

SUSCEPTIBILIDAD DE ALGUNAS VARIEDADES DE MAIZ (L) (*Zea mays*)
AL ATAQUE DEL GORGOJO *Sitophilus oryzae* (L)
(Coleoptera: Curculionidae)

Ana Virginia Madrigal Soto

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR EL GRADO DE LICENCIATURA EN BIOLOGIA
ESPECIALIDAD EN ZOOLOGIA

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

1986

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

ESCUELA DE BIOLOGIA

SUSCEPTIBILIDAD DE ALGUNAS VARIETADES DE MAIZ (L) (*Zea mays*)
AL ATAQUE DEL GORGOJO *Sitophilus oryzae* (L)
(Coleoptera: Curculionidae)

TESIS PRESENTADA A LA FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA

APROBADA

DEDICATORIA



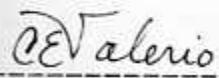
Dr. Miguel Mora C.

Director de Tesis



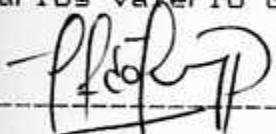
Dr. William Eberhard

Miembro del
Tribunal



Dr. Carlos Valerio G.

Miembro del
Tribunal



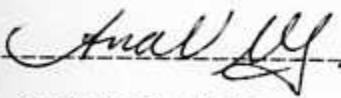
M.Sc. Luis Fernando Jirón P.

Miembro del
Tribunal



M.Sc. Ma. Isabel Morales Z.

Subdirectora de
Escuela
Miembro del
Tribunal



Ana V. Madrigal Soto

Sustentante

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente al Sr. Miguel Ángel...
por su valiosa colaboración y ayuda en este trabajo.

A los profesores miembros de Tribunal Examinador...
por sus buenos consejos y mucho apoyo.

Al personal del CIBRS que compartieron conmigo...
participaron activamente en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Especialmente a la Srta. Lorena Jiménez, al Sr. Juan...
al Sr. Rodolfo González y al Sr. Carlos Hernández.

A mis compañeros y amigos que me han ayudado en...
todo momento.

A mi familia por su constante estímulo.

A todos mi eterno agradecimiento.

A mi hermana Flor de María

A mis padres

A Fran

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer sinceramente al Dr. Miguel Mora Cordero su valiosa colaboración al guiarme en este trabajo.

A los profesores Miembros de Tribunal Examinador de quienes recibí buenos consejos y mucho apoyo.

Al personal del CIGRAS que compartieron conmigo su amistad y participaron activamente en la realización de este trabajo.

Especialmente a la Srta. Lorena Jiménez, al Sr. Cristóbal Montoya al Sr. Rodolfo González y al Sr. Carlos Hernández.

A mis compañeros y amigos que me han brindado su afecto en todo momento.

A mi familia por su constante estímulo.

A todos mi eterno agradecimiento.

INDICE

INTRODUCCION

CONTENIDO	PAGINA
I Introducción	1
II Revisión de Literatura	3
III Materiales y métodos	9
IV Resultados y discusión	13
V Lista de Cuadros	19
VI Lista de Figuras	26
VII Conclusiones	33
VIII Resumen	34
IX Bibliografía	35
X Apéndice	43

SUSCEPTIBILIDAD DE ALGUNAS VARIETADES DE MAIZ (Zea mays (L))
AL ATAQUE DEL GORGOJO Sitophilus oryzae (L)
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

INTRODUCCION

El maíz es uno de los principales granos básicos que constituyen la dieta del costarricense. Este grano tiene usos muy variados en la alimentación ya que pertenece a la tradición cultural alimenticia de los pueblos mesoamericanos y además puede ser consumido directamente por el hombre o por los animales, usarse como materia prima en la industria de alimentos concentrados y en la elaboración de harina y otros productos (4).

Muchos insectos se constituyen en plagas de la planta de maíz durante su crecimiento y especialmente durante su posterior almacenamiento (10). Se han realizado diversos cálculos sobre las pérdidas de grano debidas al ataque de insectos. Por ejemplo la FAO, estima éstas pérdidas en un 10% y porcentajes aún mayores en zonas tropicales (9). En Costa Rica, se ha encontrado que los agricultores sufren pérdidas importantes en el almacenamiento de sus granos por esta causa (8).

El gorgojo del arroz Sitophilus oryzae es una de las plagas más destructivas del maíz. Este insecto causa grandes pérdidas debido a que adultos y larvas se desarrollan dentro del grano (5, 26, 42, 47).

Las pérdidas provocadas por el gorgojo ha obligado la utili-

zación de diferentes formas de control químico. Sin embargo, los métodos tradicionales han causado problemas como son la resistencia desarrollada por los insectos a los productos químicos, la contaminación del ambiente y los peligros que ocasiona el manejo de compuestos tóxicos (15, 18). El planteamiento de nuevas formas de control del gorgojo como por ejemplo el uso de feromonas, la utilización de productos vegetales repelentes, y el uso de variedades de granos más resistentes al ataque de los insectos, han sido algunas de las soluciones propuestas (9, 15, 18).

El objetivo general de este trabajo es determinar las diferencias en la resistencia de once variedades de maíz al ataque del gorgojo *S. oryzae*, definidas por la tasa de reproducción en cada una de las variedades y la atracción que ejercen éstas hacia los insectos. Además se proponen los siguientes objetivos específicos:

1. Definir cuáles variedades de maíz son más susceptibles al ataque del gorgojo.
2. Estudiar la relación entre el tipo, la composición química del grano y el ataque del insecto.
3. Estudiar algunos aspectos biológicos de esta especie, como la duración del ciclo de vida en el laboratorio y las tasas de mortalidad y natalidad en las diferentes variedades.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Generalidades

El gorgojo del arroz Sitophilus oryzae (L) pertenece a la subfamilia Rhynchophorinae, familia Curculionidae, del orden Coleoptera. Esta especie fue descrita en 1773 por Linneo con el nombre de Curculio Oryzae (7).

Se considera originario de la región de China y de la India, tomando en cuenta el centro de origen de la especie hospedera Oryza sativa (30).

Existen dos especies cercanas al gorgojo del arroz que son igualmente perjudiciales a los granos, el gorgojo de los graneros S. granarius y el gorgojo del maíz S. zeamais. La primera especie se diferencia principalmente en que tiene las alas atrofiadas por lo que no puede volar. La segunda especie fue considerada la misma que S. oryzae hasta que en 1855 Motschulsky, usando características externas, la describió como una especie diferente (29).

Para separar S. oryzae y S. zeamais, que con frecuencia se encuentran juntas, se ha usado diferencias en el tamaño de distintas partes del cuerpo, el diseño del pronoto, la habilidad para volar, los hábitos de infestación y técnicas serológicas (23, 28, 34, 41, 43).

Biología

El gorgojo del arroz se desarrolla durante su etapa larval dentro del grano. La hembra excava en el grano un agujero donde luego deposita un huevo, luego tapa el agujero con una goma musilaginosa para proteger al huevo y la larva de algunos enemigos (26, 33). Los huevos son puestos en el endosperma del grano, muy pocas veces en el embrión (26).

La larva pasa por cuatro estadios larvales que ocurren dentro del grano y seguidamente se transforma en prepupa, luego en pupa, en adulto preemergente y finalmente en adulto que sale del grano (25).

Pocas veces son puestos más de un huevo por grano, pero es raro que las dos larvas se desarrollen hasta la madurez porque hay canibalismo entre ellas (26, 40).

Se ha encontrado que las hembras de *S. oryzae* ponen aproximadamente 850 huevos con un promedio diario de 9,4 huevos, en condiciones de 25 C y 70% de humedad relativa (26).

Una pareja de gorgojos puede engendrar progenie a las 42 horas de haber emergido debido a que la transferencia de espermatozoides viables se da en machos de 30 horas de edad y las hembras pueden empezar a poner huevos a 42 horas (40).

La fecundidad de los gorgojos se ve afectada entre otros factores por la densidad de población, existiendo una densidad arriba y abajo de la cual la fecundidad declina (27).

La duración del ciclo de vida depende de la temperatura, de y la humedad relativa. Se han obtenido resultados de 36 días de

duración con 27 C de temperatura y 70% de humedad relativa y de 40 días con 25 C de temperatura y 70% de humedad (1, 26).

Con frecuencia estos gorgojos viven de 7 a 8 meses y a veces sobreviven de 1 a 2 años (30).

Las condiciones óptimas para el desarrollo de este insecto varía según desde temperaturas de 28 C a 31 C; humedades relativas de 60 a 79% y humedades del grano de 13,5 a 17,6% (21, 34, 38). Este insecto tiene una gran capacidad de adaptación al medio, y se le encuentra tanto en zonas tropicales como templadas y aún en algunas áreas frías del mundo (26,30).

Infestación en el campo

S. gryzae es un hábil volador, y ataca el maíz desde que las plantaciones se encuentran en el campo (14, 24) .

En 1964 Kirk hizo observaciones sobre el comportamiento del vuelo del gorgojo, encontrando una mayor migración en las horas más cálidas del día. Esta migración se inicia cuando el maíz contiene aproximadamente un 65% de humedad, apta para la oviposición. Kirk además encontró una mayor incidencia de insectos en las hileras de los bordes (23).

Este comportamiento coincide con lo observado en el brúquido *Acanthoscelides obtectus* (22).

El grado de infestación en el campo depende especialmente de la extensión, cobertura de la punta, fusión, número y estado de las hojas que recubren el elote, las cuales parecen ser una barrera eficaz contra la entrada de gorgojos (2, 12, 17, 44, 46).

La existencia de alguna fuente de infestación cercana al cultivo como son las bodegas de almacenamiento de grano y además la presencia de rastros o sacos con granos dañados que contengan insectos de la cosecha anterior, son responsables en gran parte de la infestación inicial (14, 37).

Infestación en almacenamiento

En el almacenamiento el número de gorgojos, se ve afectado por la población de insectos al momento de cosechar el maíz (14). El contenido de humedad del maíz, la temperatura del medio y el potencial de los huevos en desarrollo, afectan el crecimiento posterior de la población (11).

La posibilidad de que los huevos depositados se desarrollen así como el tiempo requerido para que se cumpla el ciclo de vida van a depender en gran parte de las características que presente la variedad de maíz infestado (11, 12).

Resistencia

Painter (32) se refiere a 3 componentes interrelacionados que definen la resistencia de las plantas al daño de insectos: preferencia, antibiosis y tolerancia.

En el maíz, las características más importantes que se han relacionado con su resistencia al gorgojo son las siguientes.

Las características del pericarpio, el cual puede proveer al maíz de una barrera física contra el insecto que reduce el ataque

del grano. No se ha encontrado ninguna variedad que impida al insecto penetrar el grano, pero se ha visto una mayor infestación en granos partidos que en granos enteros (2, 12).

La mayoría de los autores consideran que la dureza del endospermo se correlaciona negativamente con el ataque de los gorgojos, debido a que la dureza puede producir mortalidad en los estadios larvales iniciales o aumento en el período de desarrollo de la larva (2, 3, 12, 17, 37).

Las características nutricionales pueden afectar la resistencia; por ejemplo en líneas que contengan el gen opaco 2 que aumenta la proporción de triptofano y lisina, el ataque es mayor, debido a que son más nutritivas y a que su endospermo es más suave y harinoso. También se considera que el contenido de azúcares y de taninos afectan la resistencia en la variedad de maíz (2, 12, 16, 17, 36, 45).

Daños

Además de las pérdidas de peso provocadas por los insectos, se dan las pérdidas de calidad por la presencia de animales vivos, cuerpos muertos y secreciones que afectan la apariencia y el sabor del grano (12, 37).

En algunos casos, la germinación puede verse afectada cuando la densidad de población es tan alta que se dan múltiples oviposiciones en el grano y se destruye el embrión.

El crecimiento de la población de gorgojos en el maíz, también provoca un aumento en el contenido de humedad y la tempe-

ratura , lo que favorece el crecimiento de hongos patógenos que deterioran la calidad del grano y reducen la germinación de las semillas (31, 36).

Control

Los procedimientos para el combate de insectos de almacenamiento son muy variados. Lo tradicional es el tratamiento con sustancias químicas.

Entre los insecticidas de contacto más comunes está el malation (organo fosforado). Sin embargo, su frecuente utilización ha permitido el desarrollo de razas de *S. oryzae* resistentes a él.

Otro tipo de insecticidas son los fumigantes como el fosfuro de aluminio "Phostoxin" y Bromuro de Metilo.

También son utilizados otros medios de control como el combate por modificaciones de la atmósfera y de la temperatura (9).

En ocasiones se usan hojas y semillas de plantas como la *Azadirachta indica* que afecta al gorgojo y evita la formación del hongo *Aspergillus* cuando el grano está húmedo (15).

Además, se usan materiales inertes como dolomita, arena, que disminuyen la contaminación por insectos (26).

Actualmente se conocen una serie de especies parásitas de *Sitophilus* como: *Anisopteromalus calandrae*, *Chaetospora elegans*, *Lariophagus distinguendus* y *Cerocephala dinoderi* (Pteromalidae) y *Cephalonomia tarsalis* (Bethyilidae) (26).

MATERIALES Y METODOS

Granos e insectos utilizados

Este trabajo se realizó en la Universidad de Costa Rica, en el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS).

Las pruebas experimentales fueron realizadas en una cámara con temperatura y humedad relativa controladas. La temperatura registrada fue de 30 C₊₂ y la humedad relativa osciló entre 70 y 80%. El interior de la cámara se mantuvo oscuro, excepto cuando se estaba trabajando en el ensayo.

En la presente investigación se probaron algunas variedades que se siembran en Costa Rica como Tico V-6, Tico V-7, Tico V-9, Tivo V-10, Tocumen y Los Diamantes 8043; también se utilizaron los híbridos X-107 A, X-5800 y X-304 A, y, además, un maíz experimental aportado por la Universidad Nacional y maíz criollo conocido como Maicena proveniente de Pérez Zeledón.

Las muestras de diferentes tipos de maíz fueron aportadas por Ministerio de Agricultura, el Consejo Nacional de Producción, la Central Agrícola de Cartago, la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica y la Universidad Nacional.

Los insectos utilizados en las pruebas fueron obtenidos de maíz fuertemente infestado, proveniente de la Estación Experimental Fabio Baudrit, ubicada en la provincia de Alajuela a 800

m.s.n.m. Se separaron los gorgojos *S. oryzae* de la especie cercana *S. zeamais* también presente en el maíz.

Para realizar el estudio se trabajó con una población de 500 insectos de *S. oryzae* para su reproducción. Las especies fueron separadas de acuerdo a las características morfológicas dadas por Halstead (20) y Carvalho (7). Los insectos fueron colocados para su reproducción en maíz Tico V-6 previamente desinfestado con fosfuro de aluminio "Fostoxin", que de acuerdo a Dobie (11) no afecta el crecimiento posterior de éstos insectos. Este cultivo sirvió de fuente de insectos para los experimentos.

Las muestras de los diferentes tipos de maíz fueron colocadas dentro de la cámara de granos por 4 semanas antes de iniciar los experimentos, con el fin de homogeneizar el contenido de humedad del grano.

Posteriormente, se analizó a partir de una muestra de 4 kg, la humedad del grano, el porcentaje de grano dañado por insectos, el porcentaje de grano quebrado y la densidad del grano, para cada variedad.

Ensayo de no preferencia

El primer ensayo, denominado ensayo de no preferencia fue realizado con muestras de 300 g de maíz, colocadas en envases plásticos con tapa con cedazo. De cada una de las variedades e híbridos, se prepararon 4 repeticiones con sus respectivos testigos, determinándose el peso y humedad del grano.

Los 88 frascos fueron colocados dentro de la cámara según el

diseño de bloques al azar. A cada frasco se le agregaron 10 hembras y 10 machos de 5 a 10 días de edad.. Se dejó que los insectos ovipositaran por 15 días y posteriormente se sacaron y desecharon..

Los insectos fueron separados por sexo, según las características del rostro propuestas por Reddy (1951).

Un mes después se inició el conteo de la progenie adulta en las muestras. Estos conteos se hicieron cada 3 días por espacio de 30 días. Los insectos de cada conteo fueron retirados y los recipientes devueltos a la cámara.

Al finalizar los conteos nuevamente las muestras fueron pesadas, analizando su contenido de humedad.

Ensayo de preferencia

El ensayo de preferencia en oviposición fue evaluado de acuerdo a una modificación del método de Gibson y Raina (13) y Cartín (6). Se utilizó un disco de madera con un agujero en el centro y 12 agujeros equidistantes entre sí y del centro. En el centro del disco se colocó un vial con 150 gorgojos sin identificar los sexos y en los agujeros del perímetro se colocaron al azar muestras de cada una de las variedades. Este ensayo se repitió 4 veces dejando a los insectos ovipositar por 7 días. Las muestras fueron pesadas antes de iniciar el ensayo. El disco de madera con las muestras fue colocado dentro de un desecador y cubierto con tela de nylon, colocándose dentro de la cámara misma donde se realizó el ensayo de no preferencia.

A los 7 días se deshecharon los insectos. Transcurridas 4 semanas se hicieron conteos semanales de la progenie adulta en cada variedad.

Además, de los ensayos antes citados, se hicieron análisis químicos a todas las clases de maíz, incluyendo cantidad de proteína, de grasas, de fibra y ceniza. La información obtenida fue evaluada estadísticamente utilizando análisis de varianza, prueba de Duncan, correlación y regresión.

Se observa que después del período de incubación de 7 días, la población de los 33 días y finalmente cerca de los 70 días, una tendencia general en forma de campana durante el ciclo de vida.

Notese que la salida de insectos no se completó a los 25 días. La población se bajó a los 37 días posteriores a la emergencia, luego aumentó hasta los 39 y 39 días, alternándose en un ciclo de vida de 39 días y así sucesivamente.

El período que se dio nacimiento a los insectos se obtuvo una mayor emergencia a los 39 días de vida. Se obtuvo el período más frecuente en que se desarrollan los insectos de vida y adulto fue de 37 días. Este período se obtuvo con los datos citados en la tabla 1.

En la fig. 2 se muestran las curvas de salida de insectos en las cinco variedades, en los períodos de vida de 37 a 49 días. La variedad mexicana es la que presenta el mayor número de insectos en la época de vida adulta, además, véase que en las variedades mexicana y Ocho la salida de insectos

RESULTADOS Y DISCUSION

La resistencia de las variedades de maíz al gorgojo puede ser medida usando dos parámetros: el número de insectos obtenidos en la F1 y el período promedio en que se desarrolla el 50% de la población (2, 12). En el Cuadro 2 se encuentra la información sobre la emergencia de insectos en el ensayo de no preferencia. Se observa que después del período de oviposición la salida de la F1 dio inicio a los 33 días y finalizó cerca de los 58 días. Hubo una tendencia general en forma de campana centrada a los 44 días (Fig. 7).

Nótese que la salida de insectos no es constante en los 10 conteos realizados por 25 días. La población es baja a los 30 y 33 días posteriores a la oviposición, luego aumenta rápidamente a los 36 y 39 días, alcanzándose un pico máximo a los 44 días, para declinar y ser muy baja a los 58 días.

El período que se dejó ovipositar a los insectos fue de 15 días y se obtuvo una mayor emergencia a los 44 días (F1) de acuerdo a esto el período más frecuente en que tardaron en desarrollarse los insectos de huevo a adulto fue de 37 a 51 días, lo cual concuerda con los datos citados en la literatura.

En la Fig. 2 se muestran las curvas de salida de gorgojos en las once variedades, en los períodos de mayor emergencia de insectos (de 37 a 48 días). La variedad Maicena es la que presenta el mayor número de insectos en la F1 que el resto. Además, nótese que en las variedades Maicena y UNA la salida de insectos

es significativamente más temprana que en las otras variedades, obteniéndose más del 50% de la población a los 40 días.

En la Fig. 3 se observa el número total de insectos que emergieron a los 58 días. Los valores varían desde 120 insectos en el híbrido X-107A hasta 251 insectos en el maíz Maicena. Agrupando las variedades según las diferencias significativas entre ellas, podemos ver que el Maicena es más susceptible que los demás, seguido por el maíz UNA y Tocumen, los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí.

Tampoco hubo diferencias entre el Tico V-6, Tico V-10 y Los Diamantes. El Tico V-7, Tico V-9 y X304 siguen en orden decreciente de susceptibilidad, por último los menos afectados por los insectos fueron los híbridos X5800 y X107A.

Pérdidas de Peso

Los porcentajes de pérdida de peso (Cuadro 3) van desde 3,2% en el maíz Maicena hasta 1,8% en el Tico V-7, siendo las pérdidas de peso promedio de 2,2%. Se encontró una alta correlación $r=0,93$ ($P=0,05$) entre el número de insectos totales en cada variedad y las pérdidas de peso, lo cual era de esperarse debido a que un mayor número de insectos demanda más alimento para la actividad de larvas y adultos. También se encontró correlación significativa $r=0,66$ ($P=0,05$) de esta variable con el porcentaje de granos dañados en cada cultivar y con el número de insectos en la prueba de preferencia $r=0,96$ ($P=0,05$).

Grano dañado

El porcentaje de grano dañado para cada variedad es mostrado en el Cuadro 4. El maíz UNA obtuvo el porcentaje más alto con un 15,4% y el Tico V-6 el menor con 9,4%; el valor promedio fue de 12,0% de grano dañado.

En la Fig. 4 se observa la variación en el porcentaje de grano dañado; puede verse que las variedades UNA y Maicena en las que se obtuvo mayor número de insectos en la F1 muestran porcentajes mayores de grano dañado significativamente diferentes. Sin embargo en las otras variedades los porcentajes de grano dañado no corresponden a la emergencia de insectos en la F1, o sea que no hubo correlación significativa $r=0,47$ ($P=0,05$) entre éstas dos variables.

Se encontró una correlación positiva entre el porcentaje de grano dañado y las pérdidas de peso; aunque esta variable no correlacionó significativamente con el número de insectos en la prueba de preferencia $r=0,32$ ($P=0,05$).

Debe considerarse el hecho de que al trabajar con variedades que poseen características diferentes como son: el color del grano, la textura y composición del endosperma y especialmente el tamaño de grano, éstas variables pueden afectar los valores relacionados con el peso de granos dañados, dando resultados incompletos.

Prueba de Preferencia en oviposición

La preferencia de los insectos por determinadas caracterís-

ticas del grano es uno de los factores que define la tolerancia del maíz a los insectos (31). En el Cuadro 5 vemos el número de gorgojos que emergieron en las pruebas de preferencia en cada cultivar de maíz. Aunque en números absolutos los resultados difieren un poco de el número de insectos obtenidos en el ensayo de no preferencia, existe una correlación significativa $r=0,56$ ($P=0,05$) entre ambos.

En la Fig. 5 se observa el número de gorgojos emergidos en cada variedad. El maíz Maicena y el UNA fueron los granos preferidos por las hembras para ovipositar, siendo el Maicena significativamente más atacado; estos cultivares que son preferidos por los gorgojos son aquellos en los que se desarrolló mayor número de progenie en el ensayo de preferencia.

Los híbridos X5800 y X304 en los que se obtuvieron poblaciones bajas en el ensayo de no preferencia resultaron ser preferidos a las otras variedades en este ensayo de preferencia ya que hubo mayor emergencia de insectos, acercándose más a los valores obtenidos en las variedades como Tico V-6 y Diamantes que en el ensayo anterior habían resultado más susceptibles que los híbridos. También se obtuvo resultados diferentes en el Tico V-7, Tico V-9 y Tico V-10 que fueron variedades menos atractivas para el insecto en este ensayo.

El número de gorgojos en la prueba de preferencia y el porcentaje de pérdidas de peso en el ensayo de no preferencia se correlacionan altamente $r=0,96$ ($P=0,05$); no se encontró correlación significativa entre la primera y el porcentaje de grano dañado $r=0,09$ ($P=0,05$).

Índice de susceptibilidad

Una medida de resistencia al gorgojo del arroz comúnmente utilizado es el índice de susceptibilidad relativa = $\log \frac{F \times 100}{D}$ (Gobie 1977),

donde F=número total de adultos F1

D=período medio de desarrollo

En el Cuadro 6 se encuentran los valores de los índices de susceptibilidad obtenidos para cada cultivar de maíz, utilizando los resultados de la prueba de no preferencia. Los índices de susceptibilidad más altos fueron los de los cultivares Maicena y UNA (Fig. 7) que son los más atrayentes para los gorgojos en el ensayo de escogencia. Estas dos variedades son de grano blanco; el Maicena posee endosperma semiharinoso, el UNA tiene incluido el gen opaco 2 el cual enriquece el grano en aminoácidos como el triptofano y lisina.

Las variedades Tocumen, Tico V-6, Tico V-10, Tico V-9 y Los Diamantes a pesar de que poseen características diferentes entre sí, presentan índices de susceptibilidad similares.

En este grupo hay variedades con grano de color amarillo (Tico V-6 - Tico V-10 y Tocumen) y de grano blanco (Tico V-9 y Los Diamantes); textura y forma también variable, presentándose, grano dentado en los cultivares Tocumen, Tico V-6, Tico V-9 y Los Diamantes y grano cristalino en Tico V-10.

Un último grupo, lo constituyen las variedades Tico V-7 y Los 3 híbridos los cuales poseen un índice de susceptibilidad

menor. En este grupo el tipo de grano es variable, en el Tico V-7 es dentado y blanco, los 3 híbridos X107A, X5800 y X304 tienen el grano semicristalino pero en el X588 y X304 es amarillo y en el X107 es blanco.

Además se correlacionó la composición química del grano con el índice de susceptibilidad pero no se encontró correlación significativa $r=0,21$ ($P=0,05$) con los valores de proteína cruda (Apéndice); tampoco se encontró correlación significativa con este último valor y el número de insectos en la prueba de preferencia.

Porcentaje promedio de pérdida en las variedades de maíz en la prueba de preferencia.

Porcentaje del grano dañado en las variedades de maíz en la prueba de no preferencia.

Número promedio del total de insectos en las variedades de maíz en la prueba de preferencia.

Índice de susceptibilidad de once variedades de maíz al ataque del gorgojo del maíz.

LISTA DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro 1. Origen, color y tipo de grano de las variedades de maíz utilizadas en esta investigación.	21
Cuadro 2. Número de insectos que emergieron en diferentes días, después del período de oviposición en cada variedad de maíz.	22
Cuadro 3. Porcentaje promedio de pérdida de peso en las variedades de maíz en la prueba de no preferencia.	23
Cuadro 4. Porcentaje del grano dañado en las diferentes variedades de maíz en la prueba de no preferencia.	24
Cuadro 5. Número promedio del total de insectos en las variedades de maíz en la prueba de preferencia.	25
Cuadro 6. Índice de susceptibilidad de once variedades de maíz al ataque del gorgojo del arroz.	26

Cuadro 1. Origen, color y tipo de grano de las variedades de maíz utilizadas en esta investigación.

VARIEDAD	COLOR DEL GRANO	TIPO DE GRANO	PADRES
Tico V-6	amarillo	dentado	Población 28
Tico V-7	blanco	dentado	Población 29- Tuxpeño Caribe
Tico V-9	blanco	dentado	Población 21
Tico V-10	amarillo	crystalino	Población 27
X107A	blanco	semicristalino	Pioneer
X5800	amarillo	semicristalino	Pioneer
X304A	amarillo	crystalino	Pioneer
Tocumen 7428	amarillo	dentado	Población 28- Panamá
Diamantes 8043	blanco	dentado	Población 43- La Posta
UNA	blanco	semiharinoso	Nuevo León Usier- Tico H 5
Maicena	blanco	semiharinoso	Criollo

Cuadro 2. Número de insectos que emergieron en diferentes días, después de el período de oviposición en cada variedad de maíz.
(Los números corresponden al promedio de 4 repeticiones)

VARIEDAD	30 días	33 días	37 días	40 días	44 días	46 días	48 días	51 días	53 días	58 días	TOTAL
Maicena	2,50	7,25	27,75	54,5	64,00	35,00	25,25	17,50	13,50	5,25	251,50
LINA	7,70	15,50	35,00	53,25	60,75	30,00	16,50	9,00	2,50	1,50	231,70
Tocumen	3,00	7,50	24,75	33,25	56,25	38,00	28,25	16,00	6,75	5,00	218,75
Tico V-6	2,25	4,50	20,75	39,25	59,25	34,25	20,25	16,00	7,50	4,00	208,00
Tico V-10	3,50	8,75	27,00	39,75	55,25	31,00	20,75	12,00	7,25	4,00	209,25
Diamantes	1,50	7,00	20,50	34,00	51,00	28,00	20,75	16,00	8,50	6,75	194,00
Tico V-9	1,50	5,50	18,25	39,50	35,75	20,00	15,75	12,75	7,00	3,25	159,25
Tico V-7	2,50	6,50	17,75	28,00	49,00	21,25	15,75	12,25	9,25	3,50	165,75
X304	1,25	3,00	14,00	25,00	39,75	23,00	18,50	12,00	9,00	4,25	149,75
X5800	2,00	5,50	13,25	21,25	31,25	23,75	15,75	12,50	7,25	4,00	136,50
X107	1,75	4,50	16,00	20,75	32,25	21,00	15,75	12,50	7,50	3,75	135,75

Cuadro 3. Porcentaje promedio (4 repeticiones) de pérdida de peso en las variedades de maíz en la prueba de no preferencia

VARIEDAD	% PERDIDA DE PESO
Maicena	3,20±0,27 a *
UNA	2,89±0,44 b
Tocumen	2,60±0,31 c
Tico V-6	2,36±0,25 cd
Tico V-10	2,26±0,50 d
Los Diamantes	2,11±0,23 de
Tico V-9	1,80±0,29 f
Tico V-7	1,76±0,26 f
X304	1,78±0,45 f
X5800	1,85±0,52 ef
X107 A	1,89±0,27 ef

* Las letras iguales indican que no se encontró diferencias significativas entre variedades según la prueba de Duncan (P 0,05)

Cuadro 4. Porcentaje de grano dañado en las diferentes variedades de maíz en la prueba de no preferencia

VARIEDAD	% GRANO DAÑADO
Maicena	14,80
UNA	16,40
Tocumen	1,287
Tico V-6	9,39
Tico V-10	9,95
Los Diamantes	12,32
Tico V-9	10,65
Tico V-7	10,60
X304A	12,65
X5800	12,25
X107A	10,27

Cuadro 5. Número promedio (4 repeticiones) del total de insectos en las variedades de maíz en la prueba de preferencia

VARIEDAD	NUMERO DE INSECTOS
Maicena	67,25±9,75 a *
UNA	53,00±5,00 b
Tocumen	47,25±4,00 c
Tico V-6	33,75±1,75 e
Tico V-10	25,50±2,00 f
Los Diamantes	35,75±7,50 e
Tico V-9	25,25±4,25 f
Tico V-7	23,00±3,00 f
X304A	44,00±3,00 cd
X5800	41,00±4,00 d
X107A	32,75±1,75 e

* Las letras iguales indican que no hay diferencias significativas según la prueba de Duncan (P 0,05)

Cuadro 6. Índice de susceptibilidad de once variedades de maíz (datos de pruebas de no preferencia) al ataque del gorgojo del arroz.

VARIETADES	INDICE
Maicena	9,76 a *
UNA	9,47 a
Tocumen	8,39 b
Tico V-6	8,23 bc
Tico V-10	8,19 bc
Los Diamantes	8,00 bcd
Tico V-9	7,58 bcde
Tico V-7	7,48 cde
X304A	7,33 de
X5800	7,05 e
X107A	7,03 e

* Las letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre variedades según la prueba de Duncan (P 0,05)

LISTA DE FIGURAS

PAGINA

- Figura 1. Número promedio de insectos en las once variedades en los días posteriores al inicio de la oviposición en el ensayo de no preferencia. 28
- Figura 2. Número de insectos en los conteos de 37 a 49 días, en las once variedades de maíz en el ensayo de no preferencia. 29
- Figura 3. Número total de insectos a los 58 días en todas las variedades de maíz en el ensayo de no preferencia. 30
- Figura 4. Porcentaje de grano dañado en las once variedades de maíz en el ensayo de no preferencia. 31
- Figura 5. Número de gorgojos emergidos en las once variedades de maíz en el ensayo de preferencia. 32
- Figura 6. Índice de susceptibilidad al gorgojo del arroz en once variedades de maíz. 33

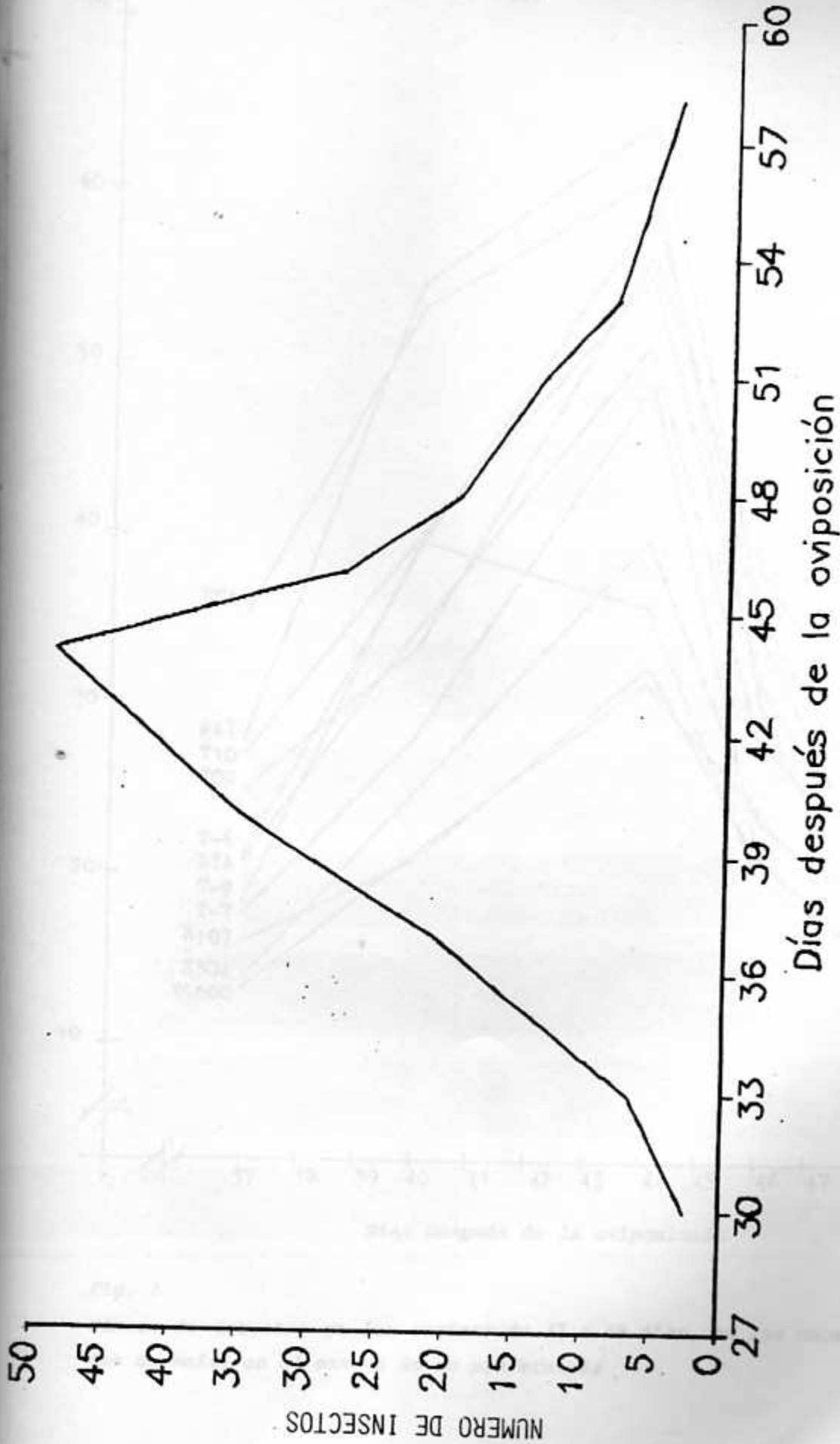


Fig. 1
Número promedio de insectos en las 11 variedades en los días posteriores al inicio de la oviposición en el ensayo de no preferencia.

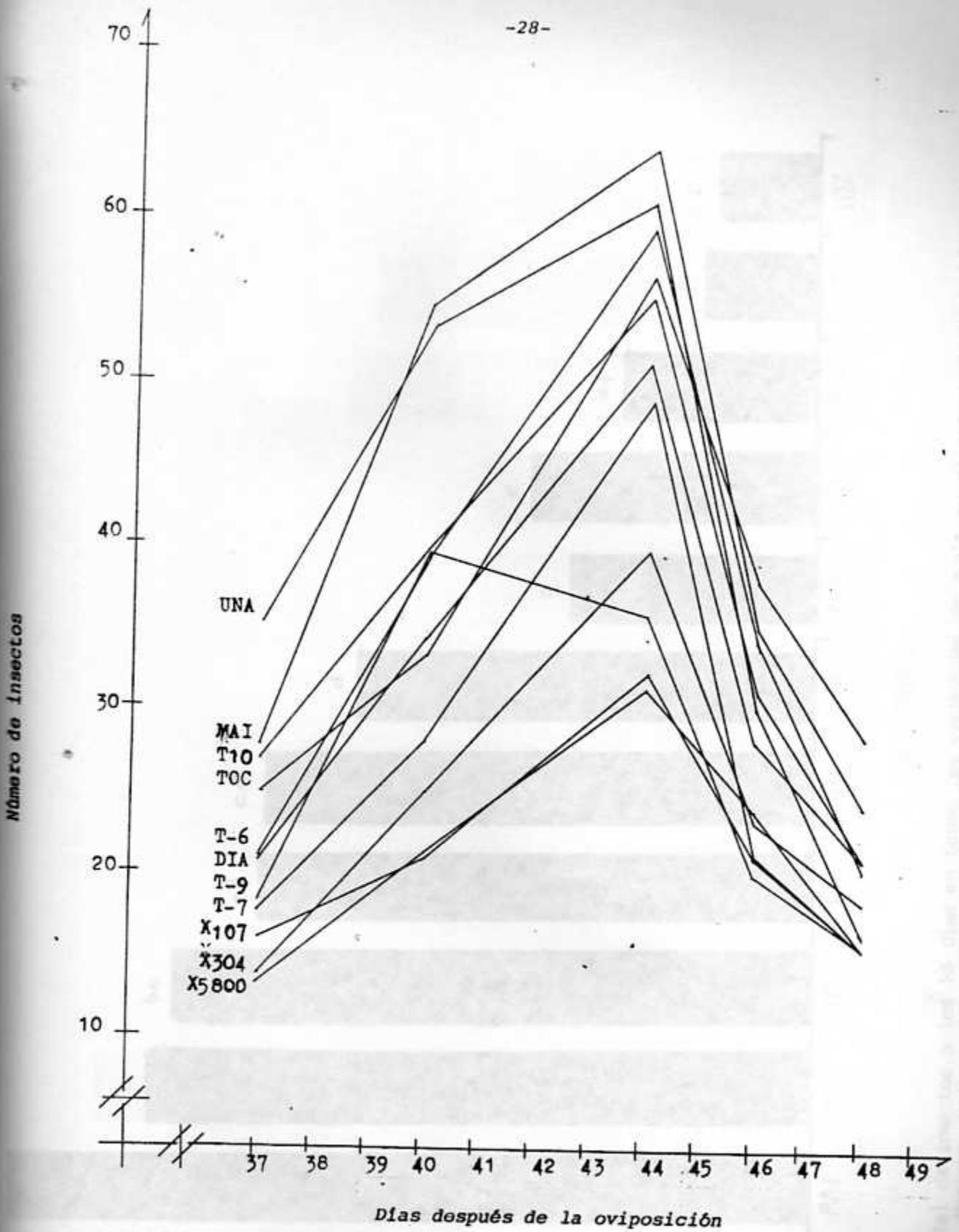
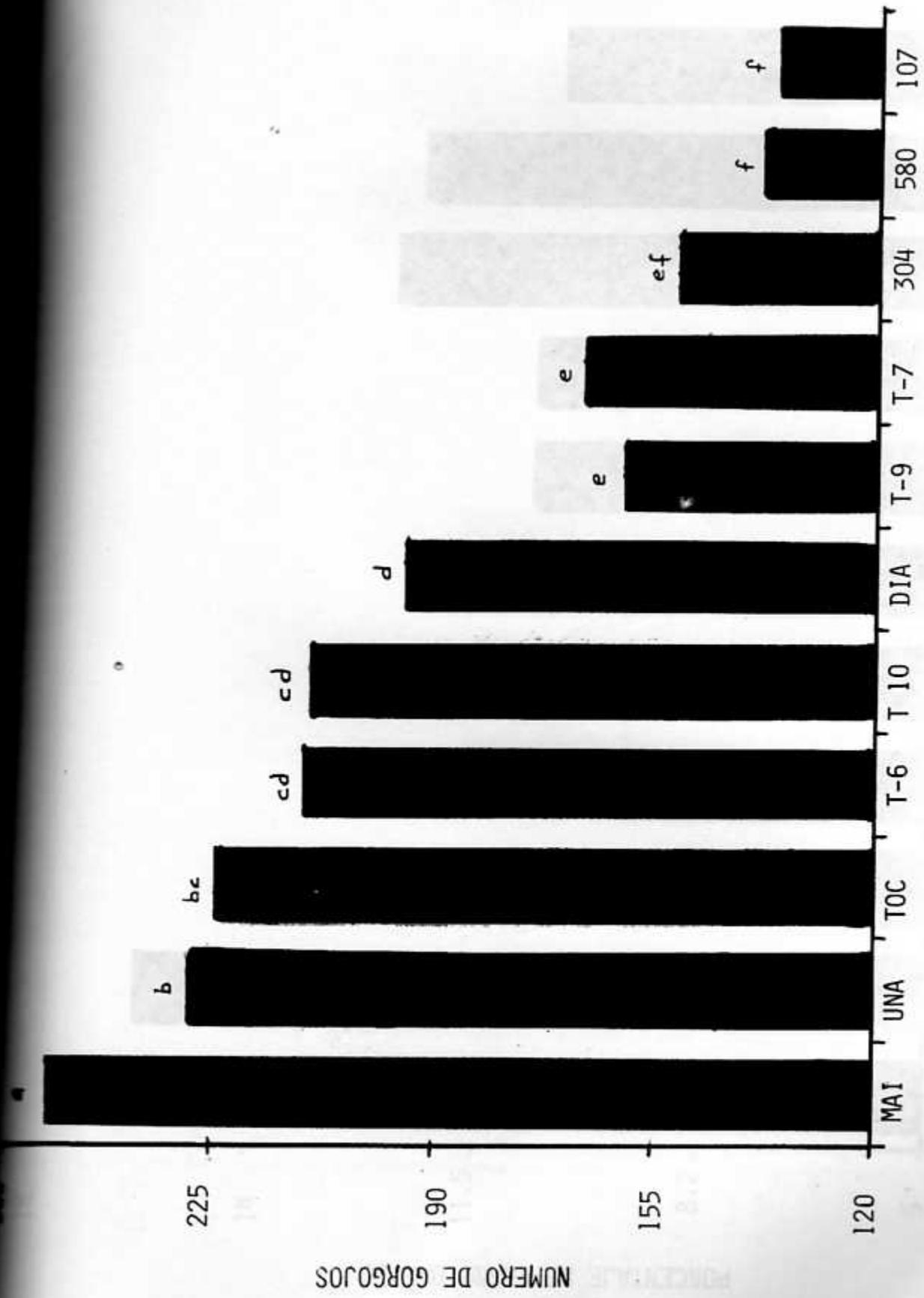


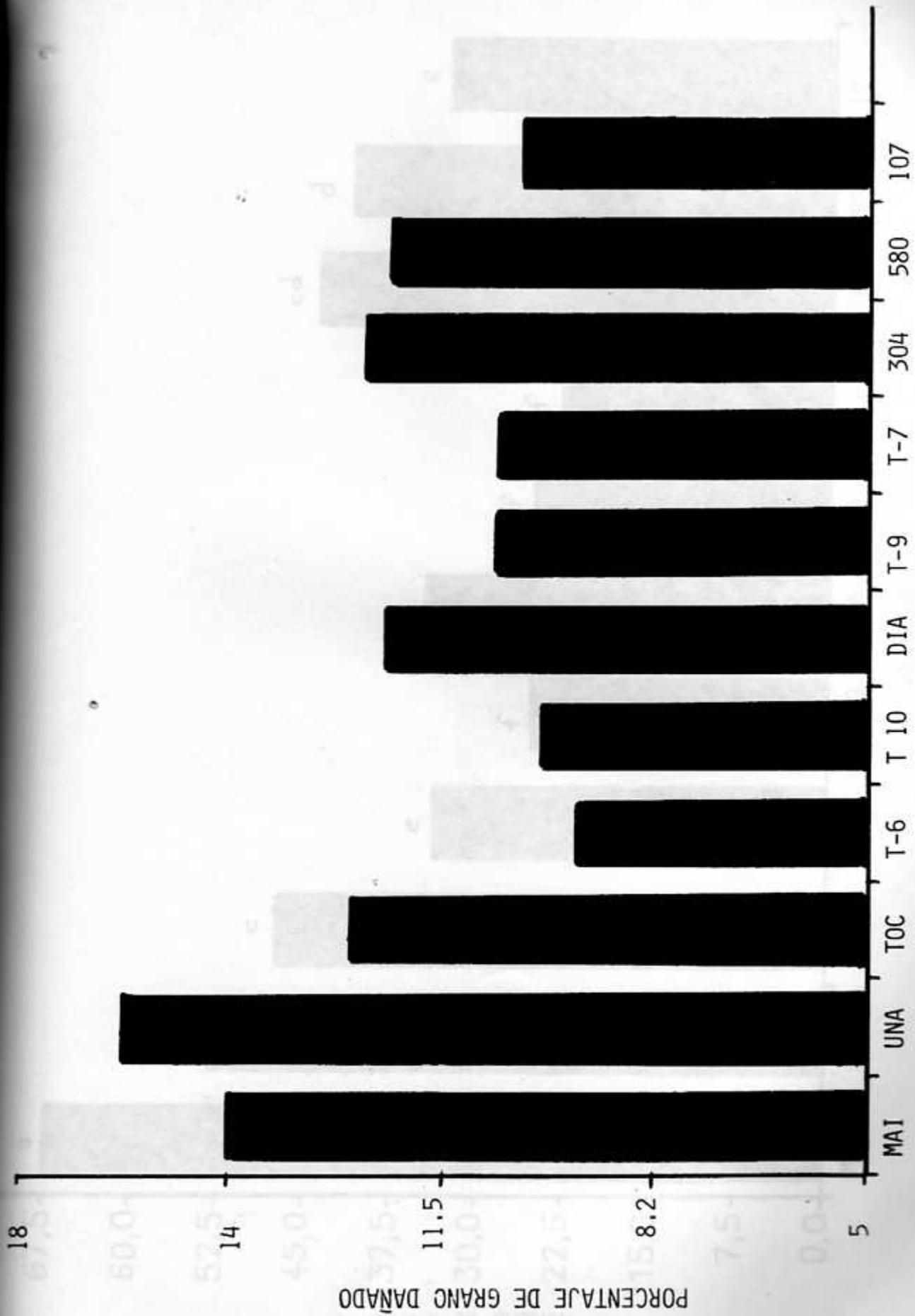
Fig. 2

Número de insectos en los conteos de 37 a 49 días, en las once variedades de maíz, en el ensayo de no preferencia.



VARIETADES

Fig. 3. Número total de insectos a los 58 días en todas las variedades de maíz en el ensayo de no preferencia. Las letras distintas indican diferencias significativas entre variedades según la prueba de Duncan.



Variedades

Fig. 4: Porcentaje de grano dañado en once variedades de maíz en el ensayo de no preferencia. (El orden en el eje X es de acuerdo al número total de insectos emergidos en cada variedad)

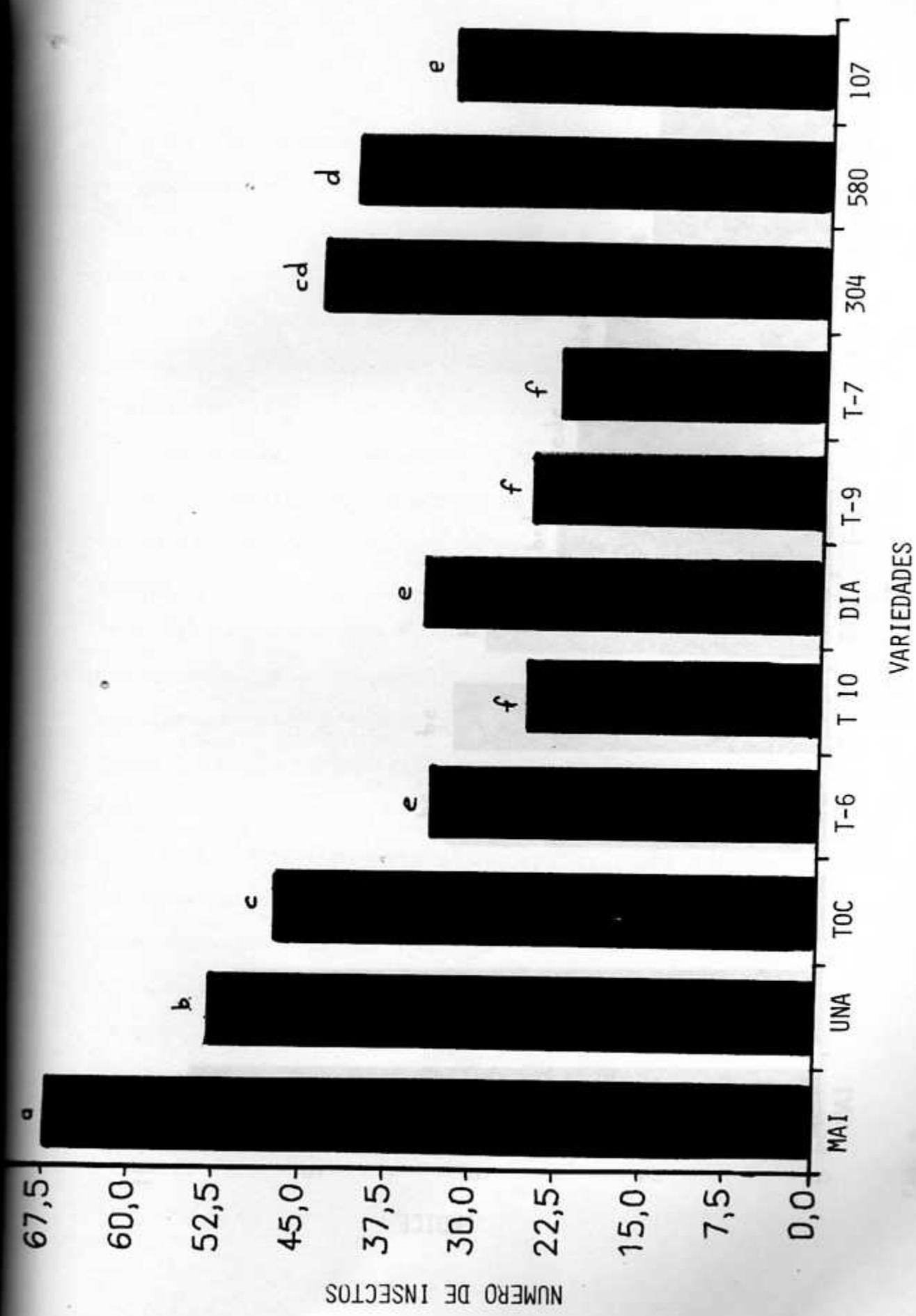


Fig. 5
Número total de insectos en todas las variedades de maíz en el ensayo de preferencia.
Las letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Duncan.

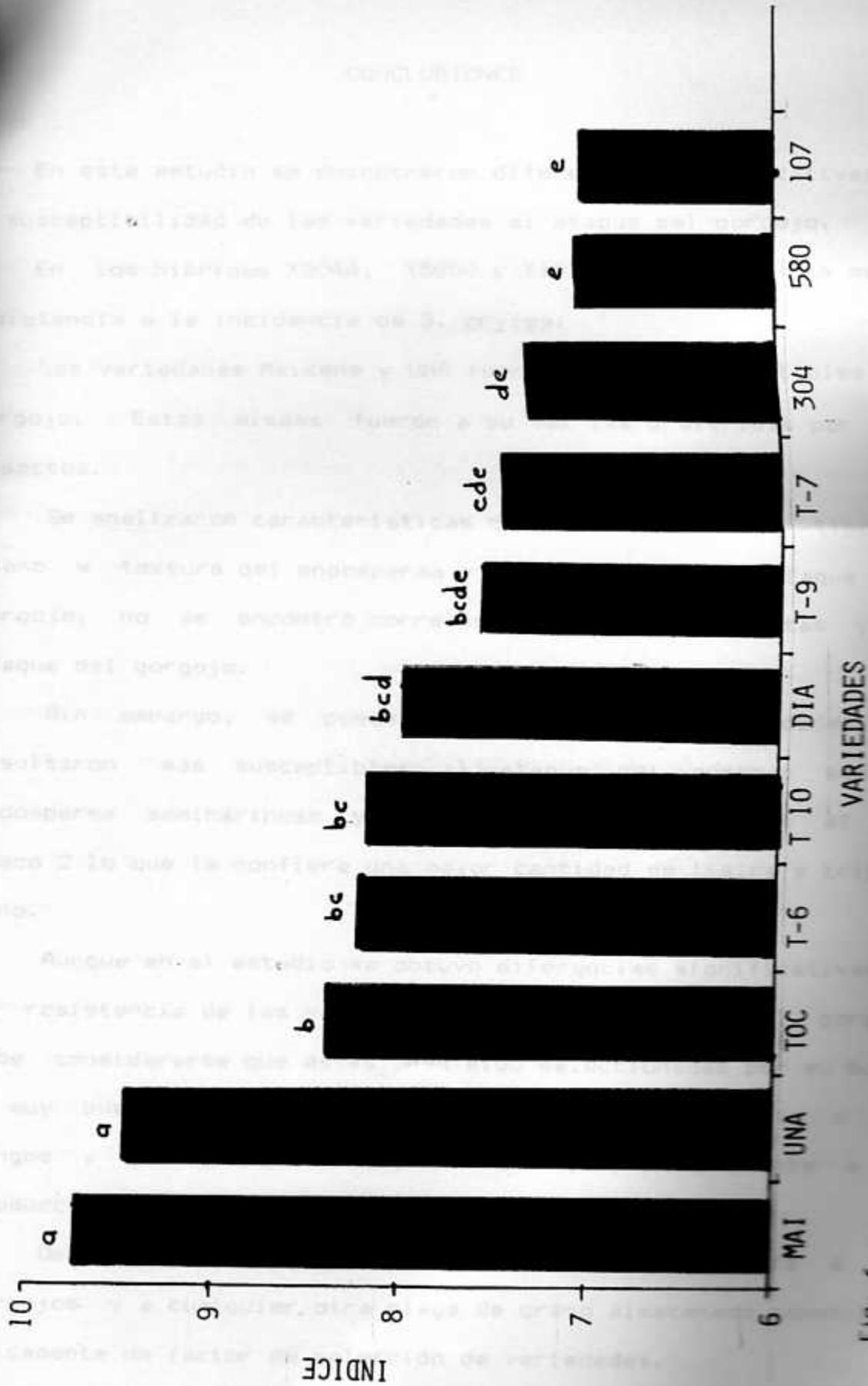


Fig. 6. Índice de susceptibilidad al gorgojo del arroz en once variedades de maíz. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa entre variedades según la prueba de Duncan.

CONCLUSIONES

En este estudio se encontraron diferencias significativas en la susceptibilidad de las variedades al ataque del gorgojo.

En los híbridos X304A, X5800 y X107A se encontró una mayor resistencia a la incidencia de *S. oryzae*.

Las variedades Maicena y UNA fueron las más susceptibles al gorgojo. Estas mismas fueron a su vez las preferidas por los insectos.

Se analizaron características del maíz como color, tipo de grano y textura del endosperma y su relación con el ataque del gorgojo, no se encontró correlación directa entre éstas y el ataque del gorgojo.

Sin embargo, se puede notar que las dos variedades que resultaron más susceptibles al ataque del gorgojo son de endosperma semiharinoso y además la variedad UNA posee el gen opaco 2 lo que le confiere una mayor cantidad de lisina y triptofano.

Aunque en el estudio se obtuvo diferencias significativas en la resistencia de las variedades de maíz al ataque del gorgojo debe considerarse que éstas han sido seleccionadas por su buena o muy buena cobertura de mazorca, su buena resistencia a los hongos y el achapanamiento, al acame y principalmente a su producción.

Debe tenerse presente que la resistencia del maíz a los gorgojos y a cualquier otra plaga de grano almacenado constituye únicamente un factor de selección de variedades.

RESUMEN

Para investigar la susceptibilidad de algunas variedades de maíz al ataque del gorgojo se trabajó con dos experimentos, el ensayo de no preferencia de *S. oryzae* al maíz, en el cual se evaluó la pérdida de peso, el porcentaje de grano dañado, el total de progenie en la F1 y se calculó un índice de susceptibilidad relativa. Además un segundo ensayo llamado ensayo de preferencia para oviposición donde se determinó el número de gorgojos en la F1.

Se encontró diferencias significativas entre las variedades de maíz en el número total de insectos en la F1, y el índice de susceptibilidad relativa; la pérdida de peso se correlacionó con el número de gorgojos no así el porcentaje de granos dañados por insectos. La variedad que obtuvo más progenie fue Maicena; y el índice de susceptibilidad más alto fue el de las variedades UNA y Maicena.

En el ensayo de preferencia en oviposición se encontró mayor número de gorgojos en las variedades Maicena, UNA y Tocumen.

Las características químicas del grano tales como el porcentaje de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas no se correlacionó con el número de insectos en ninguno de los dos ensayos.

BIBLIOGRAFIA

1. ADAMS, J.M. Weight loss caused by development of S. zeamais Metsch in maize. J. Stored Prod. Res. 12: 269-272. 1976.
2. BHATIA S.R., Resistance to insects in stored grains Trop. stored Prod. Inf. (31): 21-34. 1976.
3. BHATIA, S.R. Wheat grain variability to infestation by storage pests. J. Ent. Res. 2 (1): 106-111. 1978.
4. BONILLA, N. El cultivo del maíz. 2a. ed. San José. Ed. CAFESA. Costa Rica. 1983. 48 p.
5. BORIKAR, P.S. and TAYDE D.S. Resistance in sorghum to Sitophilus oryzae Linn. Proc. Indian Acad. Sci. Vol. 88. B Part 1 Num. 4. pp 273-276. 1979.
6. CARTIN LEIVA, V. M. Influencia de las variedad y del tiempo de almacenamiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) sobre el ataque de Acanthoscelides obtectus (Say) y Zabrotes subfasciatus (Boh). Tesis de Licenciatura Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. 52 p. 1979.

7. CARVALHO, E. L. Insectos Perjudiciais aos Productos Armazonaos. Centro de Estudos de defesa fitossanitaria. Lisboa. pág. 133-136. 1979.
8. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) 1985. Diagnóstico de los sistemas de manejo post-producción de granos básicos en Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. 4 anexos.
9. CREMLYN, R. Plagicidas modernos y su acción bioquímica. Traducida por Baradon, Esther. 1a. ed. Editorial Limusa, México 1982. p. 317.
10. DALY, H. B., J. T. DOYEN, V. K. ERLICH. Introduction to insect biology and diversity. Mc Graw-Hill Book Company U.S.A. 1978. 563 p.
11. DOBIE, P. The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by s. Zeamais Motsch. J. stored Prod. Res. 10: 183-197. 1973.
12. DOBIE, P. The contribution of the tropical stored products. (entre to the study on insect resistance in stored maize. Trop. stored Prod. Inf. (34) 1977.
13. HALPERN, E. P. Pest management in stored products. Protection Ecology 4 (2): 321-330. 1982.

13. GIBSON, K. Y RAINA, A. K. A simple laboratory method of determining the seed loss preference of Bruchidae. J. Econ. Entomol. 65 (4): 1189-1190. 1972.
14. GILES, P. H. and F. ASHMAN. A study of Preharvest Infestation of Maize by Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera, Curculionidae) in the Kenya Highlands J. Stored Prod. Res. 7: 69-83. 1971.
15. GOLOB, P., J. MWAMBULA, V. M. HANGE and F. NGULUBE. The use of locally available materials as protectants of maize grain insect infestation during storage in Malawi. J. stored Prod. Res. Vol. 18 pp. 67-74. 1982.
16. GOMEZ BRENES R, J. A. NETTLETON, E. I. NUÑEZ, M. A. OLIVARES, P. PEEY Y R. BRESSANI. Relaciones entre algunas características físicas, químicas y nutricionales de maíces latinoamericanos normales y con el gen O pace- 2 y Harinoso 2, Turrialba 23 (1): 462-470. 1976.
17. GOMEZ, L.A., J.A. RODRIGUEZ, C. G. Poncecitand and D. F. Blake. Preference and utilization of maize endosperm variants by the rice weevil. J. Econ. Entomol. 367. 1782.
18. HAINES, C. P. Pest management in stored products. Protection Ecology 4 (3): 321-330. 1982.

19. HALL, D. W. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en zonas tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y alimentación. Roma Italia 1971. 340 p. 8.
20. HALSTEAD, P.G.H. The rice weevil, Sitophilus oryzae (L.) and Sitophilus zeamais Moths; identification and synonymy. Trop. Stored Prod. Inf. 1963 (5). pp. 177-179.
21. HOWE, R.W. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored produce insects. J. Stored Prod. Res. 1: 177-184. 1965.
22. JARRY, J. y BONET, A. 1981. Premieres observations sur la contamination par Zabrotes zebrafasciatus Boh (Coleoptera: Bruchidae de gousses. Ent exp. & Appl. 33:213-219.
23. KIRITANI, K. Biological studies on the Sitophilus complex (Coleoptera: Curculionidae) in Japan. J. Stored Prod. Res. 1:176-196. 1965.
24. KIRK, V. Some flight habits of the rice weevil. J. Econ. Entomol. 58:155-156. 1964.

25. KIRKPATRICK, R. and D. WILBUR. The development and habits of granary weevil, Sitophilus granarius within the kernel of wheat. J. Econ. Entomol. Vol.: 58- No. 5 pp. 979-985. 1965.
26. LENGSTAFF, B.C. Biology of the grain pest species of the genus Sitophilus (Coleoptera= Curculionidae): a critical review. Protection Ecology, 2 pp. 83-130. 1981.
27. LONGSTAFF, B.C. Density-dependent fecundity in Sitophilus oryzae (L). (Coleoptera: Curculionidae) J. Stored Prod. Res. Vol. 17 pp. 73-76. 1981.
28. MACELJSKI M., and KORUNIE Z. Contribution to the morphology and ecology of Sitophilus zeamais Motsch in Yugoslavia J. stored Prod. Res. 9: 225-234. 1973.
29. MC. LAURIN, B.F. and A.E.R. DOWNE. Serological comparison of three species of grain infesting weevils (Curculionidae: Sitophilus) Journal of Kansas Entomological Society. 39(3): 500-505. 1973.
30. METCALF, C.L. and W.P. FLINT. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. Traducido de la 4 ed. en inglés por Blackaller, A. Edito-

30. SINGH, S.P. and S. S. SINGH. *Rice weevil* (2): 110-113. 1975.
31. MORA, M. and J. PEDERSON. Damage to stored Maize infested with *Sitophilus zeamais* Motsch Food & Feed grain Institute Kansas State University Manhattan Kansas Research Report No. 9. 1976.
32. PAINTER, R.H. Resistance of plants to insects, *Ann. Rev. Entomol* 3: 269-90. 1958.
33. PATHAK, M.D. Ecology on rice pests. *Review annual entomology*. 13: 257-297. 1958.
34. REDDY, D. Ecological studies of rice weevil (2): 203-206. 1950. *J. Econ. Entomol.*
35. REDDY, D. Determination of sex in adults rice and granary weevils. (Coleoptera: Curculionidae). *The Pan-Pacific Entomologist*. Vol. 23 No. 1 pp. 13-16. 1951.
36. SCHULTEN, G.G.M. Initiation and progress of infestation in maize. *Trop. stored Prod. Inf.* 15. 1973.
37. SCHULTEN G.G.M. Losses in stored maize in Malawi (Africa) and work undertaken to prevent them. *EPPD BULL* 5 (2): 113-120. 1975.

38. SING, K., N.S. Agrawal and G.K. Girish. The oviposition and development of Sitophilus oryzae in different high-yielding varieties of wheat. J. stored Prod. Inf. Vol. 10 pp 105-111. 1974.
39. SING, V.S. and BHATIA S.K. Inheritance of resistance to rice weevil. International wheat genetics symposium 5th. precudings Vo. 2 pp.: 1105-1113. 1978,
40. SINGH S.R. and Sodertron E. L. Sexual naturity of the rice weevil Sitophilus oryzae (L) as indicated by sperm transfer and viable eggas. Journal of the Kansas Entomological Society 36(1): 32-34. 1963.
41. SINGH, S.R. and D. WILBUR. Effects of temperature, age and sex on longevity of three adult population of the rice weevil complex. Journal of the Kansas Entomological society. 39 (4): 569-572. 1966.
42. SINGH, K, N.S. Agrawal and G.K. Girish. Studies on the loss in weight caused by Sitophilus oryzae L. in (coleoptera, Curculionidade) to various high yielding varietus of wheat. Bulletin of Grain Technology 10: 271-275. 1972.
43. SEDERSTROM, E. and D. WILBUR. Variations in size and weight of three geographical populations of the rice weevil complex. Journal of the Kansas Entomological

Society Vol. 38 (1): pp. 1-9 1965.

44. VAN DER SCHALF, P.D., D.A, WILBUR and R.H, PAINTER.
Resistance of corn to laboratory infestation of the
large rice weevil Sitophilus zeamais. J. Econ. Entomol.
62(2): 353-355. 1969.

45. WHEATHEY, P.E. Relative susceptibility of maize varieties.
Trop. stored. Prod. Inf. No. 25. 1973.

46. WINDSTRON ET AL. Influence of timely harvest. Journal
Georgia Entomology Soc. 16 (2): 235-238.

Separata con datos bibliográficos incompletos.

47. WIDSTROM, N.W., L.M. REDLINGER and W.J. WISER. Appraisal of
methods for measuring corn kernel resistance to Stitophilus zeamais. J. Econ. Entomol. 790-792. 1972.

Cuadro 7. Análisis químico elemental de las variedades de maíz en esta latitud.

VARIETAD	PROTEÍNA %	GRASA %	EXTRACC. ETÉREO %	AMÍLO %	CELULOSA %
Alfonsa	7,07	4,71	2,07		
UPR	6,78	3,24			
Tocumbo	7,35	3,49	2,47		
Alco V-6	7,40	3,83	3,23		
Tico V-10	6,67		3,96		
La D. B. B.	6,31	3,29	2,71		
Tico V-8	7,66	4,52			
Tico V-7	6,37	4,74	2,48		
ESMA	7,23	3,74	2,87	6,34	
ESMO	6,37	3,87	2,81	6,57	
ESLA	6,29	3,79	3,22	6,96	

APENDICE

Cuadro 7. Análisis químico proximal de las variedades de maíz usadas en este estudio.

VARIEDAD	PROTEINA CRUDA %	EXTRACTO ETereo %	FIBRA CRUDA	CENIZAS %
Maicena	9,09	4,31	3,65	1,46
UNA	6,38	3,24	3,92	1,46
Tocumen	7,55	3,49	3,59	1,52
Tico V-6	12,20	3,83	3,63	1,68
Tico V-10	6,63	3,75	3,96	1,28
Los Diaman- tes	8,81	3,84	3,72	1,43
Tico V-9	9,60	4,52	3,62	1,25
Tico V-7	9,33	4,94	4,55	1,28
X304A	7,63	3,36	3,53	1,34
X5800	8,57	3,47	3,71	1,57
X107A	9,19	3,15	3,86	1,45