PANG	87,6	a	20,1 118
<i>B.ruziziensis</i>	654	87,1	a	21,9 125
<i>A.gayanus</i>	621	86,6	a	23,5 107
<i>B.decumbens</i>	6132	83,0	ab	27,3 140
<i>B.ruziziensis</i>	6419	74,5	ab	27,9 118
<i>B.decumbens</i>	606	63,7	bc	29,8 106
<i>B.brizantha</i>	6294	47,3	c	25,2 105

Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre sí según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

D.S.= Desviación estándar de la media

N= Numero inicial de ninfas

crecimiento erecto y desarrolla densas macollas, que aparentemente no fomentan condiciones microclimáticas apropiadas para el desarrollo de las ninfas en el campo, como ya lo manifestaron Calderón y Varela (1982). Por otra parte, la pilosidad de los tallos (Cosenza 1982), la dureza de los mismos (Quintero de la Pava 1982) posiblemente actúan como disuasivos en el campo.

Los resultados de la presente investigación, sugieren que el hábito de crecimiento, por su probable efecto sobre las condiciones microclimáticas en las cercanías al suelo en una pradera, puede ser una importante característica de selección en la colección de *Brachiaria* spp. del CIAT.

También llama la atención la baja supervivencia encontrada en *B. decumbens* 606, que fue de un 63,75 por ciento. Esos resultados se pueden atribuir a una alta susceptibilidad a la infestación por ninfas en esa gramínea. Se observó un notorio deterioro de las plantas (clorosis) de esa accesión a través del período de infestación. Posiblemente las plantas no pudieron tolerar una "carga" de ninfas de mayor edad. La mortalidad en ese caso, no se pudo atribuir a un efecto antibiótico, sino a que las plantas debilitadas aparentemente no fueron hospedantes apropiados para las ninfas. Una situación similar informaron Hewitt y Nilakhe (1986) en Brasil. Encontraron una alta mortalidad en ninfas de *Z. entreriana*

en *B. decumbens*, que fueron incapaces de soportar una carga de ninfas de segundo instar.

En relación al comportamiento de las ninfas en las diferentes gramíneas, las ninfas en *B. brizantha* 6294 se mostraban muy intranquilas y cambiaban frecuentemente de sitios de alimentación. Ello fue comprobado por las "huellas" de espuma que dejaban en el suelo de los potes. Muchas de las ninfas morían imposibilitadas de desprenderse de sus exuvias en un cambio de instar y más frecuentemente en el momento de pasar al estado adulto. Por otra parte, la espuma que las recubría era escasa, contrariamente a lo que ocurría en las ninfas de los demás ecotipos, inclusive en *B. decumbens* 606.

En *A. gayanus* se observó que las ninfas no cambiaban de sitios de alimentación; la espuma que las recubría era abundante y consistente.

3.3.4. Supervivencia por instar.

La supervivencia de las ninfas de primer instar fue alta en todas las gramíneas (Cuadro 5) lo que no coincide con otros estudios similares (Magalhaes 1982, Barrientos 1984, Nilakhe et al. 1985) donde se encontró una gran mortalidad. Hewit y Nilakhe (1986) mencionaron que una fase crítica para la supervivencia de los cercópodos es el primer instar, especialmente antes de que las ninfas se

recubran de espuma, periodo en el cual son muy sensibles a la deshidratación (Calderón y Varela 1982). La baja mortalidad para el primer instar encontrada en el presente trabajo, sugiere que la metodología empleada para la cría de las ninfas es buena y que con ella se reduce la mortalidad debida a factores abióticos (e.g. humedad relativa). Por consiguiente, se puede detectar con mayor seguridad el efecto intrínseco del sustrato alimenticio sobre el desarrollo de los insectos.

La supervivencia en el segundo instar también fue alta (Cuadro 5). No se presentaron diferencias significativas entre las gramíneas. La mayor mortalidad en *B. brizantha* 6294 y *B. decumbens* 606 se presentó en el tercero, cuarto y quinto instares.

Como se discutió anteriormente, la mortalidad de las ninfas en *B. decumbens* 606 fue debida a la incapacidad de las plantas para tolerar la infestación, lo que se manifestó en su gradual deterioro e imposibilidad de sostener la población experimental de insectos.

3.3.5. Peso seco de hembras adultas.

Las hembras de menor peso ($11,5 \pm 1,6$ mg) emergieron en *B. brizantha* 6294 cv Marandú (Cuadro 6). Las hembras más pesadas ($15,2 \pm 1,5$ mg) se encontraron en *B. ruziziensis* 6419. Un estudio similar fue realizado en Colombia (CIAT

1985), donde no fueron encontradas diferencias marcadas en el peso de adultos de *Z. colombiana* en *B. brizantha* 6294, *B. dictyoneura* 6133 y *B. humidicola* 6707. En todas las gramíneas, emergieron adultos mucho menos pesados en comparación con el presente trabajo. Esas diferencias pueden reforzar lo discutido anteriormente sobre la influencia del método de cría de las ninfas.

En muchos insectos, existe una estrecha relación entre el peso de las hembras y su fecundidad (Hinton 1981). Por consiguiente, se puede esperar una menor fecundidad en las hembras menos pesadas. Eso es particularmente interesante en el cultivar Marandú (6294), gramínea donde se presentó alta mortalidad ninfal y bajo peso de hembras. En ese caso, las poblaciones de salivazo en ese pasto, se mantendrían en niveles muy bajos. Por otra parte, el desarrollo más lento de las ninfas en esa gramínea, podría reducir el número de generaciones en el año.

3.3.6. Relaciones entre variables.

Se encontró una relación altamente significativa ($P \leq 0,01$) entre la duración del estado ninfal y la supervivencia de las ninfas ($r=0,84$) y entre el peso seco de las hembras y la duración del estado ninfal ($r=0,82$). La relación entre peso de las hembras adultas y la supervivencia ninfal no fue significativa ($r=0,57$ $P \leq 0,05$).

Cuadro 5. Supervivencia por instar de ninfas de *Z. colombiana* en varias gramíneas forrajeras tropicales. Palmira, 1986.

Supervivencia (%) en los instares ninfales						
Especie, accesión	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	
<i>B. dictyoneura</i> 6133	100,0a*	100,0a	100,0a	95,7a	100,0a	
<i>B. ruziziensis</i> 6419	100,0a	96,1a	90,2a	84,7ab	100,0a	
<i>B. decumbens</i> 6132	100,0a	97,4a	91,1a	90,3ab	91,6a	
<i>B. ruziziensis</i> 654	100,0a	95,8a	94,9a	97,6a	91,4ab	
<i>B. humidicola</i> 675	100,0a	100,0a	95,9a	96,9ab	99,2a	
<i>B. humidicola</i> 6707	99,4a	99,3a	100,0a	97,3ab	100,0a	
<i>B. decumbens</i> 606	97,4a	96,4a	89,1a	77,0ab	100,0a	
<i>B. humidicola</i> 6705	96,9a	100,0a	97,6a	99,4a	100,0a	
<i>D. decumbens</i> PANG.	96,4a	98,5a	97,4a	95,7ab	100,0a	
<i>A. gayanus</i> 621	96,4a	100,0a	100,0a	96,2ab	90,2ab	
<i>B. brizantha</i> 665	94,8a	92,8a	90,2a	97,8a	97,6a	
<i>B. humidicola</i> 6369	93,9a	84,8a	100,0a	100,0a	100,0a	
<i>B. brizantha</i> 6294	91,8a	93,9a	78,2a	75,0b	83,5b	

*Promedios dentro las columnas, seguidos por la misma letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$) según la prueba de Duncan.

Cuadro 6. Peso seco (mg) de hembras adultas de *Z. colombiana* emergidas en varias gramíneas forrajeras tropicales. Palmira, 1986.

ESPECIE	ACCESION	PESO SECO (mg)		D.S.**	N***
<i>B. ruziziensis</i>	6419	15,2	a*	1,5	42
<i>B. dictyoneura</i>	6133	14,9	ab	1,3	73
<i>B. humidicola</i>	6707	14,5	abc	1,7	68
<i>B. humidicola</i>	675	14,2	abc	1,7	69
<i>B. ruziziensis</i>	654	14,0	abc	2,1	45
<i>A. gayanus</i>	621	13,9	abc	2,3	48
<i>B. humidicola</i>	6369	13,8	abc	1,2	59
<i>B. decumbens</i>	6132	13,4	abc	2,0	61
<i>D. decumbens</i>	PANG	13,2	bcd	1,3	48
<i>B. decumbens</i>	606	12,9	cd	1,9	25
<i>B. humidicola</i>	6705	12,8	cd	2,2	65
<i>B. brizantha</i>	665	12,6	cd	1,8	46
<i>B. brizantha</i>	6294	11,5	d	1,6	24

* Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$) según la prueba de Duncan.

** Desviación estándar de la media.

*** Numero de insectos.

Las relaciones que se encontraron entre las variables muestran que hubo consistencia en el efecto del sustrato alimenticio sobre las variables medidas. Sugieren además, que sólo podría medirse la variable duración del estado ninfal a efectos de una selección de germoplasma. Ello debido a que con esa variable se podrían estimar la sobrevivencia y el peso seco de hembras. Sin embargo, es importante el conocimiento detallado de la mortalidad y el momento en que ésta acontece. También es necesario cuantificar el peso de las hembras puesto que estaría relacionado con la fecundidad de los insectos.

3.4. Conclusiones.

1. Se evidenció un efecto antibiótico de *B. brizantha* 6294 sobre las ninfas de *Z. colombiana*. En esa gramínea las ninfas presentaron una alta mortalidad, un desarrollo más lento y las hembras adultas un peso bajo. Esto último podría estar relacionado con una reducida fecundidad.
2. *B. decumbens* 606 se mostó susceptible a la infestación por ninfas. La relativa alta mortalidad de las ninfas en ese pasto se atribuyó al paulatino deterioro de las plantas durante el periodo de infestación.
3. El pasto *A. gayanus* 621 bajo las condiciones de este estudio fue un buen hospedero para las ninfas de *Z. colombiana*. Ese comportamiento se asoció a las

aparentemente óptimas condiciones de humedad, temperatura y luminosidad donde se criaron las ninfas y además a la disponibilidad de sitios de alimentación (raíces). La resistencia de este pasto en condiciones de campo no puede atribuirse a un efecto antibiótico, por lo menos con base bioquímica, y podría relacionarse más bien con aspectos morfológicos y estructuras de la planta.

4. Las accesiones de *B. humidicola*, *B. dictyoneura*, *B. ruzizensis*, *B. decumbens* 6132, *B. brizantha* 665 y *D. decumbens* fueron buenos hospederos para las ninfas de *Z. colombiana*.

5. Para todas las gramíneas se encontró una alta supervivencia de las ninfas en el primer instar. Ello es una buena indicación de que la metodología empleada es apropiada para este tipo de estudios.

3.5. Recomendaciones.

Resultaría conveniente realizar las infestaciones con ninfas de primer instar. ello facilitaría el control de las poblaciones iniciales para las evaluaciones.

Se sugiere infestar plántulas de *Brachiaria* spp. recién germinadas con huevos próximos a eclosionar. Una vez que las ninfas nacidas se hayan cubierto de espuma, se

cortarían los trocitos de raíz donde las ninfas están fijadas, para colocarlos en los potes.

Es importante cuantificar la duración del ciclo ninfal, la supervivencia de las ninfas y el peso de las hembras adultas. Son características que reflejan el efecto del sustrato alimenticio sobre el desarrollo de las ninfas y son buenos indicadores de antibiosis.

Se debe utilizar un nivel de fertilización igual en todos los ensayos y realizar observaciones sobre el estado general de la planta (clorosis, marchitez, etc.) asimismo, se deben utilizar plantas de igual edad.

CAPITULO IV

ESTUDIO DE ANTIXENOSIS

4.1. Introducción.

Los insectos fitófagos se dividen en tres categorías según la especificidad de su ámbito de planta hospedante. Monófagas, son las especies que utilizan sólo una especie vegetal o, a lo sumo, unas cuantas especies muy emparentadas. Las especies oligófagas se alimentan de especies que pertenecen a una familia o a familias muy emparentadas. Polífagas, son aquellas especies que utilizan hospederos pertenecientes a más de un orden botánico (Beck y Schoonhoven 1984).

En relación a la planta hay muchos factores que influyen o permiten respuestas inmediatas en la conducta de los insectos. Dethier et al. (1960) y Dethier (1970) detallaron algunos compuestos químicos envueltos en esos fenómenos. Los atrayentes son químicos que causan que los insectos orienten sus movimientos hacia la planta. Los agregantes son químicos que causan agregación. Los estimulantes incitan la alimentación (fagoestimulantes),

oviposición, etc. Los repelentes hacen que los insectos orienten sus movimientos fuera de la fuente de alimentación. Esas sustancias químicas son de diversa constitución e incluyen glicósidos, ácidos, carbonilos, fosfolípidos, etc. (Hedin *et al.* 1977).

La selección del hospedante en insectos fitófagos depende de una secuencia de respuestas a la presencia o ausencia de estímulos asociados con las plantas hospedantes o no hospedantes. Los insectos poseen receptores sensoriales que permiten percibir esos estímulos (Visser 1986). La selección de una planta hospedera apropiada es ampliamente atribuida a la habilidad del insecto para distinguir la diferencia química entre el hospedero y no hospedero (Bordner *et al.* 1983). También pueden usar información visual para localizar hospedantes potenciales (Prokopy y Owens, 1983). La planta hospedante no sólo proporciona alimento al insecto, sino también, abrigo y protección. Por tanto, sus condiciones fenotípicas son de gran importancia para el insecto (Beck y Schoonhoven 1984). Según Hedin *et al.* (1977), la morfología de la especie hospedante puede afectar la nutrición del insecto en las siguientes vías: a) puede limitar la cantidad de alimento debido a la textura, forma, color o puede reducir la cantidad de nutrimentos ingeridos; b) puede limitar la digestibilidad y utilización del alimento por el insecto.

Según Renwick (1983) en la selección de una planta hospedera inciden varios factores positivos (estímulos físicos, atractivos, estimulantes) y negativos (barreras físicas, repelentes, disuasivos). Una vez localizado por el insecto, la utilización del hospedante depende de la factibilidad de extracción de nutrimentos, lo cual es una función de la dureza de los tejidos y su contenido de agua, los tipos y cantidades de químicos defensivos y/o estructuras defensivas y los tipos y concentraciones de nutrimentos (Dethier 1970).

4.2. Materiales y métodos.

4.2.1. Localización.

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de la sede principal del Centro Internacional de Agricultura Tropical, en Palmira, Colombia. Su ubicación corresponde a 3° 31' de latitud Norte y a 76° 18' de longitud Oeste, a una altura sobre el mar de 1.001 m (CIAT 1976). El periodo experimental transcurrió entre diciembre de 1986 y febrero de 1987.

4.2.2. Condiciones ambientales.

La temperatura media en el invernadero fue de 23.5 ± 1.2 °C y la humedad relativa promedio de 82.0 ± 1.3 por ciento.

Las fluctuaciones semanales de la humedad relativa y la temperatura media se muestran en la Figura 4.

4.2.3. Gramíneas utilizadas.

Las gramíneas forrajeras, fueron recolectadas de parcelas de evaluación en la sub-estación de Santander de Quilichao y fueron las siguientes:

Brachiaria decumbens CIAT 606 cv. Basilisk

Brachiaria decumbens CIAT 6132

Brachiaria ruziziensis CIAT 6419

Brachiaria ruziziensis CIAT 654

Brachiaria humidicola CIAT 6369

Brachiaria humidicola CIAT 675

Brachiaria humidicola CIAT 6705

Brachiaria humidicola CIAT 6707

Brachiaria brizantha CIAT 665

Brachiaria brizantha CIAT 6294 cv. Marandú

Brachiaria dictyoneura CIAT 6133

Andropogon gayanus CIAT 621 cv. Carimagua 1

Tres semanas antes de recolectar el material, los pastos se cortaron a 20 cm y se fertilizaron con urea a una dosis de 100 kg de nitrógeno ha⁻¹.

Para reproducir en lo posible las condiciones de campo, con ayuda de una pala, fueron extraídas porciones de

pradera (pasto, mantillo y suelo) que se sembraron en el invernadero en potes de 3 kg de suelo de capacidad.

4.2.4. Infestación.

El experimento se llevó a cabo en condiciones de libre selección de los insectos por las gramíneas utilizadas. Para la infestación se utilizaron adultos de *Z. colombiana* recolectados de potreros de *Brachiaria* spp. en la subestación experimental del CIAT en Santander de Quilichao (Cauca). Doscientos de ellos (50% machos y 50% hembras) fueron confinados en jaulas de 115 cm de ancho, 79 cm de profundidad y 108 cm de alto cubiertas con malla milimétrica, donde se dispusieron al azar las gramíneas en estudio. El período de infestación fue de diez días.

4.2.5. Variables medidas.

4.2.5.1. Densidad de raíces superficiales.

Al momento de la recolección de los pastos en el campo, se tomaron cinco muestras al azar para cuantificar la densidad de raíces superficiales en cada una de las parcelas. Para el efecto, se utilizaron cilindros plásticos de 33,6 cm³ de volumen que fueron introducidos al suelo, hasta los 2 cm de profundidad, con un mazo de madera. El suelo y las raíces contenidas en el cilindro se colectaron en bolsas plásticas y se secaron en una estufa. Las raíces

se separaron del suelo por tamizado. Se calculó la densidad de raíces (g/cm^3) relacionando el peso seco de las raíces con el volúmen del cilindro.

4.2.5.2. Preferencia de oviposición.

Como criterio de preferencia de oviposición se contaron las ninfas que aparecían en las macetas. Esas lecturas se llevaron a cabo a los 21, 25, 35, 51 y 65 días después de terminada la infestación. Al realizarse los conteos, las ninfas eran retiradas de los potes.

4.2.5.3. Número de adultos.

Se hicieron observaciones diarias (8:00 y 12:00 hr) sobre el número de adultos alimentándose en cada una de las gramíneas. Las lecturas fueron realizadas tratando de no perturbar a los insectos.

4.2.5.4. Daño.

Se tomaron diariamente lecturas del daño producido por los insectos adultos, según la escala propuesta por Calderón (1982):

1 - sin daño	0% de área foliar afectada
2 - daño leve	20-40% de área foliar afectada
3 - daño moderado	40-60% de área foliar afectada

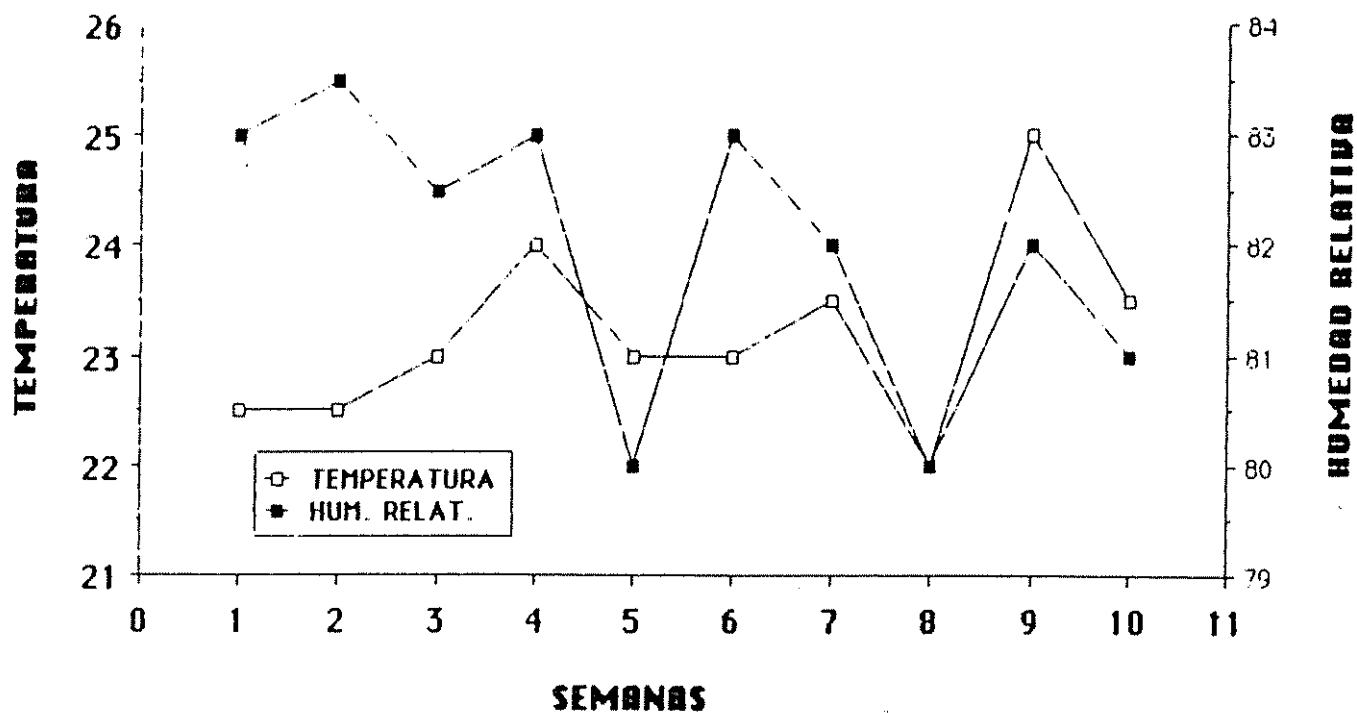


Figura 4. Promedios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%) durante el periodo experimental. Invernadero, Palmira, 1986.

- 4 - daño severo 60-80% de área foliar afectada
 5 - planta muerta 100% de área foliar afectada

4.2.5.5. Biomasa.

Después de la infestación se cortaron los pastos desde la base. Se pesó el follaje cortado y se lo secó en una estufa a 65°C por 48 hr; luego se cuantificó su biomasa en base seca.

4.2.5.6. Cuantificación del mantillo.

Después de terminar los conteos de ninfas, se procedió a coleccionar y pesar el mantillo en cada una de las macetas. Ese material estaba compuesto principalmente por material vegetal muerto (hojas y tallos).

4.2.6. Diseño experimental y análisis estadístico.

Se empleó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Cada repetición la constituía una jaula con las gramíneas. El modelo asociado al diseño empleado fue el siguiente:

$$Y_{i,j} = \mu + T_i + E_{i,j}$$

donde,

$Y_{i,j}$ = Variable de respuesta para el tratamiento i en la repetición j

μ = media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento (gramínea)

E_{ij} = error aleatorio

La variable de respuesta estudiada fue el número de ninfas por ecotipo como criterio de preferencia.

Para el análisis de varianza para el número de ninfas y adultos, se realizaron transformaciones logarítmicas $(x+1)$ (Bartlett 1947) (Cuadros 5A y 6A). Para el análisis de varianza, se utilizó el análisis GLM del programa SAS (1985). Para la comparación de medias fue utilizada la prueba de ámbitos múltiples de Duncan (1955).

Se realizaron regresiones y correlaciones con el objeto de cuantificar las relaciones de la preferencia de oviposición y las variables independientes medidas (densidad de raíces, mantillo, número de adultos y biomasa) .

4.3. Resultados y discusión.

4.3.1. Preferencia de oviposición.

La especie más preferida (mayor número de ninfas) fue *B. ruzizensis* 654 y la menos preferida fue *B. decumbens* 606 (Figura 5). El único ecotipo que presentó una oviposición similar ($P \leq 0,05$) a *B. decumbens* 606, fue *B. brizantha* 665. El número de ninfas encontrado en *B. ruzizensis* 654 no difirió ($P \leq 0,05$) al de las accesiones de *B. humidicola*, *B. brizantha* 6294 y *B. dictyoneura* 6133. La

preferencia de oviposición en las últimas especies coincide con lo encontrado por Ospina y Gardeazábal (1984) con la misma especie de cercópido. Esos autores atribuyeron la preferencia hacia *B. brizantha* 6294, una especie que presenta bajas poblaciones en el campo, al abundante follaje que presentaron las plantas de esa accesión, pues consideraron que proveía óptimas condiciones microambientales para los insectos.

Se encontró un mayor número de ninfas en *A. gayanus* 621 que en *B. decumbens* 606, pero menor que en varias accesiones de *B. humidicola*. Respecto a *A. gayanus* 621, Cosenza (1981) informó que los adultos de *D. flavopicta* prefirieron ovipositar en *B. decumbens* y *B. humidicola* antes que en ese pasto, y Menezes y Ruiz (1981) no encontraron diferencias en preferencia de oviposición de *Z. entreriana* en *B. humidicola* y *B. decumbens*.

4.3.2. Relaciones entre la preferencia de oviposición y las variables medidas.

4.3.2.1. Densidad de raíces superficiales y mantillo.

No se encontraron relaciones significativas ($P \leq 0,05$) entre el número de ninfas y la densidad de raíces superficiales ($r=0,56$) (Figura 6) o el mantillo ($r=0,64$) (Figura 7).

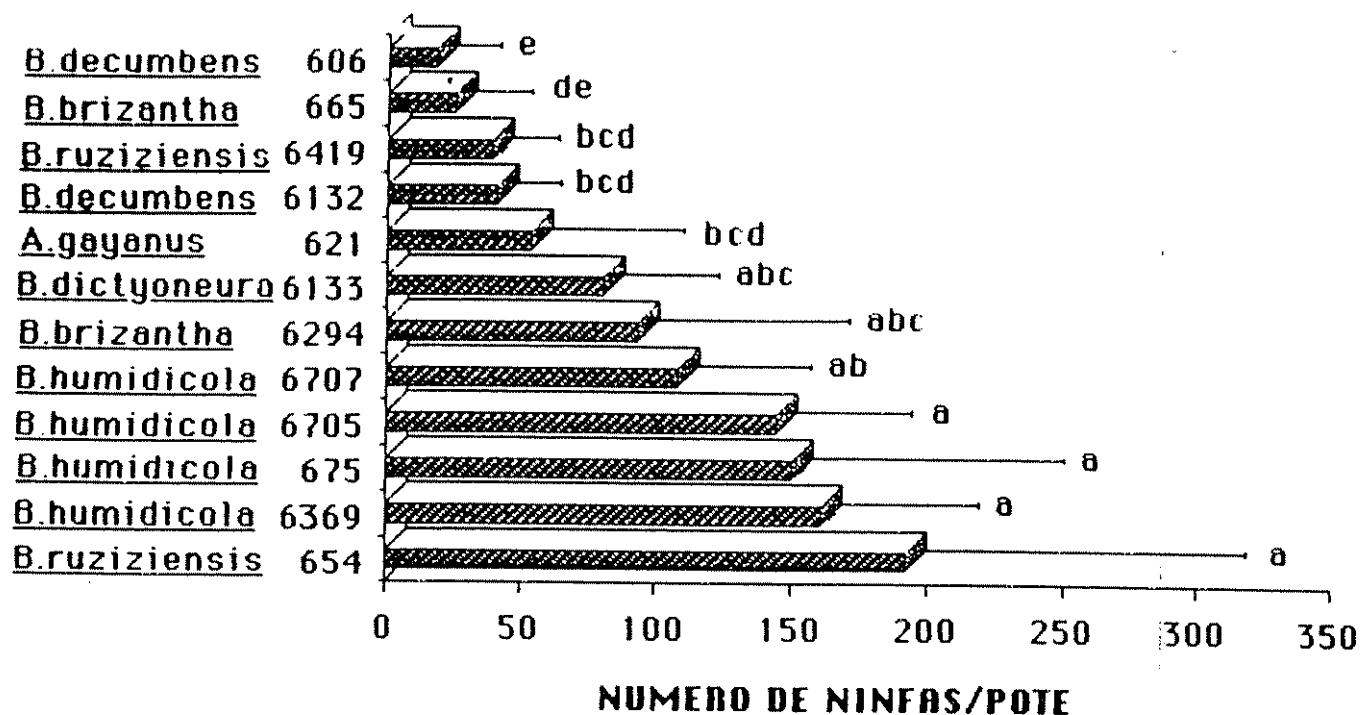


Figura 5. Preferencia de oviposición (número de ninfas) de adultos de *Z. colombiana* en distintas gramíneas forrajeras en un ensayo con libre selección. Palmira, 1987. Promedios seguidos con la misma letra no difieren entre sí según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

La literatura sobre el tema menciona que la presencia de mantillo guarda relación con la preferencia de oviposición en los cercópodos. Hewitt (1985) en un ensayo de laboratorio realizado en Brasil, encontró que los adultos de *D. flavopicta* y *Z. entreriana* prefirieron ovipositar en suelos cubiertos por una capa de mantillo espeso (8 mm) y compactado en relación a otros con menor mantillo (4 mm) y a un suelo desnudo. Waterhouse (1955) destacó que la presencia de mantillo en pastizales nativos, estuvo muy relacionada con la conservación de temperaturas frescas y alta humedad cerca al suelo. Indicó, además, que esas condiciones fueron aptas para el desarrollo de insectos en esas pasturas. Un estudio realizado por Carvalho (1985) mostró que los adultos de *D. sach* prefirieron para ovipositar suelos arcillosos, posiblemente debido a que conservan mayor humedad que otros. Aparentemente, las condiciones de alta humedad, relacionadas con la presencia de mantillo influyen en forma importante en la preferencia de oviposición en los cercópodos.

4.3.2.2. Biomasa y número de adultos.

Hubo una marcada preferencia de alimentación de los adultos por los ecotipos con mayor biomasa ($r=0,82$ $P\leq 0,01$) (Figura 8) y el número de ninfas también fue mayor en esos ecotipos ($r= 0,75$ $P\leq 0,01$) (Figura 9).

Posiblemente, muchos adultos buscaron las gramíneas con mayor biomasa como refugio. En los cercópidos la preferencia por un hospedante está correlacionada por la calidad del refugio ofrecido (Mc Evoy 1986). Los estudios de ese autor sobre el hábitat preferido por *P. spumarius* en la Asteracea *Anaphalis margaritacea*, indicaron que las ninfas preferían permanecer bajo las hojas con axilas más anchas, donde existía mayor humedad y menor temperatura. Como lo expresaron Beck y Schoonhoven (1984), las condiciones fenotípicas de las plantas son de gran importancia en la selección de un hospedante por un insecto.

Muchos científicos remarcan el hecho de que la selección del alimento es determinada por la hembra grávida al tiempo de depositar los huevos (Renwick 1983). En los cercópidos gramínicolas, aparentemente las hembras eligen para ovipositar praderas que ofrecen las mejores condiciones microclimáticas para el desarrollo de sus ninfas (e.g. alta humedad, baja temperatura). Varias observaciones al respecto, se realizaron en diversos sitios de la América tropical con varias especies de cercópidos, especialmente en *B. decumbens* (CIAT 1981, 1982, 1983, 1984,

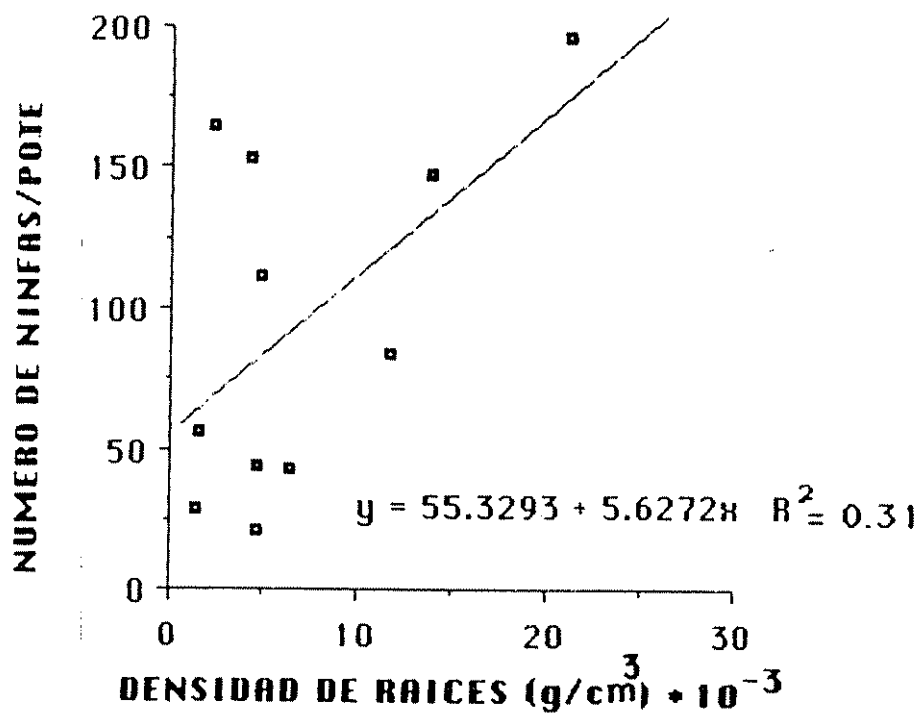


Figura 6. Relación entre el número de ninfas emergidas en distintas gramíneas forrajeras y la densidad de raíces superficiales. Palmira, 1987.

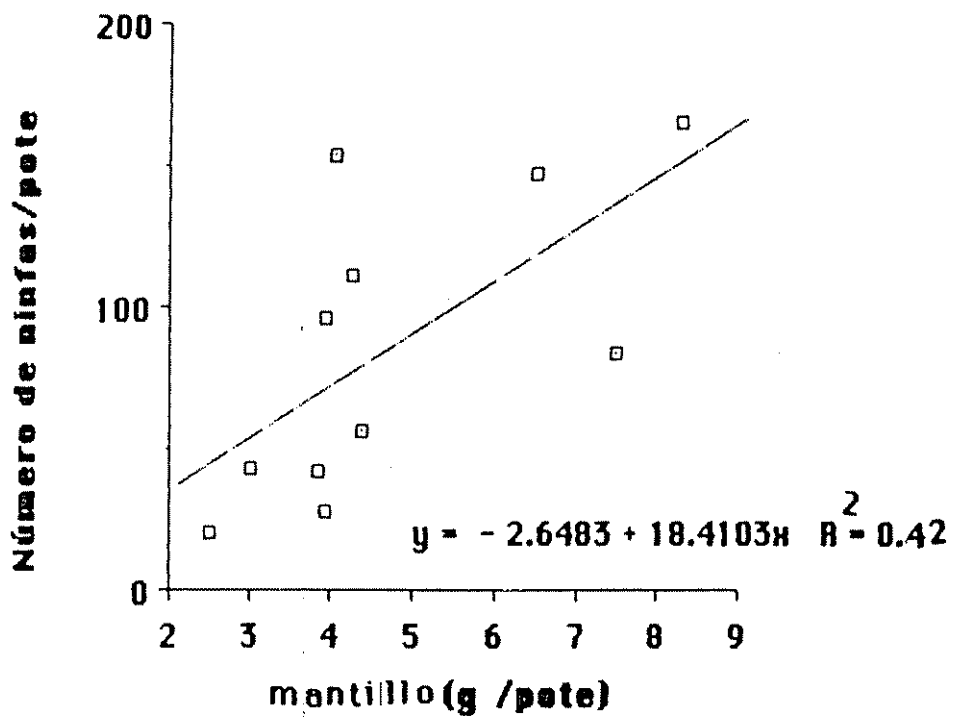


Figura 7. Relación entre el número de ninfas emergidas en distintas gramíneas forrajeras y el mantillo de las macetas en un ensayo de preferencia. Palmira, 1987.

Ramiro *et al.* 1984, Koller y Valerio 1985) y con otros insectos asociados a pasturas como los cicadélidos y delfácidos (Hawkins *et al.* 1979). En las investigaciones citadas se encontraron mayores poblaciones de ninfas y adultos en los potreros que tenían el pasto a una mayor altura, respecto a praderas con el pasto bajo. Ese hecho sugiere que las hembras escogen sitios de alta humedad y baja temperatura (como posiblemente ocurra cuando el pasto está alto) para depositar sus huevos. Adicionalmente, las bajas poblaciones de ninfas en potreros con el pasto a poca altura, pueden deberse a que las ninfas pueden morir por desecación Calderón (1982). En esas condiciones, hay mayor penetración de los rayos solares en los sitios donde desarrollan las ninfas (Enkerlin y Morales 1979).

En cuanto al número de adultos no se correlacionó ($P \leq 0,05$) con el número de ninfas ($r=0.61$) (Figura 10), lo que sugiere que las horas de oviposición no correspondieron a las horas de observación que se fijaron en la presente investigación. Probablemente, las horas nocturnas fueron de mayor actividad para la cópula y oviposición. Barrientos (1986) en un reciente estudio realizado con *A. reducta* en *B. decumbens*, observó que las horas de mayor actividad de los insectos adultos eran las horas crepusculares.

4.3.3. Daño.

Las especies que presentaron menor daño fueron

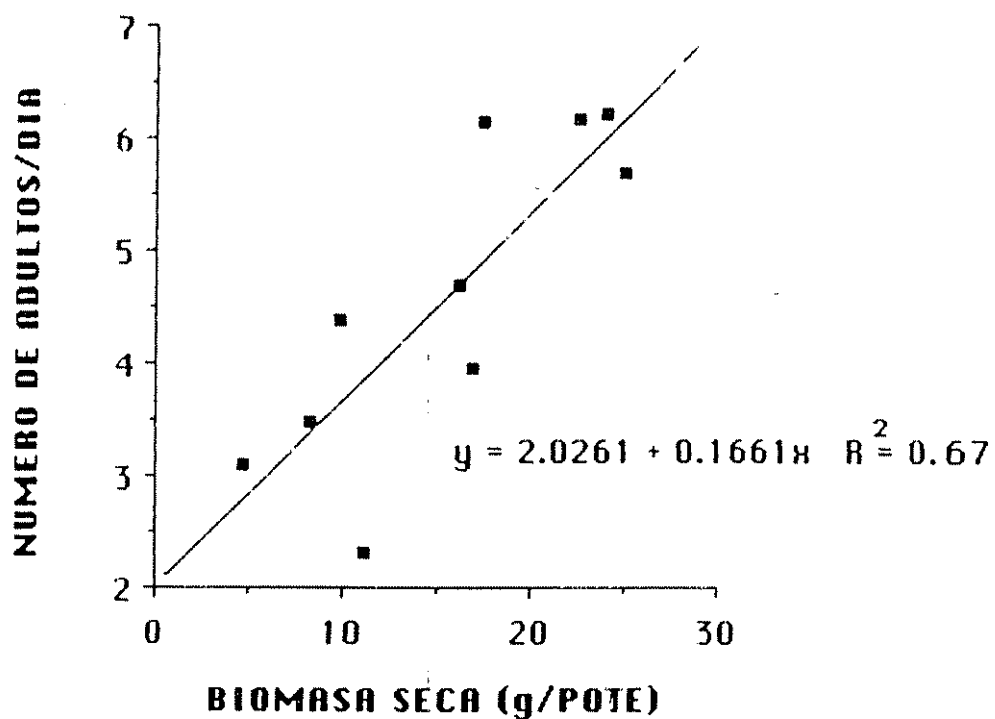


Figura 8. Relación entre el número de adultos/planta/día y la biomasa seca/pote en varias gramíneas forrajeras tropicales en un ensayo de preferencia con libre selección. Palmira, 1987.

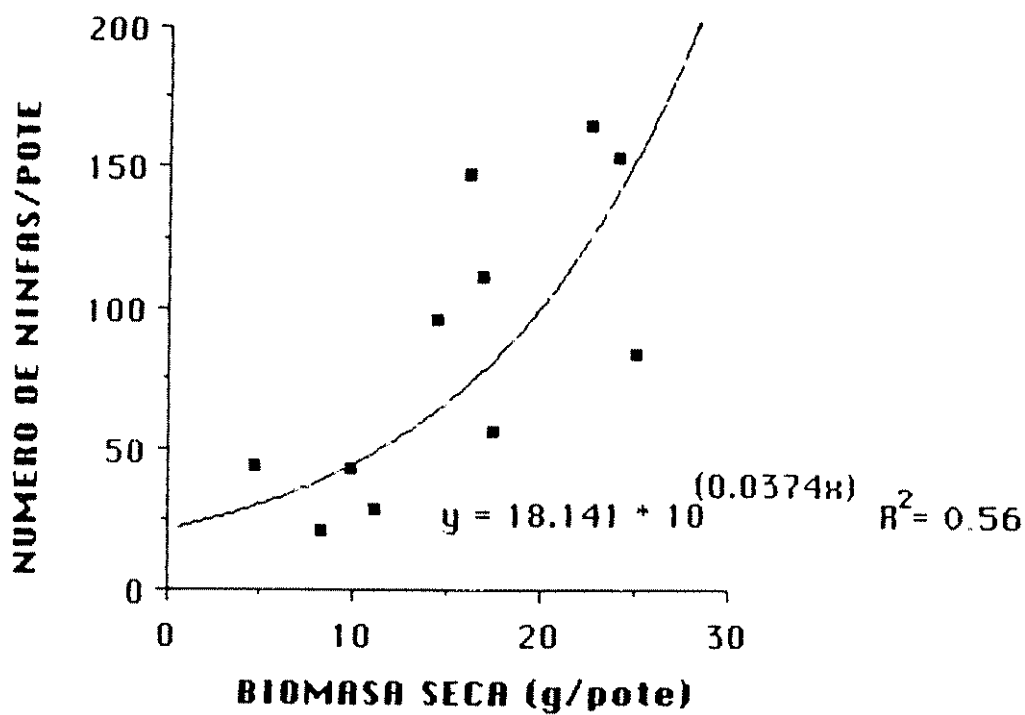


Figura 9. Relación entre el número de ninfas en distintas gramíneas forrajeras y la biomasa seca/pote, en un ensayo de preferencia con libre selección. Palmira, 1987.

B. humidicola 6707, *B. brizantha* 6294, *B. dictyoneura* 6133, *A. gayanus* 621 y *B. humidicola* 6369. Las demás gramíneas presentaron daños moderados a severos (Cuadro 7). Se observó que la cantidad de adultos por ecotipo/día, disminuyó a medida que aumentaba el daño (que fue mayor en los ecotipos con menor biomasa) lo que también pudo haber influido en la preferencia de oviposición. Aparentemente, el follaje dañado no es preferido para la alimentación de los insectos adultos.

4.4. Conclusiones.

1. La preferencia de oviposición estuvo relacionada con la biomasa de las plantas. Posiblemente, las plantas con mayor biomasa proporcionaron sitios más adecuados en cuanto a temperatura y humedad relativa para la oviposición y posterior desarrollo de las ninfas.
2. La preferencia de oviposición no estuvo relacionada con la densidad de raíces superficiales en el suelo ni con la cantidad de mantillo.
3. Los datos encontrados sugieren que, para evaluar el efecto de los pastos sobre el comportamiento de oviposición de los cercópidos, se necesitan condiciones más controladas.

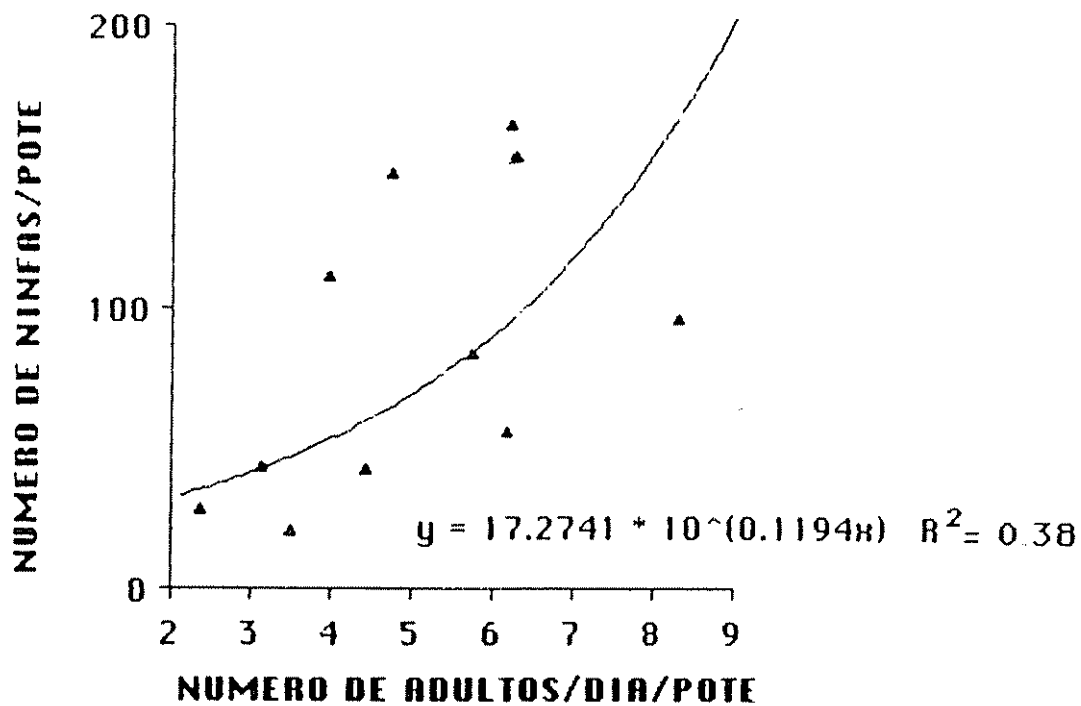


Figura 10. Relación entre el número de ninfas en distintas gramíneas forrajera y el número de adultos posados en las plantas en un ensayo de preferencia. Palmira, 1987.

Cuadro 7. Promedio de los daños (según escala) ocasionados por adultos de *Z. colombiana* al concluir el periodo de infestación (10 días), en un ensayo de preferencia con libre selección.

Especie, accesión	Daño según escala	Duncan
<i>B. humidicola</i> 6707	1,7±0,5	a*
<i>B. brizantha</i> 6294	2,0±0,0	ab
<i>B. dyctyoneura</i> 6133	2,3±0,5	ab
<i>A. gayanus</i> 621	2,3±0,5	ab
<i>B. humidicola</i> 6369	2,5±0,6	ab
<i>B. decumbens</i> 606	3,0±0,0	bc
<i>B. decumbens</i> 6132	3,7±0,5	cd
<i>B. ruziziensis</i> 6419	3,7±0,5	cd
<i>B. brizantha</i> 665	3,7±0,5	cd
<i>B. humidicola</i> 675	3,7±0,5	cd
<i>B. humidicola</i> 6705	4,0±0,0	d
<i>B. ruziziensis</i> 654	4,0±0,0	d

* Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre sí según la prueba de Duncan (P≤0,05).

4.5. Recomendaciones.

Como la antixenosis es un fenómeno ampliamente relacionado con el comportamiento de los insectos hacia sus hospedantes, su interpretación es difícil y complicaría una selección rápida de germoplasma. Por lo tanto, no se ha dado mucho énfasis a los resultados obtenidos en esta investigación. Sin embargo dada su importancia, es necesario desarrollar otra metodología de evaluación con base en lo encontrado en este estudio.

Los datos encontrados sugieren que los estudios de preferencia deberían realizarse en condiciones más controladas. Debería ofrecerse a los insectos una biomasa similar de los pastos en estudio, lo que uniformizaría las condiciones microclimáticas y eliminaría ese factor de preferencia. Sería conveniente mantener, en el curso de la investigación, follaje no dañado que es aparentemente, un disuasivo para la alimentación de los adultos. También resultaría adecuado contar directamente los huevos que los insectos depositen. Para el efecto, se podrían utilizar en la siembra de las plantas, recipientes con suelo tamizado para facilitar la separación de los huevos.

También sería aconsejable realizar más investigación de campo para entender mejor esta categoría de resistencia.

CAPITULO V

ESTUDIO DE TOLERANCIA

5.1. Introducción.

Tanto la antibiosis como la antixenosis se miden o se cuantifican de acuerdo a las respuestas en el comportamiento o desarrollo del insecto. Contrariamente, la tolerancia, es una respuesta de la planta a la infestación de fitófagos. La tolerancia es un mecanismo adaptativo de supervivencia de una planta contra una presión de herbivoros, que es independiente de la respuesta del herbivoro (Kogan y Ortman 1978). Beck (1965), indicó que la tolerancia era una importante característica agronómica, pero que implicaba una relación biológica entre planta e insecto diferente de la resistencia en el sentido estricto de la palabra. La tolerancia se manifiesta cuando el rendimiento de una planta no es reducido significativamente, aún en la presencia de altas poblaciones de insectos, que pueden reducir los rendimientos de los cultivos susceptibles a un mismo nivel de infestación (Painter 1968). Esa categoría puede ser atribuida al vigor de la planta, al crecimiento de nuevos

tejidos o reparación de las partes dañadas de la planta. Por otra parte, su expresión depende de la sensibilidad a toxinas, a saliva o daños (cortes) mecánicos de la hoja (Gallum 1972). La tolerancia se puede confundir a menudo con una baja resistencia. Las reacciones de una planta ante un insecto que colectivamente se designan tolerancia, son rasgos heredables de gran importancia biológica y alto valor práctico que deben ser tratados como una categoría de resistencia, pero aparte de la antibiosis y de la antixenosis (Horber 1984). La antibiosis y la antixenosis influyen en la reducción de las poblaciones de insectos, mientras que las variedades tolerantes no inhiben la multiplicación de los insectos. Más aún, debido a su habilidad de sostener altas poblaciones con daños leves pueden acarrear problemas a plantas o variedades susceptibles, sembradas en las cercanías (Gallum 1972, Pathak 1970).

5.2. Materiales y métodos.

5.2.1. Localización.

El experimento fue conducido bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia, sede principal del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). El Centro está ubicado a 3° 31' de latitud Norte y a 76° 18' de longitud Oeste, a una altura sobre el mar de 1.001 m (CIAT,

1976). El periodo experimental transcurrió entre febrero y mayo de 1987.

5.2.2. Condiciones ambientales.

Durante el periodo experimental la temperatura media fue de $24,3 \pm 0,9$ °C y la humedad relativa de $82,2 \pm 1,8$ por ciento (Figura 11).

5.2.3. Material vegetal.

Para el estudio, se utilizaron los siguientes pastos:

B. decumbens CIAT 606 cv. Basilisk

B. decumbens CIAT 6132

B. ruziziensis CIAT 6419

B. ruziziensis CIAT 654

B. humidicola CIAT 6369

B. humidicola CIAT 675

B. humidicola CIAT 6705

B. humidicola CIAT 6707

B. brizantha CIAT 665

B. brizantha CIAT 6294 cv. Marandú

B. dictyoneura CIAT 6133

A. gayanus CIAT 621 cv. Carimagua 1

D. decumbens cv. Pangola

Fueron utilizadas las mismas plantas que se usaron en el ensayo de antibiosis. Las plantas se cortaron y se

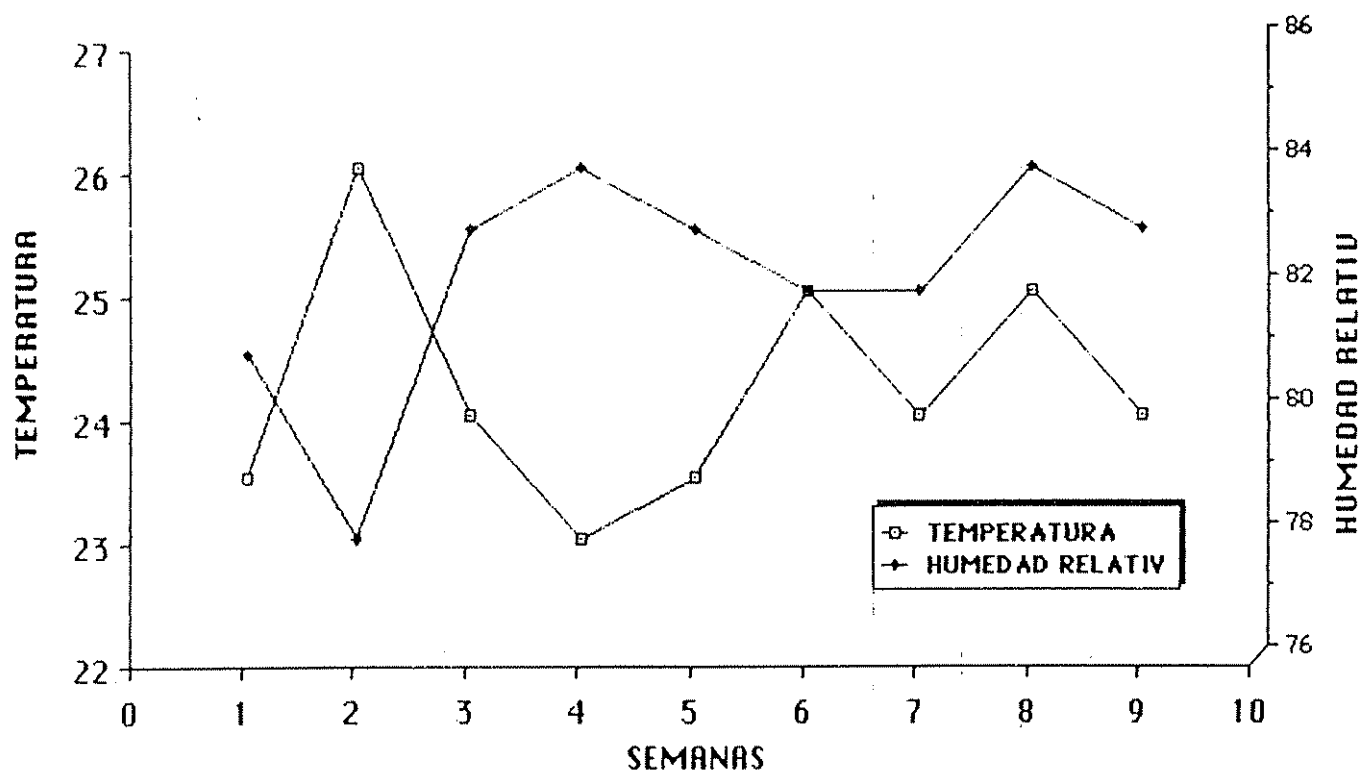


Figura 11. Promedios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%) en el periodo experimental. Invernadero Palmira, 1987.

fertilizaron con 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno (en dos aplicaciones), 50 kg ha⁻¹ de fósforo y 50 kg ha⁻¹ de potasio.

La fuente utilizada fue el fertilizante comercial de fórmula 15-15-15. Para la segunda aplicación de nitrógeno se utilizó urea. A las cinco semanas después del corte, las plantas estuvieron listas para la infestación. Las plantas se regaron con 50 cc de agua cada dos días.

5.2.4. Infestación.

Para la infestación, los potes fueron cubiertos con capuchas de malla milimétrica con el objeto de confinar los insectos en las plantas. Por lo tanto, los insectos no podían seleccionar entre los pastos.

Se utilizaron insectos adultos de *Z. colombiana* provenientes de una crianza masiva en invernadero. Los adultos usados (de ambos sexos) fueron de un día de edad y cuando morían eran reemplazados diariamente por otros para mantener una carga igual. Se tomaron lecturas sobre el número de insectos muertos en cada una de las gramíneas.

5.2.5. Cargas de insectos utilizadas.

Con el fin de observar la manifestación gradual de los daños se utilizaron cargas crecientes de insectos adultos. Para todas las gramíneas, la carga inicial fue de 4 adultos

por planta y cada 5 días se aumentaron 2 adultos más. Las plantas que presentaban daños severos (daño 4) eran retiradas del ensayo.

5.2.6. Variables medidas.

5.2.6.1. Biomasa.

Después de que las plantas manifestaron un daño severo, fueron cortadas. El follaje fue secado en un horno a 65°C por 48 horas y luego pesado para cuantificar la biomasa seca por planta.

5.2.6.2. Recuperación después del corte.

Luego del corte realizado para la cuantificación de la biomasa, se midió el rebrote 40 días después. El follaje fue nuevamente cortado y secado en un horno a 65°C por 48 hr. Se realizaron esas mediciones puesto que el rebrote es una indicación del vigor y la productividad de las plantas que puede estar relacionada con la tolerancia.

5.2.6.3. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el follaje.

El material vegetal obtenido en el corte para la determinación de la biomasa (5.2.6.1) fue comparado en su contenido de nutrimentos con los de las plantas que no fueron infestadas.

Para el análisis del contenido de nitrógeno fue utilizado el método de micro-Kjeldahl (AOAC 1970), para el análisis de fósforo el método del molibdato de sodio (AOAC 1970) y para la determinación de potasio el método descrito por el Departamento de Agricultura del Canadá (1962).

5.2.7. Diseño experimental y análisis de los datos.

El diseño empleado fue completamente al azar con seis repeticiones. Para el análisis de los datos se usó como covariable la biomasa seca. Se utilizó esa covariable por presentarse una alta relación ($r=0,88$ $P \leq 0,01$) entre la biomasa y los días de infestación hasta manifestación de daño severo. La ecuación de regresión encontrada para esa relación fue:

$$Y = -0.3663 + 2.7551 X$$

Las plantas con menor biomasa alcanzaron un daño severo en menor tiempo que las plantas que tenían mayor biomasa. El modelo asociado al diseño fue el siguiente:

$$Y_{i,j} = \mu + T_i + \beta(x_i - \bar{x}) + \epsilon_{i,j}$$

Donde,

$Y_{i,j}$ = Variable de respuesta para el tratamiento i en la repetición j .

μ = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

β = Coeficiente de regresión de la covariable

ϵ = Error aleatorio

Las variables de respuesta consideradas fueron:

- **Daño.** Diariamente, se tomaron lecturas de daño según una escala propuesta por Calderón (1982). Adicionalmente, esa escala correspondió a un porcentaje de área foliar dañada sugerida en el presente trabajo:

1 - sin daño	0% de área foliar afectada
2 - daño leve	20-40% de área foliar afectada
3 - daño moderado	40-60% del área foliar afectada
4 - daño severo	60-80% del área foliar afectada

- **Días de infestación hasta alcanzar daño severo (Didaño).**

Esta variable se refiere al número total de días de infestación hasta que la planta manifiesta daño severo.

- **Número de adultos acumulados hasta el daño 4 (Adacum.).**

Fue obtenido como sigue:

$$\text{Adacum.} = \sum | \text{Carga variable} * \text{Días de infestación} |$$

donde,

Carga variable = Número de insectos : 4,6,8,10...

Días de infestación = Días de infestación en cada carga variable : 5,5,5...

- Índice de tolerancia (I.T.). Fue calculado como sigue:

$$I.T. = \left| \begin{array}{c|c} \text{Adacum. accesión} & \text{Didaño en la rept. más tolerante} \\ \hline \text{Didaño accesión} & \text{Adacum. en rept. más tolerante} \end{array} \right|$$

Para obtener el índice, se utilizan los promedios de Adacum. y Didaño para cada pasto en estudio y se relacionan con los mismos datos para la repetición más tolerante. En este caso correspondió a una repetición de la accesión 675 de *B. humidicola*.

Para realizar comparaciones de las medias en las variables en estudio, se utilizaron pruebas de t.

5.3. Resultados y discusión.

5.3.1. Índice de tolerancia, adultos acumulados, días al daño severo.

Las especies con mayor índice de tolerancia fueron *B. dictyoneura* 6133, *B. humidicola* 675 y 6705 y *B. brizantha* 6294. Las más susceptibles fueron *B. ruziziensis* 654 y 6419 y *B. decumbens* 6132 (Figura 12). El agrupamiento por tolerancia, que se muestra en la Figura 12, se hizo con base en pruebas de t (Cuadro 8).

La gramínea *A. gayanus* mostró un nivel medio de tolerancia, lo que concuerda con las observaciones de Cosenza (1981) en un estudio similar con *D. incompleta*.

Las especies más tolerantes, las medianamente tolerante y las susceptibles, respecto a las especies más susceptibles necesitaron 2,5, 2,0 y 1,5 veces más adultos acumulados para alcanzar un daño severo (Figura 13); una carga media (adultos/día) 1,5, 1,4 y 1,2 mayor (Cuadro 9) y un periodo de infestación 1,7, 1,5 y 1,2 veces más prolongado respectivamente (Cuadro 9).

La severidad de los daños fue directamente proporcional a la carga de adultos y al periodo de infestación (Figuras 14 y 15). Similares observaciones realizaron Beck (1963) y Byers y Wells (1966) con *P. bicincta* en pasto Bermuda y Valerio (1985) con *Z. entreriana* en *B. decumbens*.

La tolerancia observada en algunas especies y accesiones de gramíneas forrajeras, pudo deberse a la mayor capacidad de esos pastos para desdoblar las toxinas inyectadas por los insectos, como lo explicaron Taliaferro *et al.* (1969) para algunos clones de *Cynodon dactylon*.

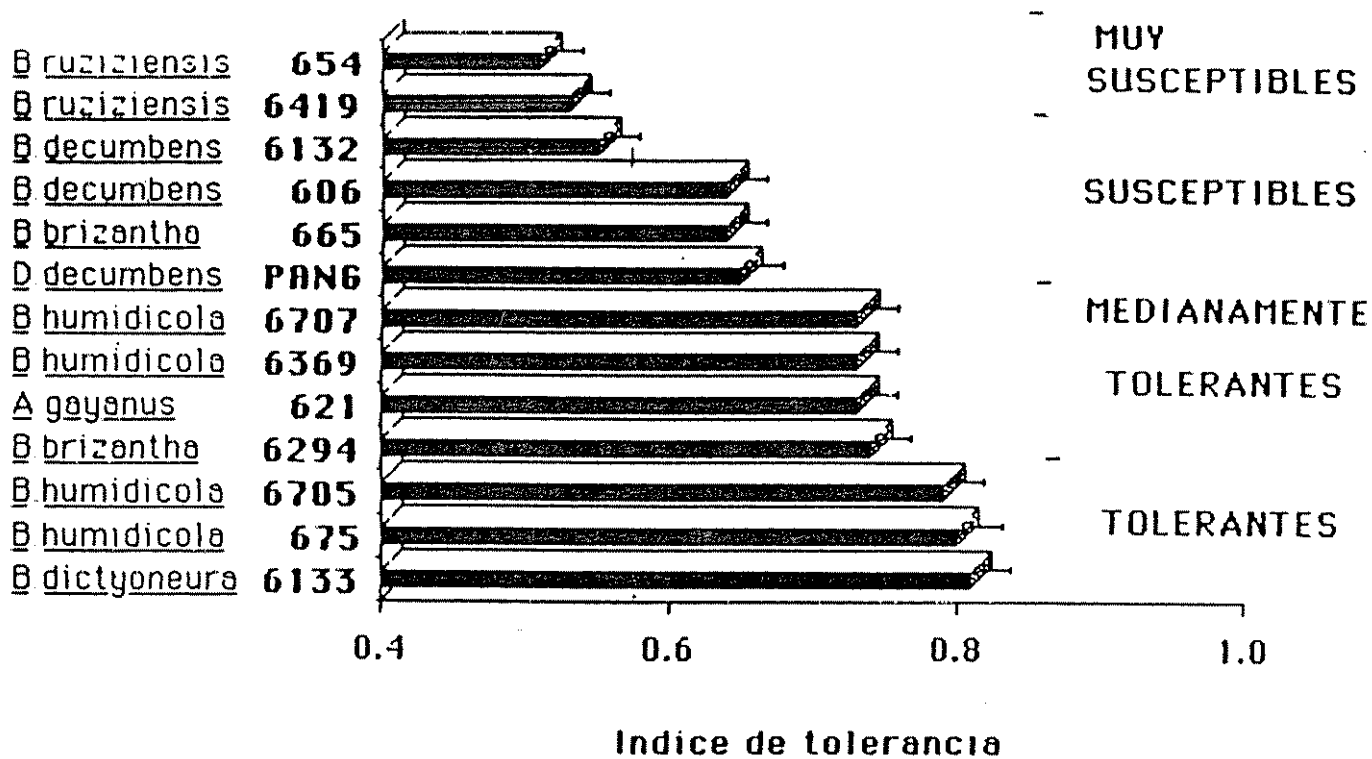
Ospina y Gardeazábal (1984) mencionaron que el daño causado por los adultos de *Z. colombiana* en distintas gramíneas forrajeras tropicales, estuvo inversamente relacionado con el número de capas de esclerénquima que rodeaban los haces vasculares. Encontraron además que la proporción de ese tejido de sostén aumentaba con la edad de la planta. Es posible que el hecho de que el follaje maduro

contenga mayor cantidad de esclerénquima con relación a uno más tierno y que por consiguiente sufra menor daño, pueda estar más relacionado con antixenosis que con tolerancia. Sin embargo, es necesario mencionar que existe muy poca información acerca de la importancia de la morfología de la planta y su resistencia a cercópidos. El campo de investigación está abierto en esa línea, máxime si se considera que los caracteres morfológicos de la planta, más específicamente los tejidos de sostén, están muy relacionados con la digestibilidad del forraje y que pueden ser factores importantes de resistencia.

El número de insectos muertos por día en las diferentes gramíneas, cuando la especie más susceptible presentó un daño 4, no difirió significativamente ($P \leq 0,05$) (Cuadro 10). En un estudio realizado por Menezes y Ruiz (1981) se encontró una mayor mortalidad de adultos de *Z. entreriana* en *B. humidicola* en comparación con *B. decumbens*, aunque el fenómeno no fue explicado.

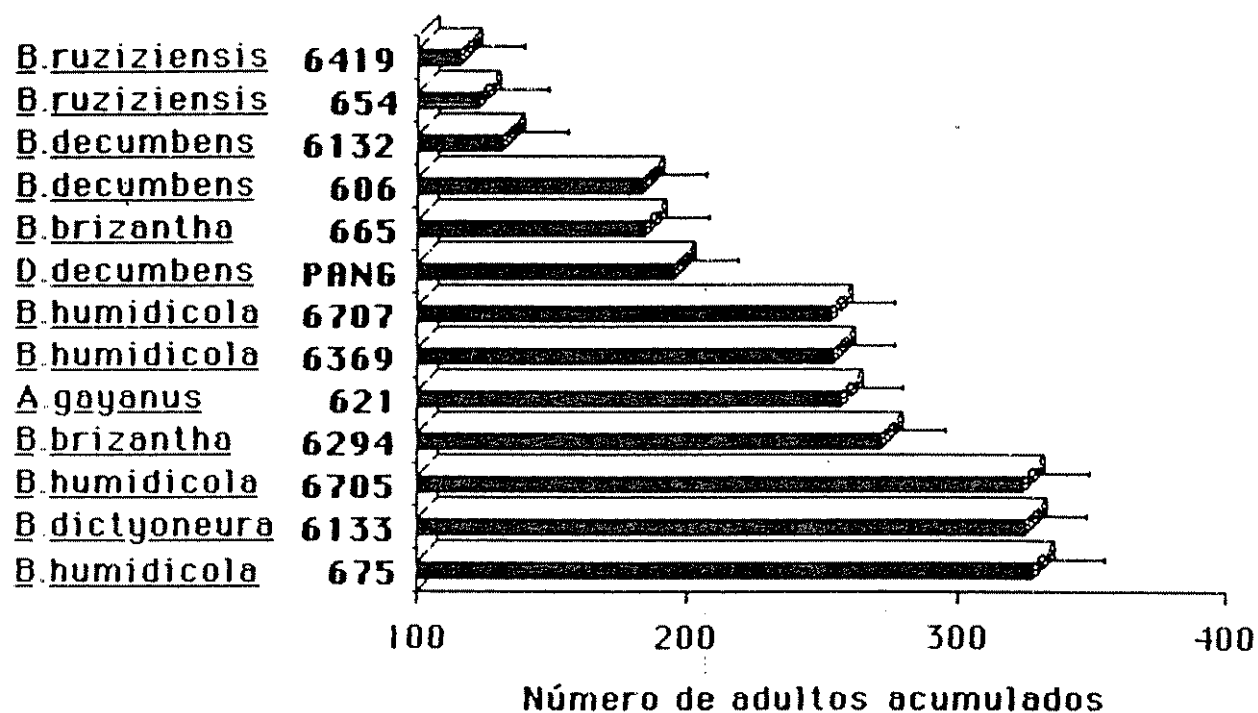
5.3.2 Recuperación.

No se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre la capacidad de rebrote de las plantas infestadas y las plantas testigo dentro de cada especie y accesión evaluadas (Cuadro 11). En estudios realizados en el Centro



* Los promedios están ajustados por la covariable biomasa.

Figura 12. Índice de tolerancia de varias gramíneas forrajeras al daño de adultos de *Z. colombiana*. Palmira, 1987.



* Los promedios están ajustados por la covariable biomasa.

Figura 13. Número acumulado de adultos de *Z. colombiana* necesarios para que varias gramíneas forrajeras manifiesten daño severo en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.

Cuadro B. Pruebas de t para el índice de tolerancia de varias forrajeras tropicales al daño de adultos de Z. colombiana.

	D.d. PANG	B.d. 606	B.d. 6132	B.dic. 6133	A.g. 621	B.b. 6294	B.h. 6369	B.r. 6419	D.r. 654	B.b. 665	B.h. 6705	B.h. 6707	B.h. 675
D.d. PANG	-----	n.s.											
B.d. 606	n.s.	-----											
B.d. 6132	**	**	-----										
B.dic. 6133	**	**	**	-----									
A.g. 621	**	**	**	*	-----								
B.b. 6294	**	**	**	n.s.	n.s.	-----							
B.h. 6369	*	**	**	**	n.s.	n.s.	-----						
B.r. 6419	**	**	n.c.	**	**	**	**	-----					
B.r. 654	**	**	n.s.	**	**	**	**	n.s.	-----				
B.b. 665	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**	**	**	-----			
B.h. 6705	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	**	**	-----		
B.h. 6707	**	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	*	-----	
B.h. 675	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	**	**	n.s.	*	-----

Cuadro 9. Carga media (adultos/día/planta) de insectos y periodo de infestación necesarios para que varias gramíneas forrajeras manifiesten un daño severo por adultos de *Z. colombiana* en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.

Espece, accesión	Carga(Ad./día)	Días de infestación
<i>B. ruzizensis</i> 654	6,1±0,3	19,9
<i>B. ruzizensis</i> 6419	6,4±0,3	18,2
<i>B. decumbens</i> 6132	6,7±0,3	19,8
<i>B. decumbens</i> 606	7,7±0,3	23,9
<i>B. brizantha</i> 665	7,7±0,3	23,8
<i>D. decumbens</i> PANG.	7,9±0,3	24,7
<i>B. humidicola</i> 6707	8,8±0,3	28,9
<i>B. humidicola</i> 6369	8,8±0,3	28,9
<i>A. gayanus</i> 621	8,8±0,3	29,1
<i>B. brizantha</i> 6294	8,9±0,3	30,3
<i>B. humidicola</i> 6705	9,5±0,3	33,9
<i>B. humidicola</i> 675	9,6±0,3	34,1
<i>B. dyctioneura</i> 6133	9,7±0,3	33,6

Los promedios están ajustados por la covariable biomasa.

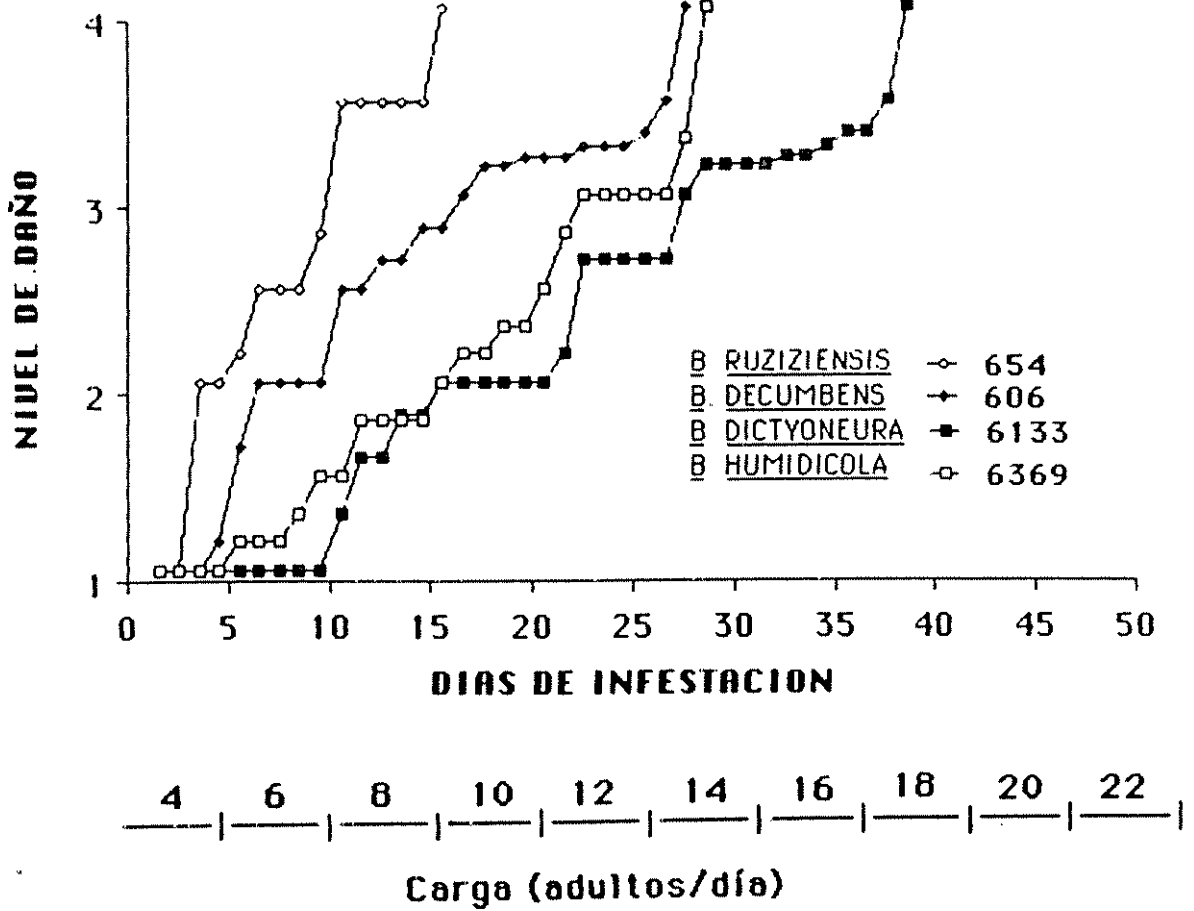


Figura 14. Manifestación gradual del daño de adultos de *Z. colombiana* en algunas gramíneas forrajeras, a través del periodo de infestación y con cargas variables en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.

Internacional de Agricultura Tropical (CIAT 1983) se encontró que la capacidad de rebrote de plantas de *B. humidicola* infestadas con adultos de *Z. colombiana* era 2,7 veces mayor que la de *B. decumbens*. *B. dictyoneura* también presentaba ese mecanismo de tolerancia, en contraste con *B. decumbens* y *B. ruziziensis*. Ese fenómeno se atribuyó al mayor número de nudos en los estolones de las especies tolerantes. Es probable que en condiciones de campo ese factor pueda influir en la capacidad de rebrote. Sin embargo, en plantas sembradas en potes no es un parámetro que se pueda tomar en cuenta. La diferencia de rebrote encontrada entre especies en el presente estudio, pueden estar más relacionadas con las características intrínsecas de productividad en cada uno de los pastos dados sus genotipos distintos.

Taliaferro et al. (1967) evidenciaron que el daño producido por adultos de *P. bicincta* redujo el área fotosintética del pasto *C. dactylon*. Eso condujo a una disminución en la producción de raíces. Estudios similares fueron conducidos por Valerio (1985) en Brasil. Ese autor encontró que los daños causados por los adultos de *Z. entreriana* en *B. decumbens* determinaron reducciones drásticas en la producción de raíces de esa gramínea. Por

Cuadro 10. Número de adultos de *Z. colombiana* muertos por día en distintas gramíneas forrajeras tropicales en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.

-----	-----	-----
Especie, accesión	Nº de adultos muertos**	Duncan
-----	-----	-----
A. gayanus 621	4,0±2,7	a*
B. humidicola 6707	3,3±3,2	a
B. dictyoneura 6133	3,0±1,6	a
B. decumbens 6132	3,0±1,8	a
B. humidicola 6369	2,8±2,4	a
D. decumbens PANG,	2,6±2,2	a
B. humidicola 6705	2,5±1,8	a
B. ruziziensis 6419	2,3±2,1	a
B. brizantha 665	2,2±2,2	a
B. ruziziensis 654	2,0±1,0	a
B. brizantha 6294	1,7±1,2	a
B. humidicola 675	1,5±1,5	a
B. decumbens 606	1,2±1,1	a

* Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre sí según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

** Promedios tomados cuando la especie más susceptible presentó daño severo.

Cuadro 11. Biomasa seca (g/pote) 40 días después de un corte en 13 gramíneas forrajeras infestadas y no infestadas con adultos de *Z. colombiana* en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.

Especie, accesión	Biomasa seca (g/pote)		Prueba de t ($P \leq 0,05$)
	No infestadas	Infestadas	
<i>B. ruzizensis</i> 654	1,20±0,14	1,03±0,60	n.s.*
<i>B. ruzizensis</i> 6419	1,55±0,07	1,25±0,36	n.s.
<i>B. brizantha</i> 665	2,35±0,21	2,13±0,47	n.s.
<i>B. brizantha</i> 6294	2,45±0,77	2,21±0,68	n.s.
<i>B. decumbens</i> 6132	2,55±0,35	1,80±0,44	n.s.
<i>B. humidicola</i> 675	2,55±0,77	2,88±0,31	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6369	2,65±0,21	3,33±0,53	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6705	2,65±0,21	2,98±0,11	n.s.
<i>B. decumbens</i> 606	3,05±0,73	2,33±1,28	n.s.
<i>A. gayanus</i> 621	3,30±0,14	3,16±0,71	n.s.
<i>B. dictyoneura</i> 6133	3,75±0,77	4,03±1,09	n.s.
<i>D. decumbens</i> PANG,	3,85±1,06	2,90±1,16	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6707	4,60±2,12	3,71±0,80	n.s.

* sin diferencias significativas.

otra parte es interesante mencionar que Valerio (1985) al caracterizar el daño de *Z. entreriana* en *B. decumbens* encontró que la traslocación de las secreciones salivares inyectadas por los adultos en los tejidos del pasto se daba predominantemente en sentido apical. Por ello, es probable que las toxinas no afecten la producción de raíces. En el presente estudio no se realizaron lecturas sobre la producción de raíces, pero es muy probable que, en condiciones de campo, ese fenómeno influya en la capacidad de rebrote de los pastos infestados.

5.3.3. Contenido de nutrimentos.

No se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre el contenido de nitrógeno (Cuadro 12) y de fósforo (Cuadro 13) del follaje dañado y el sano. Solamente en *B. brizantha* 665 se encontraron diferencias en el contenido de nitrógeno y en *D. decumbens* en el contenido de fósforo. El contenido de potasio disminuyó en cinco de los pastos estudiados, mientras que en los demás no se evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) (Cuadro 14).

La literatura sobre ese tema, presenta datos variables sobre el efecto que tiene el daño provocado por los cercópidos en la calidad del forraje. Investigaciones realizadas en Colombia (CIAT 1980) en los pastos *P. clandestinum* y *B. decumbens* infestados por *Z. colombiana* y

A. reducta respectivamente, mostraron reducciones significativas en el contenido de nitrógeno y azufre en el follaje dañado. El contenido de potasio fue disminuido en el follaje de **B. dictyoneura** 6133 dañado por **Z. colombiana** (CIAT, 1985). Estudios realizados por Valerio (1985) evidenciaron la reducción en los tenores de proteína, fósforo, magnesio, calcio y potasio en **B. decumbens** dañado por **Z. entreriana**.

En contraste, Fagan y Vargas (1971) no encontraron diferencias entre el contenido de proteína de **P. clandestinum** afectado por **P. distanti** en Costa Rica.

El follaje dañado de **Brachiaria** spp. no presentó diferencias en el contenido de proteína cruda respecto al follaje sano (CIAT 1983, 1984). Barrientos (1984) en Cuba, informa resultados similares en **C. dactylon** afectado por **M. bicincta**.

Es interesante, que en algunas leguminosas dañadas por cercópidos se presenten aumentos en el contenido de proteína. Esa información fue publicada por Marthur y Pienkowski (1967), que trabajaron con **Trifolium pratense** dañado por **P. spumarius** y por Parman y Wilson (1982) en **Medicago sativa**.

Cuadro 12 . Contenido de nitrógeno (%) en follaje sano y dañado por adultos de *Z. colombiana* en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.

Especie, accesión	Nitrógeno (%)		Pruebas de t
	Sano	Dañado	
<i>B. humidicola</i> 6707	0,60±0,14	0,62±0,06	n.s.
<i>B. brizantha</i> 6294	0,64±0,19	0,73±0,13	n.s.
<i>B. humidicola</i> 675	0,67±0,24	0,47±0,10	n.s.
<i>D. decumbens</i> PANGOLA	0,68±0,02	0,67±0,13	n.s.
<i>B. dictyoneura</i> 6133	0,69±0,09	0,52±0,03	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6705	0,71±0,29	0,55±0,07	n.s.
<i>B. decumbens</i> 606	0,77±0,01	0,62±0,09	n.s.
<i>B. ruziziensis</i> 654	0,80±0,14	0,90±0,17	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6369	0,82±0,02	0,79±0,14	n.s.
<i>B. brizantha</i> 665	0,82±0,02	0,62±0,08	*
<i>B. ruziziensis</i> 6419	0,84±0,24	0,70±0,21	n.s.
<i>A. gayanus</i> 621	0,95±0,35	0,79±0,15	n.s.
<i>B. decumbens</i> 6132	1,08±0,14	0,82±0,18	n.s.

* Diferencias significativas ($P \leq 0,05$)
n.s. Ausencia de diferencias significativas.

Cuadro 13. Contenido de fósforo (%) en follaje de varias gramíneas forrajeras tropicales sano y dañado por adultos de *Z. colombiana* en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.

Especie, accesión	Fósforo (%)		Pruebas de t
	Sano	Dañado	
<i>D. decumbens</i> PANG.	0,68±0,02	0,19±0,02	*
<i>A. gayanus</i> 621	0,13±0,00	0,15±0,02	n.s.
<i>B. brizantha</i> 665	0,14±0,02	0,15±0,02	n.s.
<i>B. ruziziensis</i> 6419	0,15±0,04	0,19±0,07	n.s.
<i>B. dictyoneura</i> 6133	0,16±0,03	0,18±0,02	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6705	0,16±0,06	0,16±0,04	n.s.
<i>B. decumbens</i> 606	0,17±0,00	0,17±0,03	n.s.
<i>B. humidicola</i> 675	0,18±0,04	0,17±0,03	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6707	0,19±0,02	0,15±0,02	n.s.
<i>B. brizantha</i> 6294	0,19±0,07	0,17±0,03	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6369	0,19±0,01	0,16±0,04	n.s.
<i>B. ruziziensis</i> 654	0,23±0,08	0,22±0,03	n.s.
<i>B. decumbens</i> 6132	0,28±0,01	0,23±0,05	n.s.

* Diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

n.s. Ausencia de diferencias significativas

Cuadro 14. Contenido de potasio (%) del follaje de varias gramíneas forrajeras tropicales, sano y dañado por adultos de *Z. colombiana* en un ensayo de tolerancia. Palmira, 1987.

Especie, accesión	Potasio(%)		Prueba de t
	Sano	Dañado	
<i>B. humidicola</i> 675	0,60±0,09	0,42±0,07	**
<i>B. humidicola</i> 6705	0,63±0,06	0,52±0,11	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6707	0,63±0,10	0,40±0,08	**
<i>A. gayanus</i> 621	0,73±0,33	0,78±0,16	n.s.
<i>B. humidicola</i> 6369	0,73±0,08	0,65±0,09	n.s.
<i>B. dictyoneura</i> 6133	0,77±0,13	0,68±0,15	n.s.
<i>D. decumbens</i> PANG.	0,79±0,01	0,74±0,15	n.s.
<i>B. decumbens</i> 606	0,79±0,02	0,58±0,13	*
<i>B. brizantha</i> 665	0,86±0,16	0,57±0,11	**
<i>B. brizantha</i> 6294	0,88±0,05	0,73±0,17	n.s.
<i>B. ruziziensis</i> 6419	0,92±0,09	0,71±0,22	n.s.
<i>B. ruziziensis</i> 654	1,15±0,20	0,98±0,31	n.s.
<i>B. decumbens</i> 6132	1,29±0,01	0,94±0,20	**

* diferencias significativas ($P \leq 0,05$)

** diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$)

n.s. sin diferencias significativas ($P \leq 0,05$)

Lo que si parece estar claro es la reducida apetitividad de los pastos afectados por cercópidos. Posiblemente, las toxinas inyectadas por los insectos puedan afectar la aceptabilidad de las plantas dañadas (CIAT 1983) que son rechazadas por el ganado en pastoreo (Fagan y Vargas 1971).

Es probable que el efecto detrimental de los cercópidos en los pastos que infestan, se refleje primariamente en la reducción del rendimiento.

5.4. Conclusiones

1. Los pastos más tolerantes al daño de *Z. colombiana* fueron *B. dictyoneura* 6133, *B. humidicola* 675 y 6705; los medianamente tolerantes *B. brizantha* 6294, *A. gayanus* 621, *B. humidicola* 6369 y 6707. Las gramíneas susceptibles fueron *D. decumbens* *B. brizantha* 665, *B. decumbens* 606 y 6132, *B. ruziziensis* 654 y 6419.

2. Para todos los pastos, las plantas con mayor biomasa manifestaron un daño severo más tardíamente que las plantas con menor biomasa.

3. La intensidad del daño estuvo directamente relacionada con las poblaciones crecientes de insectos y con el período de infestación.

4. Las plantas dañadas en forma severa presentaron un rebrote similar después de un corte que las plantas sin infestación.

5. En el follaje dañado, respecto a otro sin daño, no disminuyeron ni el nitrógeno ni el fósforo **pero sí el potasio.**

5.5. Recomendaciones.

Se deberían utilizar cargas fijas para facilitar las evaluaciones. Esas cargas deberían ser preferiblemente altas, para realizar una selección rigurosa. Sería importante tomar en cuenta la biomasa de las plantas a utilizar. Posiblemente sea necesario ampliar la escala de daño. Para la recolección de información se hace necesario contar con personal familiarizado con el uso de la escala.

CAPITULO VI

DISCUSION Y CONCLUSIONES GENERALES

Con base en los resultados sobre antibiosis y tolerancia obtenidos en este estudio, se pueden desarrollar aspectos teóricos sobre lo que acontecería con el crecimiento de las poblaciones de *Z. colombiana* en pastos que poseen algunas de esas categorías de resistencia. El análisis de esos aspectos teóricos permite realizar inferencias sobre la importancia relativa de la antibiosis y la tolerancia y da las bases para hacer recomendaciones para una selección de germoplasma de gramíneas forrajeras tropicales por resistencia a cercopídeos.

La capacidad innata de incremento de una especie depende de la fertilidad, longevidad y velocidad de desarrollo, que se miden para cualquier población con base en los índices de natalidad y mortalidad (Krebs 1985). En esta discusión se toman esos conceptos y se presenta el desarrollo teórico de las poblaciones de *Z. colombiana* en los pastos *B. dictyoneura* 6133, *B. ruzizensis* 654 y *B. brizantha* 6294 (Cuadro 15). Los datos poblacionales presentados en ese cuadro, fueron calculados con base en

los índices de supervivencia y fecundidad desarrollados por Andrewartha y Birch (1954) y Southwood (1966) y utilizados ampliamente por Rabinovich (1978), Price (1984) y Krebs (1985) entre otros. Con base en esos índices los datos fueron calculados según la siguiente relación sugerida en el presente estudio:

$$P_{x+1} = P_{x0} * |R_c|^{n+1}$$

Donde,

P_{x+1} = Progenie hembra generada por n hembras en un periodo x.

P_{x0} = Población inicial de hembras. En el ejemplo se consideró una hembra.

R_c = Índice reproductivo neto, que corresponde al número de

hijas que produce una progenitora durante una generación. El cálculo de este índice se presenta a continuación:

$$R_c = l_x * m_x$$

Donde,

l_x = supervivencia ninfal. Los datos sobre supervivencia fueron obtenidos en esta investigación.

m_x = fecundidad. Los datos utilizados fueron los que presentaron Arango y Calderón (1981) sobre la fecundidad de *Z. colombiana*. Esos autores encontraron que las hembras de ese cercópido ovipositaron en

promedio 67 huevos. Como la relación hembra:macho fue de 0,5 (dato de esta investigación) se consideró que del 50% de esos huevos emergían hembras. Se estimó un 80% de eclosión con base en los resultados de este trabajo.

n_i = Numero de generaciones en un periodo "x" predeterminado. El cálculo se realizó de la manera siguiente:

$$n_i = \text{Tiempo } x / G$$

Donde,

Tiempo x = el periodo elegido fueron 180 días, lapso de duración de la época de máxima precipitación pluvial en los llanos orientales de Colombia. En esa fase se presentan las poblaciones de cercópidos en esa región.

G = Duración promedio de una generación y se calcula así:

$$G = 1_{n_r} * m_{n_r} * x / R_c$$

Donde,

x = Duración total (días) del ciclo del insecto (huevo, ninfa y adulto). Los datos sobre la duración del estado ninfal en los distintos pastos fueron obtenidos en este estudio y los de duración del huevo (12 días) y del adulto (15 días) fueron tomados de la investigación de Arango y Calderón (1981).

Cuadro 15. Aspectos teóricos sobre el crecimiento de las poblaciones de *Z. colombiana* en distintos pastos hospedantes.

Especie, accesión	Tolerancia				Parámetros poblacionales				
	Adacum.	Días a daño 4	lx	mx	Ro	G	n1	Px0	Px1
<i>B. dictyoneura</i> 6133	324,7	33,6	0,95	34,0	25,8	71,2	2,5	1	3622
<i>B. ruziziensis</i> 654	122,5	19,9	0,87	34,0	23,7	72,9	2,4	1	2400
<i>B. brizantha</i> 6294	271,5	30,3	0,47	34,0	12,8	85,3	2,1	1	216

Es necesario mencionar que en esos cálculos, se eliminaron otros factores bióticos o abióticos de mortalidad y se supuso una disponibilidad infinita de alimento.

Al analizar el Cuadro 15 se observa que el efecto antibiótico de *B. brizantha* 6294 sobre el desarrollo y supervivencia de las ninfas de *Z. colombiana* se refleja en el crecimiento de la población de estos insectos en ese pasto. El número de individuos alcanzado en el período de 180 días, resultó ser 17 veces menor que en *B. dictyoneura* 6133 y 13 veces menor que en *B. ruziziensis* 654, gramíneas que fueron buenos hospederos para las ninfas. Una situación de ese tipo era de esperarse pues, como lo mencionaron Adkisson y Dick (1984), la antibiosis induce a un nivel constante de supresión de las poblaciones de la plaga en cada generación y además prolonga el tiempo requerido por los insectos para alcanzar el nivel económico de daño (Maxwell, 1984).

Es probable que el incremento de las poblaciones en *B. brizantha* 6294 pueda ser menor, puesto que es posible que las hembras pequeñas que emergen de ese pasto tengan una fecundidad menor que las emergidas en los buenos hospederos.

Respecto al nivel de daño económico, es necesario mencionar que es un concepto que se refiere a la densidad poblacional de una plaga (número de individuos por área) necesario para ocasionar pérdidas económicas. En este punto, es importante recordar que en el estudio sobretolerancia, la severidad del daño estuvo relacionada tanto con la población infestante como con el periodo de infestación. El índice de tolerancia que relacionó esos parámetros, permitió categorizar a *B. dictyoneura* 6133 como tolerante, a *B. ruzizensis* 654 como muy susceptible y a *B. brizantha* 6294 como medianamente tolerante al daño de adultos de *Z. colombiana*. Por lo tanto, se supone que para cada pasto existe un nivel de daño económico diferente. Por ejemplo, si bien las poblaciones en *B. ruzizensis* 654 tendrían gran potencial de incremento, dado que el pasto es un buen hospedero, se supone que el daño económico sería alcanzado con una población (adacum.) 2,5 y 2 veces menor que en *B. dictyoneura* 6133 y *B. brizantha* 6294 (Cuadro 15) respectivamente y con un periodo de infestación más reducido puesto que es una especie muy susceptible al daño de esos insectos.

En el caso de *B. dictyoneura* 6133, se estima que para alcanzar un daño severo, se requieren poblaciones 2,6 y 1,2 mayores que las que dañarían *B. ruzizensis* 654 y *B. brizantha* 6294 respectivamente. Sin embargo, esa gramínea

es un buen hospedero para las ninfas de los cercópidos en estudio. El potencial de incremento de las poblaciones en ese pasto es alto y se pueden esperar daños severos a medida que las poblaciones se vayan incrementando. Un buen ejemplo de esos fenómenos se encuentra en lo acontecido con **B. humidicola** en el trópico húmedo brasileño. Este pasto es también una especie tolerante al daño de los insectos adultos y un buen hospedante, por lo tanto tiene características parecidas a **B. dictyoneura**. En los primeros años después de la expansión masiva de esa gramínea en la Amazonia brasilera la especie no manifestó daños importantes. Luego de algún tiempo las poblaciones del cercópido **Deois incompleta** se incrementaron en tal magnitud que la gramínea fue dañada en forma severa (Silva 1982).

Lo mencionado conduce a reflexionar sobre la importancia relativa de la tolerancia y la antibiosis como categorías de resistencia. En ausencia de antibiosis, la importancia de la tolerancia es sólo notoria cuando las poblaciones son bajas. Por lo tanto, su valor se incrementa al identificar y seleccionar adicionalmente alguna forma de antibiosis para mantener las poblaciones bajo los niveles críticos económicos.

El caso de **B. brizantha** 6294 es un buen ejemplo, puesto que es una gramínea que cuenta con algún mecanismo de antibiosis y una tolerancia media, por lo cual es

improbable que el nivel de daño económico pueda ser alcanzado fácilmente. Como ya lo manifestó Gallum (1972), la combinación de tolerancia y antibiosis en una planta es un medio eficaz para el control de una plaga. Por otra parte, si fuera el caso de una planta altamente antibiótica hacia una plaga en particular, no se necesitaría mucha tolerancia puesto que las poblaciones serían muy bajas (Horber 1984).

La antixenosis también puede ocasionar reducciones en las poblaciones de los insectos en las plantas hospedantes (Painter 1968). El caso de *A. gayanus* es un buen ejemplo. Como ya se manifestó, aparentemente las condiciones de microclima presentes en pastizales con esa gramínea no son óptimas para el desarrollo de las ninfas de los cercópodos. Por esa razón posiblemente las hembras no los prefieran para ovipositar. Notoriamente y como se explicó en el capítulo sobre antixenosis, el comportamiento de oviposición de los cercópodos está fuertemente afectada por la "calidad" especialmente de refugio y de sitios de alimentación que les brindan a las ninfas los pastos hospedantes. Esas características en el comportamiento de los insectos hacen difíciles los estudios sobre antixenosis. Como el objetivo es realizar una selección relativamente rápida de germoplasma por resistencia a cercópodos, al incluir una evaluación sobre preferencia

dificultaría un tamizado rápido del material. Por otra parte, es posible que sea más conveniente realizar observaciones sobre esta categoría de resistencia en el campo. Resultaría interesante hacer evaluaciones sobre las poblaciones de cercópidos en pastos que hipotéticamente fomenten condiciones microclimáticas contrastantes en las cercanías al suelo. Además de proveer indicaciones sobre la preferencia de oviposición y/o alimentación de los cercópidos, ese tipo de estudios daría informaciones básicas sobre la importancia de la manipulación del microhábitat, mediante pastoreo, en la regulación de las poblaciones de esos insectos.

Los resultados de estos experimentos permiten sugerir la importancia de la selección del germoplasma de *Brachiaria* spp. del CIAT por antibiosis y adicionalmente por tolerancia. El material sería evaluado en primera instancia por antibiosis utilizando la metodología seguida en la presente investigación, tomando en cuenta las variables supervivencia, duración del estado ninfal y peso seco de hembras. Posteriormente, se categorizaría su tolerancia con base en la utilización del índice. El material seleccionado estaría disponible para los ensayos regionales que las instituciones nacionales de investigación realizan en colaboración con el CIAT en diversas regiones de Sur y Centroamérica. Ese material se

sometería a una evaluación sistemática que incluye su adaptación a las condiciones edafoclimatológicas en ecosistemas específicos, su productividad estacional, su aceptabilidad por el ganado en pastoreo, aspectos de calidad y productividad de carne y/o leche en sistemas de producción, etc.

La selección de un amplio germoplasma mediante la metodología propuesta, permitiría contar con un número relativamente reducido de pastos que se evaluarán luego en el campo. Ello podría representar un ahorro de tiempo y dinero, puesto que se evitarían los grandes ensayos en el campo. Esto es importante ya que las instituciones nacionales de investigación muchas veces tienen limitaciones económicas serias. Sería conveniente que esas entidades utilizaran el material previamente evaluado en el CIAT y lo probaran en ecosistemas específicos.

VII. LITERATURA CITADA

- ADKISSON, P.L.; DYCK, V.A. 1984. Variedades resistentes en los sistemas de manejo de plagas. In Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Ed. por F.G. Maxwell, P.J. Jennings. Mexico, Limusa. p. 253-271.
- ANDREWARTHA, H.G.; BIRCH, L.C. 1954. The distribution and abundance of animals. Chicago, The University of Chicago Press. 782 p.
- ARANGO, G.; CALDERON, M. 1981. Biología y hábitos de *Zulia colombiana* (Lallemand) plaga del pasto *Brachiaria* spp. Revista Colombiana de Entomología (Col.) 7(1/2):3-11.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST. 1970. Official methods of analysis. 11 ed. Washington, D.C. 1015 p.
- BARRIENTOS, A. 1984. Contribución al estudio de *Monecphora bicincta fraterna* Uhler (Homoptera:Cercopidae), sus daños y algunos métodos de control en *Cynodon dactylon* cv. Coast cross N°1. Tesis de Candidatura a Doctor en Ciencias. La Habana, Cuba, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, Instituto de Ciencia Animal. 155 p.
- BARRIENTOS, A. 1986. Fluctuación de *Aeneolamia varia* en pasturas de *Brachiaria decumbens*. Pasturas Tropicales Boletín (Col.) 8(2): 10-13.
- BARTLETT, M.S. 1947. The use of transformations. Biometrics (E.E.U.U.) 3(1): 39-52.
- BECK, E.W. 1963. Observations on the biology and cultural-insecticidal control of *Prosapia bicincta*, a spittlebug, on coastal bermudagrass. Journal of Economic Entomology (E.E.U.U.) 56(6): 747-752.
- BECK, S.D. 1965. Resistance of plants to insects. Annual Review of Entomology (E.E.U.U.) 10: 207-232.
- BECK, S.D.; SCHOONHOVEN, L.M. 1984. Conducta de los insectos y resistencia vegetal. In Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Ed. por F.G. Maxwell, P.R. Jennings. Mexico, Limusa. p. 135-154.

- BORDNER, J.; DANEHOWER, D.A.; THATCHER, J.D.; KENNEDY, G.G.; STINNER, R.E.; WILSON, K.G. 1983. Chemical basis for host plant selection. *In* Plant resistance to insects. Ed by P.A. Hedin. Washington, American Chemical Society.
- BORROR, D.J.; De LONG, D.M.; TRIPLEHORN, C.A. 1981. An introduction to study of insects. 5 ed. Philadelphia, Saunders. 827 p.
- BYERS, R.A.; WELLS, H.D. 1966. Phytotoxemia of coastal bermudagrass caused by the two lined spittlebug, *Prosapia bicincta* (Homoptera:Cercopidae). *Annals of the Entomological Society of America (E.E.U.U.)* 59(6): 1067-1071.
- BYERS, R.A.; TALIAFERRO, C.M. 1967. Effects of age on the ability of the adult two-lined spittlebug *Prosapia bicincta* to produce phytotoxemia of coastal bermudagrass. *Journal of Economic Entomology (E.E.U.U.)* 60(6): 1760-1761.
- CALDERON, M. 1982. Evaluación del daño causado por insectos. *In* Manual para la evaluación agronómica; red internacional de evaluación de pastos tropicales. Ed. por J.M. Toledo. Cali, Colombia, CIAT. p. 57-71.
- CALDERON, M.; VARELA, F. 1982. Descripción de las plagas que atacan los pastos tropicales y características de sus daños; guía de estudio para ser usada como complemento en la unidad audiotutorial sobre el tema. Cali, Colombia, CIAT. 52 p.
- CALDERON, M.; ARANGO, G.; VARELA, F. 1982. Cercópidos plagas de los pastos en América tropical, biología y control; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el tema. Cali, Colombia, CIAT. 51 p.
- CANADA DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1962. Chemical methods of plant analysis. Canadá. 59 p. (Publication N° 1064).
- CARVALHO, S.M. DE. 1985. Prêferencia de postura de *Deois sach* em relação a diferentes espécies hospedeiras e tipos de solo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Bra.)* 20(6):631-633.
- CIAT. 1977. Informe anual 1976. Cali, Colombia. CIAT. p. irr.

- CIAT. 1981. Informe anual del programa de pastos tropicales 1980. Cali, Colombia. 138 p.
- CIAT. 1982. Informe anual del programa de pastos tropicales 1981. Cali, Colombia. 302 p.
- CIAT. 1983. Informe anual del programa de pastos tropicales 1982. Cali, Colombia. 362 p.
- CIAT. 1984. Informe anual de programa de pastos tropicales 1983. Cali, Colombia. 387 p.
- CIAT. 1985. Informe anual del programa de pastos tropicales 1984. Cali, Colombia. 279 p.
- CIAT. 1986. Informe anual del programa de pastos tropicales 1985. Cali, Colombia. 407 p.
- CIAT. 1987. Informe anual del programa de pastos tropicales 1986. Cali, Colombia. (En prensa)
- CIAT. 1987. Annual report 1986. Cali, Colombia. 140 p.
- COSENZA, G.W. 1981. Resistência de gramíneas forrageiras a cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta* (Stal 1854). EMBRAPA-CPAC, Brasil. Boletim de Pesquisa N°7. 16p.
- DAHMS, R.G. 1972. Techniques in the evaluation and development of host-plant resistance. *Journal of Environmental Quality* (E.E.U.U.) 1(3): 254-258.
- DANTAS, M. 1980. Ecosistema de pastagens cultivadas; algumas alterações ecológicas. EMBRAPA-CPATU, Belém, Brasil. Miscelanea N°1. 23p.
- DETHIER, V.G.; BROWNE, L.B.; SMITH, C.N. 1960. The designations of chemicals in terms of the responses they elicit from insects. *Journal of Economic Entomology* (E.E.U.U.) 53(1): 134-136.
- DETHIER, V.G. 1970. Some general considerations of insect's responses to the chemicals in food plants. In *Control of insect behavior by natural products*. Ed. by D.L. Wood, R.M. Silverstein, M. Nakajima. p. 21-28.
- DIEHL, S.R.; BUSH, G.L. 1984. An evolutionary and applied perspective of insect biotypes. *Annual Review of Entomology* (E.E.U.U.) 29: 471-504.

- DUNCAN, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics (E.E.U.U.)* 1(11): 1-42.
- ENKERLIN, D.; MORALES, J.A. 1979. The grass spittlebug complex *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia simulans* in northeastern Mexico and its possible control by resistance buffelgrass hybrids. *In* *Biology and breeding for resistance to arthropods and pathogens in agricultural plants*. Ed by M.K. Harris. Texas, Texas A and M University System. p. 470-494.
- FAGAN, E.B.; VARGAS, O.P. 1971. The influence of adult *Prosapia distanti* feeding on the forage quality of kikuyugrass in Costa Rica. *Turrialba (C.R.)* 21(2): 181-183.
- FLOR, H.H. 1956. The complementary genetic systems in flax and flax rust. *Advances in Genetics (E.E.U.U.)* 8:29-54.
- GALLUM, R.L. 1972. Genetic interrelationships between host plants and insects. *Journal of Environmental Quality (E.E.U.U.)* 1(3): 259-270.
- GALLUM, G.L.; KHUSH, G.S. 1984. Factores genéticos que afectan la expresión y estabilidad de la resistencia. *In* *Mejoramiento de plantas resistentes a insectos*. Ed. por F.G. Maxwell, P.R. Jennings. Mexico, Limusa. p. 83-105.
- HAGLEY, E.A. 1965. Site of feedings of the froghopper *In* *Trin. Ann. Rep. of Tate and Lyle Centr. Agr. Res. Sta.* p. 408-413.
- HARLAN, J.R.; STARKS, K.J. 1984. Fuentes y necesidades de germoplasma. *In* *Mejoramiento de plantas resistentes a insectos*. Ed. por. F.G. Maxwell, P.R. Jennings. Mexico, Limusa. p. 273-292.
- HARRIS, M.K.; Frederiksen, R.A. 1984. Concepts and methods regarding host plant resistance to arthropods and pathogens. *Annual Review of Phytopatology (E.E.U.U.)* 22: 247-272.
- HAWKINS, J.A.; WILSON, B.H.; MONDART, C.L.; NELSON, B.D.; FARLOW, R.A.; SCHILLING, P.E. 1979. Leafhoppers and planthoppers in coastal bermudagrass: effect on yield and quality and control by harvest frequency. *Journal of Economic Entomology (E.E.U.U.)* 72(1): 101-104.

- HEDIN, P.A.; JENKINS, J.N.; MAXWELL, F.G. 1977. Behavioral and developmental factors affecting host plant resistance to insects. In Host plant resistance to pests; a Symposium. Ed. by P.A. Hedin. Washington, American Chemical Society. p. 231-273.
- HEWITT, G.B. 1985. Ovipositional preferences of the spittlebugs *Zulia entreriana* (Berg, 1879) and *Deois flavopicta* (Stal, 1854)(Homoptera:Cercopidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil (Bra.)* 14(2); 197-204.
- HEWITT, G.B.; NILAKHE, S.S. 1986. Environmental factors affecting the survival of eggs and early instar nymphs of spittlebugs *Zulia entreriana* (Berg.) and *Deois flavopicta* Stal during the rainy season in central Brazil. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil (Bra.)* 15(1): 61-76.
- HINTON, A.E. 1981. Biology of insect eggs. New York, Pergamon press. v. 1.
- HOFFMAN, G.D.; MC EVOY, P.B. 1986. Mechanical limitations on feeding by meadow spittlebugs *Philaenus spumarius* (Homoptera:Cercopidae) on wild and cultivated host plants. *Ecological Entomology (G.B.)* 11: 415-426.
- HORBER, E. 1984. Tipos y clasificación de la resistencia. In Mejoramiento de plantas resistentes a insecto. Ed. por F.G. Maxwell, P.R. Jennings. Mexico, Limusa. p. 35-41.
- HORSFIELD, D. 1978. Evidence for xilem feeding by *Philaenus spumarius* (L) (Homoptera:Cercopidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata (Holanda)* 24: 95-99.
- HUFFAKER, C.B.; SMITH, R.F. 1980. Rational organization, and development of a national integrated pest management project. In New technology of pest control. Ed. by C.B. Huffaker, New York, Wiley. p 1-24.
- JIMENEZ, J.A. 1978. Estudios tendientes a establecer el control integrado de las salivitas de los pastos. *Revista Colombiana de Entomología (Col.)* 4(1/2): 19-33.
- KEEN, N.T.; BRUEGGER, B. 1977. Phytoalexins and chemicals that elicit their production in plants. In Host plant resistance to pests. Ed by P.A. Hedin. Washington, American Chemical Society. p. 1-26.

- KOGAN, M. 1975. Plant resistance in pest management. In Introduction to insect pest management. Ed. by R.L. Metcalf; W.H. Luckmann. New York, Wiley. p. 103-146.
- KOGAN, M.; ORTMAN, E. F. 1978. Antixenosis; a new term proposed to defined Painter's "nonpreference" modality of resistance. Entomological Society of America Bulletin (E.E.U.U.) 24(2): 175-176.
- KOLLER, W.W.; VALERIO, J.R. 1985. Observações preliminares sobre a preferência das cigarrinhas-das-pastagens por *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em diferentes estados fisiológicos. EMBRAPA-CNPQC, Brasil Pesquisa em Andamento Nº 28. 6p.
- KREBS, C.J. 1985. Ecology; the experimental analysis of distribution and abundance. 3 ed. New York, Harper. 800 p.
- LENNE, J.M.; TURNER, J.W.; CAMERON, D.F. 1980. Resistance to diseases and pests of tropical pasture plants. Tropical Grasslands (Australia) 14(3): 146-152.
- LENNE, J.M.; CALDERON, M. 1987. Problemas de plagas y enfermedades en *Andropogon gayanus*. Cali, Colombia, CIAT (En prensa)
- LEVIN, D.A. 1973. The role of trichomes in plant defense. The Quaterly Review of Biology (E.E.U.U.) 48(1): 3-15.
- MAGALHAES, B.P. 1982. Biologia da cigarrinha-das-pastagens *Deois (Acanthodeois) incompleta* (Walker, 1851) (Homoptera:Cercopidae) em *Brachiaria* spp. Tese Mestrado. Sao Paulo, Brasil, Universidade de Sao Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 67 p.
- MATHUR, R.B.; PIENKOWSKI, R.L. 1967. Influence of adult meadow spittlebug feeding on forage quality. Journal of Economic Entomology (E.E.U.U.) 60(1): 207-209.
- MAXWELL, F.G. 1972. Morphological and chemical changes that involve in the development of host plant resistance to insects. Journal of Environmental Quality (E.E.U.U.) 1(3): 265-270.
- MAXWELL, F.G. 1984. Oportunidades y perspectivas In Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Ed por F.G. Maxwell; P.R. Jennings. Mexico, Limusa. p. 565-568.

- MAXWELL, F.G. 1984. Utilization of host plant resistance in pest management. In Planning Conference on Integrated Pest Management (22., 1984, Lima, Perú). Report. Lima, CIP. p 91-102.
- MC EVOY, P.B. 1986. Niche partitioning in spittlebugs (Homoptera:Cercopidae) sharing shelters on host plants. Ecology (E.E.U.U.) 67(2): 465-478.
- MENEZES, M. DE.; MORENO, M.A.R. 1981. Aspectos da resistência de três gramíneas forrageiras ao ataque de **Zulia entreriana** (Breg)(Homoptera:Cercopidae). Revista Theobroma (Bra.) 11(1): 53-59.
- MENEZES, M.DE.; EL-KADI, M.K.; PEREIRA, J.M.; RUIZ, M.A.M. 1983. Bases para o controle integrado das cigarrinhas-das-pastagens na região sudeste da Bahia. Ilheus, Brasil, Centro de Pesquisas do Cacau. 35 p.
- NAVES, M.A. 1980. As cigarrinhas das pastagens e sugestões para o seu controle. EMBRAPA-CPAC, Brasília. Circular Técnica Nº3. 27 p.
- NILAKHE, S.S.; PASCHOAL, G.O.; SAVIDAN, Y. 1985. Survival and fecundity of spittlebugs on differen grasses. In International Grassland Congress (15, 1985, Kyoto, Japan). Proceedings. Kyoto, Japan, The Japanese Society of Grassland Science. p 791-793.
- NORRIS, D.M.; KOGAN, M. 1984. Bases bioquímicas y morfológicas de la resistencia. In Mejoramiento de plantas resistentes a insecto. Ed. F.G. Maxwell, P.R. Jennings. Mexico, Limusa. p. 43-80.
- NUNES, S.G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M.I.O.; GOMES, D.T. 1984. **Brachiaria brizantha** cv. Marandú. EMBRAPA-CNPGC, Campo Grande, Brasil. Documentos Nº 21. 31 p.
- >ORTMAN, E.E.; PETERS, D.C. 1984. Mejoramiento de plantas resistentes a insectos; introducción. In Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Ed. por F.G. Maxwell, P.R. Jennings. Mexico, Limusa. p. 21-32.
- OSPINA, M.V.R.; GARDEAZABAL, C.A.C. 1984. Evaluación de ecotipos de diferentes especies del género **Brachiaria** spp. para determinar su comportamiento con respecto al ataque de **Zulia colombiana** (Lallemand) (Homoptera:Cercopidae). Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 95 p.

- PAINTER, R.H. 1958. Resistance of plants to insects. Annual Review of Entomology (E.E.U.U.) 3: 267-290.
- PAINTER, R.H. 1968. Insect resistance in crop plants. Kansas, The University Press. 520 p.
- PARMAN, V.R.; WILSON, M.C. 1982. Alfalfa crop responses to feeding by the meadow spittlebug (Homoptera:Cercopidae). Annals of the Entomological Society of America (E.E.U.U.) 75(3): 481-486.
- PATHAK, M.D. 1970. Genetics of plants in pests management. In Concepts of pest management. Ed. by R.L. Rabb, F.E. Guthrie. North Carolina, North Carolina State University. p. 139-157
- PRICE, P.W. 1984. Insect ecology. 2 ed. New York, Wiley. p. 209-234.
- PROKOPY, R.J.; OWENS, E.D. 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. Annual Review of Entomology (E.E.U.U.) 28: 337-364.
- QUINTERO DE LA PAVA, I.D. 1982. Estudio comparativo de tallos y hojas de algunos ecotipos de gramíneas forrajeras y su relación con el ataque de ninfas de **Zulia colombiana** (Lallemand). Tesis Biol. Cali, Colombia, Universidad del Valle, Departamento de Biología, Cali, Colombia. 126 p.
- RABINOVICH, J.E. 1978. Ecología de poblaciones animales. Washington, Departamento de Asuntos Científicos, OEA. 114 p.
- RAMIRO, Z.A.; MIRANDA R. DE A.; BATISTA FILHO, A. 1984. Observações sobre a flutuação de cigarrinhas (Homoptera:Cercopidae) em pastagem formada com **Brachiaria decumbens**, mantida em diferentes níveis de desenvolvimento vegetativo. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil (Bra.) 13(2): 357-369.
- REESE, J.C. 1977. The effects of plant biochemicals on insect growth and nutritional physiology. In Host plant resistance to pests; a Symposium. Ed. by P.A. Hedin. Washington, American Chemical Society. p. 129-152. (ACS Symposium Series N° 62)

- RENWICK, J.A.A. 1983. Nonpreference mechanisms: plant characteristics influencing insects behavior. In Plant resistance to insects. Ed. by P.A. Hedin. Washington, American Chemical Society. p. 199-213.
- SAS INSTITUTE INCORPORATED. 1985. SAS Users guide: statistics. 5 ed. Cary , N.C. 956 p.
- SCHAFER, J.F. 1974. Host plant resistance to plant pathogens and insects: history, current status, and future outlook. In Proceedings of the Summer Institute on Biological Control of Plant Insects and Diseases. Jackson, University Press of Mississippi. p. 238-247.
- SERRAO, E.A.S.; FALESI, I.C.; VEIGA, J.B. DA; NETO, J.F.T. 1979. Productividad de praderas cultivadas en suelos de baja fertilidad de la amazonia del Brasil. In Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Ed. por L.E. Tergas; P.A. Sánchez. Cali, Colombia, CIAT. p. 211-243.
- SERRAO, E.A.S. 1986. Pastagens em area de floresta no trópico umido brasileiro: conhecimentos actuais. In Simposio do Trópico Umido, (1, Belém, Brasil, 1984). Anais. Belém, EMBRAPA-CPATU. v.5 (En prensa).
- SILVA, A. DE B.; MAGALHAES, B.P. 1981. Resistencia de gramíneas forrajeras a cigarrinha-das-pastagens, **Deois incompleta** Walker. In EMBRAPA-CPATU, Brasil. Relatorio Técnico Anual 1980. Belém, Brasil. 98-99.
- SILVA, A de B. 1982. Determinação de danos da cigarrinha-das pastagens (**Deois incompleta**) à **Brachiaria humidicola** y **Brachiaria decumbens**. EMBRAPA-CPATU, Belém, Brasil. Circular Técnica 27. 19 p.
- SILVA, A. DE B. 1982. Avaliacao do grau de resistencia de gramíneas forrajeiras a cigarrinhas **Deois incompleta**. In EMBRAPA-CPATU, Brasil. Relatorio Técnico Anual 1982. Belém, Brasil. p. 231-232.
- SILVA, A. DE B. 1986. Cigarrinhas das pastagens no trópico umido brasileiro. In Simposio do Trópico Umido, (1, 1986, Belém, Brasil). Anais. Belém, EMBRAPA-CPATU. v5 (En prensa)
- SNELLING, R.O. 1941. Resistance of plants to insect attack. Botanical Review (E.E.U.U.) 7(10): 543-586.

- SOTELO, G.; ARANGO, G. 1986. Técnicas para el establecimiento de una colonia de l salivazo de los pastos *Zulia colombiana* Lall. a nivel de laboratorio. In Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (13, 1986, Cali, Col.). Resúmenes. Cali, Colombia. p. 54.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1966. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. Londres, Butler. 391 p.
- SPRAGUE, G.F.; DAHMS, R.G. 1972. Development of crop resistance to insects. *Journal of Environmental Quality* (E.E.U.U.) 1(1): 28-34.
- STIPANOVIC, R.D. 1983. Function and chemistry of plat trichomes and glands in insect resistance; protective chemical in plant epidermal glands and appendages. In Plant resistance to insects. Ed. by P. A. Hedin, Washington, American Chemical Society. p. 69-100.
- TALIAFERRO, C.M.; LEUCK, D.B.; STIMMANN, M.W. 1969. Tolerance of *Cynodon* clones to phytotoxemia caused by the two-lined spittlebug. *Crop Science* (E.E.U.U.) 9: 765-766.
- TALIAFERRO, C.M.; BYERS, R.A.; BURTON, G.W. 1967. Effects of spittlebug injury on root production and sod reserves of coastal bermudagrass. *Agronomy Journal* (E.E.U.U.) 59: 530-532.
- THOMAS, D.; GROF, B. 1986. Some pasture species for the tropical savannas of south America. 3. *Andropogon gayanus*, *Brachiaria* spp. and *Panicum maximum*. *Herbage Abstracts* (G.B.) 56(12): 557-565.
- TINGEY, W.M.; SINGH, S.R. 1984. Factores ambientales que influyen en la magnitud y expresión de la resistencia. In Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Ed. por F.G. Maxwell; P.R. Jennings. Mexico, Limusa. p. 107-133.
- TOLEDO, J.M. 1982. Objetivos y organización de la red internacional de evaluación de pastos tropicales. In Manual para la evaluación agronómica; red internacional de evaluación de pastos tropicales. Ed. por J.M. Toledo. Cali, Colombia, CIAT. p 13-21.

- TOLEDO, J.M.; SCHULTZE-KRAFT, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. In Manual para la evaluación agronómica; red internacional de evaluación de pastos tropicales. Ed. by J.M. Toledo. Cali, Colombia, CIAT. p. 91-110.
- TOLEDO, J.M.; SERRAO, E.A.S. 1984. Proyecto de investigación en pasturas y ganadería. Lima, Perú, REDINAA. 71 p.
- TOLEDO, J.M. 1985. Pasture development for cattle production in the major ecosystems of the tropical american lowlands. In International Grassland Congress (15, 1985, Kyoto, Japan). Proceedings. Kyoto, Japan, The Japanese Society of Grassland Science. p. 74-78.
- VALERIO, J.R. 1985. Caracterizacao e avaliacao do dano causado pelo adulto da cigarrinha-das-pastagens *Zulia entreriana* (Berg, 1879) em *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Basilisk. Tese Doutor em Ciencias, Piracicaba, Brasil, Universidade de Sao Paulo 152 p.
- VAN DER PLANK, J.E. 1968. Disease resistance in plants. New York, Academic Press. 206 p.
- WAISS JUNIOR, A.C.; CHAN, B.G.; ELLIGER. 1977. Host plant resistance to insects. In Host plant resistance to pests; a Symposium. Ed by P.A. Hedin. Washington, American Chemical Society. p. 115-128. (ACS Symposium Series N° 62)
- WALKER, J.C. 1969. Plant pathology. New York, Mc Graw-Hill. 819 p.
- WATERHOUSE, f.l. 1955. Microclimatological profiles in grass cover in relation to biological problems. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society (G.B.) 81:63-71.
- WHITTAKER, J.B. 1970. Cercopid spittle as microhabitat. Oikos (Dinamarca) 21: 59-64.
- WIEGERT, R.G. 1964. The ingestion of xilem sap by meadow spittlebugs *Philaenus spumarius* (L.). American Midland Naturalist (E.E.U.U.) 71(2): 422-428.

A N E X O

Cuadro 2A. Cuadro de análisis de varianza para la duración del estado ninfal de *Z. colombiana* en distintas gramíneas forrajeras tropicales.

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Modelo	25	2064,72	82,59	6,2**
Error	114	1517,53	13,31	
Total	139	3582,25		

C.V. = 7,57 %

Cuadro 3A. Cuadro de análisis de varianza para la supervivencia de ninfas de *Z. colombiana* hasta alcanzar el estado adulto en diferentes gramíneas forrajeras. Transformación logarítmica.

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Modelo	25	1,3759	0,0550	3,58**
Error	114	1,7550	0,01539	
Total	139	3,1309		

C.V. = 20,73%

Cuadro 4A. Cuadro de análisis de varianza para el peso seco de hembras adultas de *Z. colombiana* emergidas en distintas gramíneas forrajeras.

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Modelo	24	1017,1066	42,3794	9,08**
Error	637	2973,8779	4,6685	
Total	661	3939,7948		

C.V.= 15,85 %

Cuadro 5A. Cuadro de análisis de varianza para el número de ninfas/pote en distintas gramíneas forrajeras tropicales. (Transformaciones logarítmicas).

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Accesión	11	53,393	4,8539	5,29**
Error	48	44,0301	0,9172	
Total	59	97,4232		

C.V. = 23,9 %

Cuadro 6A. Cuadro de análisis de varianza para el número de adultos/día/pote. (transformación logaritmica).

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Accesión	11	8,1658	0,7423	6,74**
Error	48	5,2835	0,1100	

C.V. = 8,82 %