

29.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
'ZARAGOZA'

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA EN GENOTIPOS DE MAÍZ  
*Zea mays* (L.) AL BARRENADOR *Prostephanus truncatus*  
(HORN): (COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE).

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

B I O L O G O

1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCION DEL GRADO DE:

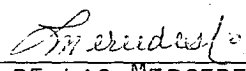
B I O L O G O

MÉXICO, D.F. OCTUBRE DE 1987

DIRECTOR:

  
BIOL. RAMIRO RÍOS G.

SECRETARIO:

  
BIOL. MA. DE LAS MERCEDES LUNA R.

VOCAL:

DR. RAMÓN RODRÍGUEZ R.

1ER. SUPLENTE:

MC. RAMIRO T. CISNEROS I.

2DO. SUPLENTE:

BIOL. RUBÉN ZULBARÁN R.

# CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS -----	vii
INDICE DE GRAFICAS-----	ix
INDICE DE FIGURAS -----	xi
RESUMEN-----	xif
I. INTRODUCCION -----	1
I.1. Objetivos -----	3
II. REVISION DE LITERATURA -----	4
II.1. Generalidades sobre la evolución selectiva del maíz <i>Zea mays</i> (Linn) -----	4
II.2. Requerimientos nutricionales de los insectos -----	5
II.3. Necesidad de integrar métodos de control de in- sectos -----	9
II.4. Mecanismos de resistencia a insectos y varia- bles consistentes para su evaluación -----	10
II.5. Sistemática, biología y etología del barrenador de los granos <i>Prostephanus truncatus</i> Horn -----	15
II.5.1. Sistemática -----	15
II.5.2. Biología y Etología -----	20
III. METODOLOGIA -----	24
III.1. Obtención de los insectos infestantes -----	24
III.2. Descripción y preparación de los genotipos de maíz -----	25
III.3. Desarrollo de la Prueba de Libre elección --	33
III.4. Desarrollo de la Prueba de confinamiento ---	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSION -----	38
IV.1. Prueba de libre elección -----	38
IV.1.A. Análisis de la Fc -----	38
IV.1.B. Análisis de las variables indicado- ras de resistencia -----	39
IV.1.C. Análisis de la correlación múltiple entre variables -----	44
IV.1.D. Análisis de la prueba de igualdad de medias o rango múltiple de Tukey al 5% con el análisis de Sumatoria de medias de clase -----	48

IV.2.	Prueba de Confinamiento -----	56
IV.2.A.	Análisis de la Fc -----	56
IV.2.B.	Análisis de las variables indicadoras de resistencia -----	57
IV.2.C.	Análisis de la correlación múltiple entre variables -----	61
IV.2.D.	Análisis de la prueba de igualdad de medias o rango múltiple de Tukey al 5% y "Sumatoria de medias de clase" -----	65
IV.3.A.	Análisis del contenido químico, bioquímico y dureza de los genotipos de maíz evaluados y clasificados como resistentes, intermedios y susceptibles -----	71
V.	CONCLUSIONES -----	83
VI.	LITERATURA CITADA -----	87
VIII.	APENDICE -----	93

## INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Genotipos de maíz correspondientes a la región centro de México. -----	27
2	Genotipos de maíz correspondientes a la región sur de México. -----	28
3	Genotipos de maíz correspondientes a la región norte de México. -----	28
4	Valor y significancia de la Fc y del cuadrado medio del error para las variables utilizadas en la selección de genotipos de maíz resistentes a <i>P. truncatus</i> . ----	38
5	Valores de significancia del coeficiente de correlación para las variables indicadoras de resistencia en la prueba de libre elección. -----	45
6	Genotipos clasificados como resistentes mediante la "Sumatoria de medias de clase" y frecuencia de agrupación en las variables indicadoras de resistencia para la prueba de libre elección. -----	49
7	Genotipos clasificados como intermedios mediante la "Sumatoria de medias de clase" y frecuencia de agrupación en las variables indicadoras de resistencia para la prueba de libre elección. -----	51
8	Genotipos clasificados como susceptibles mediante la "Sumatoria de medias de clase" y frecuencia de agrupación en las variables indicadoras de resistencia para la prueba de libre elección. -----	54
9	Valor y significancia de la Fc y cuadrado medio del error para las variables utilizadas en la prueba de confinamiento. ----	56

## CUADRO

## PAGINA

10	Valores de significancia del coeficiente de correlación para las variables <u>indica</u> <u>doras</u> de resistencia en la prueba de con <u>fin</u> <u>amiento</u> .-----	63
11	Genotipos clasificados como resistentes - mediante la "Sumatoria de medias de clase" y frecuencia de agrupación en las varia- bles indicadoras de resistencia para la - prueba de confinamiento. -----	66
12	Genotipos clasificados como intermedios - mediante la "Sumatoria de medias de clase" y su frecuencia de agrupación en las varia <u>a</u> bles de la prueba de confinamiento. -----	68
13	Genotipos clasificados como susceptibles - mediante la "Sumatoria de medias de clase" y su frecuencia de agrupación en las va- riables indicadoras de resistencia para la prueba de confinamiento. -----	70
14	Análisis de correlación y su nivel de sig- nificancia entre el contenido químico de - los genotipos evaluados y las variables: - insectos emergidos, peso de harina y pobla <u>a</u> ción total de insectos. -----	81

## INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA		PAGINA
1	Número de granos sanos de los genotipos de maíz evaluados mediante la prueba de libre elección para resistencia a <i>P. truncatus</i> .	40
2	Número de granos dañados de los genotipos de maíz evaluados mediante la prueba de libre elección para resistencia a <i>P. truncatus</i> .-----	40
3	Harina producida por el barrenador en los genotipos de maíz sometidos a prueba de libre elección. -----	42
4	Peso del grano de los genotipos de maíz sometidos a la prueba de libre elección para evaluación de resistencia a <i>P. truncatus</i> .	42
5	Insectos emergidos en los genotipos sometidos a la prueba de libre elección para evaluación a <i>P. truncatus</i> .-----	43
6	Peso de harina producida por <i>P. truncatus</i> en los genotipos de maíz sometidos a prueba de confinamiento. -----	59
7	Peso de grano de maíz de los genotipos sometidos a prueba de confinamiento para selección de resistencia a <i>P. truncatus</i> . ---	59
8	Número de insectos vivos en los genotipos de maíz evaluados para resistencia a <i>P. truncatus</i> .-----	60
9	Número de insectos muertos en los genotipos de maíz evaluados para resistencia a <i>P. truncatus</i> . -----	60
10	Población total de insectos en los genotipos de maíz sometidos a evaluación de resistencia a <i>P. truncatus</i> mediante la prueba de confinamiento. -- -----	63



GRAFICA

PAGINA

11	Contenido de proteína en los genotipos -- evaluados para resistencia a <i>P. truncatus</i> .	73
12	Contenido porcentual de grasas en los geno- tipos evaluados para resistencia a <i>P. trun-</i> <i>catus</i> . -----	73
13	Contenido de Lisina en 100g de Proteína de los genotipos evaluados para resistencia a <i>P. truncatus</i> . -----	74
14	Contenido porcentual de Triptófano en 100g de Proteína de los genotipos evaluados pa- ra resistencia a <i>P. truncatus</i> . -----	74
15	Contenido de Manganeso en los granos de - maíz de los genotipos evaluados para resis- tencia a <i>P. truncatus</i> . -----	76
16	Contenido de Fósforo en los granos de maíz de los genotipos evaluados para resistencia a <i>P. truncatus</i> . -----	76
17	Contenido de Zinc en los granos de maíz de los genotipos evaluados para resistencia a <i>P. truncatus</i> . -----	77
18	Contenido de Calcio en los granos de maíz de los genotipos evaluados para resistencia a <i>P. truncatus</i> . -----	77
19	Porciento de Dureza en los genotipos eva- luados para resistencia a <i>P. truncatus</i> . ----	79

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Antena de <i>P. truncatus</i> que muestra la forma del escapo y el funículo con setas alargadas. Las tres últimas clavas están bien diferenciadas. -----	16
2	Insecto adulto de <i>P. truncatus</i> que muestra las aristas terminales de los élitros truncados. -----	17
3	Forma curvada de la larva de <i>P. truncatus</i> y con escasa presencia de setas. -----	18
4	Tubérculos clipeales de <i>P. truncatus</i> con mayor prominencia y distancia tubercular en la hembra que el macho. -----	19

## RESUMEN

El mejoramiento genético del maíz ha incrementado - su producción mediante la obtención de variedades, híbridos y sintéticos con mejor calidad de grano y resistentes a factores climáticos y enfermedades en el campo de cultivo. Corresponde actualmente ampliar las investigaciones - para lograr germoplasma con resistencia a plagas incluyendo a las plagas de almacén, ya que la intensificación de su control ha generado problemas a la biocenosis además - del desarrollo de resistencia a los plaguicidas.

Para tal objeto, se evaluaron 27 genotipos de maíz cuyas características agronómicas son las de poseer alto potencial de rendimiento y la de ser progenitores con origenes que corresponden a las regiones norte, centro y sur de México. Los objetivos planteados fueron los de seleccionar los genotipos que presentaran resistencia a una de las mas importantes plagas de los granos almacenados en - México, al barrenador *Prostephanus truncatus* (Horn), así como determinar los niveles de resistencia y relacionar - la respuesta de los genotipos ante el daño del barrenador con las propiedades físicas y químicas del grano.

La selección se realizó mediante la prueba de libre elección y la de confinamiento con arreglo completamente al azar y tres repeticiones.

El experimento se desarrolló en cámara ambiental - con  $27^{\circ}\text{C}$  y  $70 \pm 5\%$  de humedad relativa y con humedad del grano de  $12 \pm 5\%$ .

Para la primera prueba se utilizaron 20 g de maíz - por cada genotipo y se colocaron en platillos dentro de - una tina en la cual se liberaron los insectos en cantidad proporcional de un insecto por gramo de maíz. A los 15 días se registraron las variables número de granos sanos y da-

ñados; peso de grano y harina; número de insectos vivos y muertos así como la variable número de insectos emergidos por genotipo. La variable número de granos sanos presentó el mayor valor de significancia. Se obtuvieron 8 genotipos resistentes mediante la clasificación realizada con la técnica de "Sumatoria de cuadrados de clase" de Nelson y Anderson (1984).

La prueba de confinamiento se realizó con 300 g de cada genotipo y se infestaron con 30 insectos adultos del barrenador en proporción sexual de 1:1 y con edad hasta de cinco días. Las variables evaluadas fueron: Peso de grano y harina, número de insectos vivos y muertos y la población total de insectos. Se obtuvieron los contenidos porcentuales de proteína, lisina, triptófano, grasas y dureza del grano, así como los contenidos de Calcio, Magnesio, Fósforo y Zinc.

El análisis estadístico presentó diferencias altamente significativas para cuatro de las variables utilizadas en la prueba de confinamiento, siendo la variable peso de harina la de mayor valor de significancia.

Resultaron siete genotipos resistentes en esta prueba, sin embargo, únicamente 5 genotipos repitieron su respuesta al daño del insecto para ambas pruebas. Estos genotipos fueron: VST-5-43-2; CGB-16 y PABG Crist., los cuales son progenitores base del fitomejoramiento en el centro de México. El VS-205 y VS-208 los cuales están liberados para la región norte de México.

Se mostró claro el mecanismo de preferencia del insecto para sus hábitos reproductivos y/o de alimentación en la primera prueba.

Las diferentes respuestas entre los genotipos son debidas a factores que no fueron definidos en esta investigación ya que el contenido químico y bioquímico no se asoció con algún mecanismo de la resistencia y únicamente la dureza del grano fué la propiedad que presentó mayor relación.

## I. INTRODUCCION

La necesidad de incrementar la producción agrícola del cultivo del maíz, ha llevado mediante el mejoramiento genético y desarrollo agrotécnico, a la obtención de germoplasma con características de mayor capacidad de rendimiento que ha superado a los criollos utilizados por los productores.

Durante las últimas dos décadas, se ha logrado en el país un incremento de la producción de 8.5 a 14.0 millones de toneladas; estos logros son en parte, resultado de la formación de variedades mejoradas, híbridos de polinización libre y sintéticos con mejor calidad de grano y resistentes a sequías, enfermedades y a plagas del campo (Angeles, 1981), - corresponde actualmente ampliar las investigaciones para lograr germoplasma con resistencia a insectos de almacén, ya que estos producen pérdidas con fluctuaciones en porcentajes que dependen de los factores bióticos del lugar del almacenamiento relacionados con las diferentes formas de almacenaje de la cosecha, bien sea ésta realizada a granel, o bien en mazorca, y también a las condiciones particulares correspondientes a las diferentes regiones ecológicas.

La búsqueda de germoplasma de maíz resistente a insectos de almacén, representa ser una alternativa importante por

que no existe el control químico efectivo contra esas plagas y porque el uso de insecticidas ha sido en deterioro de la economía del productor y de la misma biocenosis. Esta búsqueda está fundamentada con antecedentes de materiales que presentan genes resistentes a plagas de almacén, (Painter, 1959; Wellhausen, 1966; Rodríguez, 1979; Silva, 1979).

Actualmente, los avances en esta disciplina son tan lentos que es indudable la necesidad que existe de incrementarlos.

Los procesos selectivos de los insectos hacia su fuente de alimento en los cuales intervienen mecanismos mecanorreceptivos o quimiorreceptivos desarrollados por ellos mismos, (Staedler, 1977), abren la posibilidad de seleccionar el germoplasma que presente características de resistencia a las principales plagas de almacén, en particular al barrenador de los granos *Prostephanus truncatus* (Horn), especie que causa severos daños al maíz y la cual se encuentra distribuida en las zonas productoras más importantes de México, (Quintana *et al.*, 1960).

Los experimentos planteados en esta tesis fueron establecidos para comprobar la existencia de diferentes propiedades físicas y químicas en los granos de maíz, donde mediante una primera prueba, los insectos elegirán libremente a los

germoplasmas que prefieran ya sea como fuente de alimento o para fines de oviposición y mediante una segunda prueba que será de confinamiento, las respuestas que presenten los insectos en su etología y fisiología, serán los bioindicadores para la detección de fuentes de resistencia.

Si se comprueba la presencia de estos genes, éstos serán transferidos a genocultivares para incrementar el germoplasma con características de alta producción y resistencia a una de las principales plagas de almacén.

#### I.1. OBJETIVOS

A. Seleccionar germoplasma de maíz resistente al barrenador *P. truncatus* de 27 materiales cuyas características agronómicas son las de poseer un alto potencial en rendimiento y la de ser progenitores cuyos orígenes corresponden a 3 regiones agrícolas del país.

B. Determinar los niveles de resistencia o susceptibilidad presentes en los germoplasmas evaluados.

C. Relacionar el contenido químico del maíz y sus características físicas con el comportamiento alimenticio y reproductivo del barrenador *P. truncatus*.

## II. REVISION DE LITERATURA

### II.1. Generalidades sobre la evolución selectiva del maíz *Zea mays* (Linn).

La amplia variación de la constitución química y física del maíz, así como su fenología y fisiología ante los diferentes climas y a las enfermedades y plagas, ha sido el resultado de 7,000 años de evolución hasta convertirse en uno de los más importantes cereales a nivel mundial, (Wellhausen, 1966).

Muchos son los autores que atribuyen el origen del maíz a México, específicamente a las regiones de la Mesa Central, desde antes de que el hombre apareciera en América.

Su domesticación sin las presiones de selección para autopropagación y libre de competencia con vegetación natural, originó el desarrollo de variedades primitivas mediante mutaciones directas y aislamiento, es decir, la heterogénea topografía y la variación climática, fueron factores importantes en el aislamiento del maíz; factores que han sido responsables de un mejoramiento natural e inducido, de tal manera que los cambios debidos a mutaciones ocasionales y a la selección natural durante los primeros 3 ó 4 mil años de domesticación, fueron acelerados mediante el intercambio de mate-



rial genético realizado por el hombre, el cual dió origen a la interhibridación; resultado de ello, son las variedades con alto potencial de rendimiento de la actualidad, (Wellhausen, 1960), lográndose que hasta 1960, el rendimiento de los maíces criollos aumentara hasta en un 30%, ésto, mediante el empleo de las técnicas de mejoramiento realizada por genetistas y fitomejoradores. Durante su cultivo, es afectado por varias especies de insectos que reducen su producción (Sifuentes, 1978), y en el almacén nuevamente se producen pérdidas originadas por plagas.

## II.2. Requerimientos nutricionales de los insectos.

House (1974) mencionó que el balance de nutrientes puede ser uno de los factores que determine la elección que realizan los insectos por su alimento. El mismo autor asume que se desconocen actualmente las sustancias alimenticias naturales de muchas especies comunes y que una sustancia es requerida por el insecto si este no la biosintetiza y tiene que obtenerlo de fuentes del medio ambiente o de sustancias que contengan sus requerimientos mínimos para el crecimiento, desarrollo, sobrevivencia o reproducción.

Los requerimientos nutricionales según Mitsui (1968) consisten en carbohidratos monosacáridos y disacáridos, los cuales varían entre especies de insectos y su aprovechamien-

to depende de la habilidad que tenga el insecto para digerir los poli y oligosacáridos. El alto contenido de azúcares en la dieta de los insectos puede presentar efectos inhibitorios en su crecimiento y desarrollo.

Con respecto a la calidad de proteínas y aminoácidos esenciales, sus requerimientos difieren ampliamente entre las especies de insectos, y en forma general, los aminoácidos no esenciales en su dieta son rápidamente autosintetizados. Entre los aminoácidos esenciales para algunas plagas de almacén se encuentran entre otros, la Arginina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Triptófano, Valina y Alanina.

También las grasas forman parte de los requerimientos nutricionales de los insectos como fuente energética aunque para otros no sean estrictamente indispensables ya que las pueden sintetizar de las proteínas y carbohidratos.

Otro grupo requerido por los insectos son las vitaminas que conforman el complejo B tales como la Tiamina ( $B_1$ ), la Riboflavina ( $B_2$ ), la Piridoxina ( $B_6$ ) y los ácidos Nicotínico, Pantoténico y Fólico, así como la Biotina y la Colina. Estas vitaminas juegan un importante papel en el metabolismo de los insectos, sin embargo han sido poco estudiadas. Actualmente se sabe que la Tiamina y la Riboflavina están invo

lucradas en el metabolismo de los carbohidratos y que la Riboflavina actúa como una coenzima en el metabolismo de los carbohidratos y la Piridoxina en el metabolismo del Triptófano.

Las vitaminas son necesarias en la dieta de insectos -- adultos particularmente en relación a los procesos de reproducción en los insectos hembra. Según House (1974) posiblemente los requerimientos de vitaminas se relacionan con factores que contribuyen a la reserva de nutrientes en los insectos, sin embargo, la cantidad requerida de vitaminas es relativamente pequeña y ésta depende de la cantidad de otras substancias presentes.

Con respecto a los minerales, los insectos como todos los vertebrados, requieren de una variedad de minerales que no pueden biosintetizar. De acuerdo con House (1974) esta área ha sido muy descuidada en los estudios realizados sobre nutrición de insectos.

Los insectos requieren probablemente la mayoría de los elementos requeridos por los vertebrados superiores (House, 1974) y la cantidad varía entre las especies. Frankael (1958) - citado por House (1974), reportó que los efectos de diferentes mezclas de sales estuvieron relacionadas con la deficiencia de queratina en la plaga de almacén *Tenebrio molitor* principalmente al -

contenido de Zinc y Potasio., y que el factor limitante para la cría de insectos es el uso de sales comerciales para mamíferos por el grado del contenido de Potasio.

Brooks (1960) citado por House (1974) establece que es incongruente el uso de sales comerciales para dietas de insectos ya que los mamíferos requieren mayor contenido de Calcio que los insectos y aparentemente, los insectos requieren mayor cantidad de Potasio y Sodio y menor cantidad de Fierro que los mamíferos.

Franker, (1958) citado por House (1974) reportó que *Tenebrio molitor* requiere de Magnesio, Calcio y Zinc, esos requerimientos están relacionados principalmente con las actividades reproductivas de la hembra.

El *Tribolium confusum*, o gorgojo confuso de las harinas requiere de manganeso, magnesio, fósforo, potasio y fierro para su desarrollo, (House. 1974).

Según Hillerton *et al* (1984), los elementos zinc, manganeso, fósforo y calcio forman parte de estructuras anatómicas de los insectos tales como la cutícula, y las mandíbulas entre otras.

El estudio de la nutrición de los insectos es un tema - relacionado ampliamente con la bioquímica y el metabolismo - de los mismos y puede ser analizada desde diversos puntos de vista y aunque son varios los investigadores que han realizado discusiones generales o inespecíficas sobre este tema, aún queda mucho por realizar.

### II.3. Necesidad de integrar métodos de control de insectos.

En los últimos años se ha incrementado la complejidad acerca del control de plagas, al respecto, Wayne y Andrew - (1982) exponen el problema que surge del uso excesivo del - control químico, tales como la degradación del ambiente y el desarrollo de resistencia de las plagas a los insecticidas. En su trabajo, mencionan que son varios los autores que afirman que el hombre es adicto a los plaguicidas y el deseo general es el de sustituirlo hasta donde sea posible mediante - prácticas culturales y de control biológico y solamente realizar el control químico, de una manera complementaria. Dentro de las medidas alternativas para disminuir los efectos - adversos colaterales del control químico, se encuentra la posibilidad de utilizar germoplasma resistente, al respecto, - Schoon Hoven *et al.*, (1972) sugirieron el control de insectos de almacén, mediante el uso de materiales genéticamente

resistentes cuyas propiedades bioquímicas se presentan en el endospermo del grano.

#### II.4. Mecanismos de resistencia a insectos y variables consistentes para su evaluación.

La relación entre las respuestas intrínsecas del hospedero al insecto y del insecto al hospedero, es la causa de la resistencia o la susceptibilidad que exista entre los diferentes germoplasmas. Painter, citado por Torres (1980) definió la resistencia varietal a insectos como la combinación genética, bioquímica y/o morfológica de las plantas, que afecta el comportamiento o metabolismo de los insectos, y que cada mecanismo de resistencia, es el resultado de características genéticas.

Erlich y Raven (1964) mencionaron la importancia que representa el proceso de coevolución entre plantas e insectos y apoyan la existencia de defensas químicas y mecánicas (físicas) de una planta, cuando ésta es sometida al daño de insectos, posteriormente Whittaker (1970) al estudiar los componentes bioquímicos de las plantas, reportó la existencia de una gran variedad de sustancias que actúan en ellas como defensas químicas propias.

Beck (1965) mencionó que existe la posibilidad de que - un material no sea preferido para la oviposición, ésto involucra diferentes acciones en el comportamiento de los insectos tales como la orientación y el reconocimiento durante la selección del sitio específico de oviposición y argumenta la probabilidad de que existan mecanismos quimiorreceptivos y estímulos visuales en los insectos que intervienen en este comportamiento; enfatizó que la resistencia a la oviposición, - es un fenómeno muy importante de cada tipo de material hacia el insecto y representa un indicador valioso en la búsqueda de fuentes de resistencia; este mismo autor define una secuencia comportacional en el insecto para la elección del material de alimento, el cual es estimado por las características del hospedero, los cuales se inician con el reconocimiento y orientación; inicio de la alimentación establecida y el cese de la alimentación; argumenta que en algunos materiales se presentan propiedades estimulantes y en otros se presentan efectos adversos en las actividades de alimentación. Estas propiedades están proporcionadas por el contenido químico del hospedero y la capacidad del insecto para su captación; al respecto, Schoonhoven (1968) realizó una revisión - sobre los mecanismos quimiorreceptivos y establece que existen los del olfato y los mecanorreceptores de contacto, que están localizados en las maxilas y labium y frecuentemente en todos o varios de los tarsos del insecto incluyendo al orden Coleoptera y Lepidoptera entre otros. El papel de las -

maxilas en el mecanismo mecanorreceptor, es que presentan una actividad selectiva del alimento. Las antenas también son mecanorreceptoras de contacto, y en algunos insectos este mecanismo se presenta en el ovipositor.

La evaluación de la resistencia implica el análisis de variables. Son varios los investigadores que han utilizado las propiedades fisicoquímicas de los granos y la respuesta al daño de los insectos. Silva (1979), Rodríguez (1980), Betanzos (1980) y Ramírez (1980) entre otros, reportan que el comportamiento de los insectos respecto a la preferencia alimenticia y reproductiva, es posible asociarlo con el contenido químico y las características físicas de los granos de maíz. Estos investigadores establecen que al aumentar el valor protéico y disminuir la dureza del grano, se incrementa el peso de los insectos así como su potencial reproductivo y longevidad; de la misma manera el grano de maíz es severamente dañado al incrementarse tales características. Villacís (1971) también midió la resistencia de granos de maíz al ataque de dos plagas de almacén en base a los componentes químicos de los granos y las respuestas biológicas de los insectos, es decir, utilizó al mecanismo de antibiosis el cual se manifestó en menor peso promedio por insecto y en mayor tiempo para completar su desarrollo de huevecillo a adulto. Reporta también que existe una menor emergencia de insectos cuando el grano es pequeño y con mayor dureza del pericarpio.



A su vez, Windstrom *et al.*, (1972) evaluaron las variables - pérdida de peso del grano, progenie total, porcentaje de mortalidad en progenie y peso por insecto para obtener un método de evaluación de resistencia en maíz a *Sitophilus zeamais* Mots., plaga importante del maíz almacenado, reportaron que el total de insectos emergidos o progenie total, es la mejor variable y la pérdida de peso de grano fue el indicador económico en esta prueba. Posteriormente Schoonhoven *et al.*, - (1976) definieron como medidas consistentes de la resistencia, a la pérdida de peso de grano y número de insectos emergidos. Sugirieron que se debe utilizar la relación de un -- grano por cada insecto, sobre todo cuando no se tiene control de sexos, y es importante infestar por lo menos con 20 insectos adultos para evaluación de resistencia; consideraron también que la dureza del grano ha sido el factor más importante como barrera para la presencia de insectos, ya sea para fines de oviposición o alimentación; enfatizaron la localización de la resistencia en el pericarpio del grano y lo demostraron cuando lo removieron y obtuvieron la mayor progenie de insectos aún en materiales que habían sido reportados como resistentes. Sin embargo, Betanzos (1980, 1983) al evaluar la consistencia de las variables indicadoras de resistencia, encontró que es más importante utilizar la variable "pérdida de peso del grano", porque ésta depende de las características fisicoquímicas del grano.

Con respecto a las pruebas que han sido utilizadas para la selección de genotipos resistentes, Rodríguez (1979) clasificó materiales resistentes y susceptibles, en base a la progenie obtenida mediante una prueba de libre elección, y Ramírez y Silver (1981) evaluaron el daño causado por *P. truncatus* a 10 variedades de maíz, utilizando pruebas de libre elección y realizando observaciones del desarrollo de los estadios del insecto en las diferentes variedades; encontraron que existe una relación entre daño causado a cada variedad y las propiedades genotípicas individuales. Reportan que las variedades opacas con baja dureza en el pericarpio y con altos contenidos de Lisina y Triptófano, presentaron el mayor daño del barrenador. Posteriormente, Horber (1983) menciona que los métodos de selección de materiales resistentes, involucran la exposición de muestras pequeñas de grano a un número conocido de insectos y la aplicación de pruebas de libre elección y de confinamiento son propias para evaluar la oviposición o alimentación mediante el peso de grano dañado y la primera generación de insectos.

II.5. Sistemática, biología y etología del barrenador de los granos *Prostephanus truncatus* (Horn).

II.5.1. Sistemática

De acuerdo con Wright (1986) ésta especie fue descrita primeramente por Horn (1878) con el nombre genérico de *Dinoderus stephens*; posteriormente en 1897, Lesne lo reporta como *Prostephanus truncatus* Horn., y más recientemente Fisher (1950) corrobora las características taxonómicas del género *Prostephanus* y de la especie *Prostephanus truncatus* (Horn), asignándolo al barrenador mayor de los granos.

*Prostephanus truncatus* (Horn) es un coleóptero perteneciente a la superfamilia Bostrichoidea y familia Bostrichidae; presenta forma cilíndrica, mide hasta 4.5 mm de longitud y es de color café oscuro; la cabeza la sostiene encorvada y casi cubierta por el protorax, ésta no es visible por la parte dorsal del insecto. Los tarsos posteriores son -- siempre más cortos que la tibia y todos presentan cinco segmentos. Las antenas presentan 10 segmentos y los 3 últimos son clavas terminales muy pronunciadas (Fig. 1). El funículo es delgado y cubierto con setas más o menos alargadas.

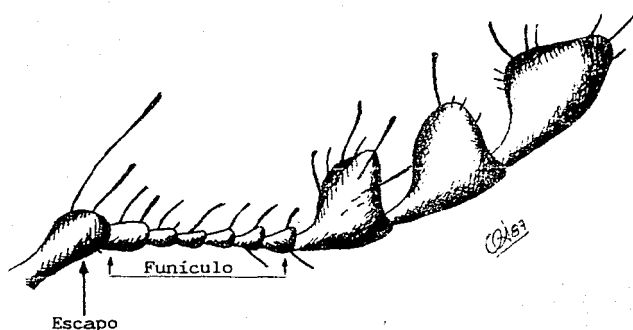


Fig. 1. Antena de *P. truncatus* que muestra la forma del escapo y el funículo con setas alargadas. Las tres últimas clavas están bien diferenciadas.

Los élitros son aplanados y truncados en su parte posterior presentando un ángulo inclinado (Fig. 2). De esta región terminal, sobresalen dos aristas muy pronunciadas, las cuales junto con la parte truncada de los élitros, son estructuras importantes para la separación de este género de los otros bostríquidos similares.

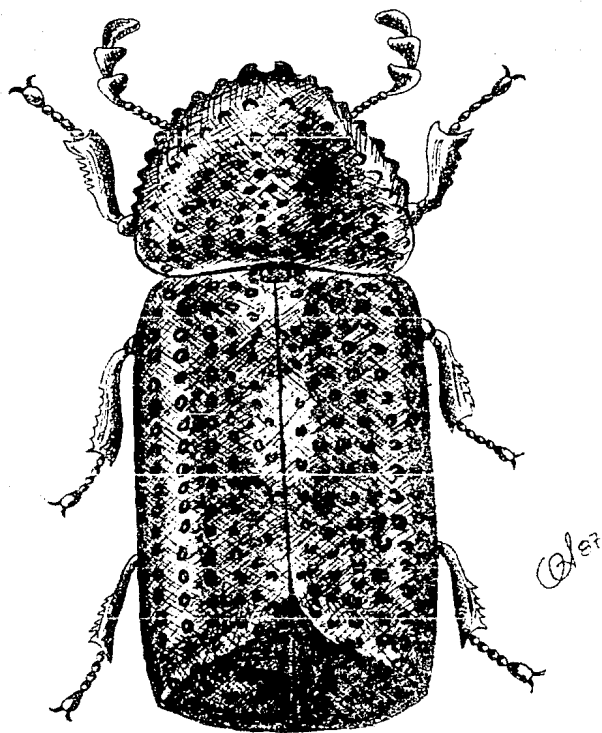


Fig. 2. Insecto adulto de *P. truncatus* que muestra las aristas terminales de los élitros truncados.

Las larvas son blanquecinas con pocas setas y presentan forma curvada (Fig. 3). Subramanyam y Darveaux (1985) encontraron que se presentan 3 estados larvales los cuales fueron determinados mediante la distancia mayor encontrada entre las estructuras laterales ventrales esclerotizadas, presentes en el fronto-clipeo.

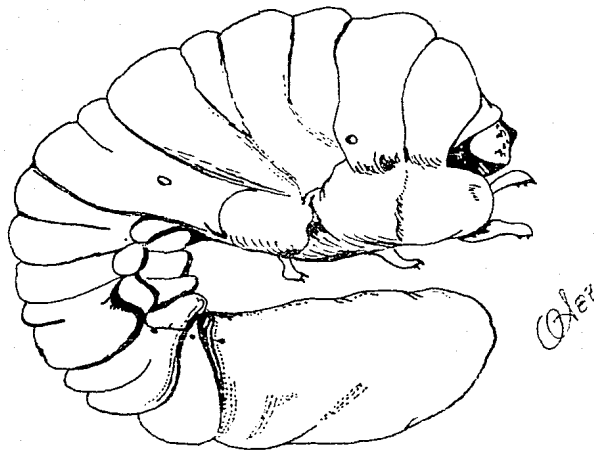


Fig. 3. Forma curvada de la larva de *P. truncatus* y con escasa presencia de setas.

Shires y Mc.Carthy (1976) realizaron un estudio para de-  
 terminar las características sexuales externas en insectos -  
 vivos del barrenador, y encontraron que existe una diferen-  
 cia en el tamaño de los tubérculos clipeales (Fig. 4) la --  
 cual consiste en que las hembras poseen tubérculos más promi-  
 nentes que los machos, (35.87 milimicras para la hembra y -  
 22.55 milimicras para el macho). Otra característica que re-  
 portan es la distancia entre los tubérculos la cual es mayor  
 en la hembra, (118.57 milimicras) y menor en el macho ( 106.  
 99 milimicras). Este método de separación de sexos otorga  
 una confiabilidad del 90%.



♀



♂

Fig. 4. Tubérculos clipeales de *P. truncatus* con mayor  
 prominencia y distancia tubercular en la hem-  
 bra que el macho.

## II.4.2. Biología y Etología

Cotton y Good (1937) realizaron una clasificación de los insectos encontrados en granos y productos almacenados, basándose en el daño que éstos ocasionan al grano, denominando como plagas mayores a aquellos insectos que causan el daño más importante; y menores a aquellas que aprovechan el daño que realizan las plagas mayores. Otro grupo lo conforman las plagas incidentales que en ocasiones pueden transformarse a plagas mayores y por último, al grupo de los parasitoides y depredadores; éstos investigadores no definieron a las plagas potenciales. Cotton en 1963 menciona que *P. truncatus*, el cual había sido descrito desde 1878 entre especies de insectos encontrados accidentalmente en California, mide como adulto 1/6 de pulgada de longitud, con hábitos y apariencia similares al barrenillo *Rhyzopherta dominica* (F.). Menciona que *P. truncatus* fué introducido a los Estados Unidos de América proveniente de México y América Central, mediante el transporte de maíz y productos de grano. Hasta 1963, no significaba ningún problema como plaga para el sur de los Estados Unidos. En 1960, Quintana *et al.*, lo reportaron como plaga importante del maíz en campo y almacenado en la región norte del Valle de México y Harnish y Krall (1984) detectaron la presencia del barrenador, causando serios daños en bodegas de maíz en la parte Sur de Togo en el Este de Africa; aunque Krall, en el mismo año, menciona que este in-



secto había sido reportado en Africa desde 1981 en una superficie de alrededor de 25 km<sup>2</sup>., y como medida de control, todos los almacenes de maíz infestados con el barrenador fueron fumigados con fosfina y además se colocaron trampas con feromonas como un método de monitoreo en el cual Trun-call - (1-Methylesthy1 (E) - 2 Methyl 2 Pentonoato), feromona específica, resultó más efectiva en comparación con Domecalure, la feromona de *R. dominica*.

El barrenador *P. truncatus* presenta un amplio rango de hospederos. Al respecto, Shires (1977) realizó pruebas en laboratorios de la Gran Bretaña y encontró que existen 9 granos y productos preferidos por el barrenador entre los cuales, se presenta como principal hospedero al maíz; al estudiar su capacidad para infestar y reproducirse, encontró que la habilidad que presenta para dañar cereales como el maíz, está fuertemente influenciada por las diferencias genotípicas de la dureza del grano; el autor concluye que la infestación de maíz y de otros tipos de granos tales como el café y el cacao, puede ser evitada mediante sistema de almacenamiento por separado.

Con respecto a la preferencia que tiene este insecto por el maíz, Cowley *et al.*, (1980) reportaron que el barrenador causó un daño superior al maíz en mazorca que desgranado cuando evaluaron el daño de dos bostríquidos, un curculioni-

do y un tenebrionido; el daño lo midieron mediante la pérdida de peso en por ciento después de mes y medio de la infestación. Estos investigadores sugieren que las diferencias en la biología de las especies estudiadas, podrán ser utilizadas para la evaluación de la susceptibilidad entre variedades de maíz a plagas de almacén. Golob (1983) reportó que este insecto causó pérdidas en peso superiores al 30% en maíz almacenado en mazorca después de 3 a 6 meses de almacenamiento, produciendo pérdidas del 8.7% en comparación con las pérdidas producidas por *Sitotroga cerealella* (Oliv) y *Sitophilus zeamais* Mots., las cuales causaron pérdidas menores.

Respecto al ciclo de vida del barrenador, Shires (1980) realizó un estudio en condiciones de laboratorio a 32°C y 80% de humedad relativa (h.r.) en donde observó que el promedio de tiempo para el desarrollo de huevecillo a larva fue de 4.8 días; de larva a pupa de 25.4 días y para el estado de pupa a adulto fue de 5.16 días. Este investigador reportó un período de preoviposición de 5 a 10 días durante los cuales la hembra deposita sus huevecillos a los 15 ó 20 días de emergencia como adulto y ésta continúa la oviposición 70 a 80 días durante los cuales produce hasta 50 huevecillos. Observó que los machos presentan una longevidad de 44.7 días y 61.1 días las hembras. Este mismo autor en 1979 ya había estudiado la influencia de la temperatura y humedad para el desarrollo, su-

pervivencia y proporción sexual del barrenador; encontró que a 32°C y 80% de h.r., se obtuvo el grado óptimo de desarrollo de esta especie y no reportó evidencia de que exista relación entre los factores abióticos y la proporción sexual de los adultos emergidos. Bell y Watters (1982) reportaron que la amplitud en el rango de temperatura y humedades relativas en las cuales el barrenador puede desarrollarse, corresponden a regiones tropicales y subtropicales donde se cultiva y almacena maíz. Esto fué concluído cuando ambos determinaron los límites en el tiempo de desarrollo y el rango de incremento de una población mantenida en granos de maíz quebrado y maíz entero.

Recientemente, Hodges y Meik (1984) también estudiaron el desarrollo del barrenador, pero en mazorcas con totomoxtle en condiciones de laboratorio; encontraron que a 27°C y 50-70% de h.r., algunos insectos alcanzaron su desarrollo en 32 a 39 días y este tiempo se prolongó hasta 46 días cuando fueron mantenidos a 40% de h.r.; la población de insectos se incrementó más rápidamente a 70% de h.r. alcanzando su máximo a las 12 semanas, cuando el grano presentó el 100% de pérdida.

### III.- METODOLOGIA

#### III.1. Obtención de los insectos infestantes

Se realizaron colectas de barrenador *P. truncatus* en bodegas rurales del Estado de México y se incrementó la población (cría masiva) en laboratorio, utilizando una mezcla de maíces de textura dura y suave (híbrido H-30 y Cacahuacintle respectivamente) con humedad del grano entre 12 y 13%; la mezcla de maíces se introdujo en 10 frascos de 3 litros cada uno ocupando solamente las 3/4 partes de su capacidad. Cada frasco se infestó con 300 insectos progenitores sin control de edad ni sexo y se mantuvieron bajo condiciones ambientales controladas de 27°C y 70% de humedad relativa. Después de 15 días, los insectos progenitores se extrajeron del maíz mediante tamices con aberturas de 5.0 y 1 mm de diámetro, considerando que fué tiempo suficiente para que ocurriera la copulación y oviposición del barrenador.

Los insectos progenie ( $F_1$ ) adultos comenzaron a emerger 42 días después de la infestación, y fueron separados --

diariamente por edad y sexo mediante el método propuesto por Shires (1976) para sexar adultos vivos, para posteriormente utilizarlos como insectos infestantes.

### III.2. Descripción y preparación de los genotipos de maíz.

De los 27 genotipos de maíz incluidos en la evaluación, 10 pertenecen a genotipos de maíz para riego y temporal, obtenidos por fitomejoradores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y cuyas genealogías proceden del Centro, Norte y Sur del país. Estos materiales presentan un alto potencial de rendimiento, lo cual los hace propias para su liberación comercial con el objeto de incrementar la productividad de diversas regiones agrícolas. Cada genealogía posee propiedades físicas y químicas particulares, ya que pertenecen a progenitores diversos que han sido obtenidos por procesos de selección inducida o polinizaciones inducidas. También se incluyeron 12 genotipos que conforman un grupo de materiales más sobresalientes bajo condiciones de temporal obtenidos a través de varios años de evaluación. Algunos de ellos como (B 16 B), (B 32 x B 33) y (B 16 x B 17), son progenitores masculinos y/o femeninos de variedades ya liberadas comercialmente, y que aún se si

guen utilizando para fines de fitomejoramiento. Un último grupo lo conforman 3 materiales criollos que forman parte del germoplasma regional.

Se incluyó al genotipo reventador VST-5-43-2 o maíz palomero como testigo resistente y al material Cacahuacintle como testigo susceptible.

Los 27 genotipos evaluados corresponden a materiales dentados cristalinos, semidentados cristalinos, tipo bola harinoso y pepitilla harinoso\*.

Del centro del país se evaluaron 19 materiales (Cuadro 1), los cuales fueron proporcionados por el Programa de Maíz del entonces Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío (CIAB) y un material obtenido de un lote experimental de Chapingo, Edo. de México.

---

\* Comunicación personal con el Sr. Luis Castro Márquez, Aux. del Programa de Maíz del CAEB.

CUADRO 1. GENOTIPOS DE MAIZ CORRESPONDIENTES A LA REGION CENTRO

NO.	GENEALOGIA	ORIGEN	TIPO DE GRANO Y ENDOSPERMO
1	V 385 E	B 85 R Lote 34 PL	Dentado Cristalino
2	CR. IBARRILLA	165 #	Dentado Cristalino
3	(B. 16 B)	B 85 R	Semidentado Cristalino
4	(B - 17)	B 85 R	Semidentado Cristalino
5	(B 32 x B 33)	B 85 R	Dentado Cristalino
6	(B 16 x B 17)	B 85 R	Semidentado Cristalino
7	H - 311	L. 14 PL	Semidentado Cristalino
8	HV - 313	161 #	Semidentado Cristalino
9	LUCIO BLANCO	B 85 R	Dentado Cristalino
10	CR. HUACHACATA	ZAMORA 85 T	Bola Harinoso
11	CR. MAIZ NEGRO	ZAMORA 85 T	Pepitilla Harinoso
12	PABG CRISTALINA	B 85 R	Semidentado Cristalino
13	GTO. 285 (COMP. CRIOLLO)	156 #	Semidentado Cristalino
14	GTO. 309 (COMP. CRIOLLO)	157 #	Semidentado Cristalino
15	CR. JUVENTINO ROSAS (COMP. CRIOLLO)	158 #	Semidentado Cristalino
16	CR. IBARRILLA (COMP. CRIOLLO)	159 #	Semidentado Cristalino
17	H - 220 (COMP. CRIOLLO)	160 #	Semidentado Cristalino
18	HV -313 (COMP. CRIOLLO)	161 #	Semidentado Cristalino
19	VST-5-43-2	182 # (TESTIGO)	Reventador Cristalino
27	CACAHUACINTLE	CH 85 R (TESTIGO)	Bola Harinoso

De la región Sur se evaluaron 3 materiales (Cuadro 2) - los cuales fueron proporcionados por el Programa de Maíz del anteriormente denominado Centro de Investigaciones Agrícolas del Sureste (CIASE).

CUADRO 2. GENOTIPOS DE MAIZ CORRESPONDIENTES A LA REGION SUR

NO.	GENEALOGIA	ORIGEN	TIPO DE GRANO Y ENDOSPERMO
20	COT.TTC - 82	R1 84 B	Dentado Cristalino
21	IG. STD - 82	IG.85-AR	Semidentado Harinoso
22	CGB. 16		Dentado Cristalino

De la región norte se evaluaron los siguientes materiales, los cuales fueron proporcionados por el Programa de Maíz del ex-Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste (CIANO).

CUADRO 3. GENOTIPOS DE MAIZ CORRESPONDIENTES A LA REGION NORTE

NO.	GENEALOGIA	ORIGEN	TIPO DE GRANO Y ENDOSPERMO
23	VS - 205		Semidentado Cristalino
24	VS - 206		Semidentado Cristalino
25	VS - 207		Semidentado Cristalino
26	VS - 208		Semidentado Cristalino



Con el objeto de eliminar la infestación de insectos - procedentes del campo o adquiridos durante el traslado y manejo de los granos, todos los genotipos se fumigaron con fosforo de aluminio durante 5 días en dosis de 3 gramos por metro cúbico. Posteriormente, los materiales se expusieron - durante 2 semanas a condiciones ambientales al aire libre - con la finalidad de eliminar los residuos de la fumigación.

A cada genotipo se le aplicó una prueba de contaminación por efecto residual, la cual consistió en colocar insectos de edad conocida sobre una submuestra de maíz por un lapso de 5 días. No se registró mortalidad de insectos mediante esta prueba, por lo que se desechó la probabilidad de contaminación en los materiales.

Para concluir con la preparación de los genotipos, se midió el contenido de humedad del grano mediante un determinador eléctrico STEINLITE. A algunos genotipos se les uniformizó el contenido de humedad a  $12.5 \pm 0.5\%$  mediante la relación.

$$H = \left[ \frac{100 - A}{100 - B} \times C \right] - C$$

Donde:

- H = MILILITROS DE AGUA REQUERIDA PARA SER AGREGADA AL GRANO.
- A = % DE HUMEDAD PRESENTE EN EL GRANO.
- B = % DE HUMEDAD DESEADA
- C = PESO DE LA MUESTRA (100 G)

Después de ser agregada el agua necesaria al maíz, se agitaron hasta que absorbieron toda el agua y se introdujeron en frascos dentro de una cámara experimental a una temperatura de  $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $70 \pm 5\%$ . Diez días después se midió la humedad presente en los granos hasta uniformizar la humedad entre los genotipos.

Se envió una muestra de 100 gr de cada genotipo, al laboratorio de Calidad de Proteína del CIAMEC\* y al laboratorio de Suelos, Plantas y Agua para Uso Agrícola del CIAB\*\*, para obtener los análisis bromatológicos y de calidad de proteína, contenido de Calcio, Fósforo, Manganeso y Zinc, así como dureza del grano.

Los análisis de calidad de proteína se realizaron con el método automatizado de Technicon para la determinación del Nitrógeno amoniacal. La valoración cuantitativa del Nitrógeno total en el maíz, se efectuó mediante digestión de la materia orgánica con Acido Sulfúrico y una mezcla catalizadora de Sulfato de Amonio de Selenio seguida por la cuantificación del Sulfato ácido de Amonio resultante. La valoración del Amonio se realizó colorimétricamente mediante la

---

\* ex-Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central.  
\*\*ex-Centro de Investigaciones Agrícolas de El Bajío.

formación de un complejo verde esmeralda, producto de la -- reacción del Amonio Salicilato de Sodio, Nitroprusiato de Sodio e Hipoclorito de Sodio (como fuente de Cloro), en un medio alcalino a un pH de 12.8 - 13.0. El complejo Amonio Salicilato fué leído a 660 nanomicras.

Para la valoración del Triptófano se utilizó el método de Otienska-Blauth modificado por Hernández y Bates. La determinación colorimétrica implica una hidrólisis enzimática de la muestra con papaína y la formación de un complejo colorido, al reaccionar 1 ml de Acido Glioxílico y 2 ml de Triptófano con un máximo de absorción de 560 nanomicras.

La valoración de la Lisina se realizó mediante el método de Tesai modificado por Villegas aplicando una determinación colorimétrica mediante la hidrólisis enzimática de la muestra con papaína y la formación del complejo E-Dinitropiridín-Lisina el cual es cuantificado a 390 nanomicras.

El reactivo principal empleado fué el 2-cloro-3-5 Dinitropiridina que reacciona con el grupo E-Amino de la Lisina, después de bloquear con Cobre los grupos A-amino de los aminoácidos y los péptidos de bajo peso molecular presentes en el hidrolizado proteínico.\*

\*Comunicación personal de la Q.F.I. Alma Rosa Máquez del Lab. de Calidad de Proteína del CIAMEC.

Para la obtención del contenido de grasa se utilizó el método directo con extractor Soxhlet empleando Eter Etílico como agente de extracción.

La determinación de los elementos Manganeso, Zinc, Calcio y Fósforo, se realizó mediante una digestión con mezcla triácida y posteriormente se determinó cuantitativamente el contenido de Manganeso, Zinc y Calcio mediante absorción atómica. El Fósforo se determinó colorimétricamente con Molibdo vanadato de Amonio.

La determinación del porcentaje de dureza del grano de maíz se realizó mediante el método de Perlado empleando un cepillo metálico en lugar del disco normal del Perlador. La molienda se realizó durante 1 minuto y se utilizó tamiz con malla del No. 20.\*

\*Comunicación personal de la Q.I. Beatríz Hurtado G. del Lab. de Suelos, Plantas y Agua para uso Agrícola del CIAB.

### III.3. Desarrollo de la prueba de libre elección

Se depositaron 20 gramos de maíz de cada genotipo en platillos de papel aluminio de 3 pulgadas de diámetro, dentro de recipientes metálicos circulares de color negro (tinajas) de 80 cm de diámetro y 15 cm de altura. Los platillos se colocaron en la periferia de la tina en un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones. En el centro de la tina se depositaron insectos adultos del barrenador en proporción de 1 insecto por gramo de maíz, y relación sexual de 1 macho por cada hembra, ambos de 5 días de edad. Después de depositar los insectos en el centro de la tina, se procedió a sellarla con cinta adhesiva para evitar la salida de insectos. Las tinajas selladas se introdujeron en la cámara de cría durante 15 días para las acciones de copulación, oviposición y alimentación de los insectos. Transcurrido este tiempo, se destaparon las tinajas y se procedió al registro del número de insectos vivos y muertos encontrados en cada platillo; se contaron y pesaron los granos dañados y sanos de cada genotipo así como la harina producida en cada uno. Posteriormente, los granos sanos y dañados fueron depositados juntos en frascos pequeños etiquetados y se devolvieron a la cámara experimental con el objeto de cuantificar los insectos emergidos en cada muestra. Se dejaron transcurrir 45 días para iniciar la obtención de los insectos. Para obtenerlos, se tamizaba diariamente el maíz para extraer

los insectos y se devolvía la muestra a la cámara nuevamente.

Los frascos se mantuvieron en observación hasta que ya no hubo emergencia de insectos, lo cual ocurrió 65 días después de la infestación.

Todos los insectos emergidos en esta primera prueba fueron desechados.

III.4. Desarrollo de la prueba de confinamiento

Se depositaron 300 g de maíz de cada genotipo, dentro de frascos de 1 lt de capacidad y se infestaron con 15 hembras y 15 machos adultos del barrenador de 1 a 3 días de edad; esta relación corresponde a un insecto por cada 10 g de maíz. Los frascos etiquetados y cubiertos con su tapadera oradada con el fin de permitir el flujo de oxígeno, se depositaron dentro de la cámara experimental en un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

La cámara se mantuvo con temperatura y humedad constantes de  $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $70 \pm 5\%$  respectivamente.

A los 90 días posteriores a la fecha de infestación, se registraron las siguientes variables para cada genotipo:

Peso de grano, peso de harina, número de insectos vivos y -- muertos, y la población total de insectos.

Para la obtención de las variables peso de grano y harina se utilizaron tamices de 5.0 y 0.8 mm de abertura y base marca Seedburo; en el primero quedaba el grano, en el segundo los insectos y en la base quedaba la harina. Para pesar los granos y la harina, se utilizó una balanza granataria de 560 g de capacidad, marca Ohaus. La harina se manejó utilizando una brocha de 3 pulgadas.

El % de peso de grano consumido se obtuvo mediante la realación:

$$X = C - \frac{(A + B)}{C} \times 100$$

DONDE:

X = % DE GRANO CONSUMIDO  
 A = PESO DE GRANO REGISTRADO  
 B = PESO DE HARINA REGISTRADA  
 C = PESO DE GRANO INICIAL

Para cuantificar la variable "población total de insectos" se sumaron los insectos vivos y muertos de cada genotipo.

A los datos obtenidos de las variables cuantificadas -- en las pruebas de libre elección y confinamiento, se les -- aplicó un análisis de varianza con un diseño completamente -- al azar y un análisis de correlación múltiple entre varia--- bles utilizando una Microcomputadora Apple II e y los pro-- gramas Daisy, Australian, Visiplot y el Fontrix para grafi-- car.

A los datos obtenidos de los análisis bromatológicos y de calidad de proteína, así como al contenido catiónico, se les realizó una prueba de igualdad de medias o rango múlti-- ple de Tukey al 5% y un análisis de correlación múltiple. - No se aplicó ningún método estadístico por falta de repeti-- ciones en los análisis químicos cuantitativos.

Con la finalidad de definir 3 grupos de genotipos, dife-- rentes entre sí, a los resultados de la prueba de igualdad de medias de las variables que presentaron significancia es-- tadística se les aplicó un método de análisis de varianza de nominado "Sumatoria de cuadrados de clase" tomada de Nelson y Anderson (1984) cuya fórmula es la siguiente:

$$\text{Sumatoria de cuadrados de clase} = \left[ \frac{\left( \text{Sumatoria de medias para la clase 1} \right)^2}{n_1} + \frac{\left( \text{sumatoria de medias para la clase 2} \right)^2}{n_2} + \frac{\left( \text{sumatoria de medias para la clase 3} \right)^2}{n_3} \right] - \frac{\text{sumatoria total de todas las clases.}}{n}$$



Donde:

$n_1$  = número de medias para la clase 1

$n_2$  = número de medias para la clase 2

$n_3$  = número de medias para la clase 3

$n$  = número total de medias ( $n_1+n_2+n_3$ )

Mediante este método, se sigue un procedimiento matemático para separar datos dentro de dos o más grupos o clases, basados en la maximización de la suma de cuadrados de clase; según los autores, utilizando este procedimiento se realizan de una manera cuantitativa, las mejores clasificaciones de clases o grupos cuando los rangos entre los valores son muy pequeños.

Los resultados finales, fueron graficados.



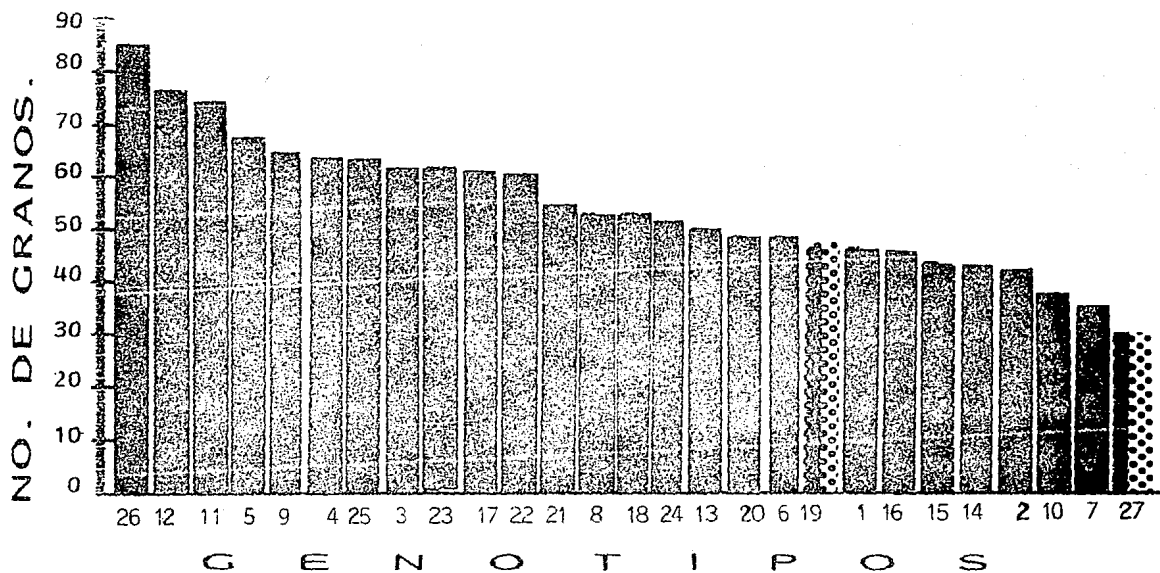
De las variables utilizadas como indicadores para la selección de resistencia en esta prueba, cinco presentaron diferencias altamente significativas, las cuales fueron: número de granos sanos, número de granos dañados, peso de harina, peso de granos y número de insectos emergidos. Las variables, número de insectos vivos y muertos, no presentaron significancia en esta prueba. Esto obedece a que la F calculada ( $F_c$ ) presentó mayor o menor valor que la F de tablas ( $F_t$ ).

#### IV.1.B. Análisis de las variables indicadoras de resistencia.

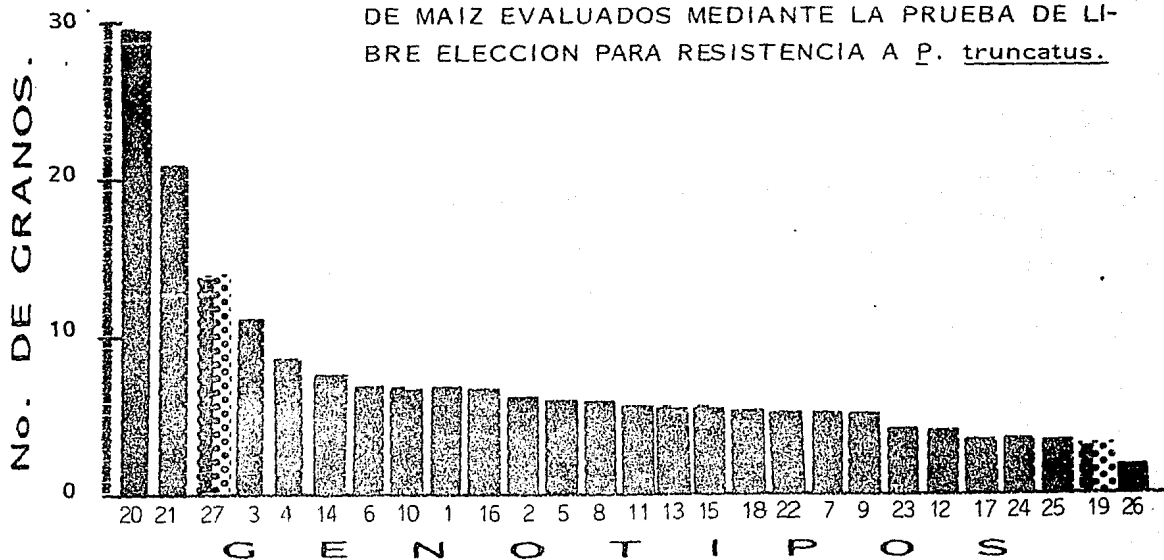
##### a) Número de granos sanos y dañados

Considerando a las variables como indicadoras inmediatas y mediatas de la resistencia, la variable número de granos sanos permite una medida inmediata de la posible resistencia, es decir, que al aumentar el número de granos sanos se interpreta a un genotipo resistente y en caso contrario, a un susceptible. Para las variables grano sano y grano dañado, los valores de  $F_c$  corresponden a 17.6 y 8.9 respectivamente, dando valores altamente significativos lo que implica que existen genotipos con diferentes niveles de resistencia. (Gráficas 1 y 2).

GRAFICA No. 1 NUMERO DE GRANOS SANOS DE LOS GENOTIPOS DE MAIZ EVALUADOS MEDIANTE LA PRUEBA DE LIBRE ELECCION PARA RESISTENCIA A P. truncatus.



GRAFICA NO. 2 NUMERO DE GRANOS DAÑADOS DE LOS GENOTIPOS DE MAIZ EVALUADOS MEDIANTE LA PRUEBA DE LIBRE ELECCION PARA RESISTENCIA A P. truncatus.



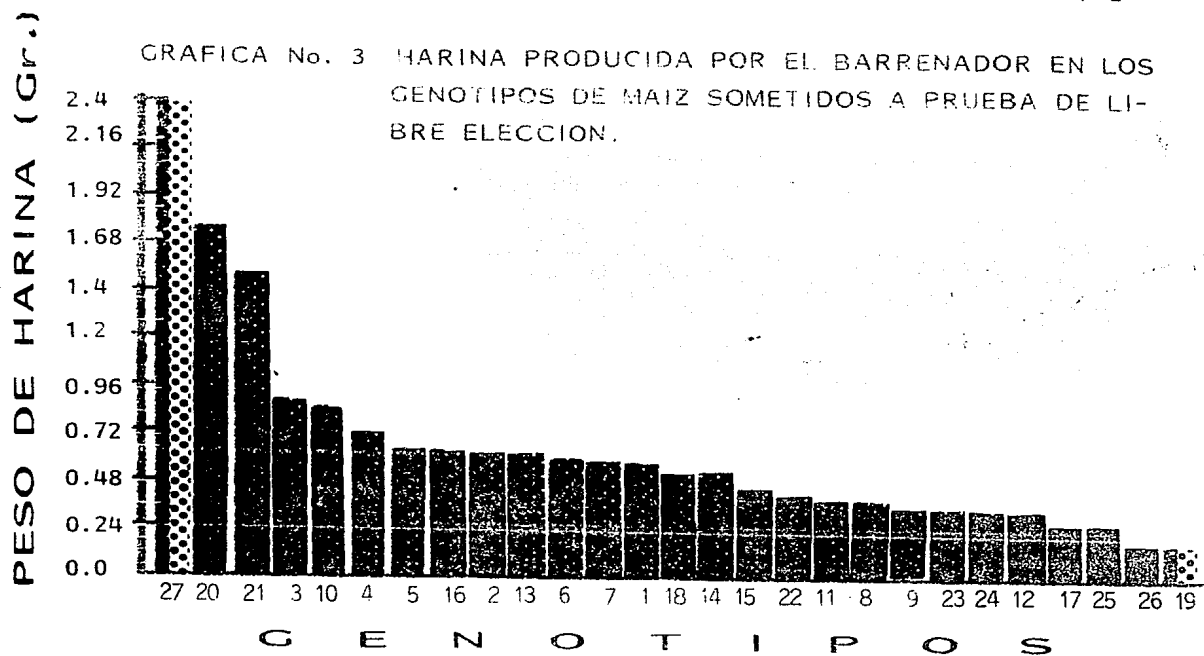
b) Peso de harina y peso de grano

Estas variables permiten una apreciación inmediata de la posible resistencia y son correspondientes con las dos anteriormente descritas, ya que al aumentar o disminuir el número de granos sanos o dañados, repercute en el peso inicial de los granos de manera inversa; es decir, si aumenta el número de granos dañados, entonces disminuye el peso inicial y aumenta el peso de la harina como producto del daño que ocasiona el insecto al barrenar el grano, pero si disminuye el número de granos dañados entonces el peso inicial se mantendrá casi constante y con bajo peso de la harina producida.

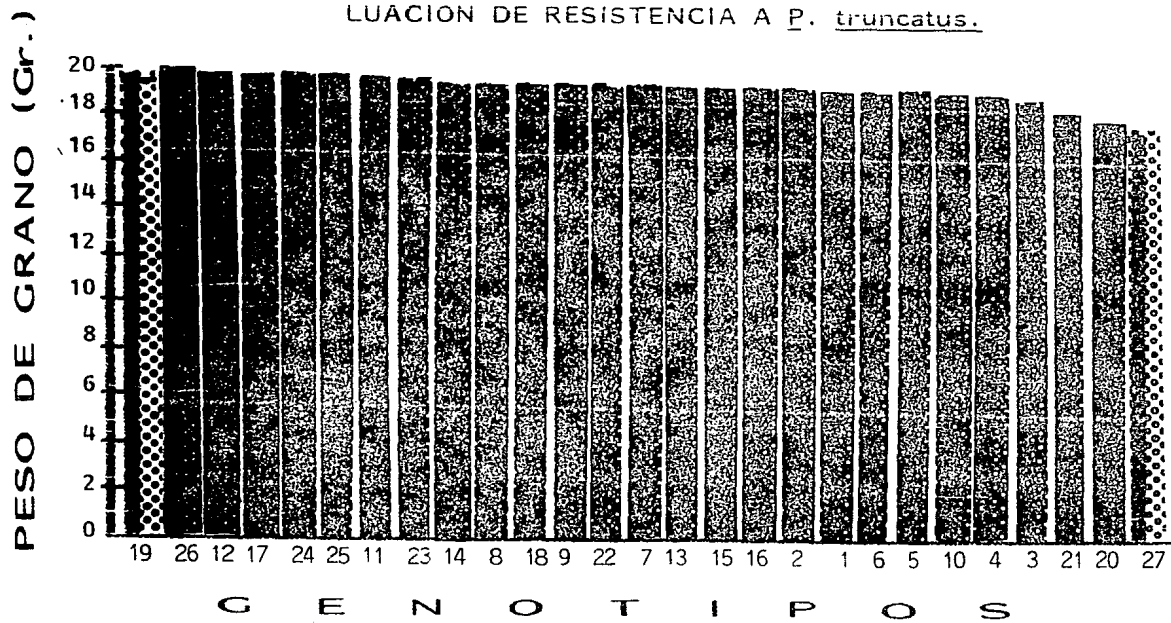
Los valores de Fc para estas variables fueron de 4.9 y 3.4 respectivamente y corresponden a niveles altamente significativos, lo que permite interpretar que existieron genotipos más dañados que otros con pérdida de peso proporcional a su daño. (Gráficas 3 y 4).

c) Insectos emergidos

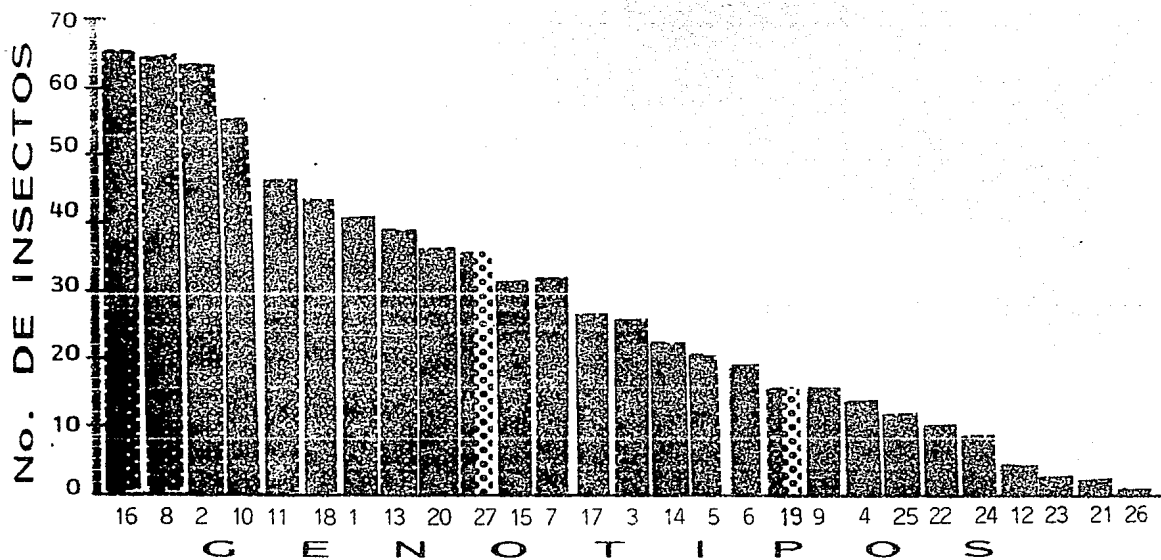
La Fc para esta variable fue de 2.5 y presentó nivel alto de significancia, lo cual permite inferir la existencia de diferencias en cuanto a la preferencia del insecto para ovipositar (Gráfica No. 5), y de esta manera considerarla como variable indicadora mediata de la resistencia del maíz al barrenador.



GRAFICA No. 4 PESO DEL GRANO DE LOS GENOTIPOS DE MAIZ SOMETIDOS A LA PRUEBA DE LIBRE ELECCION PARA EVALUACION DE RESISTENCIA A *P. truncatus*.



GRAFICA No. 5 INSECTOS EMERGIDOS EN LOS GENOTIPOS SOMETIDOS A LA PRUEBA DE LIBRE ELECCION PARA EVALUACION A P. truncatus.



d) Número de insectos vivos y muertos

Estas variables no presentaron significancia estadística, lo que permite establecer que hubo una distribución uniforme de los insectos, cuando menos al momento de realizar los conteos 15 días después de la infestación. Los valores de la Fc correspondieron a 1.2 para insectos vivos y 0.78 para insectos muertos. En el caso contrario de que estas variables hubiesen resultado altamente significativas, permitirían hacer inferencias sobre los hábitos alimenticios de los insectos y definir al mecanismo de preferencia.

IV.1.C. Análisis de la correlación múltiple entre variables.

Los valores del coeficiente de correlación entre variables donde el número de genotipos  $n = 27$  y la significancia al 5% fué de  $r = 0.381$  y al 1%,  $r = 0.487$ , se presentan en el siguiente cuadro.



CUADRO 5. VALORES DE SIGNIFICANCIA DEL COEFICIENTE DE CORRELACION PARA LAS VARIABLES INDICADORAS DE RESISTENCIA EN LA PRUEBA DE LIBRE ELECCION.

	PESO DE GRANO	PESO DE HARINA	NO. DE INSECT VIVOS	NO. DE INSECT MUERTOS	NO. DE GRANOS SANOS	NO. DE GRANOS DAÑADOS
PESO DE GRANO	1	**	**	NS	*	**
PESO DE HARINA	-0.954	1	**	NS	*	**
NO. DE INSECTOS VIVOS	-0.725	0.668	1	NS	*	**
NO. DE INSECTOS MUERTOS	-0.221	-0.211	0.292	1	NS	NS
NO. DE GRANOS SANOS	0.442	0.468	-0.424	0.083	1	NS
NO. DE GRANOS DAÑADOS	-0.799	0.782	0.59	0.285	-0.322	1

\*\* Altamente significativo

\* Significativo

NS No Significativo

a) Correlación para la variable peso de grano

La variable peso de grano presenta significancia al 1% en la correlación contra las variables peso de harina, número de insectos vivos y número de granos dañados, lo cual indica que la existencia de mayor o menor cantidad de insectos repercute en el peso del grano debido al daño que producen, y consecuentemente en la cantidad de harina producida.

La misma variable presenta correlación positiva significativa (5%) para la variable número de granos sanos y no es significativa para la variable número de insectos muertos. - Es decir que la dependencia de la variable peso de grano con respecto a la variable número de granos sanos consiste en - que al aumentar o disminuir la cantidad de granos sanos influye para la permanencia o reducción del peso inicial.

b) Correlación para la variable peso de harina

La variable peso de harina es altamente significativa y negativa en la variable peso de grano y para número de insectos vivos y número de granos dañados (positiva). La correlación con estas variables indica que para que exista mayor - cantidad de harina, es necesario que el número de insectos - vivos también sea considerable. Así mismo, al existir mayor cantidad de granos dañados, mayor será el peso de la harina producida.

Se presentó significancia positiva al 5% para la variable número de granos sanos, esto indica que existe correlación cuando el número de granos sanos aumenta o disminuye y se manifiesta al incrementarse o mantenerse el peso de la harina. Para la variable número de insectos muertos, no presentó significancia.

c) Correlación para la variable número de insectos vivos.

Esta variable presentó significancia positiva al 1% para la variable número de granos dañados y al 5% negativa para la variable número de granos sanos, es decir, que al existir mayor o menor cantidad de insectos vivos, existe mayor probabilidad de que se incremente o reduzca el número de granos sanos o dañados. No presentó significancia en la correlación para la variable número de insectos muertos.

d) Correlación para la variable número de insectos muertos.

Esta variable no presentó correlación a ningún nivel con el resto de las variables.

IV.1.D. Análisis de la prueba de igualdad de medias o rango múltiple de Tukey al 5% con el análisis de Sumatoria de medias de clase.

El método de "Sumatoria de cuadrados de clase" de Nelson y Anderson (1984), se adaptó a los valores de las medias de cada variable de la prueba de libre elección y se le denominó "Sumatoria de medias de clase".

Se formaron tres grupos de genotipos hasta que el valor de la sumatoria de medias de cada clase fué mayor; entonces se le consideró como la mejor agrupación de valores. La agrupación realizada fué la base para la clasificación de los genotipos en "resistentes" "intermedios" y "susceptibles", cabe señalar, que esta selección se inició considerando a la primera variable, número de granos sanos (que fue la de mayor consistencia) y posteriormente las demás variables. La frecuencia de agrupación de cada genotipo en los diferentes grupos o clases, también se consideró como indicador importante para la clasificación. La agrupación de genotipos para cada variable se presenta en el Anexo 1.

En el siguiente cuadro se encuentra el grupo de genotipo que presentaron mayor número de granos sanos y menor número de granos dañados así como el mayor peso de grano y menor peso de harina producida. También el número de insectos -- emergidos es menor comparado con el resto de los genotipos. - A estos se les clasificó como resistentes.

CUADRO 6. GENOTIPOS CLASIFICADOS COMO RESISTENTES MEDIANTE LA "SUMATORIA DE MEDIAS DE CLASE" Y FRECUENCIA DE AGRUPACION EN LAS VARIABLES INDICADORAS DE RESISTENCIA PARA LA PRUEBA DE LIBRE ELECCION.

GENOTIPOS	V	A	R	I	A	B	L	E	S
	NO. DE SANOS	GRANOS DAÑADOS	PESO DE GRANO	PESO DE HARINA	NO. DE IN-SECT. EMERG.				
LUCIO BLANCO	R	R	R	R	R				
PABG CRIST.	R	R	R	R	R				
VS - 205	R	R	R	R	R				
VS - 207	R	R	R	R	R				
VS - 208	R	R	R	R	R				
H-220. (COMP. CR)	R	R	R	R	I				
VS - 206	I	R	R	R	R				
CGB - 16	R	R	I	I	R				
VST-5-43-2 (TESTIGO)	I	R	R	R	R				
CACAHUACINTLE (TESTIGO)	S	S	S	S	I				

R = Resistentes

I = Intermedios

S = Susceptibles

A los grupos de genotipos se les analizó con respecto a su respuesta ante cada variable en relación con la elección realizada por los insectos para sus hábitos de oviposición y alimentación. Así se observa que los genotipos Lucio Blanco, PABG Cristalina, VS - 205, VS-207 y V-208, presentan -- cierto nivel de resistencia debido a que su frecuencia en este grupo se mantuvo constante para todas las variables; de esta manera se infiere que estos genotipos no fueron preferidos por los insectos para alimentarse y tampoco para ovipositar. El genotipo H-220 (Comp. Cr.) se mantuvo constante en todas las variables, excepto en los insectos emergidos, lo cual indica que posiblemente existió cierta preferencia para la oviposición; el mismo comportamiento se presenta en el criollo maíz negro. Los genotipos VST-5-43-2 utilizado como testigo y el VS-206 clasificados dentro de este grupo se mantuvieron constantes para cuatro de las variables, sin embargo, para la variable número de granos sanos, se encuentran dentro del grupo de los genotipos intermedios, esto conduce a pensar que el daño causado en los granos fue leve debido a un nivel bajo de preferencia para alimentarse, lo cual no repercutió en la respuesta general de estos genotipos al ataque de los insectos.

El genotipo CGB-16 resultó de respuesta intermedia para las variables peso de grano y harina, esto permite inferir que aunque fueron pocos los granos afectados, el daño fue --

considerable, de tal manera que repercutió en su peso y se incrementó el de la harina; en este genotipo los insectos mostraron clara preferencia para alimentarse.

El grupo que conforman los materiales clasificados como intermedios, se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 7. GENOTIPOS CLASIFICADOS COMO INTERMEDIOS MEDIANTE LA " SUMATORIA DE MEDIAS DE CLASE" Y SU FRECUENCIA DE AGRUPACION EN LAS VARIABLES INDICADORAS DE RESISTENCIA PARA LA PRUEBA DE LIBRE ELECCION.

GENOTIPOS	V A R I A B L E S				
	NO. DE SANOS	GRANOS DAÑADOS	PESO DE GRANO	PESO DE HARINA	NO. DE INSECTOS EMERGIDOS
B 16 B	R	S	S	S	I
B 17	R	S	S	S	R
B32 x B33	R	I	S	S	I
CR. MAIZ NEGRO	R	I	R	R	S
V 385	I	I	I	I	I
B 16 B x B 17	I	I	I	I	R
GTO.-285 (COMP.CR)	I	I	I	S	I
HV - 313	I	I	R	R	S
HV - 313 (COMP.CR)	I	R	R	I	S
VST-5-43-2 (TESTIGO)	I	R	R	R	R
CACAHUACINTLE (TESTIGO)	S	S	S	S	I

R = Resistentes      I = Intermedios      S = Susceptibles

A este grupo le fueron agregados los genotipos B 16 B, B 32 x B 33 y el criollo maíz negro los cuales habían sido - clasificados dentro del grupo de resistentes para la variable número de granos sanos, sin embargo, la diversidad de - respuestas para el resto de variables, permite hacer inferen - cias del comportamiento heterogéneo de los insectos en cuan - to a sus hábitos de alimentación y oviposición por lo cual - fueron transferidos al grupo de materiales intermedios.

El genotipo V 385 es el que mantuvo su frecuencia como intermedio en todas las variables, lo cual corresponde a -- igualdad de niveles de preferencia del insecto para alimen - tarse y ovipositar. El genotipo B 16 B x B 17 se presenta - como resistente para la variable número de insectos emergi-- dos lo que marca claramente la preferencia del insecto para su alimentación y la no preferencia para ovipositar. El ge - notipo Gto.285 (Comp. Cr.) se mantiene intermedio para 4 de las variables, sin embargo, para la variable peso de harina se presenta como susceptible, la explicación sería la misma que para los casos anteriores, en donde se observa que el da ño no afectó la cantidad de granos dañados pero su intensi-- dad sí repercutió en el peso.

El genotipo HV-313 se presenta como intermedio para el número de granos sanos y dañados, no así para su peso en el



cual se presenta como resistente y esto se debe al mismo caso anterior, sin embargo, para la variable número de insectos emergidos, se presenta como susceptible; en este caso también se puede atribuir la preferencia del insecto para ovipositar; el mismo caso se presenta en el genotipo HV-313 (Comp. Cr), con la diferencia que la resistencia la presenta para las variables número de granos dañados y peso de grano, donde se invirtió la preferencia del insecto.

El grupo de genotipos clasificados como susceptibles se muestra en el Cuadro No. 8.

CUADRO 8. GENOTIPOS CLASIFICADOS COMO SUSCEPTIBLES MEDIANTE LA "SUMATORIA DE MEDIAS DE CLASE" Y SU FRECUENCIA DE AGRUPACION EN LAS VARIABLES INDICADORAS DE RESISTENCIA PARA LA PRUEBA DE LIBRE ELECCION.

GENOTIPOS	V A R I A B L E S		PESO DE GRANO	PESO DE HARINA	NO. DE INSECTOS EMERGIDOS
	NO. DE SANOS	GRANOS DAÑADOS			
CR. IBARRILLA (COMP. CR)	I	I	I	S	S
IG.STD-82	I	S	S	S	R
COT.TTC-82	I	S	S	S	I
GTO. 309 (COMP.CR)	S	I	R	I	I
H - 311	S	R	I	I	I
CR. JUVENTINO ROSAS (COMP. CR)	S	I	I	I	I
CR. IBARRILLA	S	I	I	S	S
CR. HUACHACATA	S	I	S	S	S
VST-5-43-2 (TESTIGO)	I	R	R	R	R
CACAHUACINTLE (TESTIGO)	S	S	S	S	I

R = Resistente

I = Intermedios

S = Susceptibles

A este grupo le fueron agregados los genotipos Cr. Ibarrilla (Comp. Cr), IG-SJD-82 y COT-TTC-82 los cuales correspondían al grupo de intermedio para la variable número de granos sanos, pero la diversidad del comportamiento de los insectos en cada genotipo para el resto de variables los excluye del agrupamiento normal.

Los genotipos Gto. 309 (Comp. Cr), H-311, Cr. Juventino Rosas (Comp. Cr), Cr. Ibarrilla y Cr. Huachacata, quedaron clasificados como genotipos susceptibles debido a la diversidad de respuestas en cada variable lo cual indica claramente que los insectos tuvieron un comportamiento heterogéneo en los materiales marcando su preferencia para alimento y para oviposición.

Finalmente, en el grupo que conforma los materiales susceptibles se encuentra el genotipo Cacahuacintle el cual fue utilizado como testigo y presenta susceptibilidad para todas las variables con excepción de la variable número de insectos emergidos en el cual se encuentra como intermedio, esto se explica porque la emergencia se redujo cuando los insectos produjeron daños considerables en el grano al alimentarse y al reducir su peso y alterando la composición física y química del mismo. Esta interpretación está apoyada con lo reportado por Adem y Bourges (1981) al estudiar los cambios

cuantitativos en la composición química del maíz cuando éste fue infestado con tres especies de insectos. Reportan una disminución del contenido energético y cambios químicos en el grano. El hábito alimenticio de barrenación del insecto *P. truncatus*, destruyó casi completamente al grano.

#### IV.2. Prueba de Confinamiento

##### IV.2.A. Análisis de la Fc

Los valores de significancia obtenidos mediante el análisis de varianza, se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 9. VALOR Y SIGNIFICANCIA DE LA Fc Y CUADRADO MEDIO DEL ERROR PARA LAS VARIABLES UTILIZADAS EN LA PRUEBA DE CONFINAMIENTO.

FACTOR DE VARIACION	G.L.	PESO HARINA	PESO GRANO	POBLACION TOTAL	INSECT. VIVOS	INSECT MUERTOS
GENOTIPOS	26	5.41**	4.45**	3.15**	3.07**	2.07*
ERROR (CM)	54	523.0	894.5	122489.3	113262.7	3107.3

VALORES DE Ft 5% = 1.72 1% = 2.15

\*\* Altamente Significativo

\* Significativo

GL Grados de libertad

CM Cuadrado medio

Las variables que presentaron diferencias altamente significativas, fueron peso de harina, peso de grano y población total; las variables número de insectos vivos y muertos fueron sumariadas para obtener el dato de la población total, resultando significativa al 1% la primera y al 5% la segunda. Los valores de significancia obtenidos coinciden con lo reportado por Windstrom *et al* al considerar a estas variables como importantes indicadores de resistencia.

Los niveles de significancia están determinados como altamente significativo si la  $F_c$  es mayor que la  $F_t$  al 1% de confiabilidad y como significativo al 5%. Si la  $F_c$  es menor que la  $F_t$  entonces será un valor no significativo (NS)

#### IV.2.B. Análisis de las variables indicadoras de resistencia.

##### A) Peso de harina y peso de grano

La relación directa que presentan estas variables con respecto a la resistencia de los genotipos al daño del barrenador, consiste en que al disminuir el peso de grano, aumenta el peso de harina. Esto es porque el insecto al momento de alimentarse produce harina como desecho, por lo tanto estas variables son directamente proporcionales, es decir, al aumentar el daño al grano su peso disminuye y mayor será la

producción de harina. Los valores de Fc para estas variables fueron de 5.41 y 4.45 respectivamente los cuales corresponden a niveles altamente significativos lo que muestra que existen importantes grados de preferencia del insecto para su alimentación. (Gráficas 6 y 7).

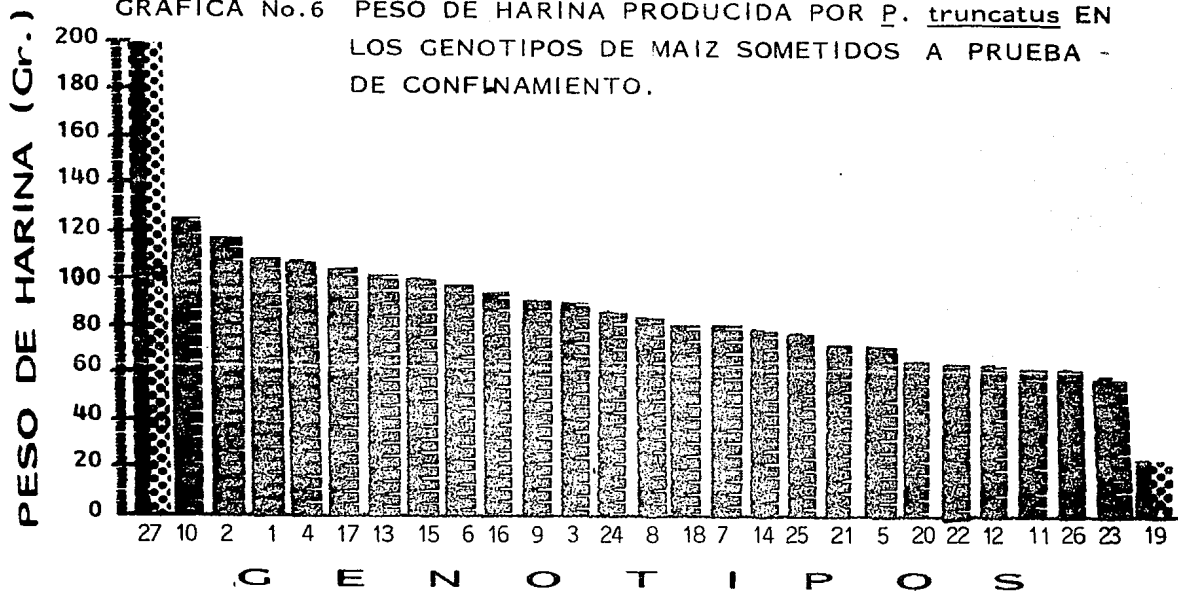
#### B) Número de insectos vivos y muertos

La variable número de insectos vivos presentó significancia al 1%, lo cual define que existe diferencias poblacionales de insectos entre los genotipos; sin embargo, la variable número de insectos muertos únicamente presentó significancia al 5%. Con este nivel de significancia se puede inferir que existieron diferencias no muy importantes en cuanto a la mortalidad de insectos entre los genotipos. Los valores de Fc correspondieron a 3.07 y 2.07 respectivamente; -- los valores mínimos y máximos registrados, correspondieron a 252 y 1717 insectos vivos, y 8 y 209 insectos muertos (Gráficas 8 y 9).

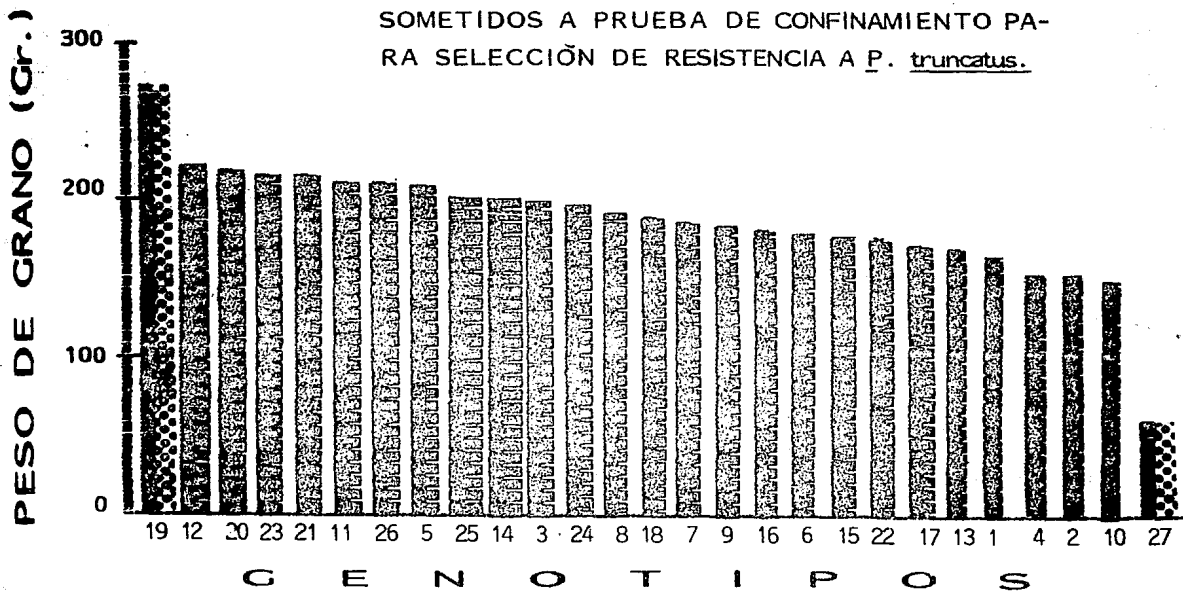
#### C) Población total de insectos

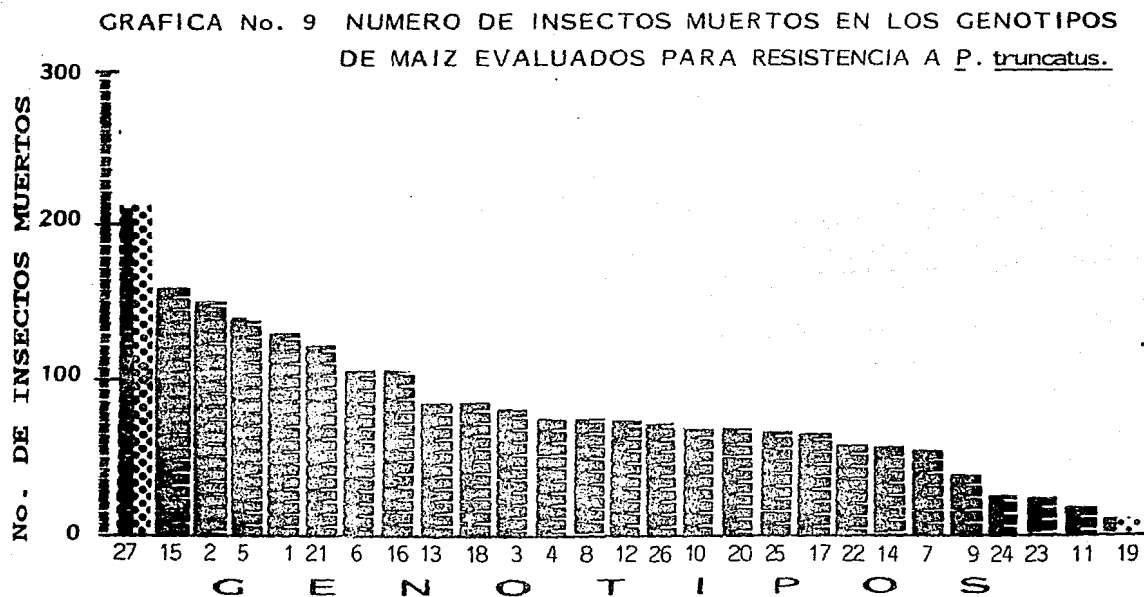
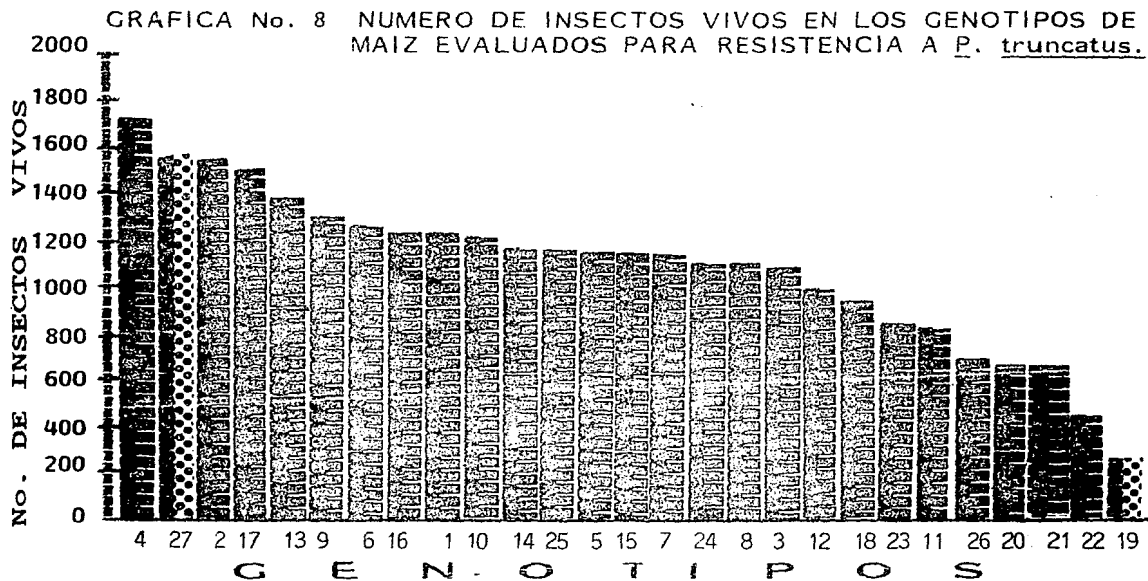
Esta variable presenta una relación directa con la resistencia, ya que en esta prueba se puede tratar de relacionar el número de progenie emergida con las propiedades físicas y químicas del grano de maíz. además que la prueba de --

GRAFICA No.6 PESO DE HARINA PRODUCIDA POR *P. truncatus* EN LOS GENOTIPOS DE MAIZ SOMETIDOS A PRUEBA DE CONFINAMIENTO.



GRAFICA NO. 7 PESO DE GRANO DE MAIZ DE LOS GENOTIPOS SOMETIDOS A PRUEBA DE CONFINAMIENTO PARA SELECCIÓN DE RESISTENCIA A *P. truncatus*.







confinamiento permite la posibilidad, de atribuir el mecanismo de antibiosis durante el desarrollo del ciclo de vida del insecto. La Fc para esta variable fue de 3.16 con significancia al 1%. (Gráfica No. 10). Esto marca la existencia de materiales diferentes en sus niveles de resistencia.

#### IV.2.C. Análisis de la correlación múltiple - entre variables.

Los valores del coeficiente de correlación entre variables para la prueba de confinamiento en donde  $n = 27$  y la significancia al 5%  $r = 0.381$  y al 1%  $r = 0.487$ , se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 10. VALORES DE SIGNIFICANCIA DEL COEFICIENTE DE CORRELACION PARA LAS VARIABLES INDICADORAS DE RESISTENCIA EN LA PRUEBA DE CONFINAMIENTO.

	PESO HARINA	PESO GRANO	POBLAC. TOTAL	INSECT. VIVOS	INSECT. MUERTOS
PESO HARINA	1	**	**	**	**
PESO GRANO	0.96	1	**	**	**
POBLACION TOTAL	0.75	0.73	1	**	**
INSECTOS VIVOS	0.71	0.70	0.99	1	NS
INSECTOS MUERTOS	0.59	0.54	0.45	0.33	1

\*\* Altamente significativo

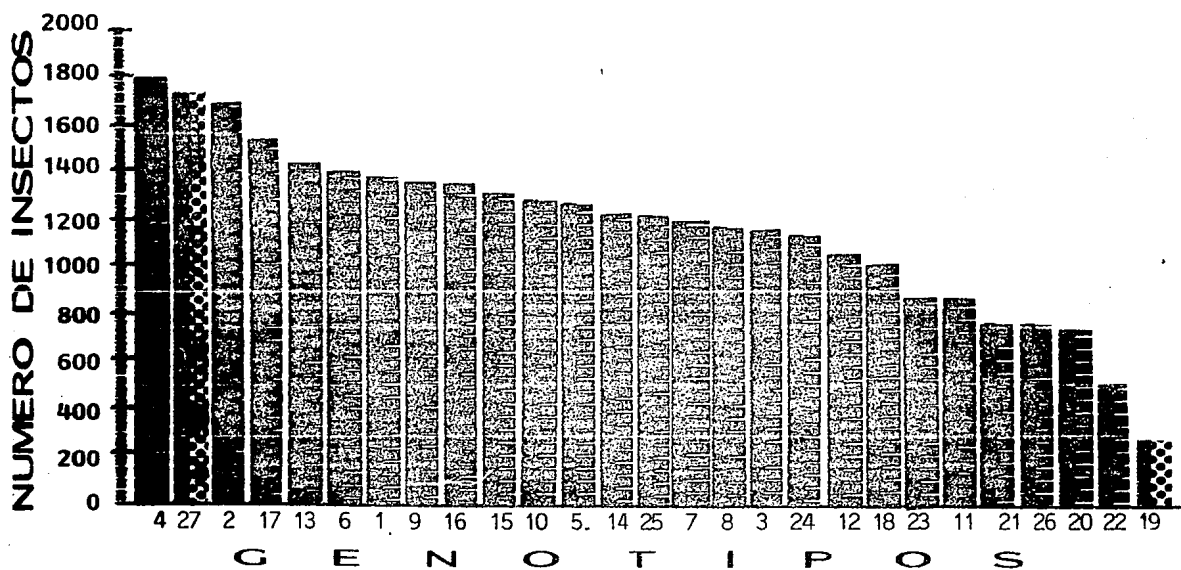
\* Significativo

NS No significativo

a) Correlación para la variable peso de harina

La variable peso de harina se presenta como positiva en la correlación contra el resto de variables. Esto indica que los valores de la variable peso de harina dependen de manera proporcional al resto de variables, es decir, si existe mayor o menor número de insectos que causen daño al grano de manera que repercuta en el peso de éste, mayor o menor será -

GRAFICA NO. 10 POBLACION TOTAL DE INSECTOS EN LOS GENOTIPOS DE MAIZ SOMETIDOS A EVALUACION DE RESISTENCIA A P. truncatus. MEDIANTE LA PRUEBA DE CONFINAMIENTO.



la cantidad de harina producida. La variable insectos muertos, también presentó significancia al 1% para esta variable, esto indica que antes de morir los insectos se alimentaron.

b) Correlación para la variable peso de grano

Los valores de correlación de esta variable son positivos y altamente significativos para el resto de variables, - esto se explica de la misma forma anterior ya que existe dependencia directamente proporcional con el resto de variables.

c) Correlación para la variable población total

La variable población total de insectos presenta correlación positiva y altamente significativa para todas las variables, excepto para insectos muertos cuya significancia es positiva al 5%. Esto conduce a establecer que la cantidad de insectos muertos no repercutió de manera sobresaliente en la población total.

d) Correlación para la variable insectos vivos

La variable insectos vivos presenta una correlación positiva y altamente significativa para todas las variables, - excepto para insectos muertos, donde no presenta significan-

cia. Esto es lógico ya que no existe ninguna relación entre ambas variables, es decir que no presentan ninguna dependencia entre sí.

e) Correlación para la variable insectos muertos

Esta variable presenta correlación positiva y altamente significativa para peso de harina y grano, pero para población total, solamente es positiva significativa. Para la variable insectos vivos no presenta significancia. La relación que se observa entre las 2 primeras variables, obedece tal vez a que antes de morir los insectos produjeron daño al grano, repercutiendo en el peso de grano y harina; sin embargo para la población total, esta variable no influyó grandemente, ya que los valores mínimos y máximos mencionados con anterioridad, no determinan significativamente la población total de insectos.

IV.2.D. Análisis de la prueba de igualdad de medias o rango múltiple de Tukey al 5% y "Sumatoria de medias de clase".

La prueba de igualdad de medias o rango múltiple de Tukey al 5% se aplicó a las 5 variables analizadas en la prueba de confinamiento para determinar diferencias entre los genotipos.

Se realizó la separación de grupos o clases, siguiendo la metodología de Nelson y Anderson (1984). De manera similar que la prueba de libre elección, se agruparon en genotipos resistentes, intermedios y susceptibles. Esta agrupación se presenta en el Anexo 2.

En el siguiente cuadro se presenta el grupo de genotipos con el menor peso de harina y mayor peso de grano así como el menor número de insectos vivos y muertos y con menor población total. A este grupo de genotipos se les clasificó como resistentes.

CUADRO 11. GENOTIPOS CLASIFICADOS COMO RESISTENTES MEDIANTE LA "SUMATORIA DE MEDIAS DE CLASE" Y FRECUENCIA DE AGRUPACION EN LAS VARIABLES INDICADORAS DE RESISTENCIA PARA LA PRUEBA DE CONFINAMIENTO.

GENOTIPOS	V	A	R	I	A	B	L	E	S
	PESO HARINA	PESO GRANO	POBLAC. TOTAL	INSECT. VIVOS	INSECT. MUERTOS				
VS - 205	R	R	R	R	R				
CR: MAIZ NEGRO	R	R	R	R	R				
COT-TTC-82	R	R	R	I	R				
VS - 208	R	R	R	I	R				
CGB 16	R	S	R	R	R				
IG - STD - 82	R	R	R	S	R				
PAGB CRIST.	R	R	I	I	I				
VST-5-43-2 (TESTIGO)	R	R	R	R	R				
CACAHUACINTLE (TEST)	S	S	S	S	S				

R = Resistentes      I = Intermedios      S = Susceptibles.

El genotipo VST-5-43-2 (utilizado como testigo); VS-205 y el Criollo maíz negro, mostraron resistencia para todas las variables, con esto se infiere que los insectos no se desarrollaron satisfactoriamente, en tanto que el genotipo COT-TTC-82 y el VS-208 se mostraron resistentes en todas las variables excepto para "insectos vivos" que aparecen como intermedios.

Los genotipos CGB 16 y el IG-STD-82 se mostraron resistentes para todas las variables excepto para "insectos vivos" donde se encuentra como intermedio el segundo y susceptible para la variable peso de grano el primero. Finalmente el genotipo PABG Crist., se mostró como resistente para las variables peso de harina y grano, e intermedio para el resto de las variables.

Estos resultados otorgan la posibilidad de hacer inferencias serias con respecto al mecanismo de antibiosis en los insectos, hasta aquí esto es hipotético.

El grupo que conforman los genotipos clasificados como intermedios se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 12. GENOTIPOS CLASIFICADOS COMO INTERMEDIOS MEDIANTE LA "SUMATORIA DE MEDIAS DE CLASE" Y SU FRECUENCIA DE AGRUPACION EN LAS VARIABLES DE LA PRUEBA DE CONFINAMIENTO.

GENOTIPOS	V	A	R	I	A	B	L	E	S
	PESO HARINA	PESO GRANO	POBLAC. TOTAL	INSECT. VIVOS	INSECT. MUERTOS				
B 32 x B 33	R	R	I	S	I				
VS - 207	I	I	I	I	I				
HV - 313 (COMP.CR)	I	I	I	I	I				
HV - 313	I	I	I	I	I				
B 16 B	I	I	I	I	I				
VS - 206	I	I	I	R	I				
H - 311	I	I	I	R	I				
GTO. 309 (COMP.CR)	I	I	I	R	I				
LUCIO BLANCO	I	I	S	R	S				
VST-5-43-2 (TESTIGO)	R	R	R	R	R				
CACAHUACINTLE (TESTIGO)	S	S	S	S	S				

R = Resistentes      I = Intermedios      S = Susceptibles

A este grupo le fue agregado el genotipo B 32 x B 33 el cual correspondía al grupo anterior, sin embargo, la diversidad de su agrupamiento entre las variables sugiere que se ubique dentro del grupo de genotipos intermedios.



Los genotipos VS-207; HV-313 (Comp. Cr); HV-313 y el - B16B se comportaron como intermedios para todas las varia-- bles y los VS-206; H-311; Gto. 309 (Comp. Cr) y Lucio Blanco se mostraron de igual manera con excepción de la variable insectos vivos en la cual se presentaron como resistentes. El genotipo Lucio Blanco se presenta como susceptible para "Po blación total" e "insectos muertos". En este grupo existen genotipos importantes desde el punto de vista genético por - lo cual es necesario continuar seleccionando materiales para comprobar su resistencia intermedia.

Los genotipos que forman el grupo de los susceptibles - se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 13. GENOTIPOS CLASIFICADOS COMO SUSCEPTIBLES MEDIANTE LA "SUMATORIA DE MEDIAS DE CLASE" Y FRECUENCIA DE AGRUPACION EN LAS VARIABLES INDICADORAS DE RESISTENCIA PARA LA PRUEBA DE CONFINAMIENTO.

GENOTIPOS	V	A	R	I	A	B	L	E	S
	PERO HARINA	PESO GRANO	POBLAC. TOTAL	INSECT. VIVOS	INSECT. MUERTOS				
B 16 B x B 17	S	S	S	S	S				
CR. IBARRILLA	S	S	S	S	S				
V - 385	S	S	S	S	S				
B 17	S	S	S	S	I				
GTO. 285 (COMP. CR)	S	S	S	S	I				
H-220 (COMP. CR)	S	S	S	S	I				
CR. HUACHACATA	S	S	I	I	I				
CR. JUVENTINO ROSAS (COMP. CR)	S	S	I	I	S				
CR. IBARRILLA (COMP. CR)	S	I	S	S	S				
VST-5-43-2 (TESTIGO)	R	R	R	R	R				
CACAHUACINTLE (TESTIGO)	S	S	S	S	S				

R = Resistentes    I = Intermedios    S = Susceptibles

Los genotipos B 16 B x B 17; Criollo Ibarrilla y el V-385 se mantuvieron constantes como materiales susceptibles, lo cual deja clara la actividad alimenticia y reproductiva de los insectos. Los genotipos B 17; Gto. 285 (Comp. Cr) y H-220 (Comp. Cr) se comportaron como materiales intermedios para la variable insectos vivos. El Cr. Huachacata y Cr. Ju

ventino Rosas (Comp. Cr.) presentaron niveles intermedios para las variables población total, insectos muertos y peso de grano lo cual no es suficiente para separarlos de este grupo.

IV.3.A. Análisis del contenido químico, bioquímico y dureza de los genotipos de maíz evaluados y clasificados como resistentes, intermedios y susceptibles.

A los resultados de los análisis del contenido químico y dureza de los genotipos evaluados, se les aplicó el método de Nelson y Anderson (1984) y se separaron en tres grupos de genotipos con alto, medio y bajo contenido químico y bioquímico así como de dureza. Anexo No. 3.

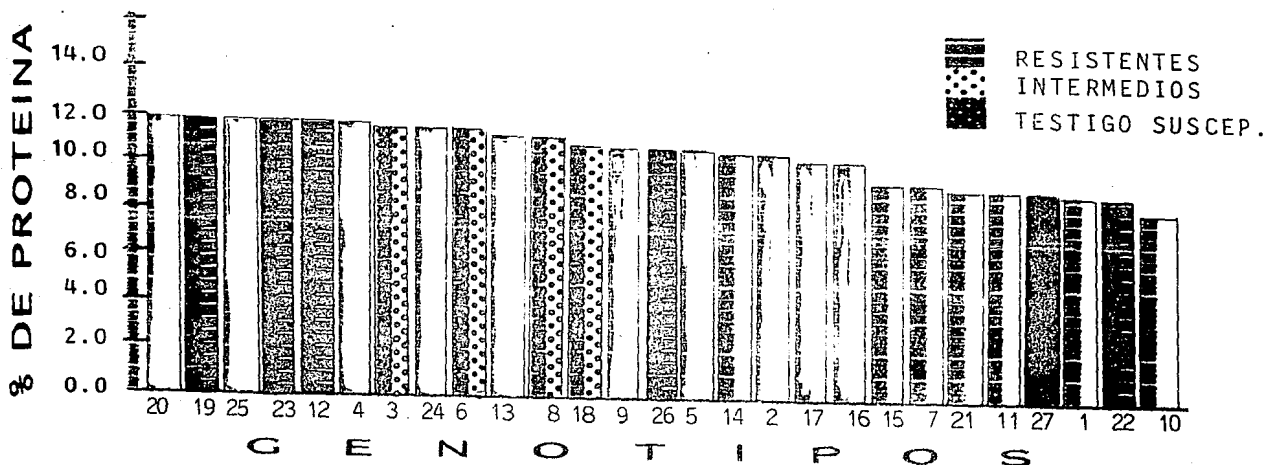
La discusión de estos resultados se presenta a manera de relacionar a los genotipos de maíz de cada grupo repetidos en la misma clasificación para las dos pruebas (libre elección y confinamiento) y las agrupaciones realizadas para las propiedades del grano.

Los genotipos que se repiten como resistentes para las 2 pruebas son: el genotipo PABG. Crist. (12)\* el cual presen

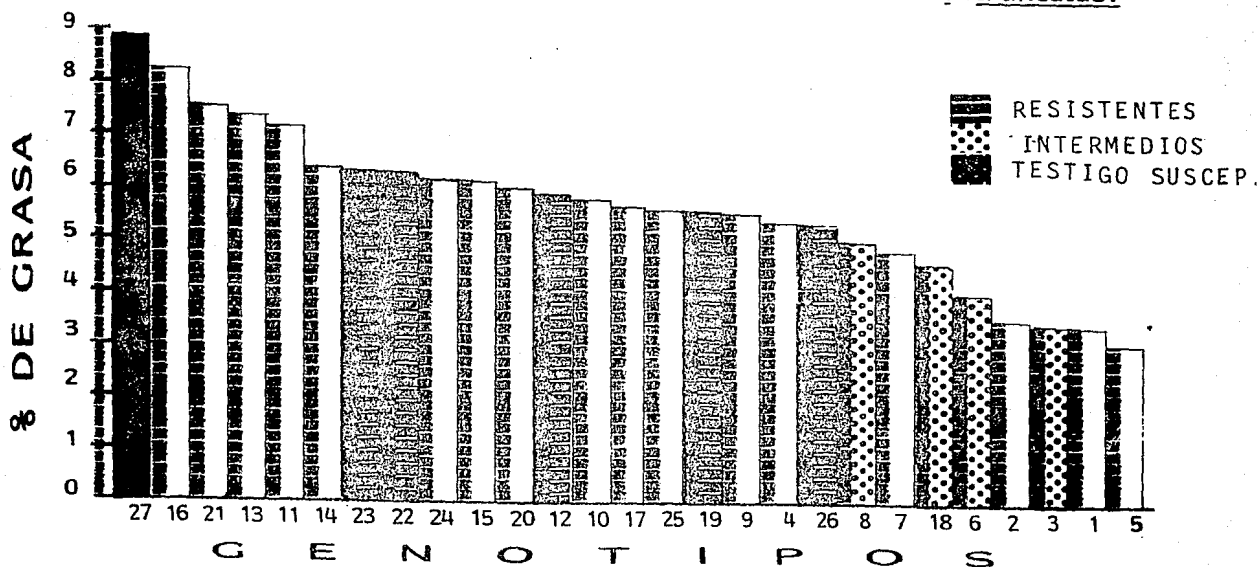
\*Número de genotipo

tó alto contenido de Proteína; Manganeso (Mn) y Calcio (Ca), (Gráficas 11, 15 y 18) y contenido medio para la Lisina y el Fósforo (P) (Gráficas 13 y 16). Para el Triptófano, Grasas y Zinc (Zn) (Gráficas 12, 14 y 17), presentó contenidos bajos. El porcentaje de dureza es alto en este genotipo (Gráfica 19). El CGB-16 (22), presentó alto contenido de Ca y contenido medio en Triptófano, Lisina, Grasas y Zinc. Los contenidos más bajos los presentó en Proteína, Mn y P. El genotipo VS-205 (23) presentó alto contenido de Proteína, Mn, P. y Zn ; medio en Grasas y Ca.; y bajo en Triptófano y Lisina. El porcentaje de dureza fue alto en este genotipo. El último genotipo que conforma este grupo es el VS-208 (26) el cual contiene cantidades altas de Ca y Zn; contenido medio de Proteína, Triptófano y Lisina; y bajo de Grasas, Mn y P. El porcentaje de dureza es medio. En este mismo grupo de genotipos quedó incluido el testigo resistente VST-5-43-2 (19) el cual presentó contenidos altos de Proteína, Mn, P, Ca y Zn; y contenidos bajos de Triptófano, Lisina y Grasas. El porcentaje de dureza es el más alto (82.5%). Haciendo una comparación entre este genotipo resistente y el testigo susceptible Cacahuacintle (27) el cual presentó contenidos altos de Triptófano, Lisina, Grasas, Mn y Ca; y contenidos bajos de Proteína, P, Zn con el menor porcentaje de dureza (39.5%); se encontró que únicamente existe una relación inversa en los contenidos de Proteína, Triptófano, Lisina y Grasas y de la dureza, ya que contienen cantidades altas y bajas, pero no medias. El con-

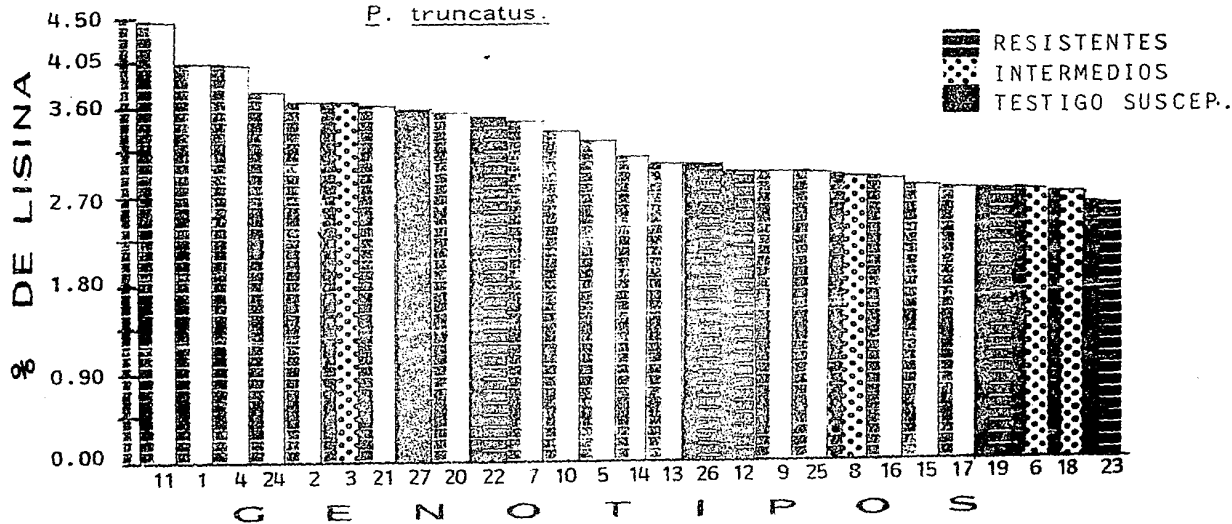
GRAFICA No. 11 CONTENIDO DE PROTEINA EN LOS GENOTIPOS EVALUADOS PARA RESISTENCIA A P. truncatus.



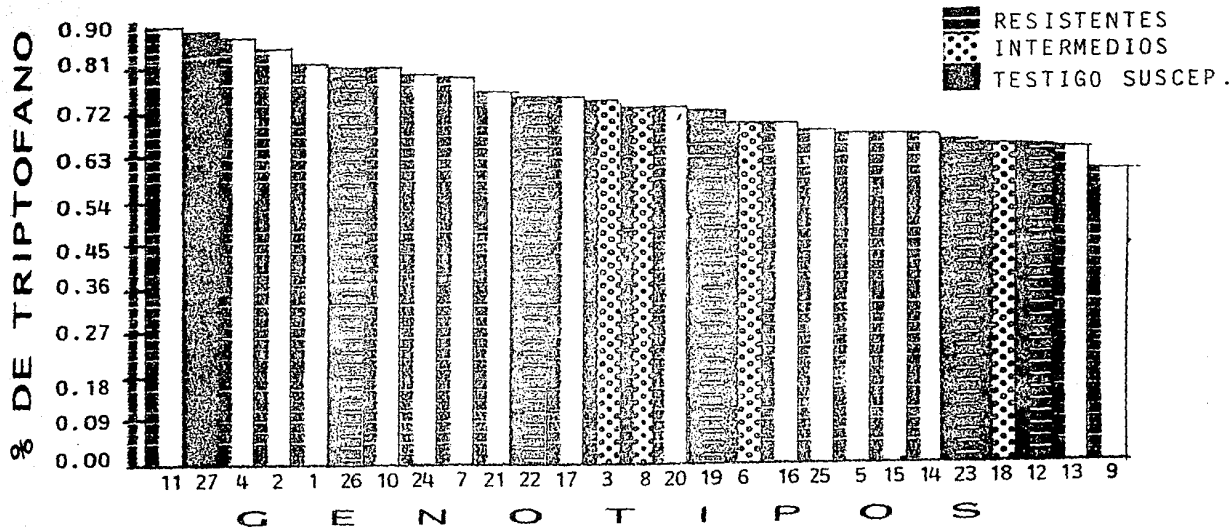
GRAFICA No. 12 CONTENIDO PORCENTUAL DE GRASAS EN LOS GENOTIPOS EVALUADOS PARA RESISTENCIA A P. truncatus.



GRAFICA No. 13 CONTENIDO DE LISINA EN 100 g. DE PROTEINA DE  
LOS GENOTIPOS EVALUADOS PARA RESISTENCIA A  
*P. truncatus*.



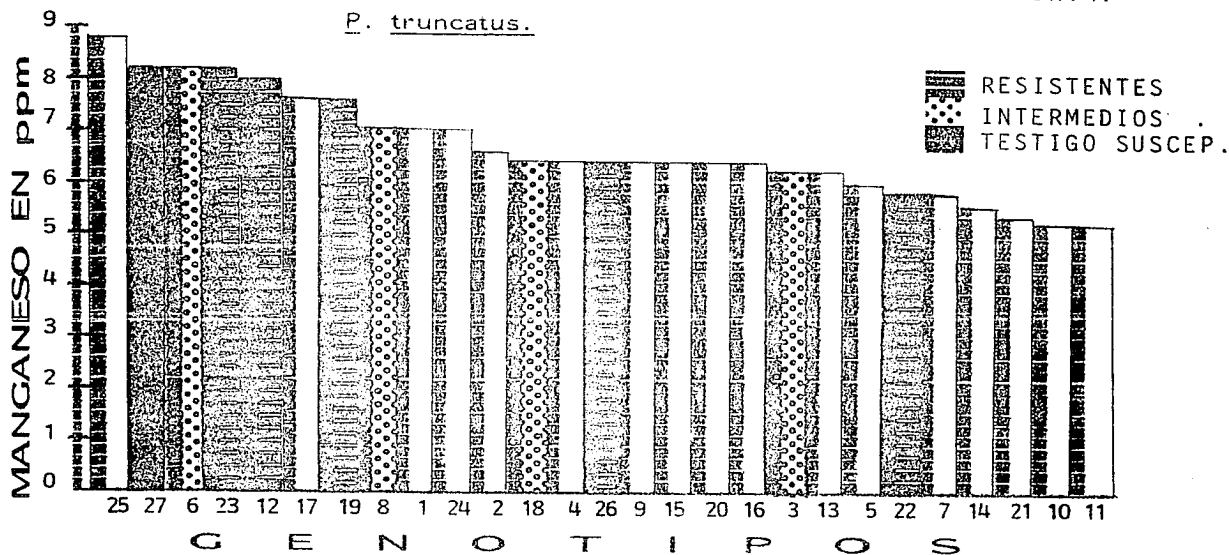
GRAFICA NO. 14 CONTENIDO PORCENTUAL DE TRIPTOFANO EN 100 g.  
DE PROTEINA DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS PARA  
RESISTENCIA A *P. truncatus*.



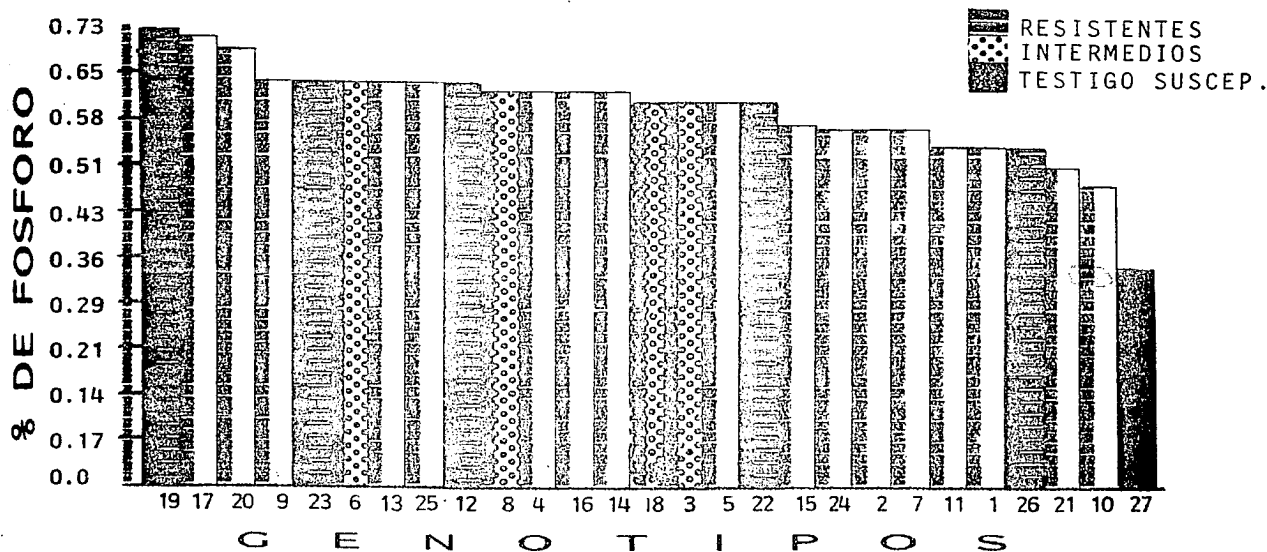
tenido de Zn y P., en los testigos también es opuesto y para los elementos Mn y Ca son altos para ambos, sin embargo, esta condición no se presenta para el resto de genotipos resistentes, los cuales presentan cierta tendencia a contener cantidades bajas de los aminoácidos y grasas, y contenidos altos de los elementos analizados. De este grupo no existe ningún material que contenga la misma cantidad de componentes químicos, bioquímicos o dureza como el testigo resistente. Los resultados en los testigos coinciden con lo reportado por Ramírez y Silver (1981) donde atribuyen mayor susceptibilidad del grano de maíz al barrenador cuando se presenta baja dureza y altos contenidos de Lisina y Triptófano.

Los genotipos que se repiten como intermedios para las dos pruebas (libre elección y confinamiento) son el B 16 B - (3) el cual presenta alto contenido de Proteína, y Lisina; - contenido medio de Triptófano y bajo contenido de Grasas, Mn, P, Ca y Zn. El porcentaje de dureza también es bajo. El genotipo B 16 B x B 17 (6) presentó alto contenido de Proteína, Mn, P, Ca y Zn; contenido bajo para Triptófano, Lisina y Grasas. El porcentaje de dureza es de valor medio. El genotipo HV-313 (8) presenta contenido medio de Proteína, Triptófano, Mn y P; contenidos bajos de Lisina, Grasas, Ca y Zn. El porcentaje de dureza es de valor medio. El último genotipo que

GRAFICA NO. 15 CONTENIDO DE MANGANESO EN LOS GRANOS DE MAIZ DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS PARA RESISTENCIA A P. truncatus.

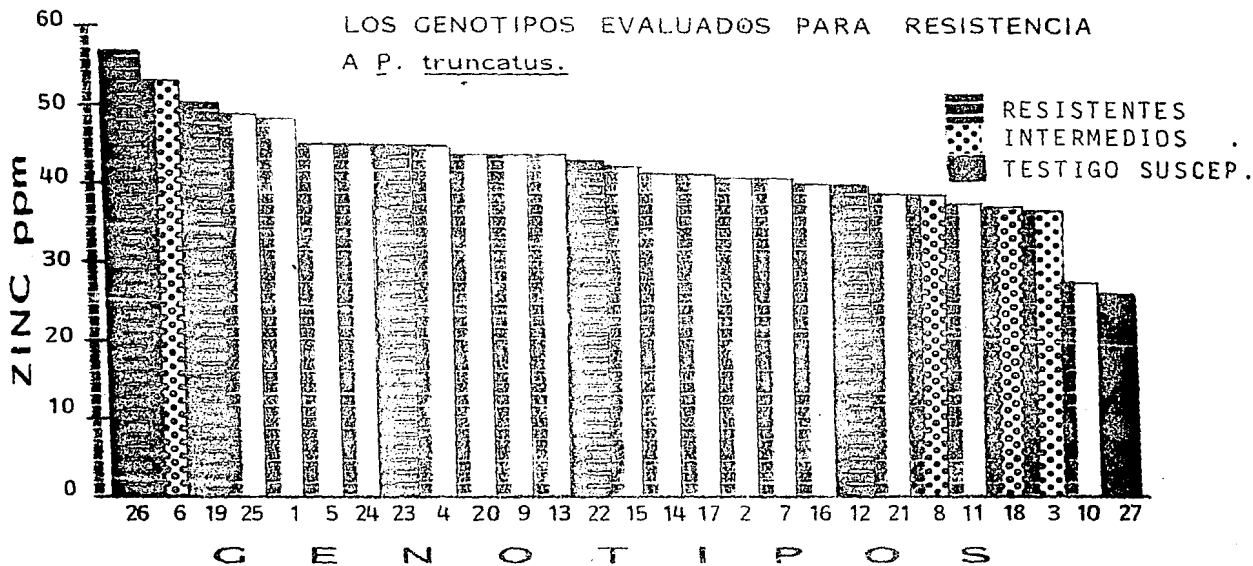


GRAFICA No. 16 CONTENIDO DE FOSFORO EN LOS GRANOS DE MAIZ DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS PARA RESISTENCIA A -- P. truncatus.

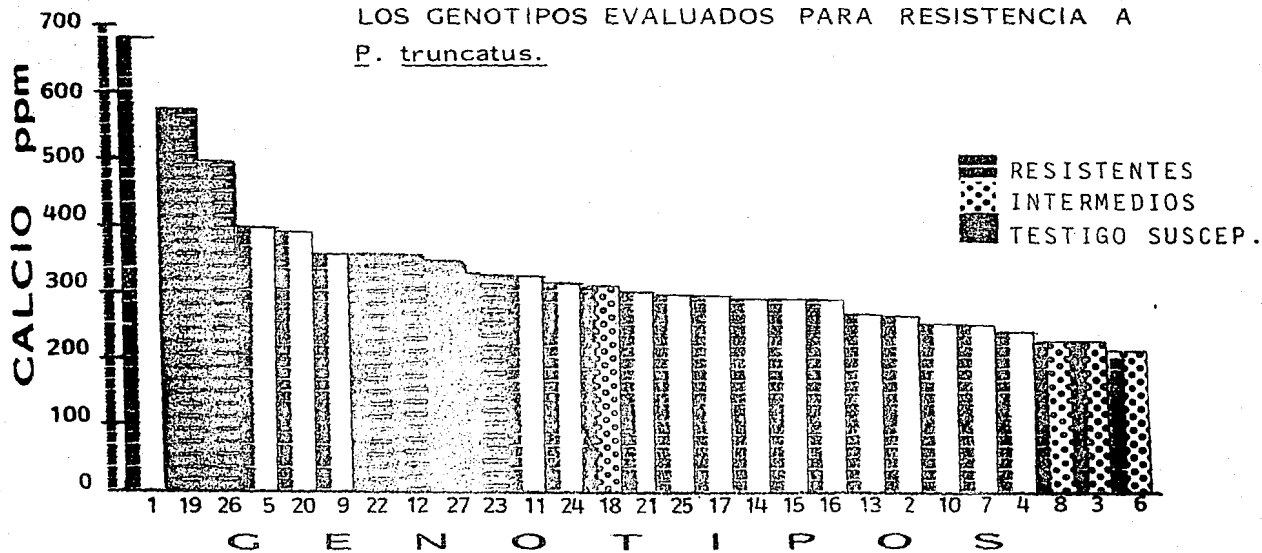




GRAFICA No. 17 CONTENIDO DE ZINC EN LOS GRANOS DE MAIZ DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS PARA RESISTENCIA A P. truncatus.



GRAFICA No. 18 CONTENIDO DE CALCIO EN LOS GRANOS DE MAIZ DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS PARA RESISTENCIA A P. truncatus.



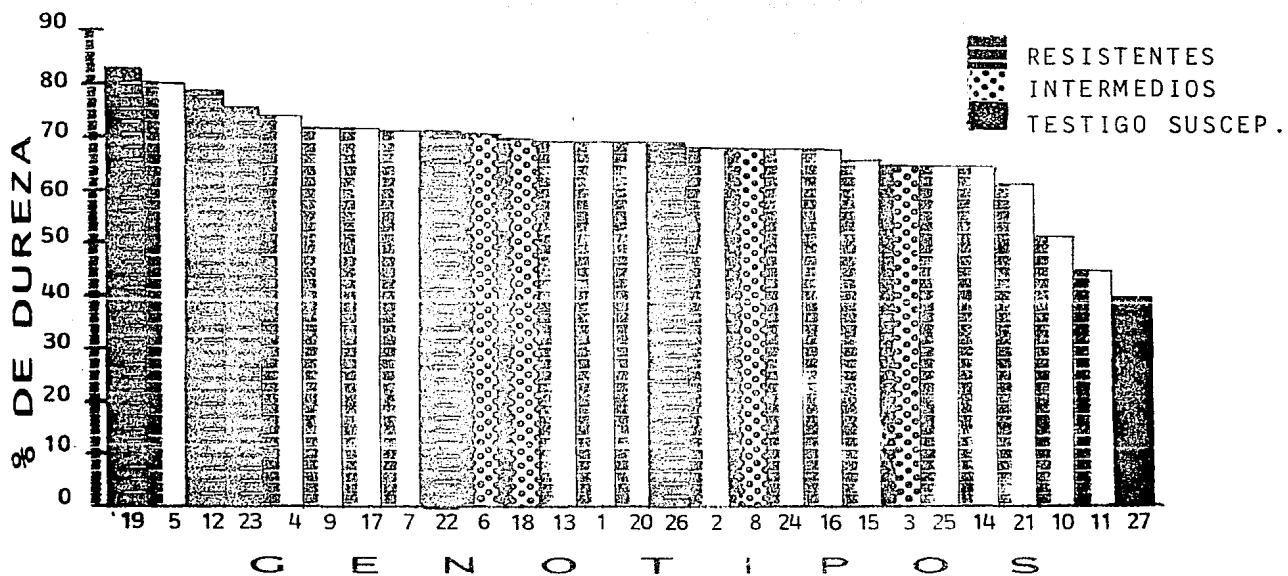
conforma este grupo corresponde al HV-313 (Comp. Cr.) (18) - el cual presentó contenido medio de Proteína y Ca; contenido bajo de Triptófano, Lisina, Grasas, Mn, P y Zn y su porciento de dureza corresponde a valor medio.

Los cuatro genotipos que conforman este grupo, tienen características químicas y bioquímicas heterogéneas con tendencia a contener cantidades bajas de los componentes del -- grano que fueron analizados. La excepción la presenta el - HV-313 que contiene altos valores de los cuatro elementos P, Zn, Ca y Mn.

El grupo de genotipos susceptibles que se repiten en ambas pruebas son: el genotipo Cr. Ibarilla (2) que contiene alta cantidad de Triptófano y Lisina; cantidades medias de - Mn y Zn y cantidades bajas de Proteínas, Grasas, P y Ca. En este genotipo la dureza es de valor medio.

Otro genotipo es el Cr. Huachacata (10) el cual presentó cantidades medias de Triptófano y Lisina y cantidades bajas de Proteínas, Grasas, Mn, P, Ca y Zn. La dureza en este genotipo es baja. El genotipo Cr. Ibarilla (Comp. Cr.) (16) presentó contenido alto de Grasas y contenido medio de P. - Para el resto de propiedades presentó contenidos bajos y porciento de dureza. En este grupo se incluye el testigo Cacahucintle.

GRAFICA No. 19 PORCIENTO DE DUREZA EN LOS GENOTIPOS EVALUADOS PARA RESISTENCIA A *P. truncatus*.



Se realizó un análisis de correlación entre los elementos del contenido químico, bioquímico y dureza del grano, -- así como de la variable insectos emergidos (de la prueba de libre elección); peso de harina, y población total de insectos (de la prueba de confinamiento). Los resultados se presentan en el Cuadro 14 y se observa que existe correlación positiva significativa entre el contenido de Triptófano e insectos emergidos y el peso de la harina; esto permite interrelacionar la cantidad de Triptófano en el grano, con el requerimiento nutricional por parte del insecto y así mismo la producción o no producción de harina. El contenido de Fósforo y Zinc están correlacionados negativamente y con valores altamente significativos para el peso de harina; estos elementos presentan una relación entre su contenido en el grano y los hábitos reproductivos de los insectos para una producción normal de huevecillos. Esta afirmación está establecida por Sang y King (1961) citados por House (1984).

El elemento Zinc presentó correlación negativa y significativa para la variable insectos emergidos y harina producida. Existen antecedentes de la relación entre el contenido del Zinc en el grano, con el desarrollo de los estados inmaduros del insecto. De acuerdo con House (1974) el Zinc actúa como elemento antibiótico ya que el contenido de éste y de Potasio, se relacionó con deficiencia en la formación de la queratina en *T. molitor*, plaga de productos almacenados.

CUADRO 14. ANALISIS DE CORRELACION Y SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA ENTRE EL CONTENIDO QUIMICO DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS Y LAS VARIABLES: INSECTOS EMERGIDOS, PESO DE HARINA Y POBLACION TOTAL DE INSECTOS.

	TRIPT.	FOSF.	CALCIO	ZINC	DUREZA	INSECT. EMERG.	PESO HARINA	POBLAC. TOTAL
TRIPT.	1	**	NS	NS	**	NS	*	NS
FOSF.	-0.547	1	NS	*	**	NS	**	NS
CALCIO	-0.101	-0.091	1	*	NS	NS	NS	*
ZINC	-0.21	0.442	0.407	1	**	*	**	NS
DUREZA	-0.601	0.755	0.222	0.64	1	NS	**	NS
INSECT. EMERG.	0.235	-0.083	-0.2	-0.483	-0.365	1	*	NS
PESO HARINA	0.405	-0.632	-0.253	-0.572	-0.604	0.391	1	**
POBLAC. TOTAL	0.163	-0.256	-0.396	-0.285	-0.226	0.353	0.789	1

n = 27

r al 1% = 0.487

r al 5% = 0.381

\* Significativo

\*\* Altamente Significativo

NS No Significativo.

El elemento Calcio presentó correlación negativa y significativa para la variable población total de insectos; Este elemento presenta relación sobre la fecundidad de algunos insectos (House, 1974) influyendo en la reproducción de los mismos. Existe la posibilidad de que sea un elemento -- que intervenga en la resistencia, aunque cabe aclarar que -- junto con los genotipos resistentes con los cuales estuvo -- presente en altas cantidades, se encontró también el testigo susceptible; los genotipos clasificados como intermedios y -- susceptibles se encontraron con bajas cantidades de Calcio. Quizás en este resultado haya influido la dureza de los granos la cual presentó correlación negativa y altamente significativa para la variable harina producida.

Los resultados aquí obtenidos están logrados de manera general lo cual imposibilita las aseveraciones y únicamente permite inferencias de la relación entre las propiedades químicas y físicas del grano con las respuestas de éstos ante el daño causado por el barrenador.

## V CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la prueba de libre elección, cinco de las siete variables evaluadas fueron altamente significativas presentando mayor consistencia las variables número de granos sanos y peso de harina, de igual forma, estas variables presentaron la mayor consistencia en el análisis de correlación, considerándolas como las variables más indicativas del mecanismo de preferencia.

Se presentó una marcada diferencia en la preferencia de los insectos por determinados genotipos para su alimentación y/o para su oviposición; lo anterior se observó mediante la mayor pérdida de peso de grano y con menor progenie emergida o en caso contrario al anterior, con menor pérdida de peso del grano y mayor progenie emergida.

De la agrupación realizada mediante la "sumatoria de medias de clase" los genotipos clasificados como resistentes en la prueba de libre elección, fueron aquellos que presentaron del 92 al 98% de granos sanos; como intermedios, a los que presentaron del 77 al 89% y como susceptibles aquellos genotipos que presentaron del 77 al 68%.

Del total de genotipos evaluados, mediante la prueba de libre elección se obtuvo el 40.7% de materiales resistentes.

Los genotipos de maíz presentaron una agrupación heterogénea en las variables utilizadas en la prueba de libre elección; la excepción la presentó la variable número de granos sanos.

En lo que respecta a los resultados obtenidos de la -- prueba de confinamiento se concluye que de las cinco variables evaluadas, cuatro fueron altamente significativas, siendo la variable peso de harina la de mayor consistencia y la de mayor valor en el coeficiente de correlación (-0.95).

En la agrupación realizada mediante la "sumatoria de medias de clase", los genotipos resistentes fueron aquellos - que presentaron del 11.6 al 35.2% de la cantidad de harina - total presentada por el testigo susceptible. Como genotipos intermedios, del 39.7 al 45.5% y como susceptibles a todo el resto de genotipos por presentar valores superiores al 45.5%.

La frecuencia de agrupación de genotipos en las variables de esta prueba, fué más homogénea que en la prueba de libre elección. En esta prueba se obtuvo el 25.9% de genotipos resistentes.



Mediante la prueba de confinamiento no es posible detectar preferencias del insecto en sus hábitos comportacionales o etológicos para la oviposición o alimentación de una manera tan directa como en la prueba de libre elección, sin embargo, la respuesta en la fisiología de los insectos se pudo inferir mediante la variable población total de insectos la cual permitió establecer diferencias entre los genotipos evaluados, pero estas diferencias probablemente se deben a factores que no fueron definidos estrictamente en esta investigación, ya que el contenido químico y bioquímico de los granos no permitieron establecer claramente el mecanismo de antibiosis, al no presentarse diferenciación entre los grupos resistentes, intermedios y susceptibles y los niveles del contenido químico y bioquímico de los granos.

La dureza del grano fué la propiedad o característica que permitió visualizar la tendencia de la resistencia del grano al barrenador; a mayor dureza, mayor resistencia.

Los genotipos que se repiten como resistentes en ambas pruebas (libre elección y confinamiento) fueron: el testigo VST-5-43-2; CGB-16 y PABG Crist., genotipos progenitores del programa de maíz en el CAEB; VS-205 y VS-208 genotipos liberados comercialmente por el CIANE.

Estos genotipos representan el 18.5% del total evaluado.

Los genotipos que se repiten como intermedios; B 16 B y (B 16 B x B 17), genotipos progenitores en el CAEB; el HV-313 liberado para condiciones de temporal por el CAEB y el HV-313 (Comp..Cr), actualmente en proceso de validación.

Los genotipos susceptibles en ambas pruebas fueron: Cr. Ibarrilla; Cr. Ibarrilla (Comp. Cr.); Cr. Huachacata y el -- testigo Cacahuacintle. Con excepción del testigo, todos son progenitores criollos del Banco de Germoplasma del CAEB.

Queda abierta la alternativa de búsqueda de fuentes de resistencia en genotipos de maíz, analizando otras propiedades de los granos y utilizando otras variables ya que las -- consideradas en esta investigación no fueron suficientes para definir los mecanismos de la resistencia en los genotipos de maíz al barrenador de los granos *Prostephanus truncatus* - (Horn.).

## LITERATURA CITADA

- Adem. E., y Bourges, H. 1981. Changes in the concentration of some components of corn grain infested with -- *Prostephanus truncatus* (Horn); *Sitophilus zeamais* Mots., or *Sitotroga cerealella* (Oliv). Arch. - Latinoam. Nut. 31(2):270-286.
- Angeles, A. H. 1981. Los avances sobresalientes en el cultivo del maíz, pilar de la alimentación nacional. Resúmenes de las ponencias del Simposio Nacional de la Investigación Agrícola. SARH-INIA. México, D. F.
- Beck, S. D. 1965. Resistance of plants to insects. Ann. Rev. Entomol. 10:210-212.
- Bell, R. J., y Watters, F. L. 1982. Environmental factors in fluencing the development and rate of increase of *Prostephanus truncatus* (Horn). (Coleoptera:Bostrichidae) on stored maize. J. stored Prod. Res. 18: 131-142.
- Betanzos, M. E. 1980. Selección de variedades de maíz de alta calidad proteica por resistencia al picudo del maíz *Sitophilus zeamais* (Mots). I. Correlaciones entre características del grano e indicadores de resistencia. Agri. Tec. Méx. 6(1) pp45-66.
- Betanzos, M. E. 1983. Selección y mejoramiento de variedades de maíz con alta calidad proteica por resistencia a insectos de granos almacenados. Memoria del Coloquio Internacional sobre conservación de semillas y granos almacenados. UNAM-Inst. Biología. - México. 366-387.
- Cotton, R. T. y Good, N. E. 1937. Annotated list of the insects and mites associated with stored grain and cereal products, and of their arthropod parasites and predators. U.S. Dept. Agr. Misc. Publ. 258. - 81p.

- Cotton, R. T. 1963. Pests of stored grain and grain insects. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minn. -- U.S.A. p33.
- Cowley, R. J.; Howard, D. C y Smith, R. H. 1980. The effect of grain stability on damage caused by *Prostephanus truncatus* (Horn) and three other beetle pests of - stored maize. J. stored Prod. Res. 16(2): 75-78.
- Erlich, P. R. y Raven, P. H. 1964. Butterflies and plants: a study in coevolution. Evolution. 18:586-608.
- Fisher, W. S. 1950. A revision of the North American species of beetles belonging to the family Bostrichidae. - U.S. Dept. Agric. Misc. Publ. 698. p23, 36-42.
- Golob, P. *et al.* 1983. Preliminary field trials to control *Prostephanus truncatus* (Horn) in Tanzania. Trop. Stored Prod. Information. 45:15-17.
- Harnisch, R., y Krall, S. 1984. Togo-further distribution - of the larger grain borer in Africa. FAO. Plant. - Protection Bull. 32(3):113-114.
- Hillerton, J. E., Robertson, B. y Vincent, F. V. J. 1984. - The presence of Zinc or Manganese as the predominant metal in the mandibles of adult, stored-product - beetles. J. Stored Prod. Res. Vol. 20. No. 3. pp. 133-137.
- Hodges, R. J. y Meik, J. 1984. Infestation of maize cobs by *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) aspects of biology and control. J. Stored Prod. Res. 20 (4):205-213.
- Horber, E. 1983. Principles problems, progress and potential in host resistance to stored grain insects. Third International Working Conference on Stored Products Entomology Abstracts. Kansas, State Univ. Manhatan, Kansas U.S.A. p 36-37.

- Horn, C. J. 1878. Revision of the Bostrichidae of the United States. Proceedings of the American Philosophical Society. 17:540-545.
- House, H. L. 1974. Nutrition. In: the physiology of insects. 2nd. Ed. Vol. V. Academic Press. N. Y. p. 1-52.
- Kogan, M., y Ortman, E. E. 1978. Antixenosis-a new term -- proposed to replace Painter's "Nonpreference" modality of resistance. ESA Bull. 24.
- Krall, S. 1984. A new threat to farm-level maize storage in West Africa: *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). Trop. Stored Prod. Inf. 50:26-31.
- Lesne, P. 1897. Revision des coleopteres de la famille des Bostrichides. Ann. Soc. Entomol. France. 66:342-343.
- Merino, M. E.           \*. Estudio de tres poblaciones del banco de germoplasma de maíz. Instructivo del laboratorio de Tecnología de Alimentos. pp. 1-2.
- Mitsui Eizo. 1968. Stored product pest and their control. - Training in storage and preservation of food grains. (APO Project TRC/IV/68). Asian Productivity Organization. 1970. pp. 204-206.
- Nelson, L. A., y Anderson, R. L. Partitioning of soil Test-crop Response Probability. In: Soil Testing: Correlation and Interpreting the Analitical Results. 1977. (reimp. 1984). American Soc. of Agronomy,. p. 19-38.
- Painter, R. H. 1958. Resistance of plants to insects. Ann. Rev. Entomol. 3:267-290.

\* Sin fecha de publicación.

- Pathak, M. D. y Saxena, R. C. 1976. Insects resistance in crop plants Sci. 8(9):1233-1252.
- Quintana, R. R.; Wilbur, S. A. y Young, W. R. 1960. Insectos del grano almacenado que infestan al maíz en el campo. Agr. Tec. Méx. 10:40-43.
- Ramírez, M. M. y Silver, B. J. 1981. Deterioration and damage produced in corn grains in México by *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). Biodegradation. 5:582-591.
- Rodríguez, R. R. 1976. Determinación del daño causado por plagas de almacén a variedades de maíz en Yucatán. Agríc. Tec. Méx. 3(12):442-446.
- \_\_\_\_\_. 1979. Resistance to three geographic population of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera:Curculionidae), in native cultivars of corn from the Yucatán Peninsula. PH. D. Dissertation. Kansas State University. Manhattan, Kansas.
- Schoonhoven, A. V., et al. 1972. Resistance in crop kernels to the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. -- Proceeding North Central Branch. E. S. A. 27:108 p.
- Schoonhoven, A. V., Horber, E. y Mills, B. R. 1976. Conditions modifying expression of resistance in maize kernels to the maize weevil. Environmental Entomology. 5(1):163.
- Schoonhoven, L. M. 1968. Chemosensory bases of host plant selection. Ann. Rev. Entomol. 13:115-118.
- Shires, S. W. y McCarthy. 1976. A character for sexing live adults of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Bostrichidae: Coleoptera). J. Stored Prod. Res. 12:273-275.
- Shires, S. W. 1977. Ability of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) to damage and breed on several stored food commodities. J. Stored. Prod. Res. 13(4):205-508.

- Shires, S. W. 1979. Influence of temperature and humidity on survival, development period and adult sex ratio in *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). J. Stored. Prod. Res. 15:5-10.
- Shires, S. W. 1980. Life history of *Prostephanus truncatus* - (Horn) (coleoptera:Bostrichidae) at optimum conditions of temperature and humidity. J. Stored. Prod. Res. 16:147-150.
- Sifuentes, A. J. A. 1978. Plagas de maíz en México, algunas consideraciones sobre su control. SARH-INIA, Folleto Misceláneo, 58.p.
- Silva, C. J. 1979. Determinación del daño causado por plagas de almacén que infestan desde el campo en diferentes variedades de maíz en el Istmo de Tehuantepec. Reporte de Actividades. Programa de Entomología. -- CAECECH-CIAPAS-INIA-SARH.
- Snedecor, W. G. y Cochran, E. G. 1977. Métodos estadísticos. 4a. Imp. Edit. CECSA. pp. 664-862.
- Staedler, E. 1977. Sensory aspects of insects plant interactions. Proc. Int. Congr. Entomol. 15:228-248.
- Subramanyam Bh., Cutkomp, L. K. y Darveaux, B. A. 1985. A new character for identifying larval instars of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 21(2):101-104.
- Torres, G. B. 1980. Resistencia de variedades de maíz de alta calidad protéica al picudo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motsch.), en condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. U.A.CH. Chapingo, 80 p.
- Villacís, S. J. E. 1971. Comportamiento de *Sitotroga cerealella* Oliv. (Lep.Gelechidae) y *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera:Curculionidae) en 10 tipos de maíz con características contrastantes. SAG-ENA-C.P. Tesis de Maestría en Ciencias. Chapingo. 51 p.

- Wayne, M. G. y Andrew, P. G. 1982. A perspective on systems analysis in crop production and insect pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 27:447.
- Wellhausen, E. J. 1960. El mejoramiento del maíz en México, Avances actuales y proyección hacia el futuro. -- Reimpreso de la revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 21(2):435-462.
- Wellhausen, E. J. 1966. The origin and breeding of maize. - *Indian Jour. Genet.* 26 A. pp. 45-59.
- Whittaker, R. H. 1970. The biochemical ecology of higher -- plants. In Sondheimer, E., and Simeone, J. B., - eds. *Chemical Ecology*. New York and London. Academic Press.
- Windstrom, N. W.; Redlinger, L. M. y Wiser, W. I. 1972. Evaluación de métodos para medir resistencia del maíz a *Sitophilus zeamais* Motsch. *J. of Econ. Entomol.* 65(3):790-792.
- Windstrom, N. W.; McMillan, W. W. y Wiseman, B. R. 1978. Improving effectiveness of measurements for seed resistance to maize weevil. *J. Econ. Entomol.* 71:901-903.
- Wright, V. G. 1986. An updated and annotated bibliography - of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae), a pest of stored grain. Food & Feed - Grain Institute. Manhattan, Kansas. Research Report. No. 24.



A P E N D I C E

ANEXO 1 . CLASIFICACION DE 27 GENOTIPOS MEDIANTE LA PRUEBA DE IGUALDAD DE MEDIAS Y POR EL METODO DE "SUMA DE CUADRADOS DE CLASE" PARA LAS VARIABLES SIGNIFICATIVAS DE LA PRUEBA DE LIBRE ELECCION.

GENEALOGIA	NO. DE GRANOS				PESO DE GRANO		PESO DE HARINA		INSECTOS EMERGIDOS	
	SANOS		DAÑADOS							
VS - 208	85	a	2	a	19.6	a	0.1	a	0.3	a
PABG CRISTALINO	77	a	4	a	19.5	a	0.3	a	4	a
CR. MAIZ NEGRO	74	a	5	b	19.4	a	0.3	a	46	c
B 32 x B 33	68	a	6	b	18.9	c	0.6	c	21	b
LUCIO BLANCO	65	a	5	a	19.3	a	0.3	a	15	a
B 17	63	a	8	c	18.7	c	0.7	c	13	a
VS - 207	63	a	3	a	19.4	a	0.2	a	11	a
B 16 B	61	a	11	c	18.5	c	0.8	c	26	b
VS. - 205	61	a	4	a	19.4	a	0.3	a	2	a
H-220 (COMP.CR.)	61	a	3	a	19.5	a	0.2	a	26	b
CGB - 16	60	a	5	a	19.2	b	0.4	b	9	a
IG-STD-82	54	b	20	c	17.9	c	1.5	c	2	a
HV - 313	53	b	6	b	19.3	a	0.3	a	64	c
HV-313 (COMP. CR.)	53	b	5	a	19.3	a	0.5	b	43	c
VS - 206	52	b	3	a	19.4	a	0.3	b	8	a
GTO. 285 (COMP. CR.)	50	b	5	b	19.1	b	0.6	c	39	b
COT-TTX-82	49	b	29	c	17.7	c	1.7	c	36	b
B 16 B x B 17	48	b	7	b	19.0	b	0.5	b	18	a
VST-5-43-2 (TESTIGO)	47	b	3	a	19.6	a	0.1	a	16	a
V - 385	46	b	6	b	19.0	b	0.5	b	40	b
CR. IBARRILLA (COMP.CR.)	46	b	6	b	19.1	b	0.6	c	65	c
CR. JUVENTINO ROSAS (COMP.CR.)	43	c	5	b	19.1	b	0.4	b	31	b
GTO. 309 (COMP.CR.)	43	c	7	b	19.3	a	0.4	b	22	b
CR. IBARRILLA	42	c	6	b	19.0	b	0.6	c	63	c
CR. HUACHACATA	37	c	7	b	18.8	c	0.8	c	55	c
H - 311	35	c	5	a	19.1	b	0.5	b	30	b
CACAHUACINTLE (TESTIGO)	30	c	14	c	17.2	c	2.4	c	35	b

ERROR STANDAR  
COEF. VARIAC.

1.04  
9.96

0.64  
47.78

0.08  
2.42

0.05  
47.76

4.14  
78.56

a = RESISTENTES

b = INTERMEDIAS

c = SUSCEPTIBLES

ANEXO 2 . CLASIFICACION DE 27 GENOTIPOS MEDIANTE LA PRUEBA DE IGUALDAD DE MEDIAS Y POR EL METODO DE "SUMA DE CUADRADOS DE CLASE" PARA LAS VARIABLES DE PRUEBA DE CONFINAMIENTO:

GENEALOGIA	PESO DE HARINA	PESO DE GRANO	POBLACION TOTAL	INSECTOS VIVOS	INSECTOS MUERTOS
VST-5-43-2 (TESTIGO)	22.9 a	273.0 a	260 a	252 a	8 a
VS - 205	58.6 a	214.6 a	859.6 a	840.3 a	19.3 a
VS - 208	61.7 a	209.6 a	752.6 a	683.6 a	69 b
CR. MAIZ NEGRO	62.0 a	211.1 a	848.3 a	831.6 a	16.6 a
PABG CRISTALINA	62.8 a	219.2 a	1055 b	985.3 b	69.6 b
CGB - 16	63.5 a	176.4 c	490.3 a	434.3 a	56.0 a
COT-TTC-82	64 a	217.5 a	715.6 a	649.3 a	66.3 b
B 32 x B 33	69 a	208.7 a	1249.3 b	1145.3 b	137.3 c
IG-STD-82	69.6 a	213.9 a	760 a	641.0 a	119.0 c
VS - 207	75.9 b	201.2 a	1215 b	1151.3 b	63.6 b
GTO. 309 (COMP. CR.)	77.3 b	200.4 a	1215.6 b	1161.3 b	54.3 a
H - 311	78.6 b	186.9 b	1183 b	1130.6 b	52.3 a
HV - 313 (COMP. CR.)	79.9 b	189.2 b	997.3 b	915.6 b	81.6 b
HV-313	81.9 b	191.3 b	1159.3 b	1085.6 b	73.6 b
VS-206	86.1 b	195 b	1124.3 b	1101.3 b	23.0 a
B 16 B	88.8 b	197.9 b	1140.3 b	1059.6 b	80.6 b
LUCIO BLANCO	90.0 b	183.0 b	1332 c	1295.3 c	36.6 a
CR. IBARRILLA (COMP. CR.)	94.2 c	182.1 b	1329.6 c	1225 c	104.6 c
B 16 B x B 17	94.5 c	178.1 c	1363.6 c	1259 c	104.6 c
CR. JUVENTINO ROSAS (COMP. CR.)	98.6 c	177.4 c	1292.3 b	1137.6 b	154.6 c
GTO. 285 (COMP. CR.)	99.4 c	169.3 c	1408.3 c	1358.3 c	83.3 b
H-220 (COMP. CR.)	101.3 c	172.5 c	1523.6 c	1494 c	63.0 b
B 17	105.6 c	152.7 c	1790.3 c	1716.6 c	73.6 b
V - 385	105.8 c	164.0 c	1349 c	1223.6 c	125.3 c
CR. IBARRILLA	114.9 c	152.1 c	1677.3 c	1530.6 c	146.6 c
CR. HUACHACATA	124.5 c	146.8 c	1266.6 b	1201.6 c	66.6 b
CACAHUACINTLE (TESTIGO)	197.5 c	59.9 c	1718.6 c	1543.0 c	209 c
ERROR STANDAR	4.40	5.75	67.35	64.76	10.72
COEF. VARIACION	26.50	16.00	30.40	31.27	69.71

a = RESISTENTES

b = INTERMEDIOS

c = SUSCEPTIBLES

**ANEXO 3. CONTENIDO QUIMICO, BIOQUIMICO Y DUREZA DE LOS GENOTIPOS CLASIFICADOS COMO RESISTENTES, INTERMEDIOS Y SUSCEPTIBLES A *P. truncatus*.**

NO. DE ENOTIPO	% PROT.	TRIPTOFANO	LISINA	GRASA B.S.	DUREZA	MANGANESO ppm	FOSFORO %	CALCIO ppm	ZINC	
19 R	11.6 A	0.63 B	2.5 B	5.5 M	82.5 A	7.6 A	0.73 A	573 A	50.4 A	
22 R	8.5 B	0.73 M	3.2 M	6.2 M	71.0 A	5.8 B	0.61 B	354 A	42.6 A	
23 R	11.5 A	0.64 B	2.4 B	6.3 M	75.5 A	8.2 A	0.65 A	330 M	44.4 A	
26 R	10.6 M	0.79 M	2.7 M	5.3 B	68.5 M	6.4 B	0.54 B	496 A	56.8 A	
12 R	11.5 A	0.69 B	2.7 M	5.8 B	78.5 A	7.8 A	0.64 M	349 A	39.6 B	
3 I	11.5 A	0.72 M	3.3 A	3.3 B	64.5 B	6.2 A	0.61 B	220 B	36.2 B	
6 I	11.5 A	0.63 M	2.5 B	3.9 B	70.0 M	8.2 A	0.65 A	199 B	53.2 A	
8 I	11.0 M	0.71 M	2.6 B	4.9 B	67.5 M	7.0 M	0.63 A	223 B	38.2 B	
18 I	10.6 M	0.63 B	2.5 B	4.5 B	69.5 M	6.4 B	0.61 B	306 M	36.8 B	
2 S	10.4 B	0.83 A	3.3 A	3.4 B	64.5 B	6.6 M	0.57 B	259 B	40.6 M	
10 S	8.0 B	0.79 A	3.1 A	5.7 B	50.5 B	5.2 B	0.48 B	247 B	27.0 B	
16 S	10.2 B	0.67 B	2.6 B	8.2 A	67.0 M	6.4 B	0.63 M	288 B	39.6 B	
27 S	8.8 B	0.86 A	3.2 A	8.8 A	39.5 B	8.2 A	0.35 B	346 A	25.6 B	
<hr/>										
1 *	8.7 B	0.80 A	3.7 A	3.3 B	68.5 M	7.0 M	0.54 B	688.5 A	48.2 A	
4 *	11.5 A	0.85 A	3.7 A	5.3 B	74.0 A	6.4 B	0.63 M	238.5 B	44.2 A	
5 *	10.6 M	0.65 B	3.0 M	3.0 B	80.0 A	6.0 B	0.61 B	396.0 A	45.0 A	
7 *	9.1 B	0.77 M	3.2 M	4.8 B	71.0 A	5.8 B	0.57 B	247.5 B	40.4 M	
9 *	10.6 M	0.58 B	2.7 M	5.4 B	72.0 A	6.4 B	0.65 A	354.0 A	43.4 A	
11 *	8.9 B	0.87 A	4.1 A	7.2 A	44.5 B	5.2 B	0.54 B	322.5 M	37.2 B	
13 *	11.0 M	0.62 B	2.7 M	7.4 A	68.5 M	6.2 B	0.65 A	264.0 B	43.4 A	
14 *	10.4 A	0.65 B	2.8 M	6.3 M	63.5 B	5.6 B	0.63 A	289.5 B	41.2 M	
15 *	9.1 B	0.65 B	2.5 B	6.1 M	65.5 B	6.4 B	0.58 B	289.5 B	41.8 M	
17 *	10.2 B	0.73 M	2.5 B	5.6 B	72.0 A	7.6 B	0.72 A	291.0 B	41.2 M	
20 *	11.7 A	0.71 M	3.2 A	6.0 M	68.5 M	6.4 B	0.70 A	387.0 A	43.6 A	
21 *	8.9 B	0.74 M	3.3 A	7.6 A	60.5 B	5.4 B	0.51 B	300.0 M	38.8 B	
24 *	11.5 A	0.78 M	3.4 A	6.1 M	67.0 M	7.0 M	0.57 B	313.5 M	44.8 A	
25 *	11.6 A	0.66 B	2.7 M	5.5 B	64.5 B	8.8 A	0.64 M	295.5 M	48.8 A	

R = RESISTENTE

I = INTERMEDIOS

S = SUSCEPTIBLES

\* SIN CLASIFICACION DE RESISTENCIA.

A = ALTO  
M = MEDIANO  
B = BAJO