

DAÑOS CAUSADOS POR EL BARRENADOR MAYOR DE LOS GRANOS *Prostephanus truncatus* (Horn)(COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE) EN MAÍZ Y RAMAS DE PLANTAS SILVESTRES

DAMAGE CAUSED BY THE LARGER GRAIN BORER *Prostephanus truncatus* (Horn) (COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE) IN MAIZE AND BRANCHES OF WILD PLANTS

Luz R. Bourne-Murrieta; Francisco J. Wong-Corral¹; Jesús Borboa-Flores; Francisco J. Cinco-Moroyoqui.

Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora. Rosales y Luis Encinas s/n, col. Centro. C. P. 83000. Hermosillo, Sonora. MÉXICO Correo-e: fjwong@guayacan.uson.mx Tel.: (662) 2592207 (Autor para correspondencia).

RESUMEN

P*rostephanus truncatus* (Horn) es un insecto barrenador de la madera que se ha adaptado a los productos alimenticios almacenados, principalmente de maíz. En este trabajo se cuantificaron las pérdidas y daños ocasionados por el barrenador en 10 variedades de maíz y 10 especies vegetales para determinar la susceptibilidad y los efectos que el insecto pudiera ocasionar si se adapta a las condiciones del noroeste de México. Las semillas de los maíces y los trozos de ramas de las especies arbóreas se sometieron a infestación artificial por adultos de *P. truncatus* y se incubaron a 27 ± 1 °C y 70 ± 3 % de humedad relativa. La preferencia de los insectos y los daños ocasionados en cada material fueron determinados. Los insectos prefirieron y dañaron en mayor grado al “Maizón”, una variedad de maíz criollo sembrado por los productores de la región serrana de Sonora. Los trozos de ramas con mayor daño provocado por *P. truncatus* fueron *Ricinus communis*, *Jatropha cardiophylla* y *Parkinsonia aculeata*; sin embargo, el insecto no fue capaz de reproducirse en éstas. El “Maizón” también presentó la disminución más drástica de germinación y fue una de las variedades con mayor número de adultos de *P. truncatus* emergidos.

PALABRAS CLAVE: Infestación inducida, preferencia, susceptibilidad, germinación, Sonora.

ABSTRACT

P*rostephanus truncatus* (Horn) is a wood borer insect adapted to stored food products, mainly maize. In this study we quantified losses and damages caused by this insect in 10 varieties of maize and 10 plant species to determine the susceptibility and effects that the insect could provoke if it adapts to the conditions in northwestern Mexico. Maize seeds and pieces of branches of tree species were subjected to artificial infestation by adult *P. truncates*, and then incubated at 27 ± 1 °C and 70 ± 3 % RH. The preference of insects and damage in each material were determined. Insects preferred and damaged most to “Maizon”, a variety of native maize planted by producers of the mountainous region of Sonora. The pieces of branches with higher degree of damage by *P. truncatus* were *Ricinus communis*, *Jatropha cardiophylla* and *Parkinsonia aculeata*; however, the insect was unable to reproduce in any of the branches. “Maizon” was also the variety that had the most dramatic decline in germination and the highest number of adults of *P. truncatus* emerged.

KEYWORDS: Induced infestation, preference, susceptibility, germination, Sonora.



Recibido: 19 de marzo, 2013

Aceptado: 16 de enero, 2014

doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.03.008

<http://www.chapingo.mx/revistas>

INTRODUCCIÓN

Prostephanus truncatus (Horn) es un insecto barrenador de madera y una plaga de postcosecha, nativa de Mesoamérica, que daña el maíz (*Zea mays* L.) y estructuras de almacenamiento (Farrell & Shulten, 2002). El insecto *P. truncatus*, también conocido como “el barrenador mayor de los granos”, se alimenta y desarrolla preferentemente en los granos y mazorcas de maíz desde el campo hasta el almacén, pero es capaz de dañar a otros materiales tanto alimenticios como de empaque, de construcción y de vestir (Ramírez-Martínez, 1990). Esta plaga también infesta la yuca seca (*Manihot sculenta* Crantz) y árboles forestales (Nangayo, Hill, & Wright, 2002). Las pérdidas causadas por el barrenador mayor se estiman en un rango de 9 a 45 % dependiendo de la duración del almacenamiento (Gueye, Goergen, Badiane, Hell, & Lamboni, 2008). El barrenador mayor de los granos es endémico de México y abarca una gran variedad de hábitats. Ramírez-Martínez (1990) lo detectó en maíz criollo en varios estados del centro de México. La presencia del insecto también se ha determinado en América Central y en algunos países de América del Sur (Tigar, Osborne, Key, Flores-Sánchez, & Vázquez-Arista, 1994). La distribución actual del barrenador en África incluye 18 países (Shneider et al., 2004; Gueye et al., 2008).

Los bostríquidos viven en árboles talados o madera muerta, por lo que *P. truncatus* se considera una especie barrenadora de madera que se ha convertido en una especie adaptada a los productos almacenados (Ramírez-Martínez, Alba-Ávila, & Ramírez-Zurbía, 1994). Es apremiante conocer la gama de huéspedes de *P. truncatus* para evaluar y anticipar en qué medida las poblaciones de este insecto pueden considerarse una amenaza para el sistema de almacenamiento de alimentos. Las pérdidas de maíz en postcosecha debido a las plagas de insectos de almacén, como *P. truncatus*, constituyen un obstáculo cada vez más importante para la seguridad alimentaria en todo el mundo (Borgemeister, Holst, & Hodges, 2003; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2009).

La plaga se ha detectado en la mayoría de las zonas productoras de granos del estado de Sonora, México, así como en zonas naturales donde no existen cultivos agrícolas; sin embargo, no se encontró infestando el grano de maíz (Wong-Corral, Ramírez-Martínez, Cortez-Rocha, Borboa-Flores, & Leos-Martínez, 2001). En la actualidad, no se ha determinado cuál o cuáles son los hospederos nativos del insecto en Sonora. Es importante determinar la susceptibilidad de diferentes variedades y tipos de maíz al ataque de *P. truncatus* ya que en el noroeste de México se cosechan y almacenan grandes cantidades de esta gramínea. Si la plaga se adapta (como lo ha hecho en África) a las condiciones de esta zona, sería muy perjudicial, pues el cultivo del maíz es importante desde el punto de vista económico y social. En tal contexto, los objetivos de este estudio fueron cuantificar las pérdidas y daños resultantes de la infestación inducida de *P. truncatus*

INTRODUCTION

Prostephanus truncatus (Horn) is a wood borer insect and postharvest pest native to Mesoamerica, which damages the maize (*Zea mays* L.) and storage structures (Farrell & Shulten, 2002). The *P. truncatus*, also known as “larger grain borer”, feeds and develops preferentially in grains and corncobs from the field to the store, but it is capable of harming other materials both food and packaging, building and clothing (Ramírez-Martínez, 1990). This pest also infests dried cassava (*Manihot sculenta* Crantz) and forest trees (Nangayo, Hill, & Wright, 2002). The losses caused by the larger grain borer are estimated in a range of 9-45 % depending on the duration of storage (Gueye, Goergen, Badiane, Hell, & Lamboni, 2008). The larger grain borer is endemic to Mexico and covers a wide variety of habitats. Ramírez-Martínez (1990) found this insect in native maize in several states in central Mexico. The presence of this insect has also been determined in Central America and some countries in South America (Tigar, Osborne, Key, Flores-Sánchez, & Vázquez-Arista, 1994). The current distribution of this borer in Africa includes 18 countries (Shneider et al., 2004; Gueye et al., 2008).

The bostrychids live in felled trees or dead wood, so *P. truncatus* is considered a wood borer species that has become in a species adapted to stored products (Ramírez-Martínez, Alba-Ávila, & Ramírez-Zurbía, 1994). It is urgent to know the host range of *P. truncatus* to assess and anticipate the extent to which populations of this insect can be considered a threat to the food storage system. Maize postharvest losses, due to storage insect pests, such as *P. truncatus*, are an increasingly important obstacle for food security worldwide (Borgemeister, Holst, & Hodges, 2003; United Nations Food and Agriculture Organization [FAO], 2009).

This pest has been detected in most grain producing areas of the state of Sonora, Mexico, as well as, natural areas without crops; however, the maize grain was not infested (Wong-Corral, Ramírez-Martínez, Cortez-Rocha, Borboa-Flores, & Leos-Martínez, 2001). Nowadays, it has not been determined which are the native hosts for this insect in Sonora. It is important to determine the susceptibility of different varieties and types of maize attacked by *P. truncatus* because in northwestern Mexico large quantities of gramineae are harvested and stored. If this pest adapts (as it has done in Africa) to the conditions of this area, it would be very damaging, since maize is important, from an economic and social perspective. In this context, the aims of this study were to quantify the losses and damages resulting from the infestation induced by *P. truncatus* in 10 varieties of maize and 10 tree species, to define the possible adaptation of the insect.

MATERIALS AND METHODS

Samples

We used 10 varieties of white maize grown in the northwest of Mexico, of which nine were commercial va-

en 10 variedades de maíz y 10 especies arbóreas, para definir la posible adaptación del insecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se utilizaron 10 variedades de maíz blanco cultivadas en el noroeste de México, de las cuales nueve fueron variedades comerciales: 1) ASPROS 948 (AS948), 2) ASGROW 2520 (AG2520), 3) ASGROW 7545 (AG7545), 4) CARGILL 343 (CA343), 5) CARGILL 920 (CA920), 6) INIFAP 433 (IN433), 7) PIONNER 3050 (PI3050), 8) PIONNER 3428 (PI3428), 9) CERES Centella (CE) y 10) "Maizón", un maíz criollo nativo de la zona serrana de Sonora. Las muestras de maíz se limpiaron manualmente eliminando impurezas y granos quebrados. Las muestras se colocaron en un congelador a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 h para eliminar cualquier infestación interna. El contenido de humedad de los granos se ajustó a 12 % en una incubadora (VWR Scientific Inc., modelo 22, Oregon, USA) durante siete días a $27 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70 \pm 3\%$ de humedad relativa (HR). El contenido de humedad se determinó en un equipo Motomco (Motomco Ins., modelo 919, Paterson, NJ, USA). Por otra parte, se midieron la dureza y el color de los granos. La dureza se determinó con base en la fuerza máxima al corte en un texturómetro Instron modelo 1112 (Instron Engineering Corp., Canton, MA, USA). La prueba se realizó en 20 granos de maíz con tres repeticiones, empleando una cuchilla metálica a una velocidad de cabezal de $100\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. La variable respuesta fue fuerza máxima de corte (kgf). El color (porcentaje de reflectancia relativa) se determinó en 300 g de maíz con un colorímetro (Agtron, modelo M-300A, Agtron Inc., Reno, NE, USA), empleando el filtro azul.

Por otro lado, se recolectaron ramas caídas de 10 especies vegetales detectadas con mayor frecuencia cerca de los al-

rieties: 1) ASPROS 948 (AS948), 2) ASGROW 2520 (AG2520), 3) ASGROW 7545 (AG7545), 4) CARGILL 343 (CA343), 5) CARGILL 920 (CA920), 6) INIFAP 433 (IN433), 7) PIONNER 3050 (PI3050), 8) PIONNER 3428 (PI3428), 9) CERES Centella (CE) and 10) "Maizón", a maize native to the mountainous area of Sonora. Maize samples were cleaned manually by removing impurities and broken grains. The samples were placed in a freezer at $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 72 h to remove any internal infestation. The moisture content of the grains was adjusted to 12 % in an incubator (VWR Scientific Inc., model 22, Oregon, USA) for seven days at $27 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $70 \pm 3\%$ relative humidity (RH). The moisture content was determined using Motomco equipment (Motomco Ins., model 919, Paterson, NJ, USA). Later, the hardness and color of the grains were measured. Hardness was determined based on the maximum cutting force on an Instron texture analyzer model 1112 (Instron Engineering Corp., Canton, MA, USA). The test was performed in 20 grains of maize with three replications, using a metal blade at a crosshead speed of $100\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. The response variable was maximum cutting force (kgf). The color (relative reflectance percentage) was determined in 300 g of maize using a colorimeter (Agtron, model M-300A, Agtron Inc., Reno, NE, USA), with a blue filter.

Later, we collected fallen branches of 10 plant species detected most frequently near grain stores located in the northeast of Hermosillo, Sonora. Table 1 shows the species used and the folio number of the catalog of identification provided by the Herbarium of the Department of Scientific and Technological Research of the University of Sonora. The branches were cleaned manually removing impurities and leaves, and maintained at $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 72 h to eliminate internal infestations. At the end, branches were cut into pieces (10 cm length).

CUADRO 1. Especies vegetales recolectadas en las áreas circundantes a los almacenes de granos de Hermosillo, Sonora.

TABLE 1. Plant species collected in areas surrounding the grain stores of Hermosillo, Sonora.

Nombre común / Common name	Nombre científico / Scientific name	Familia / Family	Fichero / File
Pino	<i>Baccharis saratroides</i> A. Gray	Asteraceae	18401
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	17190
Guaje	<i>Leucaena lanceolata</i> (Watson)	Fabaceae	03756
Gallinita	<i>Mascagnia macroptera</i> Nied	Malpighiaceae	09454
Palo fierro	<i>Olneya tesota</i> A. Gray	Fabaceae	08693
Palo verde	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Fabaceae	18779
Guamúchil	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth	Leguminosae	15227
Mezquite	<i>Prosopis vellutina</i> Wooton	Fabaceae	03167
Palo chino	<i>Havardia mexicana</i> (Rose)	Fabaceae	14059
Sangregrado	<i>Jatropha cardiophylla</i> (Torr.) Müll. Arg	Euphorbiaceae	08504

macenas de granos situados en la zona noreste de la ciudad de Hermosillo, Sonora. En el Cuadro 1 se muestran las especies utilizadas y número de folio del catálogo de identificación proporcionado por el Herbario del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Las ramas se limpiaron manualmente eliminando impurezas y hojas, y se mantuvieron a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 h para eliminar infestaciones internas. Al final, las ramas se cortaron en trozos de 10 cm de longitud.

Insectos

Los adultos vivos de *P. truncatus* se capturaron utilizando trampas fabricadas con botellas de plástico de 1.5 L con embudo y conteniendo en el fondo 50 g de maíz. Sobre el embudo de la botella se ató un vial/botella de la feromona Trunc call (Agrisense-BCS, Pontypridd, UK). Se colocaron 10 trampas en las ramas de los árboles a una altura de 1.5 m y una separación de 500 m entre ellas. Los insectos atrapados se recolectaron cada dos semanas y se identificaron mediante claves taxonómicas (Gorham, 1987). Los adultos fueron sexados por la técnica de Shires y McCarthy (1976). Muestras de 0.5 kg de maíz blanco núm. 1 tipo comercial se colocaron en frascos de 1 litro de capacidad con malla metálica en la tapa, los cuales fueron infestados con 50 adultos (25 hembras y 25 machos) de *P. truncatus* para su incremento a $27 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70 \pm 3\%$ HR con un fotoperiodo de 16:8 (L:O). Los adultos emergidos menores de cuatro días de edad fueron utilizados para el ensayo.

Pruebas realizadas en maíz infestado con *P. truncatus*

Preferencia

La preferencia de *P. truncatus* hacia las distintas variedades de maíz se evaluó a través de la prueba de libre elección. Para ello, se utilizó un recipiente circular de plástico de 40 cm de diámetro con 10 divisiones, donde se colocaron 50 g de maíz de cada variedad. Posteriormente, en el centro del recipiente se colocaron 200 adultos (100 hembras y 100 machos) de *P. truncatus* y se incubaron a $27 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70 \pm 3\%$ de HR por 52 días. La prueba se hizo por triplicado. La preferencia de *P. truncatus* se determinó por el número de insectos encontrados en cada división a los 1, 3 y 7 días posteriores al inicio de la prueba. Después del último conteo, los insectos fueron retirados y cada variedad de maíz se depositó en un frasco de 100 mL. Finalmente, se contaron los nuevos adultos que emergieron.

Grano dañado

Después de retirar los adultos, el porcentaje de grano dañado se determinó por el método B3 (Harris & Lindblad, 1978) que consistió en contar el número de granos dañados por los insectos sobre el total de granos de la muestra, empleando la siguiente fórmula:

Insects

Live adults of *P. truncatus* were captured using traps made from plastic bottles (1.5 L) with funnel, containing at the bottom 50 g of maize. On the funnel of the bottle we attached a vial/bottle of the Trunc-call pheromone (Agrisense-BCS, Pontypridd, UK). A total of 10 traps were placed on the branches of trees at a height of 1.5 m and spacing of 500 m between them. The trapped insects were collected every two weeks and identified using taxonomic keys (Gorham, 1987). Adult insects were sexed using the Shires and McCarthy technique (1976). Samples of 0.5 kg of white maize no. 1 (commercial) were placed in bottles of 1 liter capacity with wire mesh on the top, which were infested with 50 adults (25 females and 25 males) of *P. truncatus* to increase at $27 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $70 \pm 3\%$ RH with a photoperiod of 16:8 (L:O). The emerged adults younger than four days old were used for the assay.

Tests in maize infested with *P. truncatus*

Preference

The preference of *P. truncatus* towards different varieties of maize was evaluated by means of the free choice test. For this, we used a plastic circular container (40 cm diameter) with 10 divisions, where 50 g of maize of each variety were placed. Later, in the center of the container 200 adults (100 females and 100 males) of *P. truncatus* were placed and incubated at $27 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $70 \pm 3\%$ RH for 52 days. The test was done in triplicate. The preference of *P. truncatus* was determined by the number of insects found in each division at 1, 3 and 7 days after starting the test. After the last count, the insects were removed and each variety of maize was placed in a 100 mL flask. At the end, the new adults that emerged were counted.

Damaged grain

After removing the adult insects, the percentage of damaged grain was determined by the method B3 (Harris & Lindblad, 1978), which consisted of counting the number of grains damaged by insects on the total grains of the sample, using the following formula:

$$\text{Damaged grain (\%)} = \left(\frac{\text{Number of damaged grains}}{\text{Total grain}} \right) \times 100$$

Weight loss

The procedure was to remove the damaged grains from the undamaged maize and to form two groups. Grains from each group were counted and weighed, substituting the results into the following formula:

$$\text{Weight loss (\%)} = [(UNd - DNu) / (Nd + Nu)] \times 100$$

$$\text{Grano dañado (\%)} = \left(\frac{\text{Número de granos dañados}}{\text{Total de granos}} \right) \times 100$$

Pérdida de peso

El procedimiento consistió en separar el maíz dañado del no dañado y formar dos grupos. Los granos de cada grupo se contaron y pesaron, sustituyendo los resultados en la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = [(UNd - DNu) / (Nd + Nu)] \times 100$$

Donde:

U = Peso del grano no dañado

Nu = Número de granos no dañados

D = Peso del grano dañado

Nd = Número de granos dañados

Germinación

El porcentaje de germinación de las 10 variedades de maíz, tanto al inicio como final del ensayo, se determinó por triplicado en 100 semillas (germinadora Cleland International Inc., modelo 1000 FAAT, Minn, USA) durante nueve días a 25 °C y 90 % de HR (International Seed Testing Association [ISTA], 2006).

Pruebas de preferencia y mortalidad de *P. truncatus* en especies vegetales

Se colocaron cuatro trozos de ramas (diámetro promedio de 0.7 cm) de cada especie vegetal en un frasco de 0.5 L y se infestaron con 50 adultos (25 hembras y 25 machos) de *P. truncatus*. Los frascos, con cuatro repeticiones, se mantuvieron a 27 ± 2 °C y 70 ± 3 % HR durante 52 días. La preferencia de los insectos por las diferentes especies se determinó evaluando el grado de daño de acuerdo con el número de perforaciones. Para ello, se establecieron tres niveles arbitrarios de daño: 1) sin perforaciones, 2) 1 a 4 perforaciones y 3) 5 o más perforaciones. También se evaluó el porcentaje de mortalidad de los insectos a los 35 y 75 días después del inicio del ensayo.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza utilizando el sistema estadístico computacional SAS (SAS Institute, 2005). La prueba de Duncan ($P < 0.05$) se utilizó para encontrar diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Preferencia de *P. truncatus* en maíz

En el primer conteo (día 1), el número de insectos presentes en cada variedad de maíz mostraron diferencias estadísticas

Where:

U = Undamaged grain weight

Nu = Number of undamaged grains

D = Damaged grain weight

Nd = Number of damaged grains

Germination

The percentage of germination of the 10 varieties of maize, both at the start and end of the test, was determined in triplicate in 100 seeds (germinator Cleland International Inc., model 1000 FAAT, Minn, USA) for nine days at 25 °C and 90 % RH (International Seed Testing Association [ISTA], 2006).

Preference and mortality tests of *P. truncatus* in plant species

Four pieces of branches (average diameter of 0.7 cm) of each plant species were placed in a 0.5 L flask and infested with 50 adults (25 males and 25 females) of *P. truncatus*. The flasks with four replications were maintained at 27 ± 2 °C and 70 ± 3 % RH for 52 days. The preference of insects for different species was determined by assessing the degree of damage according to the number of holes. For this purpose, three arbitrary levels of damage were established: 1) without holes, 2) 1-4 holes and 3) 5 or more holes. The percentage of insect mortality at 35 and 75 days after starting the test was also evaluated.

Statistical analysis

The results were subjected to an analysis of variance using the statistical computing system SAS (SAS Institute, 2005). The Duncan test ($P < 0.05$) was used to find differences between treatments.

RESULTS AND DISCUSSION

Preference of *P. truncatus* in maize

In the first count (day 1), the number of insects on each variety of maize showed statistical differences ($P < 0.05$); the variety "Maizon" had the greatest amount of insects (36), while the varieties CA343 and CA920 had the lowest number of insects (seven and 10, respectively) (Figure 1). In the second count (day 3), we observed no difference between the number of insects found in each variety. In the third count (day 7), we found statistical differences ($P < 0.05$) among varieties; the varieties "Maizon" and AG2520 had greater presence of *P. truncatus* (32 and 30 insects), respectively. As in previous counts, the variety CA343 was the least preferred with four insects, the varieties PI3428 and Centella had eight and 12, respectively (Figure 1). This work corroborates that observed by Cortez-Rocha et al. (2009), where variety CA343 was the least preferred by the *Sitophilus zeamais* (Mots) maize weevil.

The preference shown at the beginning of the test remained similar until the end, suggesting that adults of *P. truncatus*

($P < 0.05$), siendo el “Maizón” donde se concentró la mayor cantidad de insectos (36), mientras que en las variedades CA343 y CA920 se encontró el menor número de insectos (siete y 10, respectivamente) (Figura 1). En el segundo conteo (día 3) no hubo diferencias entre el número de insectos encontrados en cada variedad. En el tercer conteo (día 7) se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre las variedades, destacando el “Maizón” y AG2520 con mayor presencia de *P. truncatus*, 32 y 30 insectos, respectivamente. Al igual que en los conteos anteriores, la variedad CA343 fue la de menor preferencia con cuatro insectos y las variedades PI3428 y Centella con ocho y 12 insectos, respectivamente (Figura 1). Este trabajo corrobora lo observado por Cortez-Rocha et al. (2009) donde la variedad CA343 fue la menos preferida por el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* (Mots).

La preferencia mostrada al inicio de la prueba se mantuvo de forma similar hasta el final del ensayo, lo que sugiere que los adultos de *P. truncatus* eligen rápida y adecuadamente el sustrato con el cual se van a alimentar, ovipositar y desarrollar sus poblaciones. Isah, Ayertey, Ukeh, y Umoetok (2012) realizaron pruebas de preferencia con *P. truncatus* en cuatro tipos de alimentos tradicionales africanos (yuca, plantain, cocoyam y yam). Ellos observaron que los insectos eligieron adecuadamente su alimento en 12 h después de iniciada su infestación, siendo los chips de yuca el alimento preferido y donde se observó la mayor emergencia de insectos a los 60 días. Ramírez-Martínez (1990) menciona que si la variedad de maíz es susceptible, el insecto se adapta rápidamente iniciando una profusa barrenación, seguida por una intensa oviposición en el interior del grano hasta lograr la emergencia de adultos.

Emergencia de adultos de *P. truncatus*

Las diferencias entre los valores medios del número de adultos de *P. truncatus* emergidos (F1) en cada una de las 10 variedades de maíz se muestran en el Cuadro 2. Los valores se encuentran ordenados en tres grupos estadísticos (a, ab y b) y la cantidad promedio de insectos emergidos indican la resistencia y sensibilidad de los granos. Las variedades con mayor emergencia de adultos fueron: PI3050, Maizón y CA920, con 46, 45 y 44 insectos, respectivamente, mientras que las de menor emergencia fueron CA343 y PI3428, con dos y cuatro insectos, respectivamente. En general, la mayor cantidad de adultos emergió de los maíces de mayor preferencia para los insectos, provocando también el mayor porcentaje de granos dañados y pérdida de peso. Estos resultados coinciden con Mulungu, Jilala, Mwatawala, y Mwalilino (2011), quienes indican que cuando la emergencia de *P. truncatus* aumentó en cuatro variedades de arroz, también se incrementó el porcentaje de granos dañados y la pérdida de peso. Ahmed, Ahmad, Rizvi, y Ahmad (2013) infestaron especies de insectos (*Rhyzopertha dominica* [F], *Trogoderma granarium* Everts, *Tribolium castaneum* [Herbst] y *Sitophilus oryzae* [L.]) en trigo almacenado y encontraron que cuando la población del insecto aumenta, existe una correlación directa con el grano dañado y pérdida de peso. Por

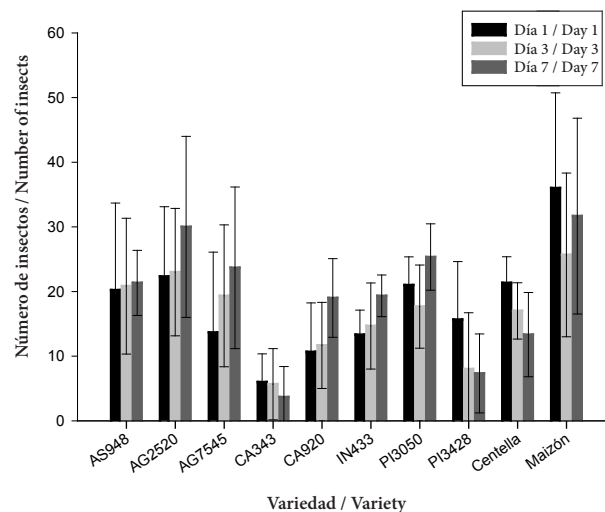


FIGURA 1. Número de insectos adultos (preferencia) de *Prostephanus truncatus* en 10 variedades de maíz en la prueba de libre elección. Las barras indican desviación estándar.

FIGURE 1. Number of adult insects (preference) of *Prostephanus truncatus* in 10 maize varieties in free-choice test. Bars indicate standard deviation.

quickly and appropriately choose the substrate with which they feed, oviposit and develop their populations. Isah, Ayertey, Ukeh, and Umoetok (2012) conducted preference tests with *P. truncatus* in four types of traditional African foods (cassava, plantain, cocoyam and yam). They observed that insects properly chose their food in 12 h after starting the infestation, being cassava chips the preferred food with the greatest emergence of insect at 60 days. Ramírez-Martínez (1990) mentions that if the variety of maize is susceptible, the insect adapts quickly initiating a profuse boring, followed by intense oviposition inside the grain to achieve adult emergence.

Emergence of adults of *P. truncatus*

Table 2 shows the differences among the mean values of the number of adult of *P. truncatus* emerged (F1) in each of the 10 varieties of maize. The values are sorted in three statistical groups (a, ab and b) and the average number of insects emerged indicates the resistance and sensitivity of the grains. The varieties with greater emergence of adults were: PI3050, Maizon and CA920, with 46, 45 and 44 insects, respectively, while CA343 and PI3428 had less emergence with two and four insects, respectively. In general, the greater number of adults emerged from the most preferred maize, also causing the highest percentage of damaged grains and weight loss. These results agree with Mulungu, Jilala, Mwatawala, and Mwalilino (2011), who indicate that when the emergence of *P. truncatus* increased in four varieties of maize, the percentage of damaged grain and the weight loss also increased. Ahmed, Ahmad, Rizvi, and Ahmad (2013) infested insect species (*Rhyzopertha dominica* [F], *Trogoderma grana-*

CUADRO 2. Emergencia de insectos, proporción de sexo, grano dañado y pérdida de peso en 10 variedades de maíz por la infestación de *Prostephanus truncatus*.

TABLE 2. Insect emergence, sex ratio, damaged grain and weight loss in 10 maize varieties by *Prostephanus truncatus* infestation.

Variedades / Varieties	Emergencia (núm. de adultos / Emergence (num. of adults))	Proporción de sexo (% machos)/ sex ratio (% males)	Grano dañado / Damaged grains (%)	Pérdida de peso / Weight loss (%)
Aspros 948	16 ^{ab}	37.5	6.27 ^{ab}	2.09 ^{ab}
Asgrow 2520	24 ^{ab}	25.0	10.14 ^{ab}	2.94 ^{ab}
Asgrow 7545	30 ^{ab}	36.7	12.84 ^{ab}	3.34 ^{ab}
Cargill 343	2 ^b	0.0	0.94 ^b	0.38 ^b
Cargill 920	44 ^a	27.3	22.26 ^a	5.86 ^a
Inifap 433	12 ^{ab}	16.7	4.62 ^{ab}	0.95 ^{ab}
Pionner 3050	46 ^a	34.7	19.75 ^a	4.95 ^a
Pionner 3428	4 ^b	25.0	0.53 ^b	0.23 ^b
Ceres Centella	38 ^{ab}	23.7	9.54 ^{ab}	3.41 ^{ab}
Maizón	45 ^a	35.5	17.68 ^a	6.11 ^a

Valores con la misma letra en una columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

Values with the same letter in a column are statistically significant ($P < 0.05$).

otro lado, Siwale, Mbata, Mcrobert, y Lungu (2009) consideran que el número de insectos adultos emergidos es la prueba más importante para determinar la resistencia de los granos de cultivos de maíz a los ataques de gorgojos.

Proporción de sexo

Al determinar el sexo de los adultos emergidos de *P. truncatus*, se detectó un promedio de 26.5 % de machos. En el Cuadro 2 se muestra el porcentaje de machos emergidos en cada variedad. Shires (1980) no encontró diferencias en el sexo de *P. truncatus* en harina de maíz. Rodríguez-Cobos y Iannacone (2012) reportaron una proporción sexual de 50 % en los adultos emergidos de *S. zeamais* en ocho cultivares de maíz. Tabadkani, Ashouri, Rahimi-Alangi, y Fathi-Moghaddam (2013) mencionan que las hembras y machos de la progenie de una gran cantidad de insectos y otros animales son afectados fuertemente por las condiciones ambientales como la temperatura, humedad y cambios estacionales.

Porcentaje de granos dañados

Las variedades de maíz con mayor porcentaje de grano dañado fueron CA920, PI3050 y el Maizón con 22.26, 19.75 y 17.68 %, respectivamente, siendo estadísticamente ($P < 0.05$) similares. Por otro lado, las variedades CA343 y PI3428 fueron las menos dañadas, presentando valores inferiores de 1 % (Cuadro 2). Se observó que *P. truncatus* dejó granos intactos en todas las muestras, mientras que el daño fue muy fuerte en los granos afectados. Esto sugiere que los valores de daño pudieron ser más elevados que los aquí reportados.

Los criterios actuales para detectar y evaluar resistencia en el grano de maíz se fundamentan en la cuantificación del deterioro

rium Everts, *Tribolium castaneum* [Herbst] and *Sitophilus oryzae* [L.] in stored wheat and found that when the insect population increases, there is a direct correlation with the damaged grain and weight loss. On the other hand, Siwale, Mbata, Mcrobert, and Lungu (2009) consider that the number of emerged adult insects is the most important test to determine the resistance of grains of maize cultivars to weevils attacks.

Sex ratio

By determining the sex of adults emerged of *P. truncatus*, we detected an average of 26.5 % of males. Table 2 shows the percentage of males emerged in each variety. Shires (1980) found no difference in the sex of *P. truncatus* in maize flour. Rodríguez-Cobos and Iannacone (2012) reported a sex ratio of 50 % in adult emerged of *S. zeamais* in eight maize cultivars. Tabadkani, Ashouri, Rahimi-Alangi, and Fathi-Moghaddam (2013) mention that males and females of the progeny of a lot of insects and other animals are strongly affected by environmental conditions such as temperature, humidity and seasonal changes.

Percentage of damaged grains

Maize varieties with the highest percentage of damaged grain were CA920, PI3050 and Maizon with 22.26, 19.75 and 17.68 %, respectively, being statistically ($P < 0.05$) similar. Furthermore, the varieties CA343 and PI3428 were the least damaged, presenting values lower than 1 % (Table 2). It was observed that *P. truncatus* left intact grains in all samples, while the damage was very strongly in affected grains. This suggests that damage values could be higher than those reported in this study.

causado por el insecto (porcentaje de daño, pérdida de peso y nivel de infestación), sus parámetros biológicos y reproductivos, y en las características fenotípicas del grano asociadas con la resistencia (aspectos biofísicos y bioquímicos) (García-Lara & Bergvinson, 2007). Sin embargo, muchos de estos métodos demandan tiempo, costo y personal especializado. La implementación de nuevos métodos permitiría una evaluación más eficiente y efectiva de la resistencia de las variedades a las principales plagas de postcosecha (Bergvinson & García-Lara, 2004).

Porcentaje de pérdida de peso

Las variedades con mayor pérdida de peso fueron el Maizón con 6.11 %, CA920 con 5.86 % y PI3050 con 4.95 %, mientras que PI3428 y CA343 tuvieron la menor pérdida (Cuadro 2). Las variedades con los porcentajes más altos de grano dañado son las mismas con mayor pérdida de peso, lo que representa el daño ocasionado por el insecto que perfora la cubierta, barrenada y se alimenta del interior del grano. Cugala et al. (2007) mencionan que al incrementar el número de insectos de *P. truncatus* en variedades de maíz se obtuvo la mayor pérdida de peso del grano, destacando la variedad Honde con 61.5 %. Estos autores estimaron que cada insecto de *P. truncatus* reduce el peso del grano en 0.46 g, mientras que *S. zeamais* lo reduce en 0.19 g. Bergvinson y García-Lara (2011) encontraron una correlación significativa entre la pérdida de peso del grano de maíz con el número de insectos de *P. truncatus* en cuatro genotipos de maíz; sin embargo, con la presencia del depredador *Teretrius nigrescens* (Lewis) y el uso de genotipos de maíz resistente, la pérdida de peso se redujo en 50 %.

Dureza

El análisis mostró diferencias entre los valores medios de dureza de las 10 variedades de maíz. La variedad Centella tuvo la mayor dureza (23.7 kgf), mientras que las variedades CA343 y PI3050 (15.93 y 16.49 kgf, respectivamente) fueron las menos duras (Cuadro 3). La variedad CA343 sufrió menos daño a pesar de tener la menor dureza; sin embargo, la variedad PI3050 fue también de las menos duras, pero fue de las más afectadas tanto en porcentaje de grano dañado como en pérdida de peso. Se obtuvo una correlación muy baja de la dureza con el porcentaje de granos dañados ($r = 0.20$) y la pérdida de peso ($r = 0.15$), sugiriendo que el factor dureza no fue el más determinante en la preferencia de *P. truncatus*. García-Lara et al. (2004) reportaron una correlación negativa ($r = -0.84$) entre la dureza y la susceptibilidad del grano al ataque de *S. zeamais*. Cortez-Rocha et al. (2009) también concluyeron que la susceptibilidad de las variedades de maíz a la infestación de *S. zeamais* no está relacionada con la dureza del grano.

Color

Las variedades de maíz con mayor porcentaje de reflectancia (granos más blancos) fueron "Maizón" y PI3050, mientras que CA920 presentó una reflectancia media; el resto de los maíces presentaron la menor reflectancia (opacos o

Present approaches to detect and evaluate resistance in maize grains are based on the quantification of the damage caused by the insect (percentage of damage, weight loss and level of infestation), their biological and reproductive parameters, and phenotypic characteristics of the grain related to resistance (biophysical and biochemical aspects) (García-Lara & Bergvinson, 2007). However, many of these methods require time, cost and qualified personnel. The implementation of new methods allow for a more efficient and effective evaluation of the resistance of varieties to major pests of postharvest (Bergvinson & García-Lara, 2004).

Weight loss percentage

The varieties with greater weight loss were Maizon with 6.11 %, CA920 with 5.86 % and PI3050 with 4.95 %, while PI3428 and CA343 had the lowest loss (Table 2). The varieties with the highest percentages of damaged grain are the same with greater weight loss, representing the damage caused by the insect that hole the cover, bore and feeds of the internal grain. Cugala et al. (2007) have noted that by increasing the number of insects of *P. truncatus* in most varieties of maize, we obtain the greatest weight loss, highlighting the variety Honde with 61.5 %. These authors estimated that each insect of *P. truncatus* reduces the weight of the grain by 0.46 g, while *S. zeamais* reduces it by 0.19 g. Bergvinson and García-Lara (2011) found a significant correlation between weight loss of maize grain with the number of insects of *P. truncates* in four genotypes of maize; however, with the presence of the predator *Teretrius nigrescens* (Lewis) and the use of resistant maize genotypes, the weight loss was reduced by 50 %.

Hardness

The analysis showed differences among mean values of hardness of the 10 maize varieties. The variety Centella had the highest hardness (23.7 kgf), while CA343 and PI3050 (15.93 and 16.49 kgf, respectively) were the least hard varieties (Table 3). The variety CA343 suffered less damage despite having a lower hardness, but the variety PI3050 was also one of the less hard varieties, but it was one of the most affected in both percentage of damaged grain and weight loss. We observed a very low correlation of hardness with the percentage of damaged grains ($r = 0.20$) and weight loss ($r = 0.15$), suggesting that hardness was not the most important factor in the preference of *P. truncates*. García-Lara et al. (2004) reported a negative correlation ($r = -0.84$) between hardness and grain susceptibility to the attack of *S. zeamais*. Cortez-Rocha et al. (2009) also concluded that the susceptibility of maize varieties to infestation of *S. zeamais* is unrelated to grain hardness.

Color

Maize varieties with higher percentage of reflectance (whiter grains) were "Maizon" and PI3050, while CA920 had a mean reflectance; and the rest of the maize varieties had the

CUADRO 3. Análisis físico de dureza y color, y porcentajes de germinación en 10 variedades de maíz.

TABLE 3. Physical analysis of hardness and color, and percentage of germination in 10 varieties of maize.

Varietades / Varieties	Dureza / Hardness (kgf)	*Color	Germinación inicial / Initial germination (%)	Germinación final / Final germination (%)
Aspros 948	19.75 ^{ab}	23.06 ^c	95 ^a	87 ^b
Asgrow 2520	18.56 ^{ab}	23.20 ^c	96 ^a	89 ^{ab}
Asgrow 7545	19.07 ^{ab}	25.53 ^b	98 ^a	88 ^{ab}
Cargill 343	15.93 ^b	23.12 ^c	88 ^a	88 ^{ab}
Cargill 920	20.24 ^{ab}	25.20 ^b	96 ^a	86 ^b
Inifap 433	20.32 ^{ab}	22.63 ^c	98 ^a	90 ^a
Pionner 3050	16.49 ^b	26.63 ^a	97 ^a	85 ^c
Pionner 3428	21.71 ^{ab}	22.46 ^c	98 ^a	98 ^a
Centella	23.72 ^a	22.96 ^c	98 ^a	91 ^a
Maizón	20.44 ^{ab}	27.40 ^a	94 ^a	67 ^c

Valores con la misma letra en una columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

*Porcentaje de reflectancia en filtro azul.

Values with the same letter in a column are statistically significant ($P < 0.05$).

* Reflectance percentage in blue filter.

cremosos). Los maíces más blancos sufrieron mayor daño, tanto en emergencia, granos dañados, **pérdida de peso y germinación** (Cuadro 3).

La importancia de los fenoles del pericarpio en la tolerancia a plagas de almacén ha sido señalada por García-Lara et al. (2004), indicando que la concentración de fenoles en dicha estructura se relaciona con la tolerancia al ataque de *S. zeamais*. Cabrera-Soto, Salinas-Moreno, Velázquez-Cardelas, y Espinosa (2009) correlacionaron los fenoles del pericarpio y el color del grano, indicando que entre más cremoso sea tendrá mayor contenido de fenoles. El color del maíz está dado por pigmentos del pericarpio y de la capa de aleurona (Watson, 2003). Los fenoles de las estructuras del grano están relacionados con la dureza y son consistentes con lo reportado por García-Lara et al. (2004). Lo anterior coincide con los resultados del presente trabajo, donde los maíces más opacos o cremosos fueron los menos dañados o más resistentes.

Porcentaje de germinación

La germinación del maíz se redujo en un rango de 7 a 12 % por el ataque de *P. truncatus* en la mayoría de las variedades, a excepción de PI3428 y CA343, las cuales no presentaron daños ni disminución de sus reservas, por lo cual su capacidad de germinación no fue afectada. La semilla del “Maizón” fue la más afectada con un decremento de 27 puntos con respecto a la germinación inicial (Cuadro 3). Este resultado es relevante, ya que el “Maizón” se siembra ampliamente en las regiones rurales de Sonora y se podrían ocasionar

lowest reflectance (opaque or creamy color). Whiter maize suffered major damage in emergence, damaged grains, weight loss and germination (Table 3).

The importance of the pericarp phenols in tolerance to storage pests has been noted by García-Lara et al. (2004), indicating that the concentration of phenol in this structure is related to attack tolerance of *S. zeamais*. Cabrera-Soto, Salinas-Moreno, Velázquez-Cardelas, and Espinosa (2009) correlated pericarp phenols and grain color, indicating that the creamier the color, higher the content of phenols. The color of the maize is given by pigments of the pericarp and aleurone layer (Watson, 2003). Phenols of grain structures are related to hardness and are consistent with those reported by García-Lara et al. (2004). This coincides with the results of this study, where the most opaque maize or with the creamiest color was the least damaged or more resistant.

Germination percentage

Maize germination was reduced in a range of 7-12 % by the attack of *P. truncatus* in most varieties, except PI3428 and CA343, which showed no damage or diminution of its reserves, so their germination capacity was not affected. The seed of “Maizon” was the most affected with a decrease of 27 points with respect to the initial germination (Table 3). This result is important because “Maizon” is widely grown in the rural regions of Sonora and could cause serious problems if *P. truncatus* adapts as pest. Mulungu et al. (2011) found that maize varieties with the highest number of adult of *P. truncatus*

nar graves problemas si *P. truncatus* llega a adaptarse como plaga. Mulungu et al. (2011) encontraron que las variedades de arroz con mayor número de adultos de *P. truncatus* presentaron los valores más bajos de germinación. Rahman, Taleb, y Biswas (2003) mencionan que el nivel de daño a la germinación de la semilla de trigo ocasionado por *Sitophilus granarius* (L.) está en función del número de insectos y el tiempo de almacenamiento.

En resumen, la variedad CA343 fue la más resistente a la infestación de *P. truncatus*, mientras que "Maizón" fue la más susceptible. La primera es una variedad mejorada y la segunda es un maíz criollo que se ha cultivado a través de generaciones de agricultores. El uso de variedades resistentes a plagas de almacén es una posibilidad real y, en este sentido, se han caracterizado variedades de maíz con esta propiedad. Los mecanismos y bases de resistencia se fundamentan en la composición del pericarpio y el endospermo. Estas estructuras poseen compuestos fenólicos y proteínas que limitan la penetración del insecto al grano de maíz (García-Lara & Bergvinson, 2007). Además de estudiar las variedades resistentes a plagas de almacén, se deben realizar otras investigaciones de control integrado, tales como la búsqueda de organismos biológicos y plantas nativas con propiedades repelentes, entre otros. También se deben realizar mejores prácticas de almacenamiento y brindar capacitación a los agricultores y almacenistas. La conjugación de estos trabajos permitirá la reducción de pérdidas del grano de maíz.

Preferencia y mortalidad de *P. truncatus* en especies vegetales

Los trozos de ramas con mayor grado de daño ocasionado por *P. truncatus* pertenecieron a *Ricinus communis*, *Jatropha cardiophylla* y *Parkinsonia aculeata* (Cuadro 4). Ríos (1991) reportó que, en el altiplano mexicano, el insecto daña fuertemente las maderas suaves y con interior esponjoso, y que sobrevive por más de 100 días en *Prosopis* sp. sin reproducirse. En el presente trabajo, *P. truncatus* sobrevivió por más de dos meses en las maderas más susceptibles. Nansen, Meikle, Tigar, Harding, y Tchabi (2004) observaron daños fuertes de *P. truncatus* en trozos de ramas de 11 especies de árboles en África, pero solamente se reprodujo en *Tectona grandis* (Verbenaceae). Nangayo et al. (2002) reportaron una baja capacidad reproductiva del insecto en las maderas, ya que al estudiar 84 especies de árboles y arbustos nativos de Kenia sólo se observó la reproducción en 27 especies, siendo más abundante en la madera recolectada durante la estación seca. Kossou (1992) observó la capacidad de *P. truncatus* de perforar las maderas empleadas en la construcción de graneros tradicionales, observando el desarrollo de larvas y adultos del insecto en cuatro de las 10 especies de maderas analizadas: *T. grandis*, *Fagara xanthoxyloides* (Rutaceae), *Azadirachta indica* (Meliaceae) y *Mallotus oppositifolius* (Euphorbiaceae). En el presente estudio, las especies de madera fueron diferentes, por lo cual se considera que el insecto no encontró condiciones apropiadas para su desarrollo.

En el Cuadro 4 se observan los resultados de mortalidad de *P. truncatus* a los 35 días, apreciándose que los porcen-

tos had the lowest germination values. Rahman, Taleb, and Biswas (2003) mention that the level of damage to the seed germination of wheat caused by *Sitophilus granarius* (L.) is a function of the number of insects and the storage time.

In brief, the variety CA343 was the most resistant to infestation of *P. truncatus*, while "Maizon" was the most susceptible. The first is an improved variety and the second is native maize that has been cultivated through farmer generations. The use of varieties resistant to grain pests is a real possibility, and in this sense, maize varieties with this property have been characterized. The resistance mechanisms and bases are founded on the composition of the pericarp and endosperm. These structures possess phenolic compounds and proteins that limit the insect penetration to the maize grain (García-Lara & Bergvinson, 2007). Besides studying the varieties resistant to grain pests, further research on integrated control should be performed, such as the search for biological organisms and native plants with repellent properties, among others. Also better storage practices should be performed and training for farmers and workers. The combination of these works will reduce losses of maize grains.

Preference and mortality of *P. truncatus* in plant species

The pieces of branches with higher degree of damage caused by *P. truncatus* belonged to *Ricinus communis*, *Jatropha cardiophylla* and *Parkinsonia aculeata* (Table 4). Ríos (1991) reported that, in the Mexican highlands, the insect heavily damages soft spongy inner wood, and survives for more than 100 days in *Prosopis* sp. without reproducing. In this study, *P. truncatus* survived for more than two months in the most susceptible wood. Nansen, Meikle, Tigar, Harding, and Tchabi (2004) observed heavy damage made by *P. truncatus* in pieces of branches of 11 tree species in Africa, but this insect only reproduced in *Tectona grandis* (Verbenaceae). Nangayo et al. (2002) reported a low reproductive capacity of the insect in woods, since by studying 84 species of native trees and shrubs in Kenya, they only observed the reproduction of this insect in 27 species, being more abundant in wood harvested during the dry season. Kossou (1992) noted the ability of *P. truncatus* of drilling the wood used in the construction of traditional barns, observing the development of larvae and insects adults in four of the 10 species of wood analyzed: *T. grandis*, *Fagara xanthoxyloides* (Rutaceae), *Azadirachta indica* (Meliaceae) and *Mallotus oppositifolius* (Euphorbiaceae). In this study, wood species were different, so it is considered that the insect did not find appropriate conditions for its development.

Table 4 shows the results of mortality of *P. truncatus* at 35 days, appreciating that the lowest percentages were in *R. communis* and *J. cardiophylla* with 8 and 18 %, respectively. These species and *P. aculeata* suffered major damage as a result of borer infestation.

CUADRO 4. Mortalidad de *Prostephanus truncatus* y grado de daño en trozos de ramas de 10 especies vegetales.

TABLE 4. Mortality of *Prostephanus truncates* and degree of damage in pieces of brances of 10 plant species.

Especies vegetales / Plant species	Mortalidad % / Mortality		Daño / Damage*
	Día / Day 35	Día / Day 75	
<i>Baccharis sarothroides</i>	66	80	1
<i>Ricinus communis</i>	8	84	3
<i>Leucaena lanceolata</i>	81	98	1
<i>Mascagnia macroptera</i>	83	95	1
<i>Olneya tesota</i>	73	94	2
<i>Parkinsonia aculeata</i>	53	74	3
<i>Pithecellobium dulce</i>	54	72	1
<i>Prosopis velutina</i>	86	97	1
<i>Havardia mexicana</i>	50	70	1
<i>Jatropha cardiophylla</i>	18	45	3

* Escala arbitraria de daño: 1) Sin perforaciones, 2) 1 a 4 perforaciones, 3) 5 o más perforaciones.

* Arbitrary scale of damage: 1) without holes, 2) 1-4 holes 3) 5 or more holes.

tajes más bajos se presentaron en *R. communis* y *J. cardiophylla* con 8 y 18 %, respectivamente. Estas especies y *P. aculeata* sufrieron mayor daño por efecto de la infestación del barrenador.

Ramírez-Martínez et al. (1994) señalaron que las ramas ceñidas sirvieron de hospederos de *P. truncatus* en la estación seca, porque en la estación de lluvias las ramas estaban demasiado húmedas para vivir. Asimismo, reportaron la primera detección de plantas hospederas de *P. truncatus*: *Spondias purpurea* (Anacardeaceae) y *Bursera fagaroides* (Burseraceae) en ramas caídas y cortadas por el escarabajo *Oncyderes albomarginata chamela* (Cerambycidae) en un bosque tropical caducifolio de la Estación Chamela de la UNAM en la Costa de Jalisco, México. Los mismos autores consideran que *P. truncatus* utilizó la vegetación natural como posible punto de difusión para colonizar los campos agrícolas vecinos como una fuente de alimento. Las ramas de árboles de la familia Anacardiaceae, ceñidas por cerambíidos, son los únicos hospederos no agrícolas reportados para *P. truncatus* en el campo (Nansen et al., 2004).

CONCLUSIONES

La preferencia de *P. truncatus* hacia las variedades de maíz se mantuvo constante en todo el ensayo, indicando que el insecto eligió eficazmente su mejor opción de alimento. La variedad mejorada CA343 fue la más resistente a la infestación inducida del barrenador mayor, mientras que el maíz criollo “Maizón” resultó el más susceptible. El mayor número de adultos de *P. truncatus* emergió de las variedades más dañadas, lo cual puede considerarse para clasificar la

Ramírez-Martínez et al. (1994) reported that the tight branches served as hosts of *P. truncatus* in the dry season, because in the rainy season the branches were too wet to live. They also reported the first detection of plants hosts of *P. truncatus*: *Spondias purpurea* (Anacardeaceae) and *Bursera fagaroides* (Burseraceae) in fallen and cut branches by *Oncyderes albomarginata chamela* (Cerambycidae) beetle in a deciduous tropical forest of the Chamela Station, UNAM, on the Coast of Jalisco, Mexico. The same authors believe that *P. truncatus* used the natural vegetation as possible diffusion point to colonize neighboring farmland as a food source. The branches of trees in the family Anacardiaceae, girded by longhorn beetles are the only nonfarm hosts reported for *P. truncatus* in the field (Nansen et al., 2004).

CONCLUSIONS

The preference of *P. truncatus* to maize varieties remained constant throughout the test, indicating that the insect chose effectively its best choice of food. The improved variety CA343 was the most resistant to the induced infestation of the borer, while the native maize “Maizon” was the most susceptible. The highest number of adult of *P. truncatus* emerged from the most damaged varieties, which can be considered to classify the susceptibility of varieties. The hardness of the grain was not related to the degree of damage, while the whitest varieties were the most attacked. The population of *P. truncatus* showed higher number of females than males, higher than that found in their natural habitat. The pieces of branches of *R. communis*, *P. aculeata* and *J. cardiophylla* were the most attacked by *P. truncatus*; but the

susceptibilidad de las variedades. La dureza del grano no se relacionó con el grado de daño, mientras que las variedades de color más blanco fueron las más atacadas. La población de *P. truncatus* presentó mayor cantidad de hembras que de machos, superior a la encontrada en su hábitat natural. Los trozos de ramas de *R. communis*, *P. aculeata* y *J. cardiophylla* fueron las más atacadas por *P. truncatus*; sin embargo, el insecto no fue capaz de reproducirse en ninguna de estas especies, por lo que es posible que en Sonora existan otras hospederas naturales del insecto en las cuales se pueda desarrollar exitosamente.

insect was unable to reproduce in any of these species, so in Sonora there may be other insect natural host in which they can develop successfully.

REFERENCIAS

- Ahmed, M., Ahmad, A., Rizvi, S., & Ahmad, T. (2013). Storage losses caused by four stored grain insect pest species and the development of a mathematical model for damage grain. *International Journal of Agricultural Applied Science*, 5(1), 34–40. Obtenido de <http://ijaas.uos.edu.pk/A/IJAA-5.pdf>
- Bergvinson, D. J., & García-Lara, S. (2004). Genetic approaches to reducing losses of stored grain to insects and diseases. *Current Opinion in Plant Biology*, 7(4), 480–485. doi: 10.1016/j.pbi.2004.05.001
- Bergvinson, D. J., & García-Lara, S. (2011). Synergistic effects of insect-resistant maize and *Teretrius nigrescens* on the reduction of grain losses caused by *Prostephanus truncatus* (Horn). *Journal of Stored Products Research*, 47(2), 95–100. doi: 10.1016/j.jspr.2011.01.003
- Borgemeister, C., Holst, N., & Hodges, R. G. (2003). Biological control and other pest management options for larger grain borer *Prostephanus truncatus*. In P. Neuenschwander, C. Borgemeister, & J. Langewald (Eds.), *Biological control in IPM system in Africa* (pp. 311–328). Wallingford, Oxon, England: CAB International.
- Cabrera-Soto, M. L., Salinas-Moreno, Y., Velázquez-Cardelas, G. A., & Espinosa, T. E. (2009). Contenido de fenoles solubles e insolubles en las estructuras del grano de maíz y su relación con propiedades físicas. *Agrociencia*, 43, 827–839. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/302/30215547005.pdf>
- Cortez-Rocha, M. O., Ríos-Soto, J. L., Sánchez-Mariñez, R. I., Wong-Corral, F. J., Burgos-Hernández, A., Borboa-Flores, J., & Leos-Martínez, J. (2009). Relationship between chemical and physical parameters of maize varieties and susceptibility to *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Southwestern Entomologist*, 34(2), 159–166. doi:10.3958/059.034.0206
- Cugala, D., Sidumo, A., Santos, L., Mariquele, B., Cumba, V., & Bulha, M. (2007). Assessment of status, distribution, and weight lost due to *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in Mozambique. *African Crop Science Proceedings*, 8, 975–979. Obtenido de <http://www.acss.ws/Upload/XML/Research/397.pdf>
- Farrell, G., & Shulten, G. G. (2002). Larger grain borer in Africa; a history of effort to limit its impact. *Integrated Pest Management Reviews*, 7, 67–84. doi: 10.1023/A:1026345131876
- García-Lara, S., & Bergvinson, D. G. (2007). Programa integral para reducir pérdidas de poscosecha de maíz. *Agricultura*

End of English Version

- Técnica en México*, 33(2), 181–189. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v33n2/v33n2a8.pdf>
- García-Lara, L., Bergvinson, D. G., Burt, A. J., Ramputh, I., Díaz-Pontones, D. M., & Arnason, J. T. (2004). The role of pericarp cell wall components in maize weevil resistance. *Crop Science*, 44, 1546–1552 doi:10.2135/cropsci2004.1546
- Gorham, J. R. (1987). Insect and mite pests in food: An illustrated key. U. S. Department of Agriculture, National Agricultural Library. Obtenido de <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/person/2863/pdffdocuments/Gorham%201991%20V1.pdf>
- Gueye, M., Goergen, G., Badiane, D., Hell, K., & Lamboni, L. (2008). First report on occurrence of the larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in Senegal. *African Entomology*, 16, 309–311. doi: 10.4001/1021-3589-16.2.309
- Harris, K. L., & Lindblad, C. J. (1978). *Postharvest grain loss assessment methods: A manual of methods for the evaluation of postharvest losses*. USA: American Association of Cereals Chemists.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2006). *Handbook on seedling evaluation* (3rd ed.). Bassersdorf, Switzerland: Autor.
- Isah, M. D., Ayertey, J. N., Ukeh, D. A., & Umoetok, S. B. A. (2012). Damage and weight loss to dried chips of cassava, cocoyam, yam and plantain exposed to *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) over three different time durations. *Journal of entomology*, 9(3), 137–145. doi: 10.3923/je.2012.137.145
- Kossou, D. K. (1992). Sensibilité des bois de construction des greniers traditionnels aux attaques de *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). *Insect Science and its Application*, 3, 435–439. doi:10.1017/S1742758400013734
- Mulungu, L. S., Jilala, M. R., Mwatawala, M. W., & Mwalilino, J. K. (2011). Assessment of damage due to larger grain borer (*Prostephanus truncatus* Horn) on stored paddy rice (*Oryza sativa* L. Poaceae). *Journal of Entomology*, 8(3), 295–300. doi: 10.3923/je.2011.295.300
- Nangayo, F. L., Hill, M., & Wright, D. J. (2002). Potential hosts of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) among native and agroforestry trees in Kenya. *Bulletin of Entomological Research*, 92, 499–506. Obtenido de http://journals.cambridge.org/download.php/BER/BER92_06/S0007485302000573a.pdf
- Nansen, C., Meikle, W., Tigar, B., Harding, S., & Tchabi, A. (2004).

- Nonagricultural host of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in a West African forest. *Annals of the Entomological Society of America*, 98(3), 481–491. doi:10.1603/0013-8746(2004)097
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009). *Post-harvest losses aggravate hunger*. Rome, Italy: Autor.
- Rahman, M. A., Taleb, M. A., & Biswas, M. M. (2003). Evaluation of botanical product as grain protectant against grain weevil *Sitophilus granarius* (L.) on wheat. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2, 501–504. doi: 10.3923/ajps.2003.501.504
- Ramírez-Martínez, M. (1990). *Morfología, anatomía, ciclo de vida, infestación y daños del barrenador grande de los granos Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ramírez-Martínez, M., Alba-Ávila, A., & Ramírez-Zurbía, R. (1994). Discovery of the larger grain borer in a tropical deciduous forest in Mexico. *Journal of Applied Entomology*, 118, 354–360. doi: 10.1111/j.1439-0418.1994.tb00811.x
- Ríos, I. M. R. (1991). *Ecología de Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) en el Altiplano Mexicano. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. de México, México.
- Rodríguez-Cobos, A. C., & Iannacone, J. (2012). Resistencia de granos almacenados de cultivares de maíz amarillo duro a *Sitophilus zeamais* Mostchulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Peruana de Entomología*, 47(1), 1 – 6. Obtenido de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v47n1/contenido.htm>
- Shires, S. W. (1980). Life history of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) at optimum conditions of temperature and humidity. *Journal of Stored Products Research*, 16, 147–150. doi: 10.1016/0022-474X(80)90012-0
- Schneider, H., Borgemeister, C., Setamou, M., Affognon, H., Bell, A., Zweigert, M. E., ...Schulthess, F. (2004). Biological control of the larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) by its predator *Teretrius nigrescens* (Lewis) (Coleoptera: Histeridae) in Togo and Benin. *Biological Control*, 30, 241–255. doi: 10.1016/j.biocontrol.2004.01.010
- Shires, S. W., & McCarthy, S. (1976). A character for sexing life adults of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Stored Product Research*, 16, 147–150. doi: 10.1016/0022-474X(76)90044-8
- Siwale, J., Mbata, K., Mcrobert, J., & Lungu D. (2009). Comparative resistance of improved maize genotypes and landraces to maize weevil. *African Crop Science Journal*, 17, 1–16. doi: 10.4314/acsj.v17i1.54206
- Statistical Analysis System (SAS Institute). 2005. *PROC user's manual* (8th version). Cary, NC, USA: Autor.
- Tabadkani, S. M., Ashouri, A., Rahimi-Alangi, V., & Fathi-Moghaddam, M. (2013). When to estimate sex ratio in natural populations of insects? A study on sex ratio variations of gall midges within a generation. *Entomological Science*, 16,54–59. doi:10.1111/j.1479-8298.2012.00537.x
- Tigar, B. J., Osborne, P. E., Key, G. E., Flores-Sánchez, M. E., & Vázquez-Arista, M. (1994). Distribution and abundance of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) and its predator *Teretriusoma nigrescens* (Coleoptera: Histeridae) in Mexico. *Bulletin of Entomological Research*, 84, 555–565. doi: 10.1017/S0007485300032818
- Watson, S. A. (2003). Description, development, structure and composition of the corn kernel. In P. J. White & L. A. Johnson (Eds.), *Corn: Chemistry and technology* (2nd ed., pp. 69–106). St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists.
- Wong-Corral, F. J., Ramírez-Martínez, M., Cortez-Rocha, M., Borboa-Flores, J., & Leos-Martínez, J. (2001). Presence of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in Sonora, México, First report. *Southwestern Entomologist*, 22, 151–158. Obtenido de <http://sswe.tamu.edu/articles/volume26/issue2.html>