

20/175

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

"RESISTENCIA DE 10 VARIEDADES DE MAÍZ, AL ATAQUE DE
Prostephanus truncatus"(Horn), (COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE)".

T E S I S

Que Para Obtener el Título de:

B I L O G O
P R E S E N T A.

IRMA SILVA BOHORQUEZ.

México, D. F.

1981.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

CONTENIDO

I. INTRODUCCION.	Pag. 1
<u>Prostephanus truncatus</u> (Horn).	" 4
Distribución Geográfica.	" 5
Resistencia y Componentes de la Resistencia.	" 6
Preferencia y No Preferencia	" 7
II. MATERIAL Y METODOS	" 9
Colonia de <u>Prostephanus truncatus</u> (Horn).	" 10
Pruebas Realizadas en el Laboratorio	" 12
Métodos usados para la Estimación de los parámetros	" 17
III. RESULTADOS Y DISCUSION.	" 28
IV. CONCLUSIONES.	" 43
V. LITERATURA CONSULTADA	" 45
VI. APENDICE	" 47

INTRODUCCION

En países como México, donde el maíz es uno de los productos básicos alimenticios de gran importancia económica y social, se ha citado que en ciertas zonas los insectos destruyesn del 25 % al 30 % de las cosechas almacenadas, causando graves pérdidas y afectando de este modo la producción agrícola regional y nacional. Si para 1980 se programó cosechar 11 millones de toneladas de maíz y si aceptamos que el promedio de daño por mala conservación fuese del 20 %, se tendría que 2.2 millones de toneladas fueron dañadas. A un daño del 20 % le corresponde una merma total de aproximadamente 3 % del grano, lo que arroja una cifra de 330 000 toneladas que se pierden totalmente y que al precio actual de garantía del maíz \$ 4,450.00 (1980) significan 1 468 500 000 pesos; sin embargo, para consumo humano debería considerarse como pérdidas las 2.2 millones de toneladas, ya que ese grano dañado ha perdido en lo fundamental sus propiedades nutritivas, además del peligro que significa para la salud el consumir granos atacados por hongos o por insectos (Guarino, 1980).

Para la protección de las cosechas contra el ataque de los insectos, el hombre utiliza una gran diversidad de métodos; en la actualidad destacan los siguientes: uso de insecticidas y fumigantes, técnicas de esterilización de insectos por medio de productos químicos o fuentes radioactivas, utilización de enemigos naturales (parásitos y depredadores), etc., y en el caso de granos almacenados la medida más común es el uso de insecticidas y fumigantes aunque no siempre la más efectiva. Por este motivo, actualmente se están experimentando nuevos y más eficientes métodos de combate. En semillas y granos almacenados, la búsqueda de variedades de

semillas resistentes al ataque de insectos de almacén es uno de ellos. Este último método consiste en estudiar y encontrar por medio de diversas pruebas, variedades resistentes que limitan el daño que pueden ocasionar los insectos, lo cual permite reducir las pérdidas en la producción, éste método presenta algunas ventajas, pues resulta ser económico y evita la contaminación del medio ambiente causada por otros métodos.

Dentro de esta última línea de investigación se elaboró un proyecto de tesis orientado hacia la búsqueda de alguna propiedad intrínseca o extrínseca de diez variedades de maíz que interactúen directa o indirectamente restringiendo en alguna forma el ataque del barrenador de los granos Prostephanus truncatus (Horn), que es una de las más importantes plagas del maíz en México.

Considerando dos de los elementos primordiales en el desarrollo de esta tesis se presentan aquellos datos que ayudan a tener el mayor conocimiento posible del barrenador de los granos, P. truncatus que permitan despues analizar algunos de los resultados, y por otra parte se exponen algunos conceptos sobre resistencia para poder interpretar la posible susceptibilidad de las variedades incluidas en la tesis. La información sobre ambos aspectos, se expone a continuación:

Prostephanus truncatus (Hom), es un coleóptero de la familia de los bostríquidos; esta familia es una de las más pequeñas en cuanto al número de especies pues apenas comprende a 400 que se hallan ampliamente distribuídas en el mundo. Los géneros más importantes son Amphicerus Le Conte, Bostrichus Geoffroy, Dinapate Hom, Dinoderus Stephens, Polycanon Laporte, Psoa Herbst, Rhizophhertha Stephens, Scobicia Lesne, Prostephanus Lesne y Stephanopachys Waterhouse. Entre las especies de talla pequeña está una del Viejo Mundo Rhizophhertha dominica Fab., de 3 a 4 mm de longitud, mientras que una de las especies más grandes conocidas es el barrenador de la palma de California, Dinapate wrighti, el cual alcanza una longitud de 30 a 55 mm y un diámetro de 14 a 20 mm.

Las especies más importantes que atacan a los granos almacenados son Prostephanus truncatus (Hom) y Rhizophhertha dominica Fab.; estas especies son de gran importancia en la economía agrícola debido al enorme daño que causan (Essig, 1942).

La familia Bostrichidae presenta las características siguientes: Pronoto en forma de cofia, liso, rugoso o con tubérculos; patas cortas; coxas anteriores más largas que las

contiguas; con espolones presentes en las tibias; tarsos de cinco artejos, el primero muy pequeño y casi invisible, el segundo y quinto largos. Elitros lisos o con ornamentaciones, el margen posterior puede estar en declive y dentado. Abdomen con cinco esternitos visibles, el primero mucho más largo que el resto. Larva escarabiforme, curvada, con cabeza pequeña; tórax notablemente desarrollado y oculto; antena con cuatro artejos, el primero más largo; patas bien desarrolladas. Las larvas de numerosas especies de estos pequeños escarabajos se alimentan principalmente de madera muerta y pueden dañar muebles y materiales de construcción.

Género Prostephanus Lesne, 1897.

Cuerpo alargado, cilíndrico, la frente claramente distinguible por adelante y por atrás, más delgada que el epistoma; funículo antenal delgado, ornamentado con largas sedas en el borde interno, el cuarto artejo delgado y alargado; el último artejo antenal en forma de maza, tan grande como cada uno de los dos anteriores. El protórax en forma ojival dirigido hacia adelante, los dientes de la raspa localizados en la región anterior terminados en punta. El declive posterior de los élitros bastante pronunciado, presentando carinas con tubérculos; el último segmento ventral del abdomen, visible, redondeado o truncado en el borde posterior. Este género es típico del Nuevo Continente.

Prostephanus truncatus (Horn, 1878).

Es conocido como el "barrenador de los granos", es un insecto que principalmente ataca maíz, aunque se le ha encontrado en otros productos, pero sin desarrollarse con

éxito (Shires, 1977).

Originalmente fue descrito por Hom en 1878 como Dinoderus truncatus, pero Lesne en 1897, diecinueve años más tarde, haciendo una revisión de la familia, ubica a la especie dentro del género Prostephanus. Las características taxonómicas de Prostephanus truncatus son las siguientes: Antenas alargadas, epistoma muy escotado, de forma circular, provisto de dos pequeños dientes cerca del centro del borde interno; el protórax muestra lateralmente un arreglo de finos dentículos que representan la sutura lateral; el arreglo marginal de la raspa presenta los cuatro dientes medianos más sobresalientes; el área posterior del protórax esta cubierta de pequeños gránulos, densos, un poco alargados en la región medio-basilar; el protórax con un surco mediano poco notable; escuda pequeño, subcuadrado, un poco alargado; élitros fuertemente punteados por debajo y sobre los costados, la puntuación esta longitudinalmente seriada, salvo en la región escutelar y cerca de los bordes laterales; el declive posterior rugosamente punteado, presentando en la parte inferior una carina marginal, semicircular; la sutura de los élitros es ligeramente protuberante sobre el declive. Los élitros vistos de perfil muestran sobre su mitad anterior cerdas erguidas dirigidas hacia atrás y sobre la mitad posterior.

Distribución geográfica.

Los informes publicados sobre su distribución, indican que es una especie de América Central, encontrándose en México (Genel, 1960, 1966), Guatemala (Zacher, 1926; Lesne, 1939), Nicaragua (Giles, 1975; Lesne, 1939) y Costa Rica (Lesne 1939).

En Estados Unidos ha sido encontrado en el norte de California (Hom, 1878; Okomura

y Strong 1965), Texas y el Distrito de Columbia (USDA, 1965), aunque Cotton en 1956 sugirió que no es originario de estas áreas. En América del Sur está solamente registrado en Brasil (Cotton y Good, 1937).

Fuera del Continente Americano, ha sido observado atacando maíz en China y encontrado en productos de origen chino en una exposición en París (Lesne, 1898). Especímenes de Prostephanus truncatus han sido encontrados en productos de diversos lugares de E. U. A. (Riley, 1894; Fisher, 1950), Francia (Lesne, 1898), Irak (Al-Sousi et al, 1970) e Israel (Calderón y Donnahaye, 1962, 1964). Sin embargo, aún no hay evidencia de que esta plaga se haya estabilizado en ninguno de esos países.

Resistencia y Componentes de la Resistencia.

La resistencia es un fenómeno de interrelación entre la planta y el insecto, y se ha definido como el conjunto de características hereditarias de una planta que tienen influencia en el grado de daño que pueda causarle un determinado insecto.

Prácticamente representa la capacidad de una variedad para producir cosechas más abundantes y de mejor calidad que las variedades ordinarias, a un mismo nivel de población de insectos (Painter, 1951).

Las plantas o animales que reciben menos daño o son menos atacadas por una plaga que otras, bajo condiciones ambientales similares se llaman resistentes. El término "Resistencia" se emplea para los estudios iniciales o en el invemadero cuando no se conocen los componentes implicados. La mayoría de tales casos de resistencia están

formados por varios niveles de uno o más componentes: preferencia o no preferencia, antibiosis y tolerancia (Painter, 1951).

La preferencia y la no preferencia se refieren a un grupo de características del huésped y respuestas del insecto que lo inducen a elegir o rechazar a un huésped en particular, variedad o raza, para la oviposición, alimentación, refugio, o una combinación de estas tres últimas conductas.

La antibiosis es la tendencia a prevenir, reducir o destruir la vida, en este caso la de los insectos. Los efectos que se producen en estos pueden ser los siguientes: reducción de la fecundidad, reducción de tamaño, longitud anormal del ciclo de vida e incremento de la mortalidad, esto último se produce en los estadíos que preceden al estado adulto.

La tolerancia es la habilidad de la planta para reparar el daño, crecer y reproducirse, a pesar de soportar una población de insectos aproximadamente igual a la que dañan otras variedades susceptibles.

Cada uno de estos componentes está controlado por uno o más factores genéticos. Por tanto, a menudo pueden obtenerse niveles más altos o más estables de resistencia combinando componentes de resistencia de varias procedencias u orígenes, o combinando los factores genéticos de cada uno de los tres componentes (Painter, 1951).

Preferencia y no preferencia.

Se entiende por estos términos, las características de la planta y las respuestas

del insecto, que dan como resultado un acercamiento o alejamiento hacia una determinada variedad para utilizarla como alimento, protección u ovoposición.

Existen diversos tipos de no preferencia: el primero es cuando el huésped predilecto esta presente y el insecto no se alimenta de los demás huéspedes o bien cuando el huésped predilecto no se encuentra, entonces el insecto puede alimentarse de cualquiera de los huéspedes; segundo, en el que la presencia del insecto en la planta resistente se alimenta de ésta produciéndole efectos desfavorables cuando no está presente el huésped predilecto; tercero, en que la no preferencia podría ser tan fuerte que el insecto llegará a morir de hambre. Aunque este se alimentará de la planta no predilecta, no produciría ningún efecto desfavorable hacia el insecto, por lo tanto, es muy difícil separar la no preferencia extrema, de la antibiosis, es decir que resulta muy complejo determinar si los insectos mueren de hambre en presencia de un alimento adecuado o bien es debido a un envenenamiento por el alimento, aún en cantidades mínimas.

Las hembras de algunos insectos se rehusan a depositar sus huevecillos en un huésped no predilecto pero siempre cerca del predilecto o preferido, debido a que la progenie, en un momento dado, le será fácil alcanzar al huésped predilecto.

MATERIAL Y METODOS

Para esta investigación se usaron 10 variedades de maíz de cuatro diferentes localidades del país: el Bajío; Juchitán, Oaxaca; Iguala, Guerrero; Cotaxtla, Veracruz.

GENEALOGIA

ORIGEN

*V - 1.- (V _s -201 X (Bol. Comp. 1xCo) 22 RCI	Bajío-76 R lote 40 P.L.
V - 2.- Sintético Bajío General 02	Bajío-78 R lote Recib.
V - 3.- Zapalote chico (normal)	Juchitán - 78 B.
V - 4.- Blanco cristalino (normal)	Iguala - 78 BT. P. L.
V - 5.- H-590 (normal)	Cotaxtla - 79
V - 6.- VS - 523 A (normal)	Cotaxtla - 79
V - 7.- Criollo hoja morada (normal)	Cotaxtla - 79
V - 8.- H-309	Bajío - 79, 18-X-79
V - 9.- H-369	Bajío - 79, 18-X-79
V - 10.- H-133	Bajío - 79, 18-X-79

* La V-1 en algunos casos se citó en el texto como 22RC₁ por presentar un nombre muy largo.

Las variedades utilizadas en el experimento fueron facilitadas por el Dr. Esteban Betanzos Mendoza, Coordinador del Programa de Maíces de Alta Calidad de Proteína en Maíz y Sorgo del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, S. A. R. H., al cual agradecemos su colaboración.

El trabajo experimental se realizó en el Laboratorio de Entomología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México en Ciudad Universitaria.

Una vez obtenidas las muestras de maíz se procedió a la limpieza y desinfección de las mismas, se revisaron y escogieron cuidadosamente las semillas quitando las que tuvieran agujeros, manchas producidas por hongos o bacterias, granos rotos y cualquier otro daño visible; enseguida se lavaron con agua y jabón de pastilla para eliminar residuos de algún insecticida o fungicida y se secó el grano al sol (Foto 1). Una vez terminada la limpieza y el secado, se colocaron en un congelador a una temperatura de $- 5^{\circ} \text{C}$ durante 15 días, con el objeto de desinfestar al grano de cualquier posible insecto que trajera en el interior. Al término de este periodo se procedió a ajustar el contenido de humedad de los granos a la requerida para la experimentación, es decir entre 11 % y 12 % de humedad. Para ello se calculó primero la humedad real de los granos por medio del aparato Steinlite (paso de una corriente eléctrica a través del grano, que de acuerdo a su intemperancia indica el contenido de agua en el grano) y después se comprobó por el método de la estufa que consiste en extraer la humedad presente en las semillas mediante la aplicación de una corriente de aire caliente bajo condiciones controladas, lo cual permite cuantificar, en relación a la diferencia de peso, la cantidad de agua presente en una semilla.

Una vez conocida la humedad del grano, en el proceso de ajuste del contenido de humedad deseado, se debe saber la cantidad de agua que hay que agregar a la muestra si la humedad es menor a la deseada y para ello se aplica la fórmula siguiente:

$$\frac{100 - \% \text{ humedad real}}{100 - \% \text{ humedad deseada}} \times (\text{Peso del maíz}) - (\text{Peso del maíz}) = \text{Peso del agua requerida.}$$

En el caso de que la muestra esté más húmeda de lo deseado se procede a secar el grano asoleándolo, determinando nuevamente el grado de humedad por los métodos antes expuestos hasta obtener el porcentaje de humedad requerido en el grano. En este caso se ajustó a 11.5 % de humedad.

Colonia de Prostephanus truncatus (Horn).

Para el inicio de la presente investigación se tuvo que establecer una colonia de Prostephanus truncatus para disponer de una población suficientemente grande de insectos y de edad conocida para las infestaciones que deberían hacerse en las diferentes pruebas.

Para realizar los cultivos masivos se uso maíz de tipo "cacahuazintle" el cual por ser muy blando y harinoso parece ser de gran aceptación por los insectos. Se colocaron 380 g. de este maíz en cinco frascos de boca ancha de 3 800 ml. introduciendo 300 insectos adultos sin sexar en cada frasco. Se dejaron los insectos durante una semana para que ovipositaran y después de ese lapso se extrajeron. Los cultivos se mantuvieron en una cámara de cría * y los insectos que emergieron se usaron para los diferentes experimentos, procurando que la población de estos bostríquidos tuvieran de una a dos semanas de edad.

* La cámara de cría consiste en un cuarto cerrado de 2 X 2 X 3 metros con varios estantes para colocar los frascos con cultivos; está provista de un calentador con termostato y una fuente de humedad que permite mantener una temperatura de $27^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ y una humedad relativa de $70 \pm 5 \%$ (Foto 2).

Los frascos utilizados en la fase experimental fueron de 60 ml. y para el experimento con rayos X, de 500 ml.; todos con una tapa metálica de rosca y con una malla fina de cobre en la parte central; debajo de la malla se colocó un papel filtro Whatmann del No. 1 y en la pared interna de la boca del frasco se aplicó una película de Fluón GP-1 *; todo esto para permitir la ventilación e interacción ambiental de los cultivos con el medio exterior y al mismo tiempo evitar la entrada de ácaros a los cultivos, así como la posible salida de los insectos.

Pruebas Realizadas en el Laboratorio.

Para determinar la preferencia de los insectos hacia las diferentes variedades de maíz y calcular la resistencia y/o susceptibilidad de éstas al ataque de los insectos, se llevaron a cabo tres pruebas: a) Libre elección; b) No elección; c) Detección de infestación interna en los granos por medio de rayos X.

a) Prueba de Libre Elección.

En esta prueba los insectos fueron dejados "libremente" para que ellos eligieran entre las diferentes variedades de maíz. La preferencia de los insectos hacia cada variedad se midió contando el número de insectos encontrados en cada tipo de maíz después de cierto tiempo, así como el número de insectos emergidos en cada variedad, es decir la F_1 .

* Fluón = Polytetrafluorethylene (ICI, LTD).



Foto 1. Secado del grano al sol, después de la limpieza y desinfestación



Foto 2. Anaquel del cuarto de cría, donde se realizó el experimento, se observan los frascos de L.E y N.E con sus tres repeticiones.

Para esta prueba se diseñó un modelo de experimentación que permitiera a los insectos moverse libremente para la elección de las variedades y así ellos elegir el tipo de maíz de su preferencia. Se utilizó una pastelera de plástico, consistente en una charola de 30 cm. de diámetro y una tapadera alta de plástico transparente, con algunas perforaciones en la parte superior para el intercambio de aire del ambiente. Dentro de la pastelera se colocaron círculos de papel filtro Whatmann del No. 1 de 11 cm. de diámetro, conteniendo 30 granos enteros y no dañados de cada variedad, que previamente fueron pesados en una báscula analítica; los círculos se marcaron con la variedad de maíz que contenían, y se dispusieron en forma periférica dentro de la pastelera. (Foto 3).

Una vez listas las pasteleras con los granos, se introdujeron los insectos en el centro de la charola dejándolos que se dispersaran libremente entre los granos, y se llevaron a la cámara de cría. Las pasteleras se cubrieron con una franela negra para producir una completa obscuridad en el ambiente y así la luz no influyera en la distribución de los insectos hacia una determinada dirección. Se utilizaron 40 insectos, 20 hembras y 20 machos por pastelera, cada una de las cuales contenía cinco variedades diferentes de maíz; el número de insectos se determinó tomando en cuenta el peso de los granos de cada una de las variedades, obteniéndose de esta forma la población que soportaba dicho experimento *. Se realizaron tres repeticiones por cada variedad y un testigo, el cual se puso sin insectos en las mismas condiciones experimentales.

* Por cada 380 g. de peso, se utilizan 300 insectos de Prostephanus truncatus (Horn).
U. S. D. A., 1969.

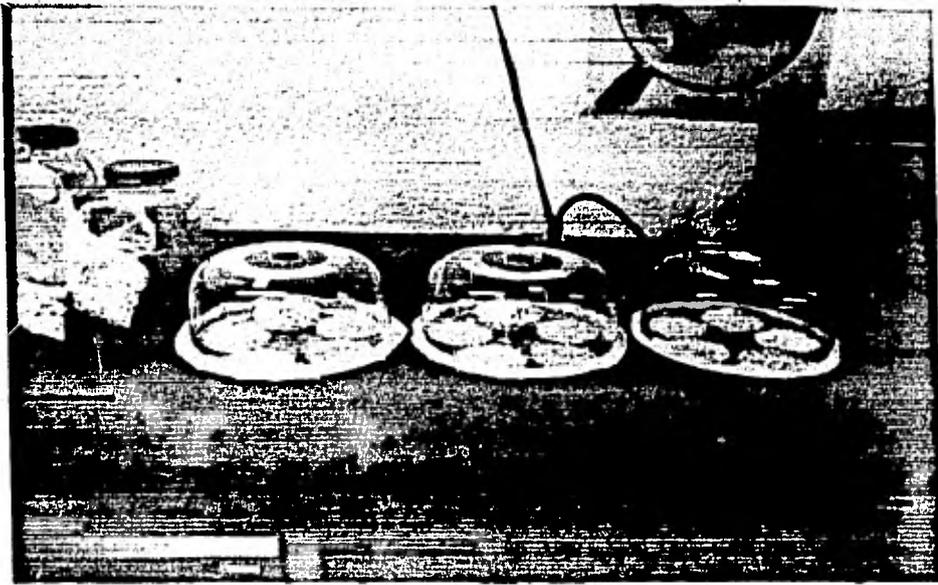


Foto 3. Paneras utilizadas para la prueba de libre elección (Preferencia de los insectos).

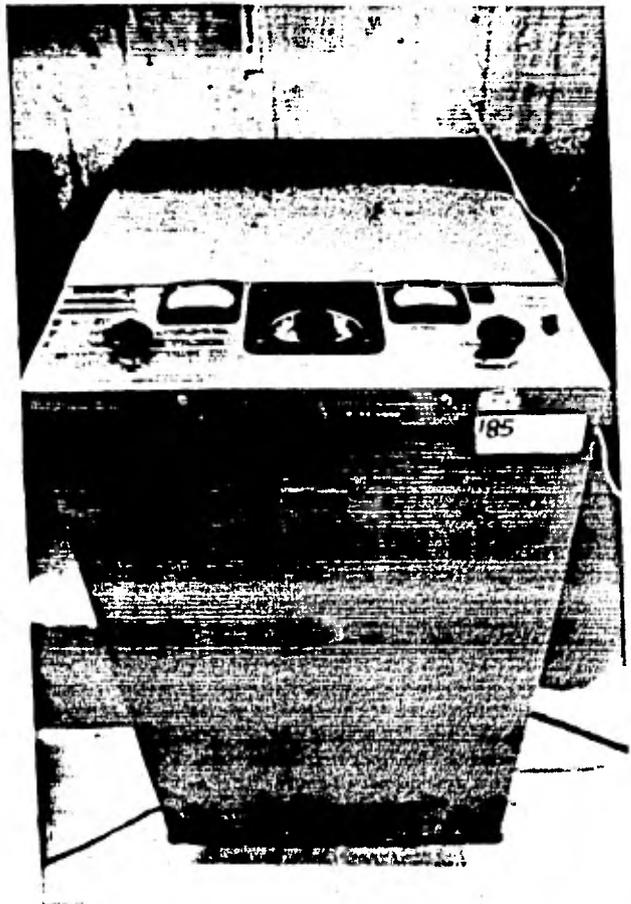


Foto 4. Aparato de rayos X utilizado para la prueba de Detección de infestación interna.

Los insectos se contaron al primer día, a los 2 días y 8 días, cuantificando su distribución libre entre las diversas variedades de maíz de acuerdo a su preferencia. Después de determinar su elección se retiraron cinco granos de cada variedad para la estimación del grano de oviposición.

Los 25 granos restantes se trasladaron a frascos de 60 ml. y se dejaron en la cámara de cría para determinar los cambios de peso y la emergencia de adultos.

b) Prueba de No Elección.

Consiste en colocar un número determinado de insectos en frascos, cada uno de los cuales contiene una variedad diferente de maíz, con el fin de evaluar comparativamente el daño causado por los insectos en cada variedad. El daño es medido por el número de granos dañados, número de huevecillos y desarrollo y emergencia de los insectos adultos en cada variedad. Se llevaron a cabo tres repeticiones por variedad.

El método utilizado, fue colocar 4 frascos de 60 ml. para cada una de las diez variedades (40 frascos en total). Se escogieron 30 granos enteros y no dañados de cada variedad, se pesaron y se colocaron dentro de cada frasco, etiquetándolos con los datos siguientes: variedad del grano, fecha de infestación y número de repetición. Se tuvo un testigo por cada variedad.

En cada frasco se introdujeron ocho adultos de Prostephanus truncatus, 4 hembras y 4 machos, de una a dos semanas de edad. Los insectos se dejaron durante 8 días para que ovipositaran y después se sacaron de los granos, utilizando un tamiz granulométrico del número cuarenta y unas pinzas de relojero del No. 5. Simultáneamente se sacaron

cinco granos de cada muestra para determinar la oviposición. Los restantes 25 granos se dejaron para estimar el daño, peso y emergencia de adultos.

c) Detección de Infestación interna de los Granos con Rayos X.

La inspección y detección en la infestación interna de insectos en granos ha sido usada durante varios años. Estos métodos no son destructivos y potencialmente dan mucha información.

Luasa (1926), Fenton & Waiti (1932 y Shevehenko (1937) mostraron que esta técnica fue usada exitosamente para la examinación de diversas semillas para detectar la infestación interna por insectos. Milner et al (1950) aplicó esta técnica de rayos X en el manejo comercial de granos.

Kirkpatrick y Wilbur (1965) y Sharifi y Mills (1971) obtuvieron información detallada sobre la biología, desarrollo y comportamiento de Sitophilus granarius en granos de trigo.

Mills (1965) sugirió que la alimentación en las diferentes partes del grano puede influir en el período de desarrollo larva-pupa, el mismo fenómeno sucedió en granos de sorgo y maíz (Mills y Wilbur 1967). Las radiografías de rayos X muestran claramente el desarrollo de aquellos insectos que comen tempranamente el área del germen (Khare y Mills, 1968). Mills (1965) indicó que cuando las larvas se alimentan sólo del endospermo de sorgo y maíz, su período de desarrollo es más lento que cuando lo hacen del germen.

Como un elemento más en la evaluación de la resistencia de las variedades incluidas en el estudio se utilizó el método de los rayos X para detectar el daño interno causado por este insecto.

El aparato utilizado para esta prueba es una máquina de rayos X modelo General Electric para inspección de granos *. La fuente de rayos está montada en un gabinete con una línea de plomo y protegida verticalmente hacia abajo. Las dosis usadas para la obtención de placas fotográficas fueron de 20 kilovoltios y 5 miliamperios y el tipo de película utilizado fue Industrex AA 54 para rayos X de 35 cm. x 43 cm. La película fue puesta sobre una ranura lateral, abarcando la parte superior de la tarja de la unidad de rayos X, y los granos de maíz fueron puestos bajo la placa de rayos X. Para ello se diseñó una plantilla de papel cascarón de 3 mm de grosor que se dividió horizontalmente en 10 hileras de 7 cm. de ancho y verticalmente en 3 columnas, de 3 cm. de ancho, de tal forma que la placa apareciera dividida en series rectangulares y así poder observar las diferentes variedades de maíz (Foto 4 y 5).

Se realizaron diferentes pruebas iniciales, para la determinación del tiempo de exposición y el tiempo de revelado de la película, obteniéndose una exposición a los rayos X de 15 segundos y 50 segundos de revelado. En una pantalla con luz fluorescente (Negatoscopio) se pudo observar claramente los diferentes estados de desarrollo y el daño causado por los insectos en el interior del grano.

* Agradecemos al Dr. A. Ortega del CIMMYT el préstamo de dicho aparato.

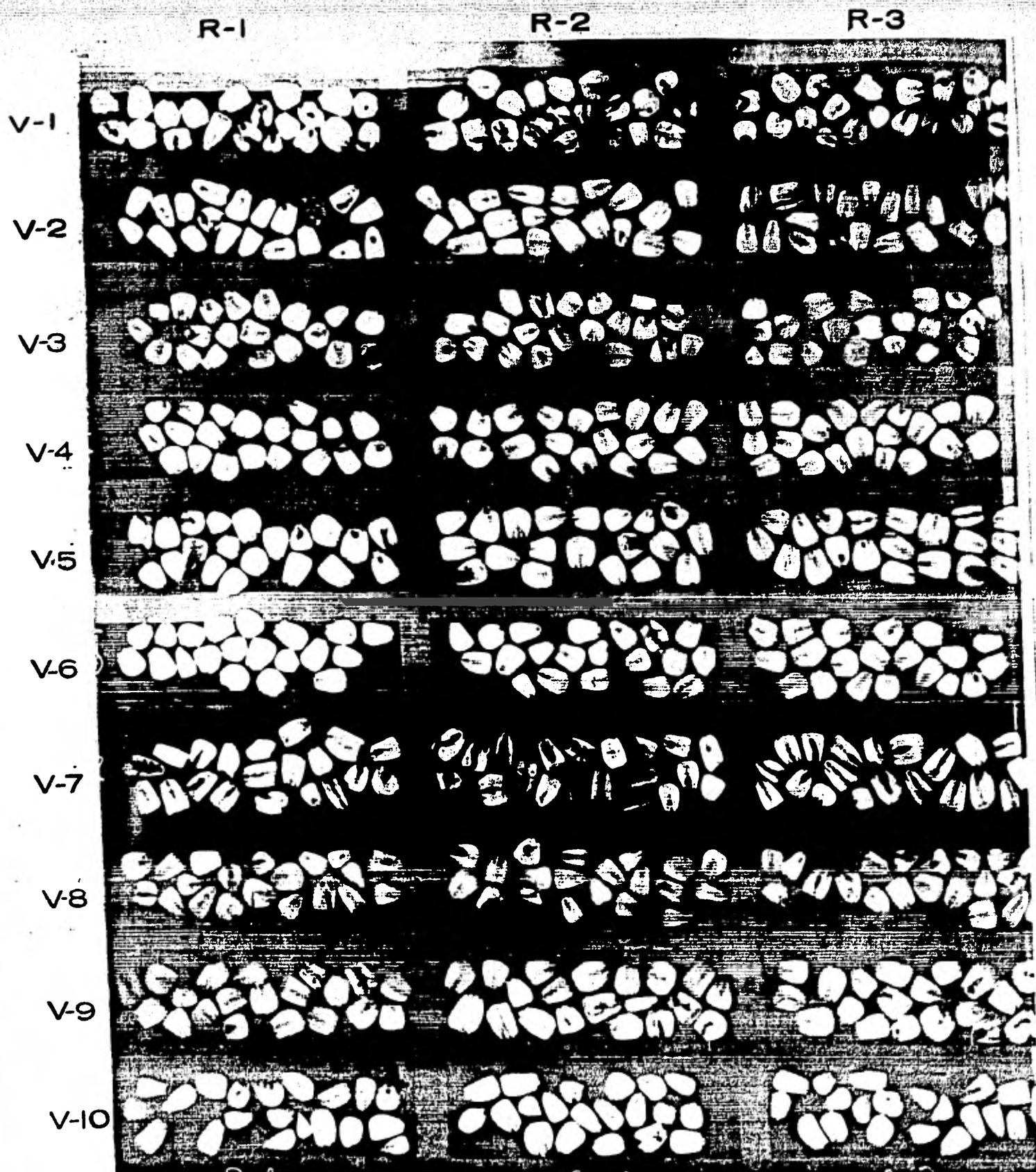


Foto 5. Plantilla diseñada para la observación de infestación interna por medio de rayos X de Prostephanus truncatus (Hom)

Para este ensayo solamente se realizó la prueba de no elección para las diez variedades que consideradas, para lo cual se prepararon 10 frascos de 50 ml. y se etiquetaron con los datos de la fecha de infestación y el número de la variedad; se introdujeron 300 gramos de maíz de cada variedad y 237 insectos adultos de Prostephanus truncatus; los insectos tenían dos semanas de edad. Los insectos se dejaron ahí para que ovipositaran durante una semana, a una temperatura de $27^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ y humedad relativa de $70\% \pm 5\%$. El siguiente paso fue eliminar los adultos y se procedió a tomar la primera placa con rayos X. Los granos radiografiados se colocaron en un frasco diferente y se llevaron junto con los otros a la cámara de cultivo hasta determinar la emergencia de adultos. Esto se realizó cada 8 días y algunas veces en períodos más cortos hasta que todos los adultos emergieron. Para todas las radiografías los granos fueron seleccionados al azar.

En esta prueba se determinó, el peso inicial y final del grano, número de granos dañados, número de huevecillos, larvas y pupas y emergencia de adultos.

Métodos usados para la estimación de los parámetros.

Para evaluar el comportamiento de las diferentes variedades al ataque del barrenador de los granos se determinaron los parámetros siguientes: fenotipo del grano, dureza, peso, contenido de proteína, triptófano y lisina, preferencia del insecto hacia las diferentes variedades, número de granos dañados, oviposición y emergencia de insectos adultos.

Pruebas Físicas

Dureza del Grano *. La dureza del grano se determinó en una perladora Scott número 38 para granos. Esta perladora está provista de una piedra pulidora la cual se reemplaza por un cepillo de lija.

El aparato consta de un molino calibrado y un tamiz; se pesan 20 gramos de muestra perfectamente libre de impurezas, la cual se somete a molienda durante un minuto, una vez molido el grano es tamizado y vuelto a pesar. Obteniendo la diferencia entre el material original y el no tamizado, y usando la siguiente fórmula para determinar el índice de dureza.

$$\text{Índice de dureza} = 100 - ((20-P) 5)$$

En donde P es el peso del material que no pasa el tamiz.

Peso del grano. Este parámetro se determinó para las pruebas de libre elección y no elección. Se tomó en cuenta el peso inicial de treinta granos de maíz para cada variedad con sus tres repeticiones, y cada ocho días se registró la variación del peso hasta la aparición de los adultos emergentes. Las medidas se hicieron en una balanza analítica "Mettler" con capacidad máxima para determinar hasta milésimas de gramo.

* Prueba realizada en el Laboratorio de Farinología, INIA, SARH.

Determinación de humedad. a). Uso de sistema eléctrico mediante el modelo de Steinlite. Se determinó la humedad del grano en un aparato tipo Steinlite Electronic Testar: es un método eléctrico que está basado principalmente en la conducción de la electricidad a través del grano de acuerdo al grado de humedad que éste presenta. Para ello se colocaron 250 gramos de maíz entre las placas del condensador del aparato, la capacidad dieléctrica de la muestra va a variar en función de la humedad del grano; las demás variables como voltaje, peso de la muestra, temperatura, etc., se mantienen constantes. Se realizaron tres mediciones para cada muestra, obteniéndose el promedio y las lecturas se interpretan de acuerdo a tablas específicas para maíz, corrigiendo la lectura respecto a la temperatura registrada en el grano (tablas: Fred Stein Laboratories, Atchison Kansas), obteniéndose de esta forma el contenido de humedad del grano en porcentaje.

Determinación de humedad por el método de secado en estufa, 130 ° C. b). Se utilizaron cajas de aluminio cuyo diámetro varía de 5 a 10 cm. y su altura de 1.5 a 3 cm.; se pesa la caja vacía y su tapa, una vez registrado el peso, se ponen más o menos de 5 a 10 gramos de muestra de maíz, se tapa la caja y se registra de inmediato su peso. Una vez pesada la caja más la semilla, se quita la tapa y se pone debajo de la caja y se mete a una estufa eléctrica que permite mantener en forma constante y uniforme una temperatura de $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. El período de secado es de 72 horas a partir de que la estufa haya alcanzado nuevamente la temperatura a $130\text{ }^{\circ}\text{C}$, ya que al meter las cajas a la estufa la temperatura baja. Después del período de secado se procede a tapar las cajas y colocarlas en el desecador para permitir que se enfríen sin ganar humedad.

Una vez frías, se pesan las cajas sin destaparlas, pesando hasta con tres decimales. La determinación de humedad se hizo con dos repeticiones, y el contenido de humedad se obtuvo por diferencia de peso y se expresó en base a peso húmedo mediante la fórmula siguiente:

$$(P_2 - P_3) \frac{100}{P_2 - P_1} = \% \text{ de humedad (en base al peso húmedo)}$$

en donde :

P_1 = Peso en gramos de la caja y su tapa.

P_2 = Peso en gramos de la caja, la tapa y la semilla.

P_3 = Peso en gramos de la caja, la tapa y la semilla después del período de secado.

Para ajustar el contenido de humedad, la semilla fue colocada en un recipiente de vidrio y se agregó la cantidad de agua calculada para alcanzar la humedad deseada, agitándose hasta que el agua fué totalmente absorbida por la muestra.

Preparación de las muestras de las diferentes variedades para determinar contenido de
Proteína, Triptófano y Lisina

De cada muestra de las diferentes variedades de maíz se toman 10 granos, los cuales se ponen en charolitas de aluminio con la numeración correspondiente a cada variedad, se pone agua destilada a las muestras y se dejan remojar aproximadamente

10 minutos; ya que están bien remojadas a cada grano se le quita el pericarpio con la ayuda de unas pinzas. Ya sin pericarpio, se quita el germen con un bisturí teniendo mucho cuidado que no quede vestigio alguno del germen; la charolita y los granos se dejan secar durante toda la noche a temperatura ambiente. Ya secos se someterán a una pulverización automática, la muestra pulverizada se empaqueta en cartuchos de papel filtro, los cuales se deben cerrar con grapas por sus extremos perfectamente, y con el número de variedad correspondiente. Se meten los cartuchos en el desengrasador: el matríz balón contiene diclorohexano (aprox. $3/4$ partes del volumen del matríz) y debe verificarse la circulación del agua del refrigerante; se conecta la fuente de calor que está en contacto con el aparato y se deja en reflujo durante 4 horas; al término de este tiempo las muestras son sacadas del aparato, utilizando unas pinzas y se colocan sobre una superficie absorbente (toallas de papel) durante toda la noche a temperatura ambiente para la evaporación del solvente.

Ya secas las muestras se transfieren a frascos chicos debidamente etiquetados y se tapan. Esta técnica es para el análisis del endospermo, es decir los granos sin germen.

Para el análisis de grano completo sólo hay que quitar el pericarpio del grano, dejando el germen, y seguir el resto de la técnica.

Determinación de proteína. Método de Micro-Kjeldahl.

El método de Kjeldahl se usa para determinar el nitrógeno total. El principio básico de este método es la conversión del nitrógeno de las sustancias nitrogenadas en

amonio, hirviéndolas en ácido sulfúrico concentrado. El material orgánico se oxida, a dióxido carbónico y agua; el ácido sulfúrico se convierte en dióxido sulfúrico, el nitrógeno se fija en forma de sulfato de amonio, a menos que el nitrógeno esté presente en forma de derivados, azo o nitro. La cantidad de sulfato de amonio se determina agregando un exceso de hidróxido de sodio, destilando amonio liberado para convertirlo en una sal con un ácido estándar, y titulando el exceso con un álcali estándar. De esta manera se mide la cantidad de nitrógeno que contiene una muestra, indicando el contenido de proteína.

La técnica está constituida por tres partes:

- 1). Digestión de los granos mediante la acción hidrolítica del ácido sulfúrico y el catalizador sometido a alta temperatura (90 ° C) por el efecto mecánico del digester.
- 2). Inmediatamente que han sido desdobladas las proteínas en cadenas peptídicas se someten a la acción de la descomposición de los aminoácidos, ocurriendo el desprendimiento de gases amoniacales por la acción de altas temperaturas; la destilación arrastra los gases que son depositados en un matraz.
- 3). Valoración de nitrógeno amoniacal colectado por titulación que se determinó por la cantidad de amoniaco desprendido en la muestra ya que es directamente proporcional a la cantidad de proteína presente en las semillas.

Determinación de triptófano y lisina

Triptófano. Método de Opienska-Bluth modificado por Hernández y Bates.

- 1). Las muestras se someten a la acción de la enzima papaína, la cual actúa sobre la benzoilargininamida y los separa, bajo condiciones óptimas de temperatura (61-65 °C), durante 16 horas.

Las muestras se comparan frente a dos blancos (tubos con enzima pero sin sustrato) y dos testigos (tubos con sustrato pero sin enzima).

- 2). Al finalizar la incubación, se separa por centrifugación el líquido sobrenadante el cual contiene aminoácidos separados y se somete a la acción de coloración agregando 1 ml. del sobrenadante, 1 ml. de reactivo C (hecho de la mezcla de $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$).

Los aminoácidos aromáticos, como es el caso del triptófano, exhibe un color violeta a luz visible.

Dichos compuestos son capaces de absorber longitudes de onda alrededor de $n. m.$ Dado que la cantidad de luz absorbida es directamente proporcional a la cantidad de triptófano existente se puede calcular la cantidad de dicho compuesto, estableciendo una curva estándar bajo técnicas colorimétricas, como es ésta, utilizando la fórmula siguiente:

$$\frac{(D. O. \times b_1)}{\text{peso muestra}} - b_0 \times 300 = \% \text{ triptófano}$$

D. O. = Densidad Optica de la muestra

b_1 = Pendiente de la curva estándar

b o = ordenada al origen.

300 = 3 ml. de solución reguladora X 100 de PH = 7

Lisina. Método de Tsai modificado por Villegas.

- . Con 100 mg. de muestra, se somete a la acción catalítica de la papaína regulada, las reacciones con "buffer" de fosfatos con un PH de 7.4, durante 16 horas a 65 ° C.
 - . Posteriormente enfriar y agitar a temperatura ambiente, se procede a separar el sobrenadante el cual debe ser claro y se le añade solución reguladora de carbonatos con suspensión de fosfato de cobre, se agita 5 min. y se centrifuga a 2 000 r. p. m.
 - . Se separa el sobrenadante y se le somete a la acción con la 2-cloro-3-5-dinitropiridina a temperatura ambiente durante 30 minutos.
 - . Al finalizar el tiempo se le añaden sustancias desarrolladas de color que son el HCl al 1.2N y el acetato de etilo, los cuales se mezclan separadamente con el sobrenadante y se extrae la fase superior con una jeringa adaptada a un tubo de polietileno; el paso se repite tres veces.
- 5). Se transfiere la fase acuosa a tubos de colorímetro para hacer las lecturas en el fotocolorímetro a 390 n. m. contra el blanco.

Curva estándar de Lisina

Se elabora una serie A, colocando a cada tubo una cantidad exacta de

de "buffer" de carbonatos y de solución "stock" de lisina, cuya dilución será una cantidad determinada en mg. de lisina.

Cada uno de éstos tubos es sometido posteriormente a la acción de la papaína, a partir de éste momento se considera como serie B, añadiendo una solución de aminoácidos y solución de fosfato de cobre, a los 5 min. se centrifuga a 350 r. p. m. por cinco minutos y el sobrenadante es separado, al cual se le añade 2-cloro-3-5 dinitropiridina, se agita y la reacción se lleva a cabo durante 2 horas agitando cada 30 minutos.

Posteriormente se agrega HCl 1.2N y luego acetato de etilo el cual es extraído a partir de la fase superior del tubo, el cual contiene el extracto de lisina; este proceso se repite tres veces; la fase acuosa se mide a 390 n. m.

Cálculos.

$$\% \text{ lisina/muestra} = \frac{(D.O. \times \frac{b}{1 - 0}) \times 500}{\text{Peso muestra.}}$$

D. O. = Lectura en Densidad Optica de la muestra.

b_1 = Pendiente de la curva estándar.

b_0 = Ordenada al origen de la curva estándar.

300 = 3 ml. de solución reguladora de fosfatos con papaína $\times 100$.

Pruebas Biológicas

Preferencia. Este parámetro se determinó únicamente en la prueba de libre elección. Para ello se dejó a los insectos adultos en libertad de escoger entre las diversas variedades de maíz durante ocho días, contando el número de insectos en cada variedad y anotando su distribución al primer día, 2 días y a los 8 días. Después se eliminaron los insectos y se regresaron los granos a los frascos para esperar la emergencia de los nuevos adultos (F_1). El número de insectos en cada variedad durante los diferentes días sirvió como dato de preferencia (Cuadro 2, Gráfica 1).

Granos dañados. Este parámetro se determinó tomando en cuenta todas las pequeñas áreas de ataque o daño causados por la actividad de los insectos adultos en los granos.

Oviposición. Como se mencionó anteriormente, a los ocho días de haber colocado a los insectos adultos infestantes, se separaron cinco granos de cada variedad usando una tabla de números aleatorios (Rohlf-Sokal, 1969). Para determinar la ovipostura en los granos se colocaron en una caja de Petri los granos de maíz y se observaron bajo microscopio de disección para revisarlos superficialmente, sin embargo como Prostephanus truncatus coloca principalmente sus huevecillos en el fondo de algunos túneles que construyen en el maíz se procedió a romper cuidadosamente a los granos con unas pinzas (alicates), contando el número de

huevecillos dentro del grano. Estas pruebas se realizaron en los experimentos de libre elección y no elección (Cuadro 3).

Emergencia de adultos. Aproximadamente un mes después de la infestación de los granos, se registró diariamente el número de insectos que aparecía en cada variedad, obteniéndose el número total de insectos adultos emergidos. Se determinó en las tres pruebas, la de libre elección, y la de no elección y la de detección de infestación interna en los granos por medio de rayos X.

RESULTADOS Y DISCUSION

Preferencia.

La evaluación de este parámetro se realizó tan sólo en la prueba de libre elección (Cuadro 2 y Gráfica 1).

La preferencia fué considerada de acuerdo al número de insectos que aleatoriamente visitaban cada una de las variedades al primer día, a los 2 días y a los 8 días.

Se realizó un análisis de la varianza, para determinar si existen diferencia en el número de insecto visitando las diferentes variedades (Cuadro 4).

El valor de F calculada fué de 3.34 para el primer día, para el segundo día fué de 2.81 y para los 8 días de 2.50, con un valor de F tabulada de 2.40 a un 5.0 % de error, por lo tanto la prueba es significativa y las diferencias observadas de los tratamientos nos muestran que existe una cierta preferencia por algunas variedades. Para determinar cual de éstas variedades fue la preferida, se procedió a realizar una prueba de Duncan que consiste en hacer un análisis comparando las medias de los tratamientos y de esta forma separarlas en grupos (Cuadros 7, 8, 9 y gráfica 1).

En el cuadro 7 se puede observar que al primer día la preferencia de los insectos por las diferentes variedades de maíz, no es significativa en la variedad Criollo Hoja Morada (V-7) con respecto a las variedades Zapalote Chico (V-3) y Blanca Cristalino (V-4), es decir que los barrenadores prefieren de igual forma a dichas variedades; asimismo la variedad Blanco Cristalino (V-4) con respecto a la Zapalote Chico (V-3)

presenta la misma situación que el caso anterior. Sin embargo, las otras variedades relacionadas entre sí son altamente significativas, es decir que éstas son elegidas aleatoriamente. En general, a través de este análisis estadístico, podemos interpretar que los insectos que visitaron las diferentes variedades en el primer día, no manifestaron una clara preferencia, considerando que este comportamiento era el esperado, ya que los insectos no han tenido tiempo suficiente para definir la variedad de su agrado.

En el análisis de preferencia a los 2 días (Cuadro 8), podemos observar que la variedad H-509 (V-5) con respecto a las Criollo Hoja Morada (V-7), Zapalote Chico (V-3), Sintético Bajío General 02 (V-2) y VS-523 A (V-6) son altamente significativas; la misma situación se presenta para la variedad H-309 (V-8) relacionada con Criollo Hoja Morada (V-7) y Zapalote Chico (V-3), y la 22 RC1 (V-1) en relación a Criollo Hoja Morada (V-7). Esto significa que los insectos a los 2 días definieron aún más su conducta en la selección de las variedades.

En fin a los 8 días la preferencia de los bostríquidos hacia las variedades fue definitiva, ya que el Cuadro 9 podemos ver que la H-509 (V-5) fue altamente significativa al compararla con las variedades Criollo Hoja Morada (V-7), VS-523 A (V-6), Sintético Bajío General 02 (V-2) y Zapalote Chico (V-3) siendo estas las menos visitadas. Mientras que la relación entre las otras variedades resultó no significativa, es decir, que los insectos las visitaron indistintamente.

Oviposición y emergencia (Cuadro 3).

En la prueba de libre elección el mayor número de huevecillos lo presentaron las variedades 1, 3 y 8 con una emergencia de adultos de 0,1 y 14 para cada una de ellas; la V-9 presentó una sola oviposición con 1 adulto emergente; en cambio en las variedades

2,4,5,6,7 y 10 no se detectaron huevecillos, sin embargo, las variedades 2, 5 y 10 tuvieron una emergencia de 11, 9 y 15 insectos adultos respectivamente. Para el caso de la prueba de no elección las observaciones son las siguientes: Las variedades 5 y 9 registran el valor más alto de oviposición y emergencia de insectos, en cambio las V-10 y V-6 presentan asimismo un alto grado de oviposición, pero con ninguna emergencia en la V-6, y solo 3 insectos en la V-10, algo curiosamente ocurre tanto en la V-4 donde hay una oviposición de 11 y 5 adultos emergentes, como para la V-2 con una oviposición de 2 y emergencia de 11 adultos. Por otra parte para las variedades 1, 3, 7 y 8 no se observaron huevecillos presentes y sin embargo se registró emergencia de adultos, aún cuando muy baja.

En ambas pruebas se puede observar que los datos de oviposición y emergencia no se correlacionan, es decir algunas variedades presentan un alto valor de oviposición, pero un número bajo en la emergencia de adultos y en otros casos, un alto valor de emergencia sin ningún huevecillo.

Estas diferencias entre la emergencia y la oviposición, podemos atribuirlas a que Prostephanus truncatus (Hom) es selectivo hacia unos cuantos granos en una misma variedad, ya que en la prueba de detección de infestación interna de los granos por medio de rayos X observamos que los adultos colocan los huevecillos en el fondo de túneles barrenados por ellos y en unos cuantos granos de la variedad probada (Ver Fig. 1-10 y Fotos 6, 7).

Debido a que al romper los granos de submuestras de cada variedad para observar los huevecillos que se encontraban en su interior, (Cuadro 3) aquellos no pudieron ser reintegrados al experimento, ello impidió hacer un análisis directo de la oviposición

Oviposición efectuada por Prostephanus truncatus (Horn), en las variedades V - 2 y V - 7. Ver huevecillos colocados por las hembras en el fondo de los túneles a los 6 días de infestación



Foto 6. Sintético Bajío General O₂ (V - 2)



Foto 7. Criollo Hoja Morada (V - 7)

y emergencia de los insectos; sin embargo, las pruebas de detección interna por medio de rayos X muestran claramente el comportamiento de estos coleópteros en cuanto a oviposición, desarrollo y emergencia (Fotos 7, 9, 11) Figs. 1-10). Pero debemos reconocer que un análisis real y directos del comportamiento de oviposición, desarrollo y emergencia no es posible hacerlo por ningún otro método conocido hasta ahora, ya que todo el ciclo de vida se efectúa en el interior de los granos (Fotos 8, 10, 12).

Por lo tanto, el método de detección de infestación interna por medio de rayos X es una prueba sencilla que proporciona información adecuada para demostrar el desarrollo y la conducta de este insecto en el interior del grano (Kirkpatrick y Wilbur, 1965; Sharifi y Mills, 1971).

Porcentaje de granos dañados (Cuadro 16).

Los datos registrados para este parámetro en la prueba de libre elección, señalan que el mayor porcentaje de granos dañados fué la V-9 presentando 14.6 % de granos dañados, seguidamente la V-4 con 12 %, la V-8 con 9.3 % y la V-1 con 6.6 %; las variedades 3 y 10 registraron un porcentaje de daño semejante, de 5.3 % la V-5 con un 4 %, y con un 2.6 % de daño, la V-2. Las V-6 y V-7 no presentaron granos dañados. En cambio la información obtenida para la prueba de no elección, indica que la variedad 10 tuvo un 12 % de daño, siendo el porcentaje más alto registrado; la V-2 presentó un 6.6 %; la V-3 con 5.3 % de granos dañados; la V-5 y V-8 con un 4 %, siendo para V-4 y V-7 de 2.6 % y para V-1 y V-9 de 1.3 %. La V-6 no presentó granos dañados.

Larvas del último estado de Prostephanus truncatus (Horn), en las variedades V-1 y V₂. Ver daños efectuados por las larvas a los 26 días



Foto 8. 22 RC₁ (V-1).



Foto 9. Sintético Bajo General O₂ (V-2).

Pupas de Prostephanus truncatus (Hom) en las variedades V - 1 y V-2 a los 33 y 38 días. Observar las celdillas de pupación.



Foto 10. 22 R C I (V - 1) a los 33 días.



Foto 11. Sintético Bajío General O₂ (V-2) a los 38 días.

Imagos de Prostephanus truncatus a punto de emerger en las variedades
V - 7 y V - 8 a los cuarenta y tres días .



Foto 12. Criollo Hoja Morada (V - 7.)



Foto 13 . H - 309 (V - 8)

El daño causado por los insectos en la prueba de libre elección varía con respecto al observado en la prueba de no elección debido a que los insectos tienen la libertad de elegir entre las diferentes variedades. Así por ejemplo, la variedad más resistente, Blanco Cristalino (V-4), muestra un mayor daño que aquel que registra en la prueba de no elección, debido a que cuando los bostríquidos la eligieron, existió algún factor que no permitió el desarrollo de los insectos, como se puede observar en las Figs. 4 y 11. En la variedad H-133 (V-10) se observó que en la prueba de libre elección presentó menos daño que en la de no elección, ello quiere decir que al momento de obligar al insecto a permanecer en dicha variedad éste no tuvo opción para escoger y tuvo que supeditarse a sobrevivir en la variedad en que fue colocado y se puede suponer que el daño que le ha causado a esta variedad es el máximo posible.

En la prueba de libre elección la V-5 fue la de mayor preferencia, pero en las dos pruebas el insecto causó el mismo daño. No tenemos suficiente información para pensar si el insecto eligió una determinada variedad con el objeto de ovipositar, como alimento o simplemente a una distribución al azar. Sin embargo, las variedades V - 7 y V - 6 en la prueba de libre elección no presentaron daño, pero en la prueba de no elección la V - 7 mostró un porcentaje muy bajo y la V - 6 no fue dañada esto demostraría que estas dos variedades, sean posiblemente las más resistentes (Figs. 6 y 7).

Peso. En la prueba de libre elección y no elección la diferencia de peso no se determinó debido a un error experimental ya que en los diferentes muestreos no se quitó la harina; se pueden observar algunas diferencias de peso, pero éstas diferencias son muy pequeñas, de décimas de gramo, por lo tanto éste parámetro no nos da información válida, respecto a las variedades con mayor o menor pérdida de peso. Se recomienda que para próximas investigaciones éste parámetro se tome en cuenta, quitando la harina producida por los insectos.

La medición de los parámetros que a continuación se analizan fueron observados, utilizando fotografías con un aparato de rayos X; ello permitió hacer estimaciones de la infestación interna existente, haciendo lecturas directas en las placas ya reveladas.

Se realizó un análisis de la varianza para determinar si estadísticamente existen diferencias significativas entre el número de granos dañados en las diferentes variedades de maíz. Los resultados se observan en los cuadros 5 y 6.

El valor de F calculada en la placa 1 fue de 0.94 y el valor de F tabulada de 2.40 al 5.0 % de error, siendo en este caso no significativa; posiblemente esto se deba a que los 6 días de infestación, los insectos no han empezado a desarrollarse dentro del grano y aún el daño no es todavía notable. Sin embargo, en la placa 2 se obtuvo una F calculada de 4.47; para la tercera placa fue de 6.60 y para la cuarta placa de 5.25 con una F tabulada de 3.45 al 1 %, siendo éstas altamente significativas, al examinar la placa cinco observamos una F calculada, muy alta de 8.12, mientras que en la sexta placa hubo una F de 7.60 y en la séptima y última placa una F calculada de 25.0; con respecto a la F tabulada en todos los casos, son altamente significativas, indicando que existen diferencias en el número de granos dañados en las variedades de maíz. Hay que hacer notar que en las placas 2, 3, 5 y 7 el valor de F calculada siempre fue más grande a través del tiempo, excepto en las placas 4 y 7, en que disminuyó sensiblemente los valores de F calculada con respecto a F tabulada con valor de 3.45 fueron siempre altamente significativas en todos los casos, con un error del 1 %.

Las medias obtenidas del análisis de la varianza se sometieron a una prueba de

Duncan, con el fin de determinar cual de estas variedades fueron las menos y más dañadas.

Como se puede observar en el cuadro 10, que la variedad 22RC₁ (V-1) es altamente significativa con respecto a las variedades Blanco Cristalino (V-4), VS - 523 A (V-6), H - 133 (V 10) y H-509 (V-5), ello significa que la V - 1 en este caso fue la más dañada y la que por su grado de susceptibilidad se separó completamente de las otras variedades. Las menos atacadas fueron V - 4 , V - 6 y V - 10.

En el cuadro 11 se observa que la variedad (VS - 201 X (Bol. Comp. IX Co) 22 RC₁, presenta el mayor número de granos dañados con respecto a todas las demás variedades con un nivel de significancia de 1.0 % de error, es decir que a los 19 días

de infestación esta variedad mostró grandes diferencias de daño. Las variedades menos dañadas fueron en este caso las mismas que en la placa anterior (V - 6, V - 10 y V - 4) o sean las variedades VS-523 A, H-133 y Blanco Cristalino.

A los 26 días (Cuadro 12.) tenemos que las variedades (VS - 201 X (Bol. Comp. IX Co) 22RC₁ (V - 1), Sintético Bajío General O₂ (V - 2) y H - 309 (V - 8) son altamente significativas con respecto a la H - 133 (V - 10); pero a su vez (VS - 201 X (Bol. Comp. IX Co) 22RC₁, mostró diferencias altamente significativas respecto a las variedades 1, 2 y 8 y con el menor número de granos dañados las V - 4, V - 6 , V - 10 y V - 3 .

En el Cuadro 13 puede apreciarse el daño después de los 33 días de infestación en donde la V - 1 sigue siendo altamente significativa con respecto a todas las variedades

logar la variedad Sintético Bajío General O₂ (V - 2) y en tercer lugar la variedad Zapalote Chico (V - 3).

excepto con la V - 2; por su parte ésta presenta diferencias significativas en relación a las variedades 6, 4, 10 y 7. La variedad Zapalote Chico (V - 3) es altamente significativa en relación a la V - 6. A esta altura del experimento las variedades 1, 2 y 3 son las más dañadas y las variedades 6, 4, 10 y 7 las menos atacadas.

Al analizar el Cuadro 14 (Placa 6) que registra el daño a los 38 días de infestación, las variedades 1, y 2 se separan completamente de las demás, resultando diferencias altamente significativas con respecto a todas las variedades, es decir fueron las más dañadas. Hay que hacer notar que las variedades 6, 4 y 10 son las que presentan menor número de granos dañados.

Al final del experimento a los 43 días de infestación (Cuadro 15) las variedades 1 y 2 son altamente significativas en relación con todas las otras variedades, es decir, que son las variedades con el porcentaje más alto de daño; la V - 9 presenta diferencias en relación a las variedades 6, 4, 8, 5 y 10; la V - 3 con respecto a las variedades 6 y 4; y por último la variedad Criollo Hoja Morada (V - 7), es altamente significativa en relación a las variedades VS - 523 A (V - 6) y Blanco Cristalino (V - 4). De ello podemos deducir que las variedades más dañadas son la (VS - 201 X (Bol. Comp. IxCo)) 22RC₁ (V - 1) y Sintético Bajío General O₂ (V - 2), y las que presentaron menor daño son la VS-523 A (V - 6) y Blanco Cristalino (V - 4).

De los resultados obtenidos en las placas a través del tiempo, se puede inferir que la variedad con el mayor número de granos dañados en todas las placas, fué la variedad (VS - 201 X (Bol. Com. IxCo)) 22 RC₁ (V - 1) siendo la más susceptible, en segundo lugar la variedad Sintético Bajío General O₂ (V - 2) y en tercer lugar la variedad Zapalote Chico (V - 3).

Como variedades que han manifestado cierta resistencia se pueden citar a VS - 523 A (V - 6) y Blanco Cristalino (V - 4).

Al respecto se puede inferir que el número de granos dañados es una forma de detectar la resistencia y/o susceptibilidad de las diferentes variedades.

En cuanto a los resultados de emergencia de adultos, determinado en la prueba de detección de infestación interna por medio de rayos X, y su relación respecto al porcentaje de triptófano y lisina en proteína (Cuadro 1 y 17; Fig. 12 y Gráficas 4 y 2). Los datos muestran que la variedad que mayor porcentaje tuvo de triptófano y lisina en proteína fue la (VS - 201 X (Bol. Comp. IxCo)) 22 RC₁ con 1.46 % de triptófano y 4.29 % de lisina, con un número de insectos emergentes de 965, siendo éstos los más altos con respecto a todas las demás variedades; aquella que ocupó el segundo lugar fué la variedad Sintético Bajío General O 2 (V - 2) que presentó un 1.33 % de triptófano y 3.09 % de lisina, con un número de adultos emergentes de 361; la que ocupó el tercer lugar fue la variedad Zapalote Chico (V - 3) con 0.87 % y 3.41 % de triptófano y lisina, respectivamente, y un número de 313 insectos adultos. Para la variedad H-369 (V - 9) tenemos un valor de 0.54 % de triptofano y lisina de 2.58 % y con 126 adultos, mientras que la H-590 (V - 5) presentó 0.71 % de triptófano y 2.76 % de lisina con 112 emergentes; la H - 133 con 0.60 % de triptófano y 2.04 % de lisina y 109 insectos adultos; las variedades H -309 (V - 8), Criollo Hoja Morada (V - 7) y VS -523 A (V - 6) respectivamente con un porcentaje de triptófano de 0.65 %, 0.69 % y 0.79 % y de lisina de 2.31% 2.23 % y 2.52 % para cada una, con adultos emergentes de 41, 31 y 26, respectivamente; al final la variedad Blanco Cristalino (V - 4) tuvo 0.72 %

de triptófano y 2.34% de lisina sin ningún adulto.

De los resultados obtenidos se deduce, que los factores antes mencionados tienen una gran relación con la susceptibilidad que mostró cada una de las variedades al ataque de Prostephanus truncatus. En la variedad 22 RC1 (V - 1) con respecto a todas las variedades, se encontró que a una mayor cantidad de triptofano y lisina en proteína y menor grado de dureza corresponde una susceptibilidad más alta. (Cuadro 1, Gráfica 3, 4 y 5). Estando en segundo término , la variedad Sintético Bajío General O₂ (V - 2) y en tercer lugar la variedad Zapalote Chico (V - 3) .

También se puede inferir que las variedades con menor % de triptofano y lisina y un grado de dureza mayor, son resistentes, siendo en este caso las variedades (VS-523 A (V - 6) y Blanco Cristalino (U - 4) .

Peso Final.

En cuanto a los resultados del peso final en las diferentes variedades de maíz, en la prueba de detección de infestación interna por medio de rayos X (Cuadro 17, Gráfica 6 y Fig. 12), se pudo observar que las variedades con menos peso fueron (VS - 201 X (Vol. Comp. IxCo.)) 22 RC1 (V - 1), Sintético Bajío General O₂ (V - 2) y Zapalote Chico (V - 3), las variedades H - 509 (V - 5), H -- 369 (V - 9) y H - 133 (V - 10) presentaron valores de peso semejantes; la variedad H - 309 (V - 8), presentó menor peso que las variedades Blanco Cristalino (V - 4) y VS - 523 A (V - 6) cabe aclarar que éstas últimas variedades no presentaron pérdida de peso. En la correlación de la

Gráfica 6, se puede notar que a mayor número de insectos emergentes le corresponde un peso menor. En este caso las variedades más susceptibles fueron (V - 1) y (V - 2); y las que presentaron resistencia son (V - 4) y (V - 6) .

Ciclo de Vida

En la prueba de Detección de infestación interna por medio de rayos X, se cuantificó cada uno de los estados de desarrollo del ciclo de vida de P. T. en las 10 variedades de maíz.

En la variedad 22 RC₁ (V - 1) se pudo observar (Fig. II), que a los 6 días de infestación (Placa 1) existen 59 huevecillos y a los 12 días (Placa 2) hay 162 huevecillos, para los 19 días (Placa 3) ya tenemos un número de 253 larvas y a los 26 días (Placa 4) hay un decremento en el número de larvas con un número 70; para los 33 días (Placa 5) de infestación, siguen existiendo un número de 24 larvas y empiezan a observarse 44 pupas; a los 38 días (Placa 6) el número de larvas ha disminuido presentando solo 9 y el número de pupas aumentó a 91. Se puede notar que en esta fecha empieza la emergencia de insectos con 3 adultos y para la placa 7 a los 43 días existe 1 larva, 19 pupas y las emergentes aumentaron a 41 adultos.

Para la variedad sintético Bajío General O₂ (V - 2) el número de huevecillos a los 6 días (Placa 1) fue de 83 siendo más alto que en la variedad 2, para los días de infestación (Placa 2) el número de huevecillos disminuyó a 43 y empezaron a aparecer 5 larvas; a los 19 días (Placa 3) están presentes 10 huevecillos y 34 larvas; en la placa 4 a los 26 días ya no hay huevecillos y el número de larvas aumentó a 65; a los 33 días (Placa 5) existen 24 larvas y aparecen 33 pupas; para los 38 días (Placa 6) tenemos 62 pupas y 5 insectos emergentes y por último en la placa 7 a los 43 días de infestación tenemos 1 larva, 24 pupas y 28 emergentes.

En la variedad Zapalote Chico (V - 3) el número de huevecillos fue de 35 a los 6 días; a los 12 días (Placa 2) el número de huevecillos disminuyó a 16; en la placa 3 a los 19 días de infestación aún hay huevecillos y el número de larvas se manifiesta en esta fecha con un número de 34; para los 26 días de infestación (Placa 4) hubo una ligera disminución en las larvas y se registraron 30. Para la placa 5 presenta 32 larvas y empiezan a aparecer las pupas a los 33 días de infestación; a los 38 días (Placa 6) hay 3 larvas y 12 pupas y en la última placa, se registraron 3 larvas, 20 pupas y 5 insectos adultos.

Para la variedad Blanco Cristalino (V - 4) a los 6 días de infestación (Placa 1) hay 36 huevecillos registrados, y a los 12 días (Placa 2) solo tres insectos, a los 19 26 y 33 días de infestación no se manifestó ningún estado de desarrollo, pero a los 38 días (Placa 6) se observó una pupa y en la última placa a los 43 días de infestación no presentó ningún estado.

En la variedad H-509 (V - 5) en la placa 1 es decir a los 6 días de infestación, se observaron 44 huevecillos y en la placa 2, a los 12 días, se hallaron 129 huevecillos, en esta fecha también empezaron a manifestarse las larvas en un número de 7, a los 19 días (Placa 3) presentó 90 larvas en la placa 4, con 26 días de infestación aún tenemos el estado de larva con un número de 3 y 77 pupas , para la placa 5, con 33 días después

de la infestación, se registraron 14 larvas y 5 pupas y a los 38 días (Placa 6) se observó 1 larva, 20 pupas y 1 adulto, y por último a los 43 días (Placa 7) 1 larva, 12 pupas y 12 adultos emergidos.

En la variedad US - 523 A (V - 6) se registraron 8 huevecillos a los 6 días de infestación (Placa 1), en la placa 2 con 12 días de infestación esta variedad presentó 3 huevecillos; y para la placa 3 con 19 días de infestación se observa que hay 6 huevecillos y empieza a surgir el siguiente estado con un número de 2 larvas.

Para la placa 4 con 26 días, se registraron 15 larvas, en cambio para la placa 5 con 33 días de infestación no se observó ningún estado presente; a los 38 días (Placa 6) solo se observó una pupa y en la placa 7 con 43 días de infestación se observaron 3 pupas y 7 adultos.

En la variedad Criollo Hoja Morada (V - 7) a los 6 días de infestación (Placa 1) se observaron 131 huevecillos, siendo el número más alto en relación a los demás las variedades, en la placa 2 con 12 días de infestación se observaron 60 huevecillos y 6 larvas, para la placa 3 con 19 días solo se observaron 42 larvas, y a los 26 días de infestación (Placa 4) 28 larvas, para la placa 5 con 33 días de infestación, empieza a observarse el estado de pupa con 2 especímenes y 14 larvas; en la placa 6, a los 38 días de infestación con 21 pupas; en la última placa número 7, aún existen 11 larvas, 4 pupas y 8 adultos.

Para la variedad H-309 (V - 8) a los 6 días de infestación (Placa 1) se observaron 5 huevecillos; para la placa 2, con 12 días de infestación , 34 huevecillos. Se pudo notar que el estado de las larvas empieza a presentarse con un número de 9 en la placa 3, a los 19 días de infestación; para la placa 4 a los 26 días con 29 larvas y hasta la placa 5, con 33 días de infestación, se presentan 6 pupas y 14 larvas; para los 38 días de infestación (Placa 6) tenemos 2 larvas y 11 pupas, y a los 43 días (Placa 7) 2 pupas y 6 adultos.

En la variedad H-369 (V - 9), a los 6 días (Placa 1) se observaron 6 huevecillos; en la placa 2 con 12 días, 32 huevecillos; y hasta la placa 3 a los 19 días, empiezan a aparecer las larvas con un número de 68 y 7 huevecillos ; a los 26 días (Placa 4), el número de larvas se incrementó y se registraron 40 larvas y 4 huevecillos; a los 33 días (Placa 5) aparecen 5 pupas y 21 larvas, en la placa 6, con 38 días de infestación, el número de larvas fue de 1, éstas disminuyeron y el número de pupas fué de 19; y en la placa 7, a los 43 días de infestación se pudieron observar 7 larvas, 7 pupas y 23 insectos o adultos.

Para la variedad H - 133 (V - 10) se observó que a los 6 días hubo 27 huevecillos (Placa 1), para la placa 2 hay 6 larvas y 26 huevecillos a los 12 días de infestación; a los 19 días, en la placa 3, se observaron solo 8 larvas y en la placa 4 con 26 días, se observaron 17 larvas; para la placa 5, a los 33 días después de la infestación se observaron 5 larvas y 4 adultos y en la placa 6, a los 38 días de la infestación solo presentó 8 pupas; por último en la placa 7, con 43 días de infestación sin ningún estado presente.

De los resultados obtenidos en las placas a través del ciclo de vida de Prostephanus truncatus (Hom) a los 6 días de infestación, todas las variedades de maíz presentaron huevecillos, en algunas manteniéndose hasta los 26 días, como es el caso de la variedad H - 369 (V - 9) y en Sintético Bajío General O₂ (V - 2), Zapalote Chico (V - 3) VS - 523 A (V - 6) y H - 369 (V - 9).

El estado de larva se manifestó en la variedad Sintética Bajío General (V - 2) O₂, H - 509 (V - 5), Criollo Hoja Morada (V - 7) y H - 133 (V - 10) a los 12 días; y en todas las demás hasta los 19 días, excepto en la variedad Blanco Cristalino (V - 4) que no se continuó el desarrollo de este barrenador.

El estado de pupa empezó a observarse a los 33 días en todas las variedades, excepto en la variedad Blanco Cristalino (V-4) en la que no se llevó a cabo el desarrollo de este insecto. De acuerdo a los parámetros que se determinaron, parece ser que el grado de dureza (ver Cuadro 1) es uno de los factores limitantes en el desarrollo postembrionario del insecto, sin embargo esto amerita una investigación más exhaustiva para encontrar el factor por el cual esta variedad actúe como un factor de antibiosis.

En las variedades 22 RC₁ (V-1), Sintético Bajío General O2 (V-2) y H-509 (V-5), los insectos adultos empezaron a emerger a los 38 días de infestación, es decir el ciclo de vida tuvo la misma duración.

En las variedades Zapalote Chico (V-3), VS-523 A (V-6), Criollo Hoja Morada (V-7), H-309 (V-8) y H-369 (V-9), los insectos adultos aparecieron hasta los 43 días.

El óptimo desarrollo del ciclo de vida de *Prostephanus truncatus* (Hom), se presentó en la variedad 22RC₁ (V-1).

Hay que aclarar que las muestras radiografiadas en las diferentes placas no fueron las mismas, es decir, que para cada placa se tomó una submuestra de la muestra total.

Se recomienda que para futuros trabajos se use una misma muestra a través del ciclo de vida de este bostriquido.

CONCLUSIONES.

Para la prueba de libre elección, después de hacer los análisis estadísticos respectivos, la variedad que tuvo mayor preferencia fue la H-509 aunque esta variedad no fue la más susceptible, ni la más resistente; las menos preferidas por los insectos fueron la Criollo Hoja Morada, VS-523 A, Sintético Bajío General O₂ y Zapalote Chico.

El contenido de triptófano y lisina en el endospermo y en el grano completo estuvo asociado a una mayor susceptibilidad del grano, es decir, que el contenido de triptófano y lisina en el grano incrementa la población de insectos y la rápida destrucción. La dureza del grano fue el otro factor que estuvo íntimamente asociado al grado de resistencia de las variedades de maíz.

De acuerdo al método de detección de infestación interna por medio de rayos X, el óptimo desarrollo del ciclo de vida de Prostephanus truncatus (Hom) se presentó en la variedad (VS-201 X (Bol. Comp. I x Co)) 22 RC₁ y Sintético Bajío General O₂ con una duración de 38 días.

Aunque las pruebas de libre elección y no elección son métodos adecuados para determinar la resistencia o susceptibilidad de las variedades de maíz, se encontró que la prueba de detección de infestación interna por medio de rayos X, resultó ser un método útil para proporcionar mayor información acerca del daño interno de los granos, estudio del ciclo de vida de los insectos y etología de los mismos.

De acuerdo al objetivo planteado para esta tesis las variedades más resistentes al ataque de Prostephanus truncatus (Hom) fueron VS-523 A, Blanco Cristalino y

Criollo Hoja Morada; y las más susceptibles fueron (VS-201 X (Bol. Comp. I x Co))
22RC₁ , Sintético Bajío General O₂ y Zapalote Chico.

LITERATURA CONSULTADA.

- N. A. S. 1980. Manejo y Control de Plagas de Insectos. Limusa Wiley. México. 3:522 pp.
- U.S.D.A. 1969. Rearing Manual for Stored-Product Insects. USDA STORED-PRODUCT INSECTS RESEARCH AND DEVELOPMENT LABORATORY, SAVANNAH, Georgia. 21 pp.
- Betanzos, M. E. 1980. Selección de variedades de maíz de alta calidad proteica por resistencia a Sitophilus zeamais Motsch. Correlaciones entre características del grano e indicadores de resistencia. (en prensa).
- Caballero, D. M. 1973. Estadística práctica para dosómos. SAG. Publ. No. 26
- Cowley, R. J., Howard, D. C. and 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. 2: 75-78
- Chittenden, F. H. (1911). Papers on insects affecting stored products. The lesser grain borer. The greater grain borer. U.S. Dep. Agric. Bull. Bun. Ent. 96: 29-52
- Dobie, P. (1972). An investigation into the use of an X-ray technique in the study of pre-emergent stages of Sitophilus oryzae (L.) Developing in Manitoba Wheat. J. stored. Prod. Res. 9 : 7-12
- Dobie, P.(1974). The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera, Curculionidae), J. stored Prod. Res. 10 : 183-197.
- Dobie, P. (1977). A simple curve describing the development pattern of some beetles breeding on stored products. J. stored Prod. Res. 14 : 41-44
- Essig, E. O. (1942). College Entomology. MacMillan. Nueva York. 575 pp.
- Filip, P.V. (1978). Evaluación de la resistencia de maíces opacos y normales al ataque del gorgojo de los graneros Sitophilus granarius (L). Tesis Prof. Facultad de Ciencias, UNAM. México. pp 59
- Khare, B. P. and Mills, R. B.(1968). The development of Angoumois grain moths in kernels of wheat, sorghum, and corn as affected by site if feeding. J. Econ. Ent. 61: 450-452
- Lesne, P. (1898). Revision des Bostrychides. Anns. Sac. Ent. Fr. 66:342-343

- Lesne, P. (1939). Contribution a l'etude des Bostrychides de l'Amerique Centrale (Coléoptères). Revue fr. Ent. 6:91-123
- Maxwell, G. F., Jennings, R. P. 1980. Breeding Plants Resistant to Insects. A Wiley-Interscience. E.U.A. 683 pp.
- Moreno, M. E. 1976. Manual para el análisis de semillas. Productora Nacional de Semillas (Pronase), SARH. México. p 156-162
- Moreno, M. E., Morones, R.R., Gutiérrez, L. R. (1978). Diferencias entre líneas, cruza simple y doble de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento. Turrialba. 28 (3) : 233-237
- Neave, S. A. 1940. Nomenclator Zoologicus. Zool. Soc. of London. Vol. II, III, IV.
- Ostle, B. 1968. Estadística aplicada. Limusa Wiley. México. 629 pp.
- Pedersen, J. R. y Brown, R. A. (1960). X-ray microscope to study behaviour of internal-infesting grain insects. J. Econ. Ent., 53 : 678-679.
- Ramírez, G. M. (1960). Toxicidad Comparativa de cuatro materiales. Agricultura Técnica en México.
- Ramírez, G. M. (1960). Infestación de campo por insectos de granos almacenados. Observaciones en maíz de la Mesa Central y del Trópico en 1959. Agric. Téc. Mex. 10: 32-35.
- Ramírez, G.M. (1966). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. CECSA. México. 300 pp.
- Rohlf-Sokal. (1969). Statistical tables. W.H. Freeman and Company. Estados Unidos de América. 253 pp.
- Shires, S.W. y McCarthy, S. (1976). A character of sexing live adults of Prostephanus truncatus (Hom) (Bostrichidae, Coleoptera). J. stored Prod. Res. 12(4): 273-275.
- Shires, S.W. (1977). Ability of Prostephanus truncatus (Hom) (Coleoptera: Bostrichidae) to damage and breed on several stored food commodities. J. Stored Prod. Res. 13(4): 205-208.
- Shires, S.W. (1979). Influence of temperature and humidity on survival, development period and adult sex ratio in Prostephanus truncatus (Hom) (Coleoptera, Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 15: 5-10.
- Shires, S.W. (s.f.). Studies on the Biology of Prostephanus truncatus (Hom) (Coleoptera, Bostrichidae): Effect of temperature and humidity on survival development. Tropical Product Stored Centre. 12 pp.

CUADRO I. CONTENIDO DE PROTEINA, TRIPTOFANO Y LISINA EN ENDOSPERMO Y SU INDICE DE DUREZA. *

Var.	Fenotipo del grano	% Prot. en el grano	% Tript. en (M)	% Trip. en (P)	% Lis. en (M)	% Lis. en (P)	Dureza del grano
V - 1	Opaco	9	0.131	1.46	0.386	4.29	79.5
V - 2	Opaco	9.2	0.122	1.33	0.378	3.09	79.5
V - 3	Semicrist.	12	0.102	0.87	0.343	3.41	84.0
V - 4	Semicrist.	10.5	0.075	0.72	0.243	2.34	90.0
V - 5	Semicrist.	10.0	0.071	0.71	0.278	2.76	85.5
V - 6	Semicrist.	11.4	0.091	0.79	0.288	2.52	91.5
V - 7	Semicrist.	11.9	0.082	0.69	0.282	2.23	83.5
V - 8	Semicrist.	10.15	0.066	0.65	0.235	2.31	91.7
V - 9	Cristalino.	10.4	0.056	0.54	0.270	2.58	90.0
V - 10	Semicrist.	7.1	0.43	0.60	0.146	2.04	91.5

* La determinación de estos datos se realizó en el Laboratorio de Calidad de Proteínas en maíz del I N I A. S A R H.

CUADRO 2. PRUEBA DE LIBRE ELECCION PARA 10 VARIETADES DE MAIZ.
 PREFERENCIA EN NUMERO DE INSECTOS VISITANTES.

Variedad	1 día	2 días	8 días	S u m a	X
V - 1	9	7.6	6.3	22.9	7.6
V - 2	2.3	3.3	2.6	8.2	2.7
V - 3	3	2.3	3.6	8.9	2.9
V - 4	3	5.3	6	14.3	4.7
V - 5	9.6	10.6	12	32.2	10.7
V - 6	6.3	3.6	2	11.9	3.9
V - 7	3.0	1.6	1.7	6.3	2.1
V - 8	8.0	8.3	7.3	23.6	7.8
V - 9	6.6	5.3	8.7	20.6	6.8
V - 10	6.0	6.0	7	19.0	6.3

Liberación de 2000 y 2000 de Prostephanus truncatus, en cada charola,
 con 3 repeticiones.

CUADRO 3. OVIPOSICION Y EMERGENCIA DE ADULTOS EN LAS PRUEBAS DE LIBRE ELECCION Y NO ELECCION.

Variedad	Libre Elección		No Elección	
	Oviposición	Emergencia	Oviposición	Emergencia
V - 1	0	5	30	0
V - 2	2	11	0	11
V - 3	0	5	33	1
V - 4	11	5	0	0
V - 5	18	10	0	9
V - 6	20	0	0	0
V - 7	0	0	0	1
V - 8	0	1	33	14
V - 9	40	20	1	1
V - 10	34	3	0	15

Se infestaron 90 granos de cada variedad, de los cuales se estimó la emergencia y en 15 oviposiciones se colocaron 12♀♀ y 12♂♂ de Prostephanus truncatus por cada variedad.

CUADRO No. 4 ANALISIS DE LA VARIANZA EN LAS PRUEBAS DE PREFERENCIA.

1 DIA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	199.63	22.18	3.34 *	2.40	3.45
Error	20	132.67	6.63			
Total	29	332.30				

* Significativo al 5%

2 DIAS

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	217.37	24.15	2.81 *	2.40	3.45
Error	20	172.00	8.60			
Total	29	389.37				

* Significativo al 5%

8 DIAS

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	289.87	32.21	2.50 *	2.40	3.45
Error	20	258.00	12.90			
Total	29	547.87				

* Significativo al 5%

CUADRO No. 5 ANALISIS DE LA VARIANZA EN LOS GRANOS DAÑADOS OBSERVADOS EN LAS PLACAS DE RAYOS X.

PLACA 1.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	11446.00	1271.78	0.94 NS	2.40	3.45
Error	20	27092.67	1354.63			
Total	29	38538.67				

NS = No Significativo

PLACA 2

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	190.30	21.14	4.47 ***	2.40	3.45
Error	20	94.67	4.73			
Total	29	284.97				

*** Altamente significativo

PLACA 3

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	194.03	21.56	6.60 ***	2.40	3.45
Error	20	65.33	3.27			
Total	29	259.37				

*** Altamente significativo

PLACA 4

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	308.70	34.30	5.25 ***	2.40	3.45
Error	20	130.67	6.53			
Total	29	439.37				

*** Altamente significativo

CUADRO 6 ANALISIS DE LA VARIANZA EN LOS GRANOS DAÑADOS
OBSERVADOS EN LAS PLACAS DE RAYOS X

PLACA 5

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	379.87	42.21	8.12 **	2.40	3.45
Error	20	104.00	5.20			
Total	29	483.87				

** Altamente significativo.

PLACA 6

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	410.30	45.59	7.60 **	2.40	3.45
Error	20	120.00	6.00			
Total	29	530.30				

** Altamente significativo

PLACA 7

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F TABULADA	
					5%	1%
Tratamientos	9	502.53	55.84	25.00 **	2.40	3.45
Error	20	44.67	2.23			
Total	29	547.20				

** Altamente significativo

CUADRO 7. PRUEBA DE DUNCAN

Preferencia 1 día.

Nivel de significancia: 5.0 %

	V - 2	V - 3	V - 4	V - 7	V - 10	V - 6	V - 9	V - 8	V - 1
V - 5	**	**	**	**	**	**	**	**	**
V - 1	**	**	**	**	**	**	**	**	
V - 8	**	**	**	**	**	**	**		
V - 9	**	**	**	**	**	**			
V - 6	**	**	**	**	**				
V - 10	**	**	**	**					
V - 7	**	NS	NS						
V - 4	**	NS							
V - 3	**								

** Altamente significativo

NS No significativo

CUADRO 8. PRUEBA DE DUNCAN

Preferencia 2 días.

Nivel de significancia : 5.0 %

	V - 7	V - 3	V - 2	V - 6	V - 4	V - 9	V - 10	V - 1	V - 8
V - 5	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS
V - 8	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
V - 1	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
V - 10	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
V - 9	NS	NS	NS	NS	NS				
V - 4	NS	NS	NS	NS					
V - 6	NS	NS	NS						
V - 2	NS	NS							
V - 3	NS								

** Altamente significativo

NS No significativo

CUADRO 9. PRUEBA DE DUNCAN

Preferencia 8 días.

Nivel de significancia: 5.0 %

	V - 7	V - 6	V - 2	V - 3	V - 4	V - 1	V - 10	V - 8	V - 9
V - 5	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS
V - 9	NS	NS							
V - 8	NS								
V - 10	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
V - 1	NS	NS	NS	NS	NS				
V - 4	NS	NS	NS	NS					
V - 3	NS	NS	NS						
V - 2	NS	NS							
V - 6	NS								

** Altamente significativo
 NS No significativo

CUADRO 9. PRUEBA DE DUNCAN

Preferencia 8 días.

Nivel de significancia: 5.0 %

	V - 7	V - 6	V - 2	V - 3	V - 4	V - 1	V - 10	V - 8	V - 9
V - 5	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS
V - 9	NS	NS							
V - 8	NS								
V - 10	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
V - 1	NS	NS	NS	NS	NS				
V - 4	NS	NS	NS	NS					
V - 3	NS	NS	NS						
V - 2	NS	NS							
V - 6	NS								

** Altamente significativo

NS No significativo

CUADRO 10. PRUEBA DE DUNCAN

Placa 2 granos dañados.

Nivel de significancia : 1.0 %

	V - 4	V - 6	V - 10	V - 5	V - 3	V - 8	V - 9	V - 7	V - 2
V - 1	**	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS
V - 2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
V - 7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
V - 9	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
V - 8	NS	NS	NS	NS	NS				
V - 3	NS	NS	NS	NS					
V - 5	NS	NS	NS						
V - 10	NS	NS							
V - 6	NS								

** Altamente significativo
 NS No significativo

CUADRO II . PRUEBA DE DUNCAN

Placa 3 Granos dañados.

Nivel de significancia: 1.0 %

	V - 6	V - 10	V - 4	V - 8	V - 3	V - 2	V - 5	V - 9	V - 7
V - 1	**	**	**	**	**	**	**	**	**
V - 7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
V - 9	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
V - 5	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
V - 2	NS	NS	NS	NS	NS				
V - 3	NS	NS	NS	NS					
V - 8	NS	NS	NS						
V - 4	NS	NS							
V - 10	NS								

** Altamente significativo
 NS No significativo

CUADRO 12. PRUEBA DE DUNCAN

Placa 4 Granos dañados.

Nivel de significancia: 1.0 %

	V - 10	V - 4	V - 6	V - 3	V - 7	V - 9	V - 5	V - 8	V - 2
V - 1	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS
V - 2	**	NS							
V - 8	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
V - 5	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
V - 9	NS	NS	NS	NS	NS				
V - 7	NS	NS	NS	NS					
V - 3	NS	NS	NS						
V - 6	NS	NS							
V - 4	NS								

** Altamente significativo

NS No significativo

CUADRO 13. PRUEBA DE DUNCAN

Placa 5 Granos dañados.

Nivel de significancia: 1.0 %

	V - 6	V - 10	V - 4	V - 7	V - 5	V - 8	V - 9	V - 3	V - 2
V - 1	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
V - 2	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS	
V - 3	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
V - 9	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
V - 8	NS	NS	NS	NS	NS				
V - 5	NS	NS	NS	NS					
V - 7	NS	NS	NS						
V - 4	NS	NS							
V - 10	NS								

** Altamente significativo

NS No significativo

CUADRO 14 . PRUEBA DE DUNCAN

Placa 6 Granos dañados.

Nivel de significancia: 1.0 %

	V - 6	V - 4	V - 10	V - 8	V - 5	V - 7	V - 3	V - 9	V - 2
V - 1	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
V - 2	**	**	**	**	**	**	**	**	
V - 9	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
V - 3	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
V - 7	NS	NS	NS	NS	NS				
V - 5	NS	NS	NS	NS					
V - 8	NS	NS	NS						
V - 10	NS	NS							
V - 4	NS								

** Altamente significativo
 NS No significativo

CUADRO 15. PRUEBA DE DUNCAN

Placa 7 Granos dañados.

Nivel de significancia: 1.0 %

	V - 6	V - 4	V - 8	V - 5	V - 10	V - 7	V - 3	V - 9	V - 1
V - 2	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
V - 1	**	**	**	**	**	**	**	**	
V - 9	**	**	**	**	**	NS	NS		
V - 3	**	**	NS	NS	NS	NS			
V - 7	**	**	NS	NS	NS				
V - 10	NS	NS	NS	NS					
V - 5	NS	NS	NS						
V - 8	NS	NS							
V - 4	NS								

** Altamente significativo

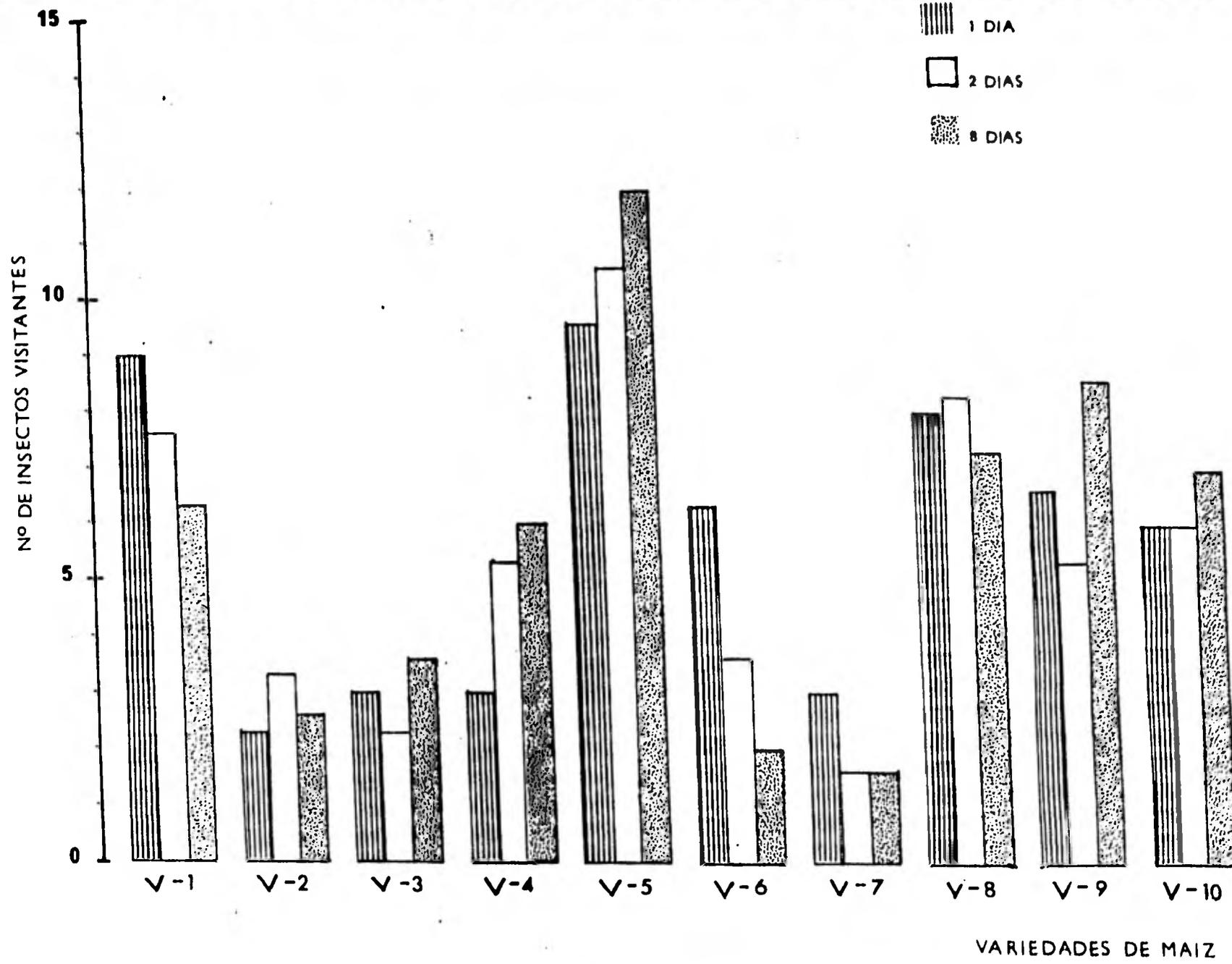
NS No.significativo

CUADRO 16. PORCENTAJE DE DAÑO DE Prostephanus truncatus (Hom) EN LAS DIFERENTES VARIETADES DE MAIZ EN LAS PRUEBAS DE LIBRE ELECCION Y NO ELECCION.

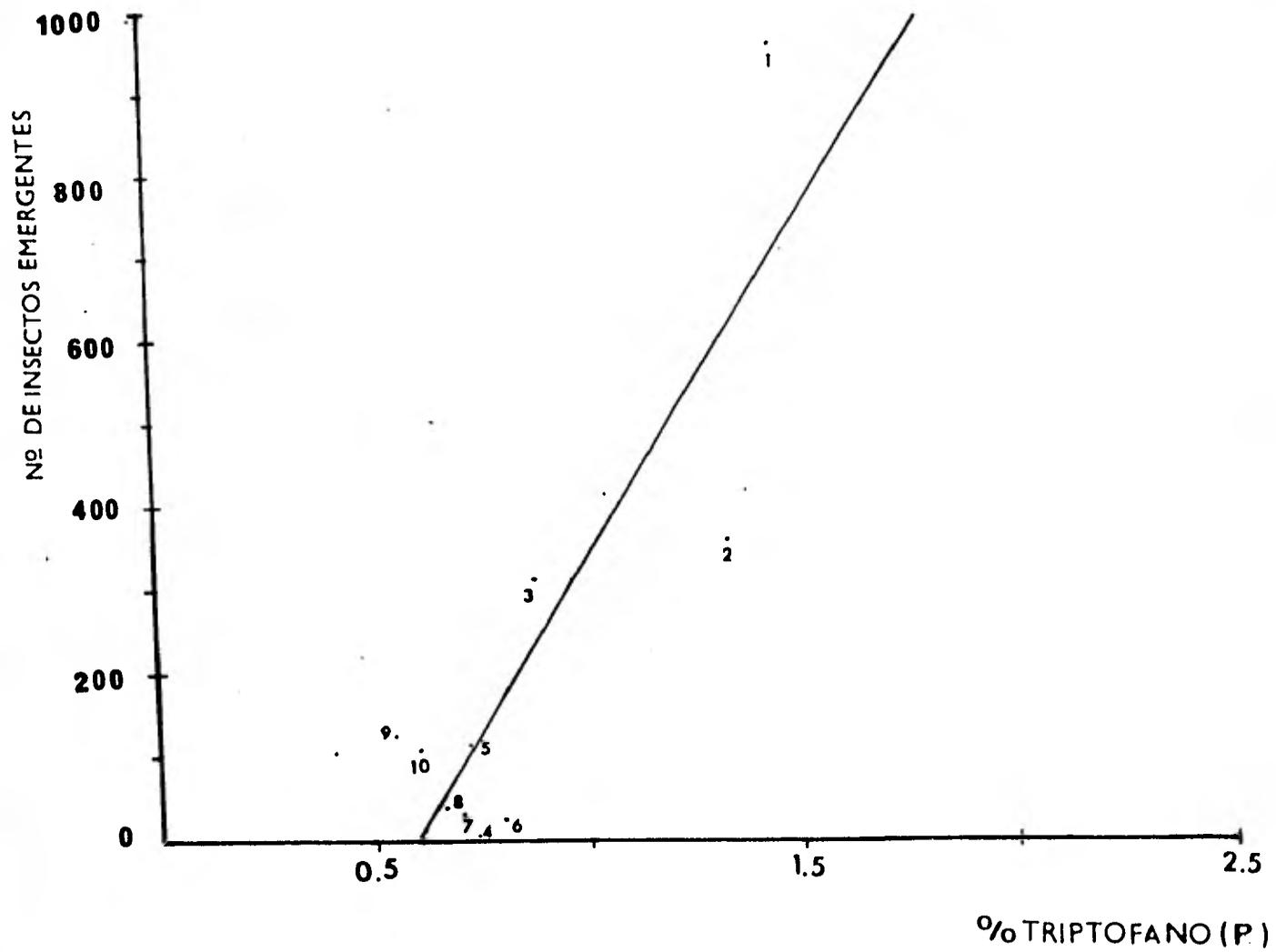
LIBRE ELECCION				NO ELECCION			
Variedad	No. de granos sanos	No. de granos dañados	Porcentaje de los granos dañados	Variedad	No. de granos sanos	No. de granos dañados	Porcentaje de los granos dañados
V - 9	64	11	14.6 %	V - 10	66	9	12.0 %
V - 4	66	9	12.0 %	V - 2	70	5	6.6 %
V - 8	68	7	9.3 %	V - 3	71	4	5.3 %
V - 1	70	5	6.6 %	V - 5	72	3	4.0 %
V - 3	71	4	5.3 %	V - 8	72	3	4.0 %
V - 10	71	4	5.3 %	V - 4	73	2	2.6 %
V - 5	72	3	4.0 %	V - 7	73	2	2.6 %
V - 2	73	2	2.6 %	V - 1	74	1	1.3 %
V - 7	75	0	0.0 %	V - 9	74	1	1.3 %
V - 6	75	0	0.0 %	V - 6	75	0	0.0 %

CUADRO 17. Peso Inicial, Peso Final, Emergencia de adultos, % Granos dañados en la Prueba de Detección de Infestación Interna por medio de rayos X.

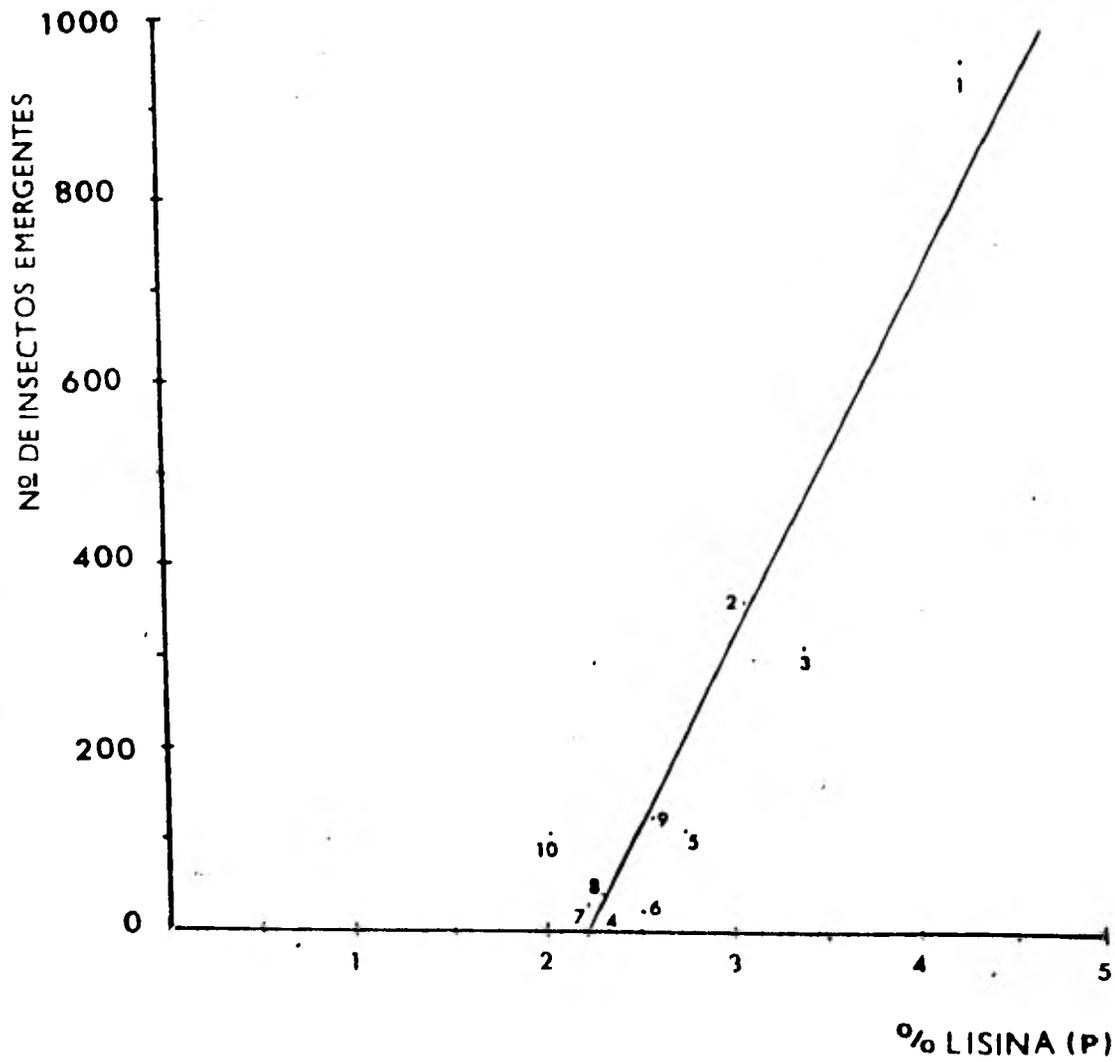
Variiedad	Peso Inicial	Peso Final	Emergencia de insectos	% de granos dañados
V - 1	300	262.5	965	56.6 %
V - 2	300	281.2	361	41.4 %
V - 3	300	287.5	313	25.0 %
V - 4	300	300	0	11.4 %
V - 5	300	291.5	112	23.8 %
V - 6	300	300	26	7.1 %
V - 7	300	295.3	31	24.2 %
V - 8	300	297.4	41	20.4 %
V - 9	300	294.2	126	26.6 %
V - 10	300	296.7	109	13.3 %



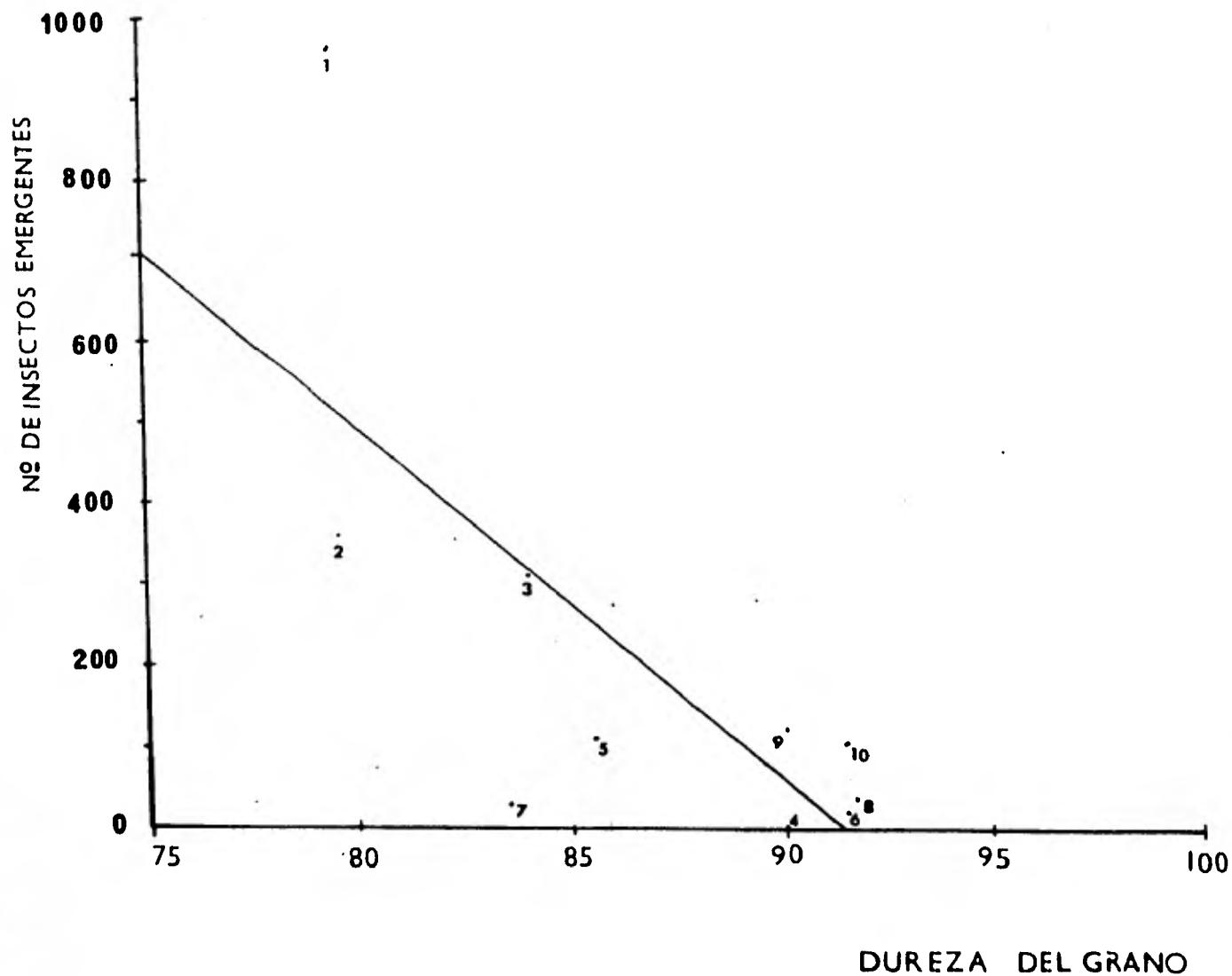
Gráfica 1. Preferencia manifestada por adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn.) en una prueba de libre elección a 10 variedades de maíz en 1 día, 2 días y 8 días.



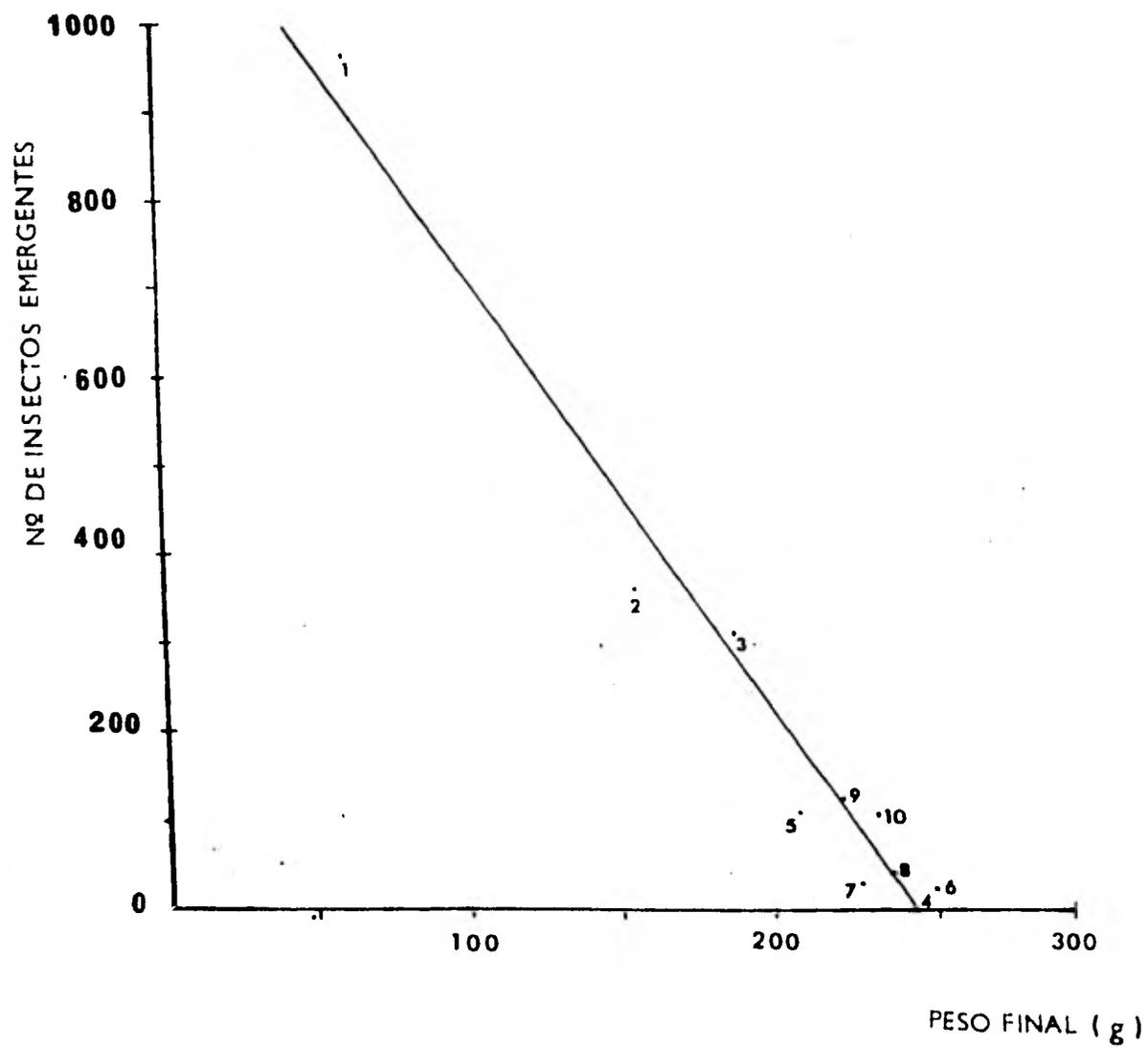
Gráfica 3. Correlación de emergencia de insectos y el porcentaje de triptófano en proteína (% T.P.) en 10 variedades de maíz. Prueba de Detección de infestación interna por medio de rayos X.



Gráfica 4. Correlación de emergencia de insectos y el porcentaje de lisina en proteína (% Lis.) en 10 variedades de maíz. Prueba de Detección de infestación interna por medio de rayos X.



Gráfica 5. Correlación de emergencia de insectos y el grado de dureza del grano en 10 variedades de maíz. Prueba de Detección de infestación interna por medio de rayos X.



Gráfica 6. Correlación de emergencia de insectos y el peso final, en 10 variedades de maíz. Prueba de Detección de Infestación interna por medio de rayos X.

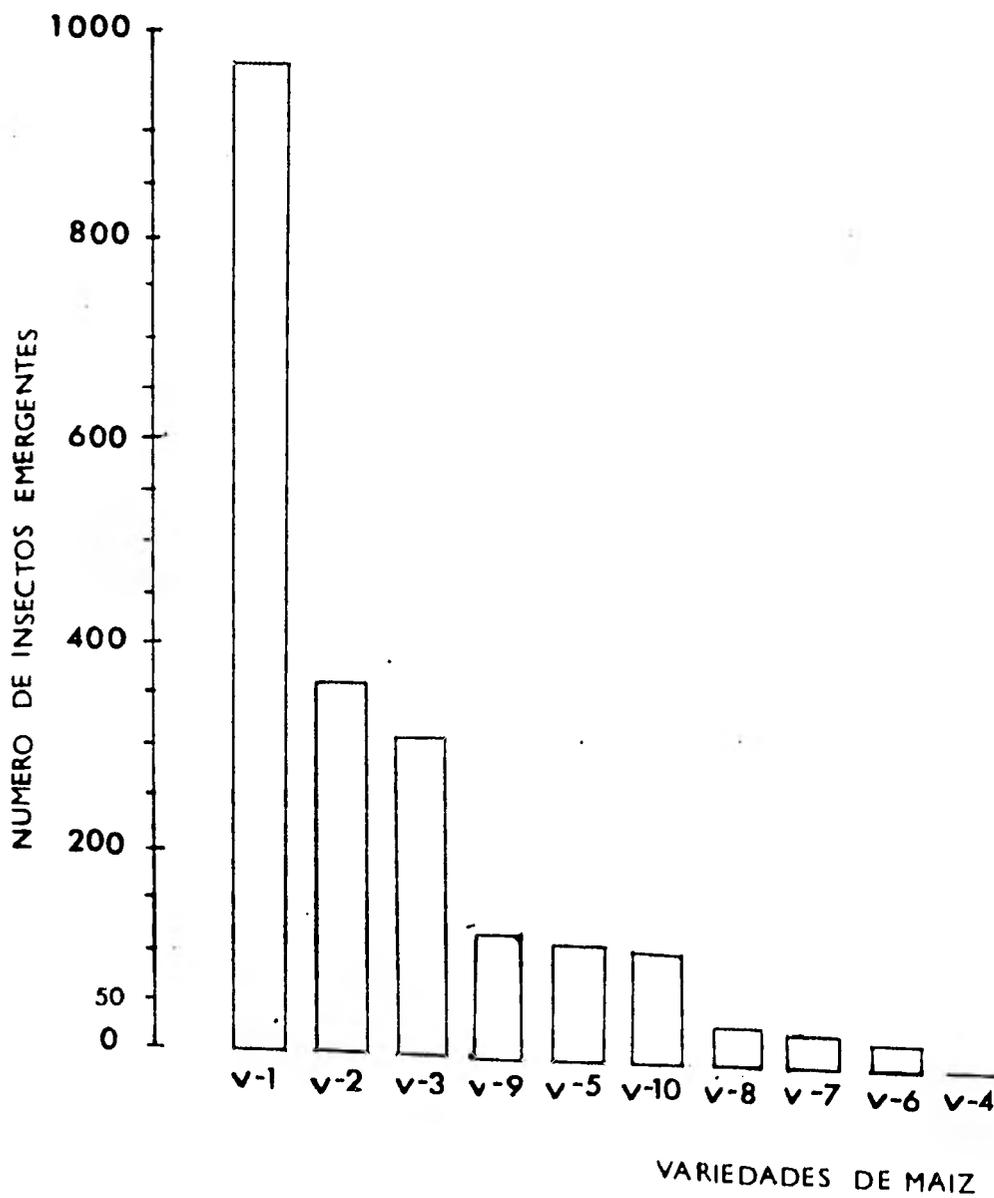


Fig. No.12. Número de insectos emergidos de 10 variedades de maíz sometidas a una prueba de no elección después de evaluar la infestación interna utilizando rayos X.

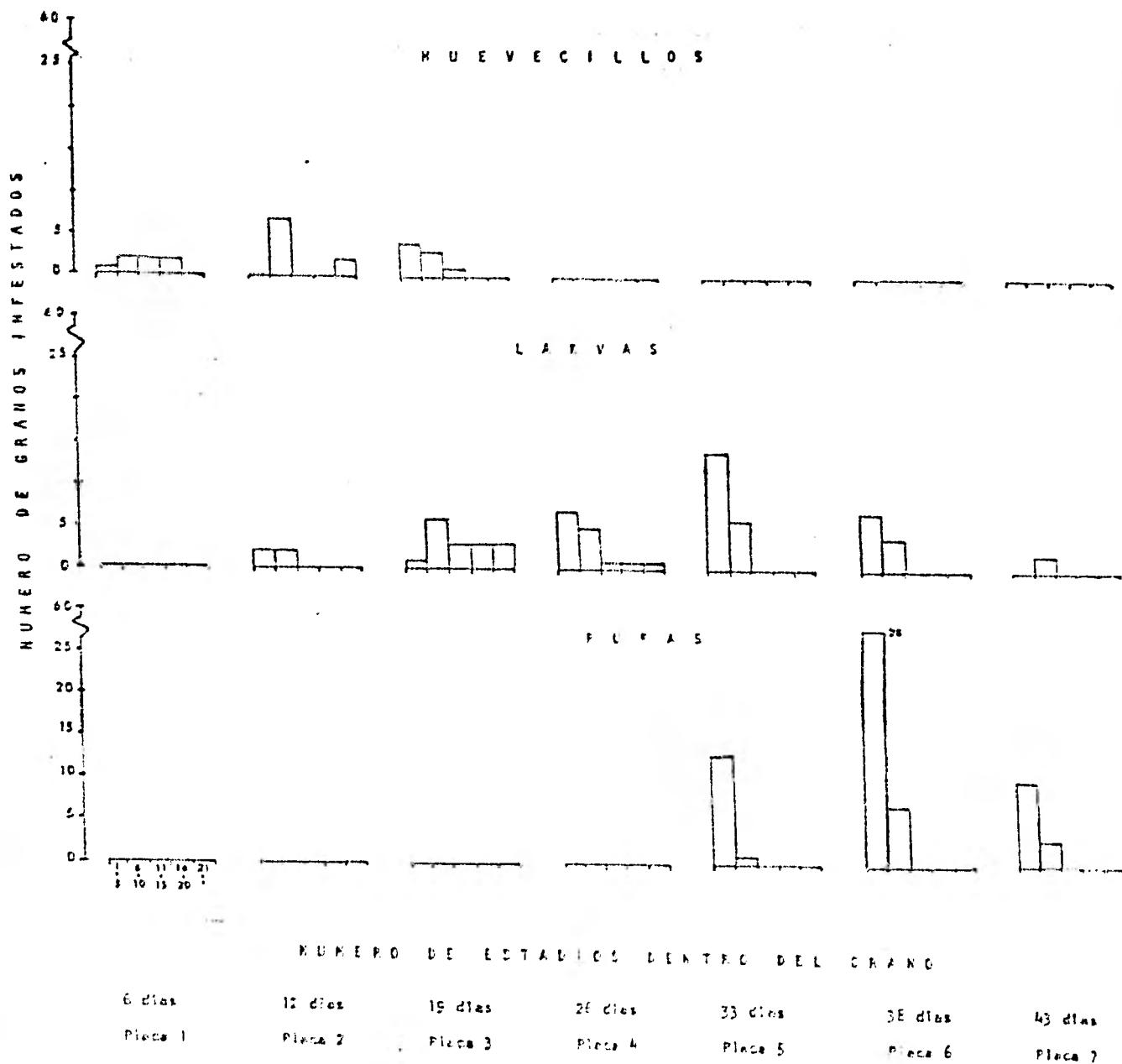


FIG. 1. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *TRYPANOPUS TESTICATUS* (MORR) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD 1 (V-1) A TRAVES DEL CICLO DE VIDA.

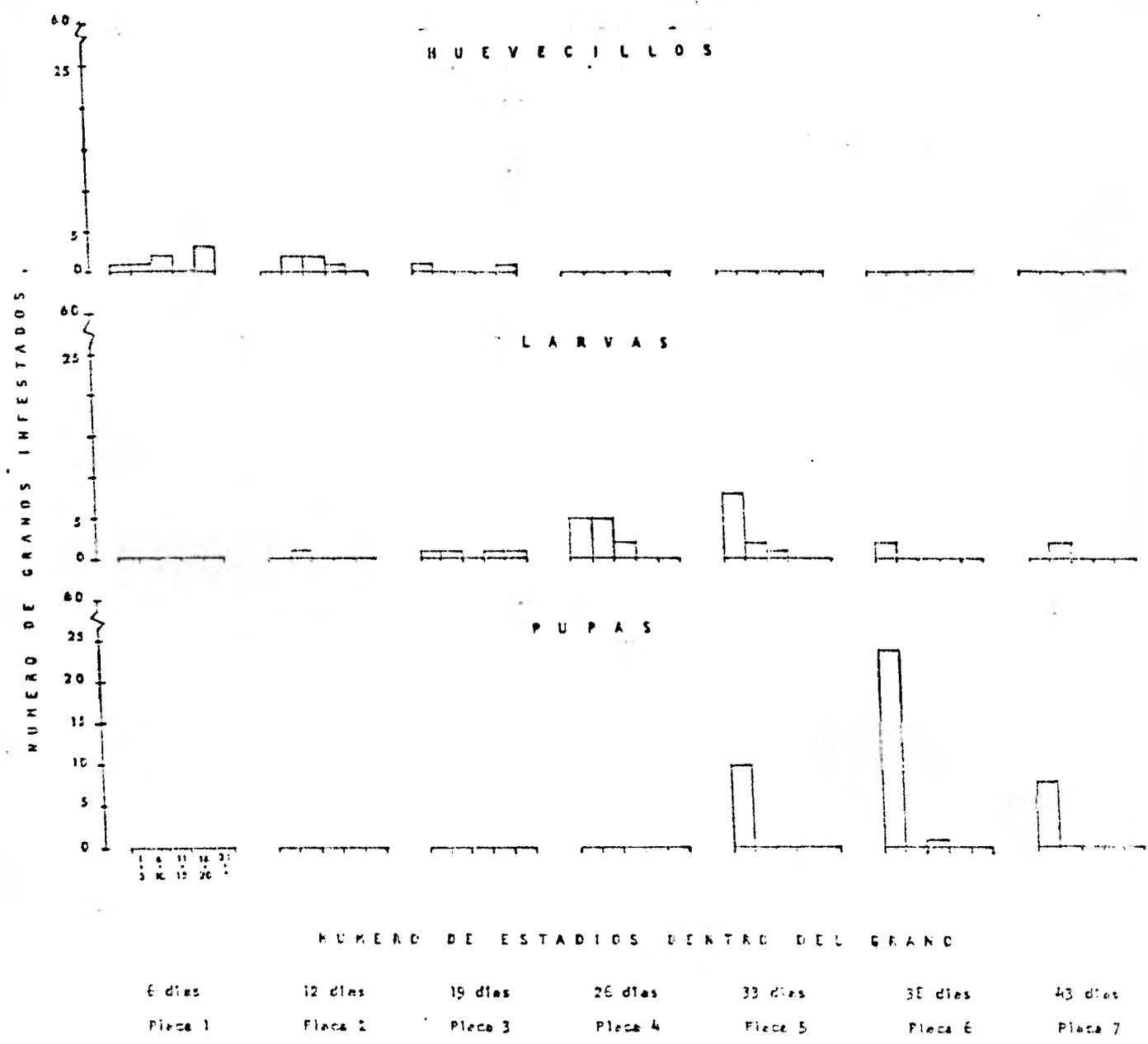


FIG. 2. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *Prostephanus leucatus* (HORN) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD 2 (V-2) A TRAVES DEL CICLO DE VIDA.

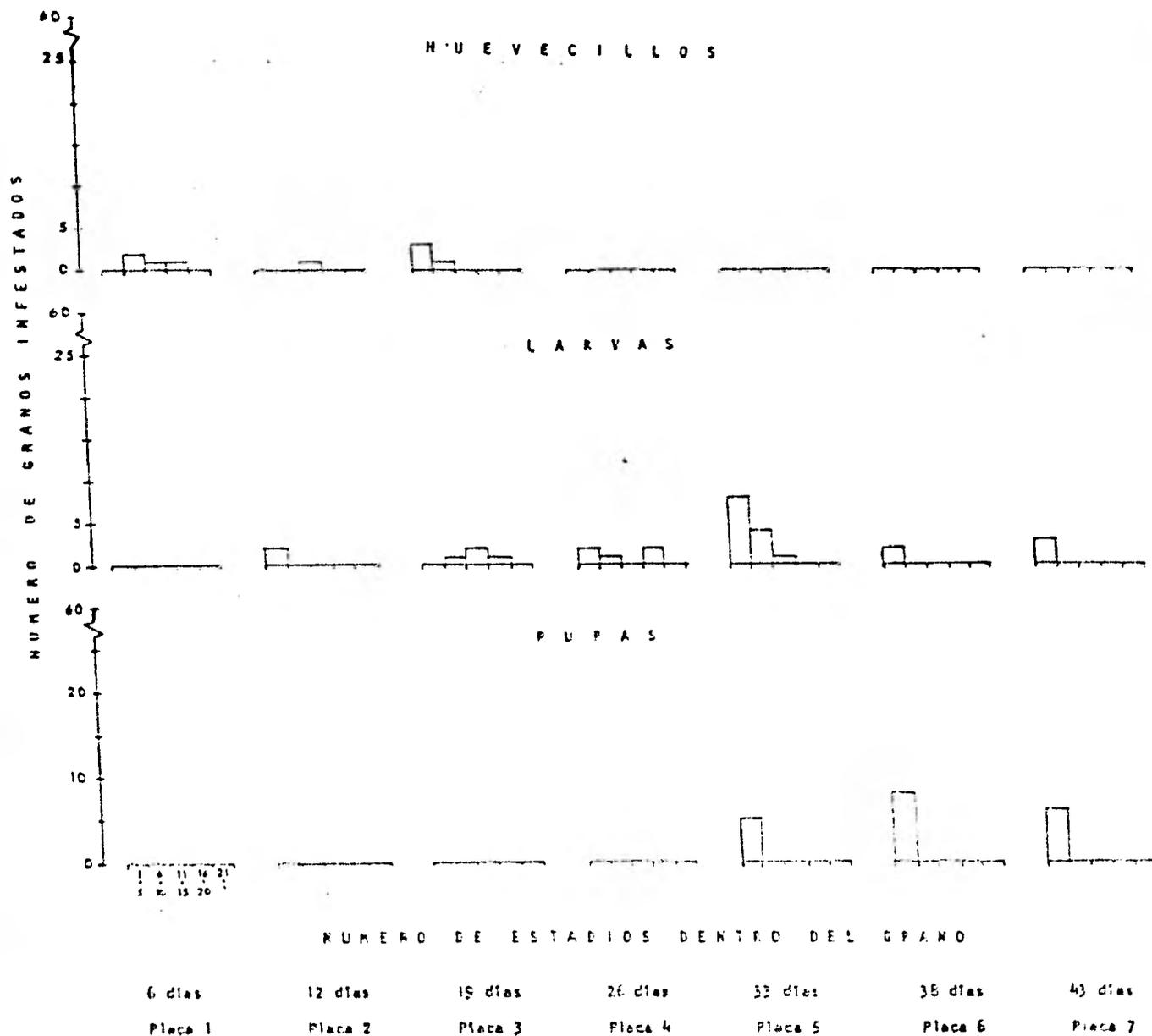


FIG. 3. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *Prostephanus truncatus* (HORN) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD 3 (V-3) A TRAVES DEL CICLO DE VIDA.

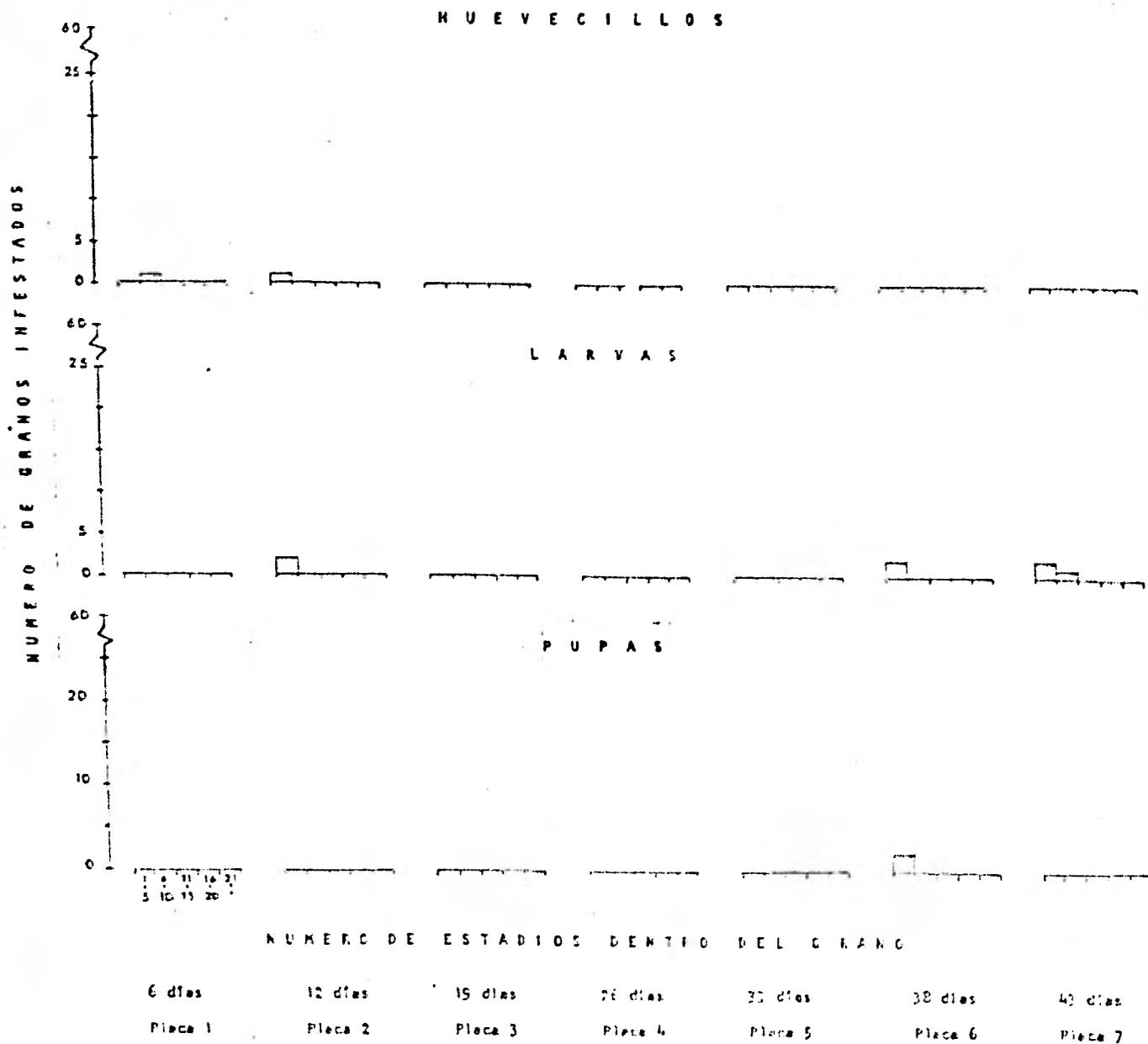


FIG. 4 . DISTRIBUCIÓN DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *Prostephanus truncatus* (HORN) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD 4 (V-4) A TRAVÉS DEL CICLO DE VIDA.

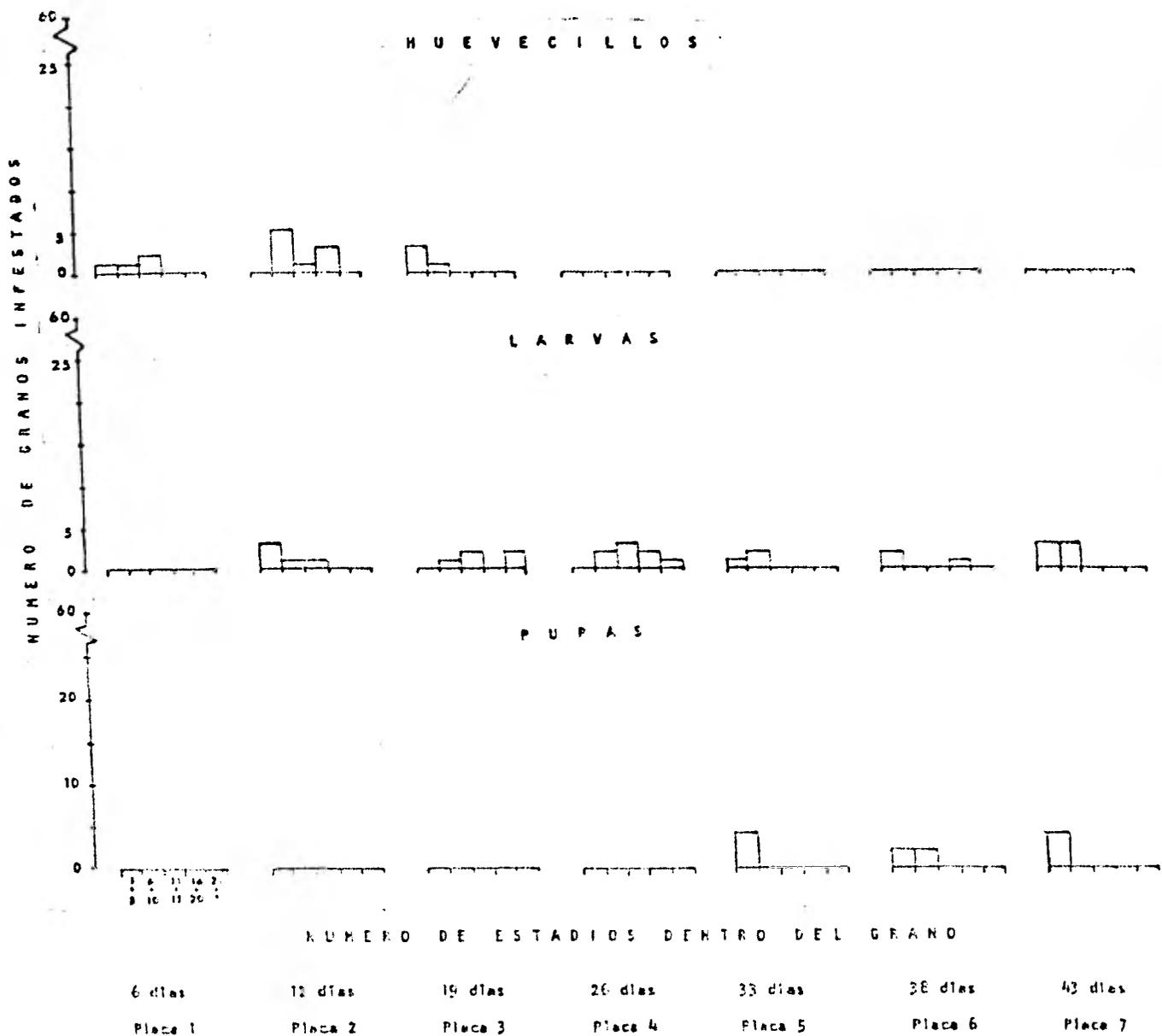


FIG. 5. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *Prostephanus truncatus* (HORN) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD 5 (V-5) A TRAVES DEL CICLO DE VIDA.

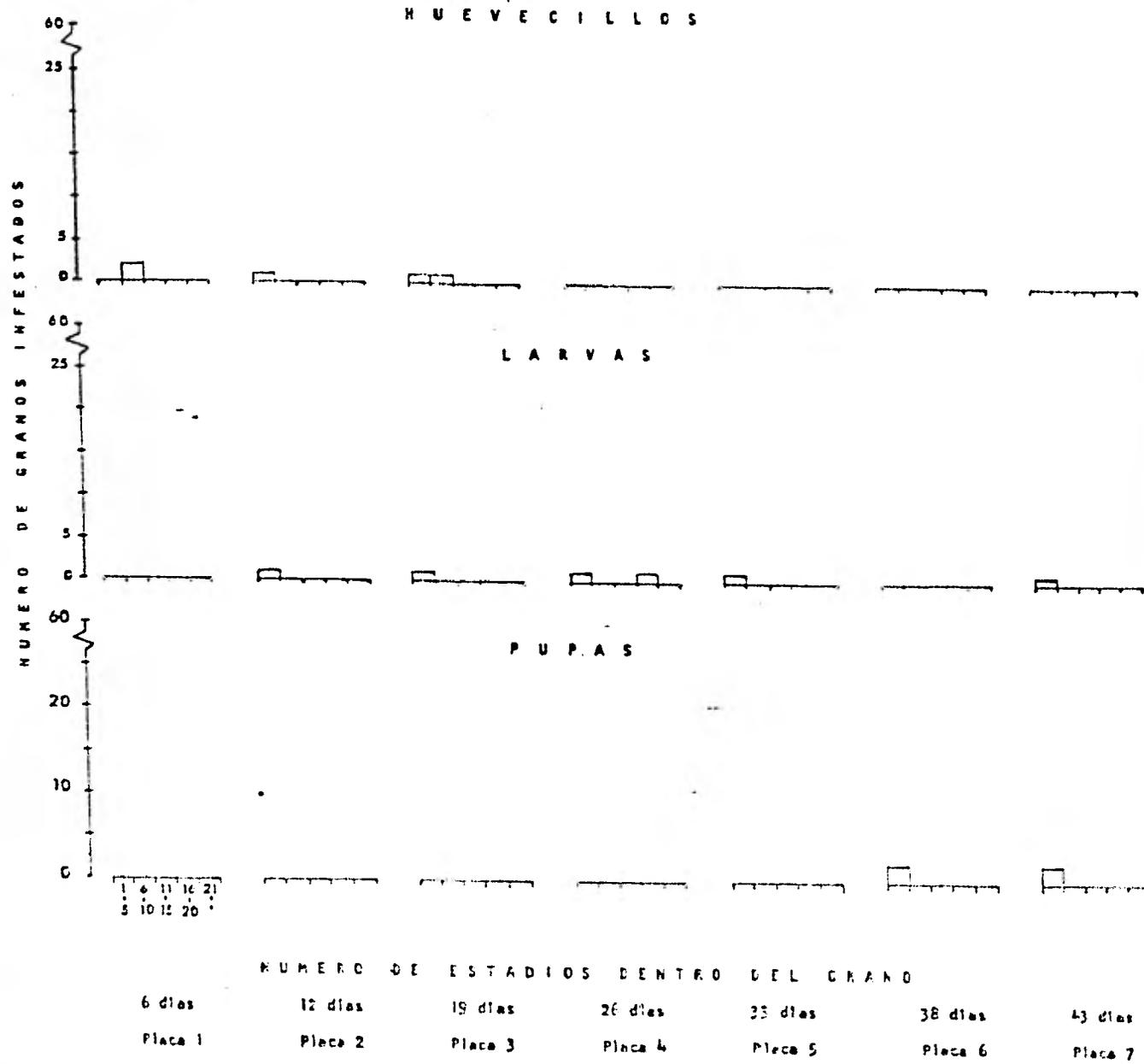


FIG. 6. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *Prostephanus truncatus* (HORN) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD 6 (V-6) A TRAVES DEL CICLO DE VIDA.

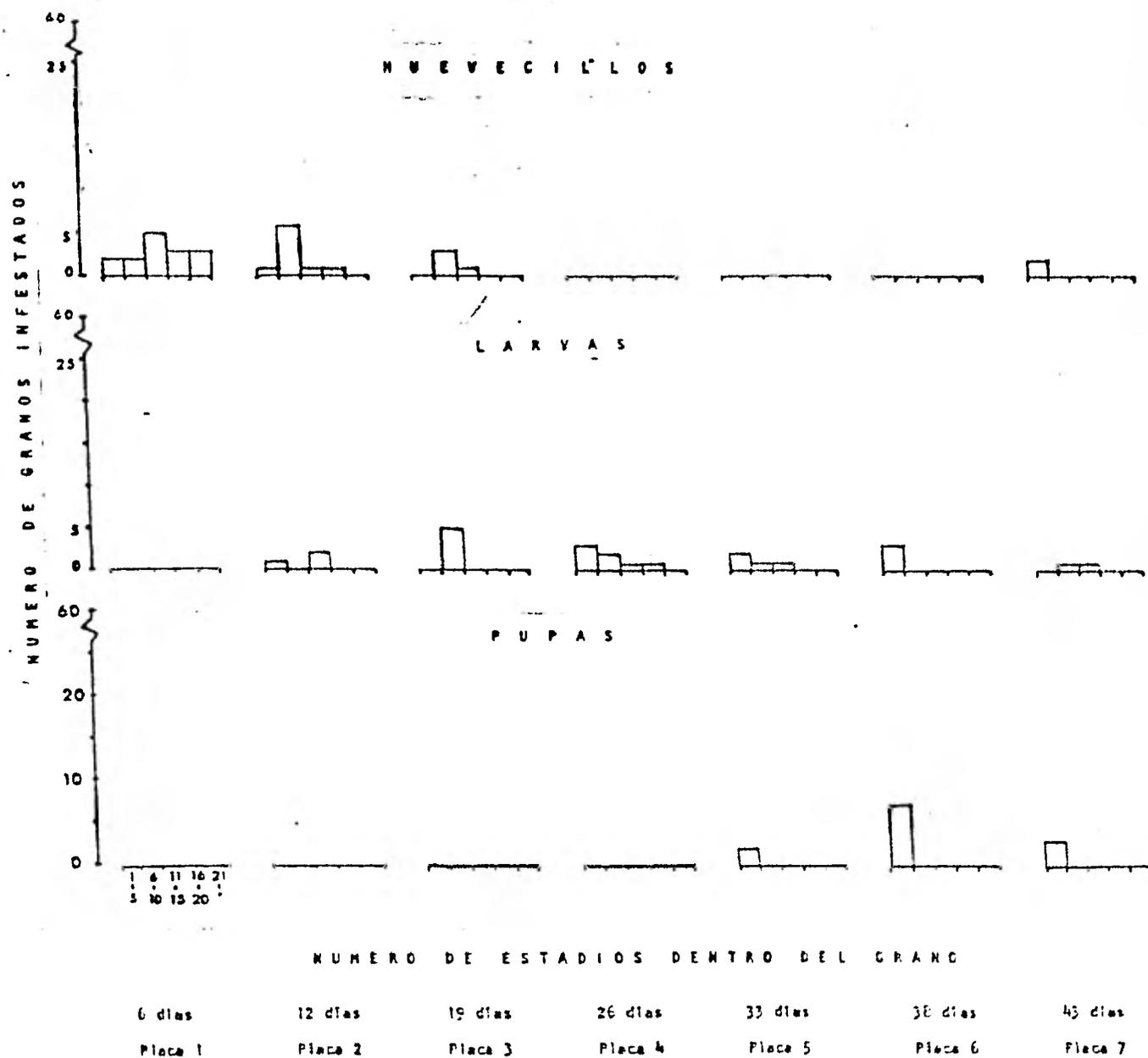


FIG. 7. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *Prostephanus truncatus* (HORN) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD 7 (V-7) A TRAVÉS DEL CICLO DE VIDA

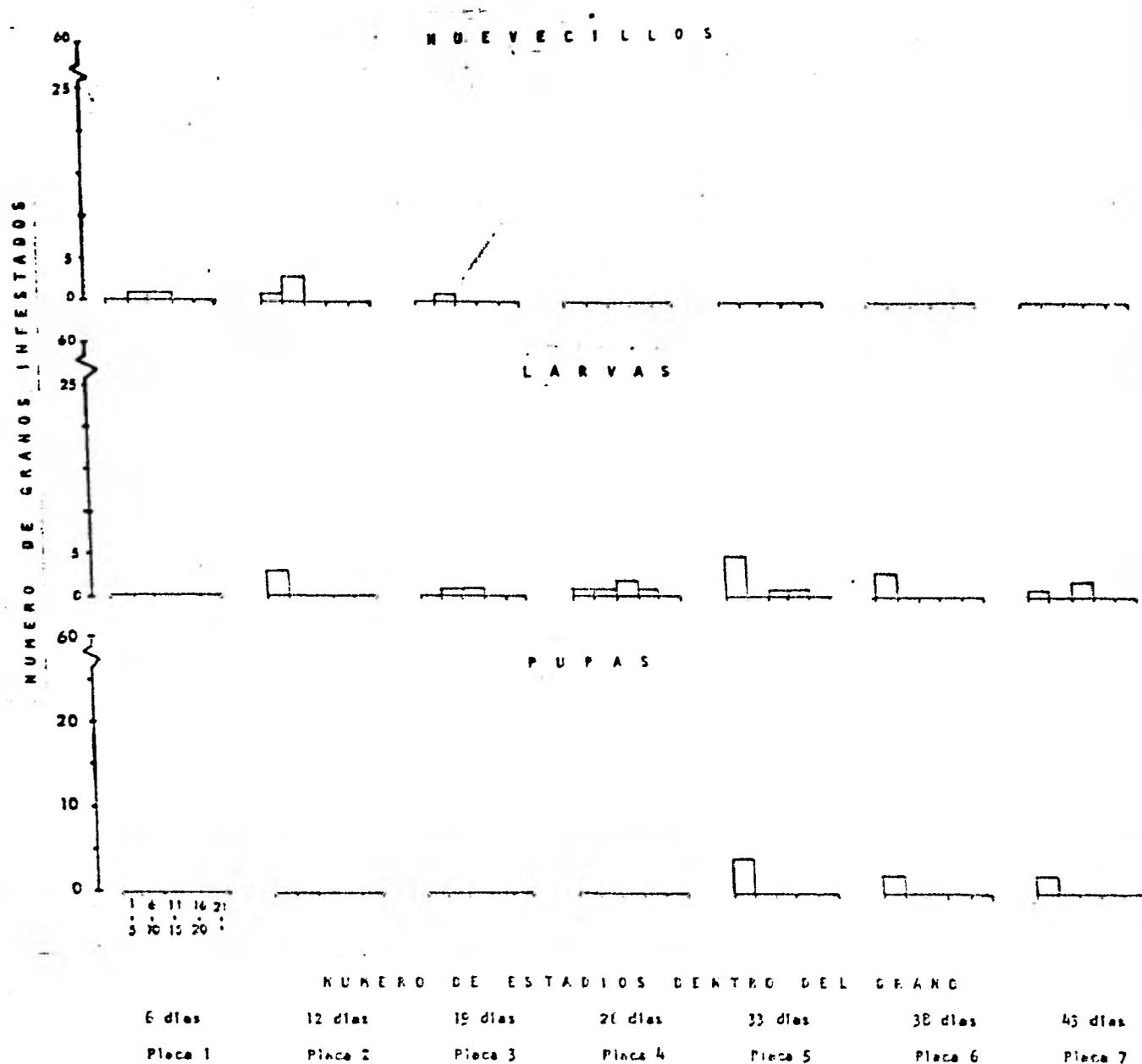


FIG. B. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *Prostephanus truncatus* (HORN) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD B (V-8) A TRAVES DEL CICLO DE VIDA.

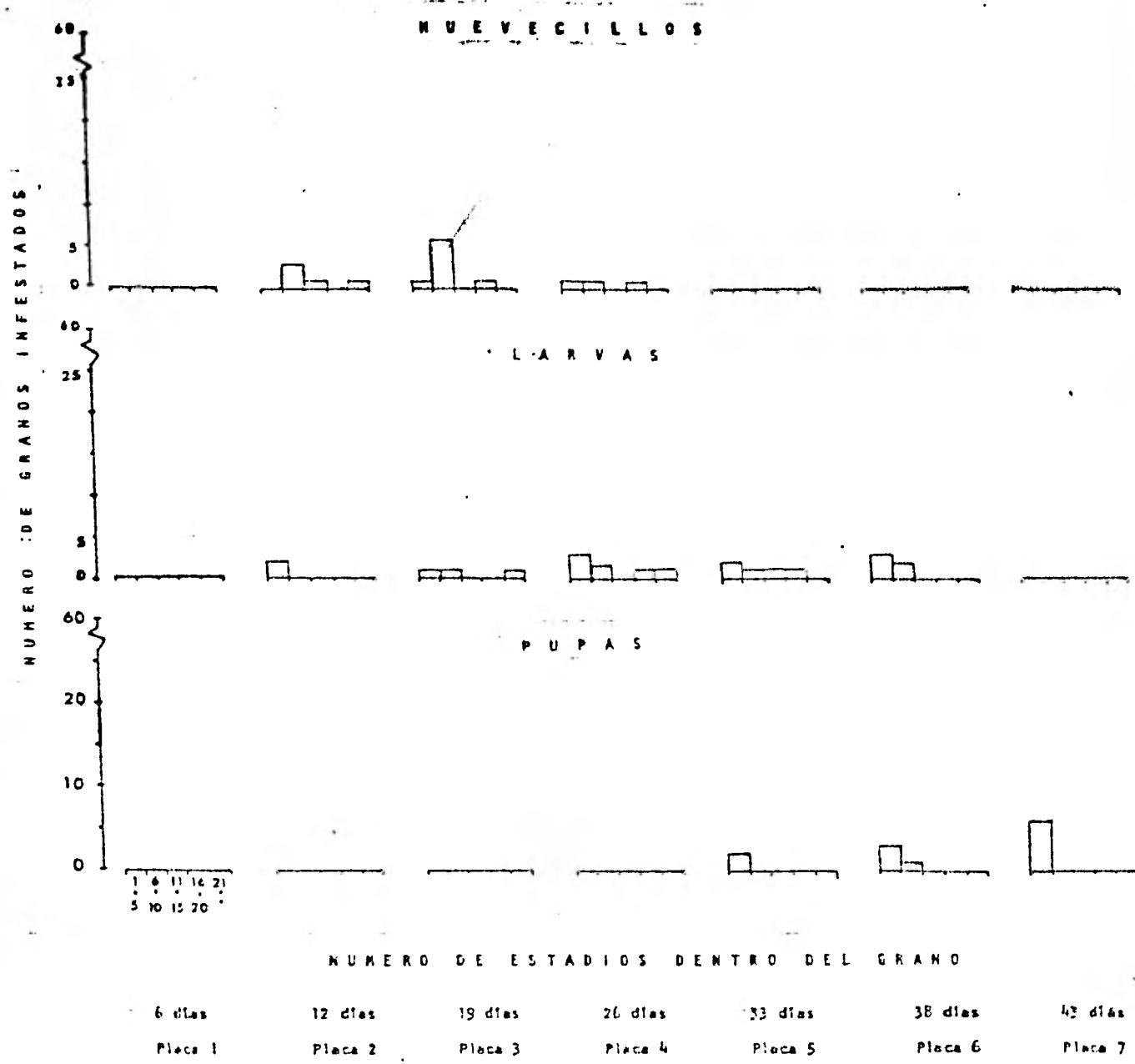


FIG. 9. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *Prostephanus truncatus* (HORN) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD 9 (V-9) A TRAVES DEL CICLO DE VIDA.

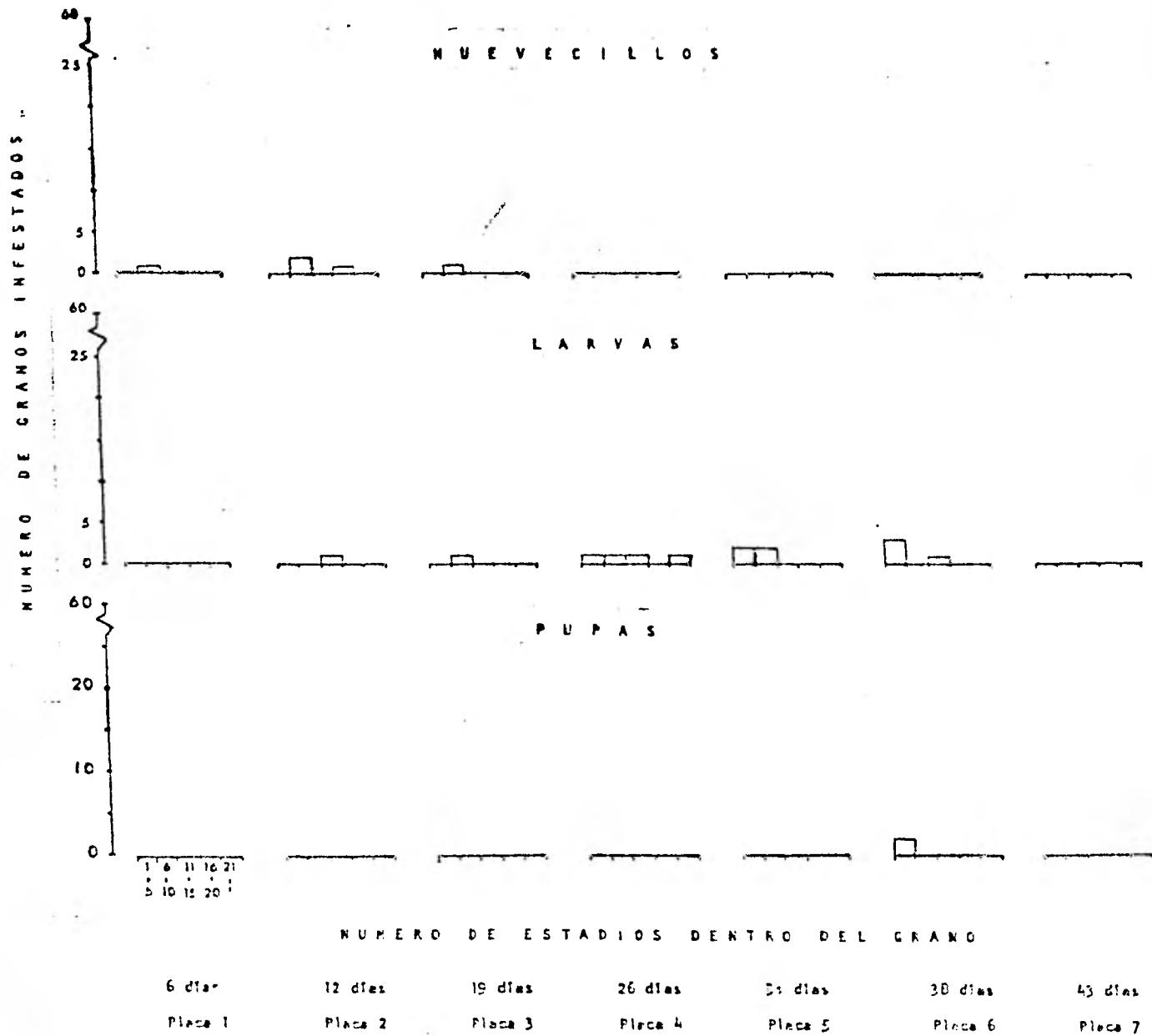


FIG. 10. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ESTADIOS DE *Prostephanus truncatus* (HORN) EN EL INTERIOR DE LOS GRANOS EN LA VARIEDAD 10 (V-10) A TRAVES DEL CICLO DE VIDA.

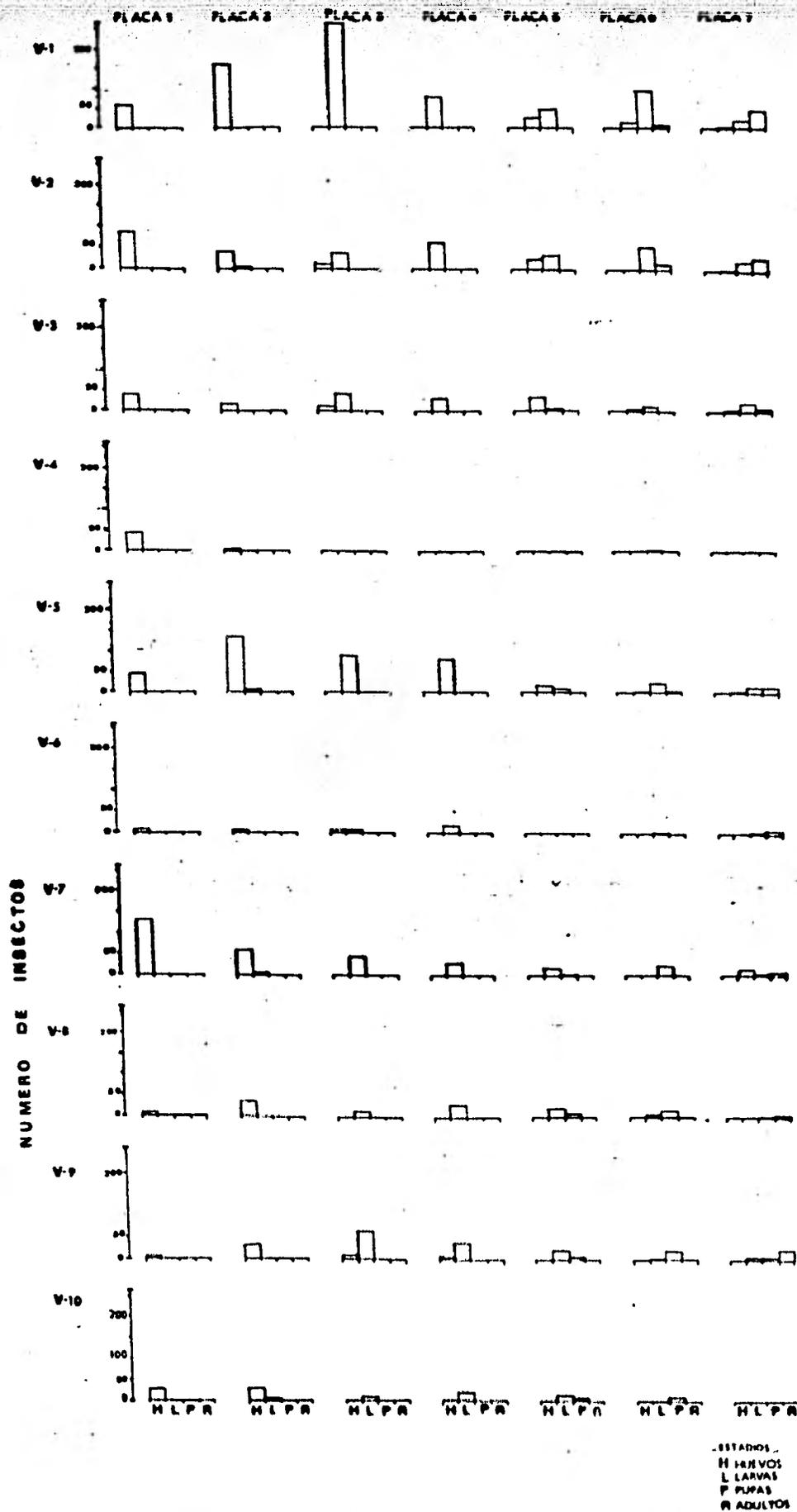


Fig. 11. Representación e manera de histograma del ciclo de vida de *ELIZABETINIA LIMBATA* (Horn) en 10 variedades de maíz observado con rayos X.