

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA DE
Prostephanus truncatus
(HORN) (COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE)
A SU FEROMONA TRUN-CALL

POR
RAUL TORRES ZAPATA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
CON ESPECIALIDAD EN POSTCOSECHA

MARIN, N. L., MEXICO

DICIEMBRE DE 1999

CTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA DE *Prostephanus truncatus*
(RN) (COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE) A SU FEROMONA TRUN-CALL

TD
SB191
.M2
T67
1999
c.1



1080110342

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA DE
Prostephanus truncatus
(HORN) (COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE)
A SU FEROMONA TRUN-CALL

POR
RAUL TORRES ZAPATA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
CON ESPECIALIDAD EN POSTCOSECHA

MARIN, N. L., MEXICO

DICIEMBRE DE 1999



TD

B191

-ME

T67

1999



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA DE
Prostephanus truncatus (HORN) (COLEOPTERA:
BOSTRICHIDAE) A SU FEROMONA
TRUNC-CALL

POR

RAUL TORRES ZAPATA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS CON
ESPECIALIDAD EN POSTCOSECHA

Marín, N.L., México .

Diciembre de 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA DE
Prostephanus truncatus (HORN) (COLEOPTERA:
BOSTRICHIDAE) A SU FEROMONA
TRUNC-CALL

POR
RAUL TORRES ZAPATA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS CON
ESPECIALIDAD EN POSTCOSECHA

Marín, N. L., México

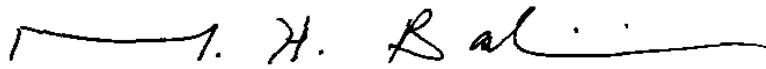
Diciembre de 1999

**FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA DE *Prostephanus truncatus* (HORN)
(COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE) A SU FEROMONA TRUNC-CALL**

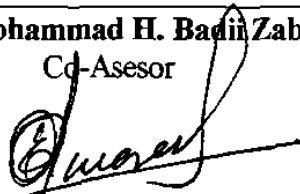
Aprobación de la Tesis:



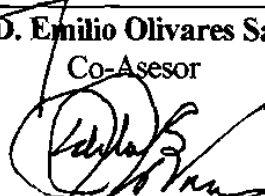
Ph.D. Josué Leos Martínez
Asesor Principal



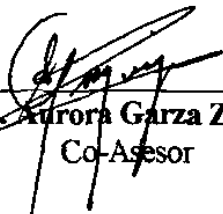
Ph.D. Mohammad H. Badi Zabe
Co-Asesor



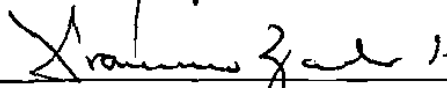
Ph.D. Emilio Olivares Sáenz
Co-Asesor



Ph.D. Jose Luis de la Garza González
Co-Asesor



Dra. Aurora Garza Zuñiga
Co-Asesor



Ph.D. Francisco Zavala García
Subdirector de Estudios de Postgrado de la Facultad de Agronomía

DEDICATORIA

A mis padres:

Sra. Pascuala Zapata Mendoza, por sus sabios consejos, y señalarme el camino correcto. A ti y a mi padre gracias por darme la vida

y

Sr. Andrés Torres Rico, por su incansable dedicación y esmero en el trabajo para evitar que nos faltara lo indispensable para vivir y desarrollarnos, y además por darnos educación y por su atinada disciplina para con nosotros.

A todos mis hermanos:

Catalina, María, Margarita, Ma. Santos, Nicacia, José Domingo, Francisco, José, Ma. Isabel, Imelda y Rosalba. Gracias por alentarme y ayudarme.

A la memoria de mis abuelos Paternos: Eulogio Torres y Petra Rico. Maternos; José I. Zapata y Juana Mendoza.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente al CONACYT por apoyarme económicamente y sufragar los gastos de colegiatura para el desarrollo de esta investigación.

Agradezco al Ph. D. Josué Leos Martínez, asesor principal, por su valiosa colaboración en la investigación, por sus críticas constructivas y correcciones .

Al Ph. D. M. H. Badii, por su participación como asesor, revisor del escrito y valiosos consejos durante el desarrollo de esta investigación.

Agradezco también, al Ph. D. Emilio Olivares Sáenz, por su colaboración en el aspecto estadístico y redacción del escrito. Al Ph. Dr. Jose Luis de la Garza y la Dra. Aurora Garza Zuñiga, por la revisión del escrito y sugerencias de algunos detalles durante la investigación.

A la FAUANL, a la Facultad de Ciencias Biológicas y a la UANL, por apoyarme en esta investigación.

Asimismo, deseo patentizar mi agradecimiento a los compañeros del doctorado, por su amistad y apoyo: Ma. de la Paz Tijerina, Mario Cruz Hdz., Enrique, Dimas, Ernesto, Mayela, Huerta, Lara, Sergio y Nephtali.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Raúl Torres Zapata

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, con especialidad en Parasitología de Postcosecha.

Tesis:

Factores que afectan la respuesta de *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) a su feromona trunc-call.

Areas de Estudio:

Agronomía (Parasitología de Postcosecha, feromonas).

Biografía

Datos Personales:

Nacido el 23 de Junio de 1948 en Abualulco, San Luis Potosí, hijo de Pascuala Zapata Mendoza y Andrés Torres Rico.

Educación:

- i) Egresado de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León como, Químico Bacteriólogo Parasitólogo en Febrero de 1981.
- ii) Egresado de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, como Maestro en Ciencias, con especialidad en Entomología Médica, en Diciembre de 1993.

Experiencia profesional:

- i) Auxiliar de Laboratorio de Entomología de Octubre de 1977 a Febrero de 1979.
- ii) Instructor de Laboratorio, de Febrero de 1979 a Agosto de 1981.
- iii) Maestro por horas en la F. C. B., UANL, de Marzo de 1981 hasta Agosto de 1982.
- iv) Maestro de Tiempo Completo desde Agosto de 1982 a la fecha.
- v) Maestro de Química I y química II en la escuela preparatoria Francisco G. Sada, ITESM, 1980 a 1981 (1 año)
- vi) Maestro de Entomología en la Facultad de Agronomía del C.E.U. de 1979 a 1980.
- vii) Maestro de Química y Biología en el CEBETIS No. 53 en 1990.

Otros

Publicaciones científicas en revistas, libros y memorias de congresos.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCION	1
1.1. Hipótesis	3
1.2. Objetivos	3
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Importancia	4
2.2. Valoración de pérdidas	5
2.3. Biología y ecología	7
2.4. Hospederos y materiales que dañan	10
2.5. Distribución y dispersión	13
2.6. Distribución en México	16
2.7. Dispersión y monitoreo	17
2.8. Feromonas	20
2.9. Olfatómetros	23
3. MATERIALES Y METODOS	26
3.1. Generalidades	26
3.2. Descripción de los experimentos	30
3.2.1. Edad y sexo	30
3.2.2. Sexo y estado fisiológico de virginidad	31
3.2.3. Condición de liberación y substrato alimenticio	32
3.2.4. Substrato alimenticio, condición de liberación y material atrayente	33
3.2.5. Temperatura y humedad relativa	34
3.3. Densidad poblacional en condiciones de campo	34
3.4. Distribución de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) e incidencia en mazorcas de maíz	36
4. RESULTADOS Y DISCUSION.	38
4.1. Edad y sexo.	38
4.2. Sexo y estado fisiológico de virginidad	49
4.3. Condiciones de alimentación y substrato alimenticio.	42
4.4. Substrato alimenticio, condición de liberación y material atrayente	47
4.5. Temperatura y humedad relativa.	54
4.6. Densidad poblacional en condiciones de campo	57
4.7. Distribución de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) y su incidencia de infestación sobre mazorcas de maíz en condiciones de campo	61

5. CONCLUSIONES	69
6. BIBLIOGRAFIA	72

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.-Temperaturas promedio mensual en grados centígrados registradas en las estaciones meteorológicas de Moctezuma, San Luis Potosí, San Ana, Sonora y Marín, Nuevo León, desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997	36
Cuadro 2.- Análisis de varianza de los datos de atracción de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) por su feromona trunc-call en función de la edad y sexo	38
Cuadro 3. - Análisis de varianza de los datos de atracción de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) por su feromona trunc-call en relación al sexo y estado fisiológico de virginidad	49
Cuadro 4.- Comparación de medias del número de adultos atraídos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) por su feromona trunc-call en un olfatómetro T en relación al sexo	40
Cuadro 5.- Análisis de varianza de los datos de atracción de hembras y machos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) por su feromona trunc-call en relación a su estado fisiológico de virginidad y la condición de liberación (con o sin substrato) en el que permanecieron al menos 10 días	41
Cuadro 6.- Análisis de varianza de los datos de atracción de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) transformados a raíz cuadrada de $X + 1$ en relación a los factores, feromona trunc-call (con o sin feromona), substratos donde vivieron y condición de liberación (con o sin substrato al liberarse en el olfatómetro T)	42
Cuadro 7.-Comparación de medias con dato transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) atraídos por su feromona trunc-call para insectos que permanecieron al menos 10 días en diversos substratos y fueron liberados en un olfatómetro con o sin 20 g de ese material.	44
Cuadro 8.- Comparación de medias con datos transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) atraídos por su feromona trunc-call, para insectos que permanecieron al menos 10 días en diversos substratos y fueron liberados en un olfatómetro T con o sin 20 g de su substrato	45
Cuadro 9.- Comparación de medias con datos transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) atraídos por su feromona trunc-call, para insectos que permanecieron al menos 10 días en diversos substratos y fueron liberados en un olfatómetro en forma de T con dos opciones de atracción (con o sin feromona)	45

Cuadro 10.- Comparación de medias de los datos transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) atraídos por su feromona trunc-call en un olfatómetro en forma de T, en función al substrato en el que permanecieron al menos 10 días.	46
Cuadro 11.- Análisis de varianza de los datos de atracción transformados a raíz cuadrada de $X+1$ de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) por su feromona trunc-call y varios substratos alimenticios en función al substrato en que se alimentaron en ausencia o presencia del material alimenticio en su liberación	47
Cuadro 12.- Comparación de medias de los datos transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) atraídos por su feromona trunc-call y varios materiales probados como atrayentes, en relación al substrato alimenticio	48
Cuadro 13.- Análisis de varianza de los datos de atracción de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) transformados a raíz cuadrada de $X+1$ en relación a su liberación en presencia ó ausencia de substrato alimenticio en un olfatómetro de seis brazos y con feromona trunc-call junto a los materiales alimenticios probados como atrayentes	50
Cuadro 14.-Comparación de medias con datos transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) atraídos por su feromona sola y en combinación con varios materiales probados como atrayentes en relación al substrato y cuando los insectos se liberaron sin 20 g de dicho substrato	51
Cuadro 15.- Comparación de medias con datos transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) atraídos por su feromona sola y en combinación con varios materiales probados como atrayentes en relación al substrato alimenticio y cuando los insectos se liberaron con 20 g de dicho substrato	52
Cuadro 16.- Análisis de varianza de los datos de atracción de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) por su feromona trunc-call en relación a diferentes grados de temperatura y porcentajes de humedad relativa	54
Cuadro 17- Comparación de medias del número de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) atraídos por su feromona trunc-call en relación a diferentes grados de temperatura y porcentajes de humedad relativa	55
Cuadro 18.- Comparación de medias del número de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) atraídos por trunc-call en relación a la humedad relativa en diferentes grados de temperatura	56

Cuadro 19.- Análisis de varianza de los datos de adultos de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) capturados durante 24 horas con trampas delta con trunc-call 1 y 2 en áreas con distinta densidad poblacional	58
Cuadro 20.- Comparación de medias del número de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) capturados durante 24 horas con trampas delta con trunc-call en áreas con distinta densidad poblacional	58
Cuadro 21.- Captura de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) con trampas delta con trunc-call en relación a diferentes densidades de los insectos liberados	59
Cuadro 22.-Número de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) capturados en trampas delta con la feromona trunc-call en el al noroeste de La Presa de la Juventud, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997	61
Cuadro 23.- Número de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) y <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis, capturados con trampas delta cebadas con trunc-call en el predio Rancho Seco de la Comisaría de San Pedro el Saucito, municipio de Hermosillo, Sonora, desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997	64
Cuadro 24.- Número de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) y <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis, capturados con trampas delta cebadas con trunc-call en el rancho de Las Petronilas, Ahualulco, San Luis Potosí, desde Septiembre de 1996 hasta Agosto de 1997	59

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICAS

Fig. 1. Barrenador mayor de los granos <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn). A, adulto vista dorsal; B, larva; C, pupa, y D, antena del adulto (Agriculture Handbook No.500, U.S. Dot. of Agriculture, 1979)	8
Fig. 2. Distribución de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) en América, Asia y Africa, incluyendo los insectos interceptados en granos y otros materiales	15
Fig. 3. Olfatómetro "T" utilizado para probar la atracción de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) con su feromona trunc-call	27
Fig. 4. Olfatómetro de 6 brazos utilizado para la atracción de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) por su feromona trunc-call y otros materiales	28
Fig. 5. Línea de regresión de los datos de captura (Yi) de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) en condiciones de campo nativo en Marín, N. L., utilizando 4 diferentes densidades (Xi)	60
Fig. 6. Captura de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) en Nuevo León desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997 en la presa La Juventud, Marín, N.L.	63
Fig. 7. Captura de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) y <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis en Sonora desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997	65
Fig. 8. Captura de <i>Prostephanus truncatus</i> (Horn) y <i>Teretriosoma nigrescens</i> Lewis en San Luis Potosí desde Septiembre de 1996 hasta Julio-Agosto de 1997	67

RESUMEN

Raúl Torres Zapata

Fecha de graduación: Diciembre de 1999.

Título de la investigación: Factores que afectan la respuesta de *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) a su feromona trunc-call

Número de páginas: 91

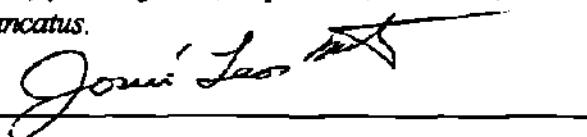
Candidato para obtener el grado de Doctor en Ciencias
Agrícolas con especialidad en Parasitología de Postcosecha.

Áreas de estudio: Parasitología de Postcosecha.

Propósitos y Métodos de Estudio: La feromona trunc-call es un atrayente sintético que ha resultado muy efectivo para atraer el barrenador mayor de los granos, *Prostephanus truncatus* (Horn). Sin embargo, factores tanto intrínsecos como extrínsecos afectan la actividad biológica del insecto. Por lo que sobre esta base, la presente investigación se diseñó con el propósito de evaluar el efecto de la temperatura, humedad relativa, sexo, edad, condición fisiológica de virginidad, ayuno, condición de liberación, alimento y densidad sobre la atracción de este insecto a trunc-call. Así mismo, se estudió su distribución en tres estados de México e inicio de la infestación en mazorcas de maíz. El análisis de los datos se realizó con diseños estadísticos factoriales con arreglo de bloques al azar, completamente al azar, para algunos de los experimentos y análisis de regresión y superficie de respuesta para otros.

Contribución y Conclusiones: La mayor atracción de *P. truncatus* por su feromona trunc-call ocurrió en los insectos jóvenes de 5 a 10 días de edad, en los insectos vírgenes y en aquellos que se liberaron en ausencia del sustrato en que se alimentaron. Las hembras sin considerar edad fueron más atraídas que los machos y machos y hembras juntos. Pero el efecto combinado del sustrato alimenticio, condición de liberación y ayuno sobre la atracción del insecto fue mínimo y variable. Mientras más altas densidades del insecto en condiciones de campo, se obtuvieron mayores capturas. La temperatura no afectó la atracción del insecto a 70 % de h.r., pero sí al 50 %, donde en 35 y 40 °C ocurrió mayor atracción. Hubo mayor número de capturas de *P. truncatus* en San Luis Potosí que en Sonora y Nuevo León, y solo en San Luis Potosí se capturó *Teretriosoma nigrescens* Lewis, depredador de *P. truncatus*. El maíz solo fue infestado por el escarabajo antes de los seis meses en San Luis Potosí pero no en Sonora y Nuevo León. Se concluye que deben considerarse algunos factores biológicos (edad, sexo, condición de apareamiento, ayuno, etc.) y ecológicos (temperatura, humedad, densidad, etc.) en los sistemas de monitoreo de *P. truncatus*.

Firma del Asesor Principal: _____



SUMMARY

Raúl Torres Zapata

Graduation date: December 1999.

Research title: Factors affecting the response of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) to its pheromone, trunc-call.

Number of pages: 91

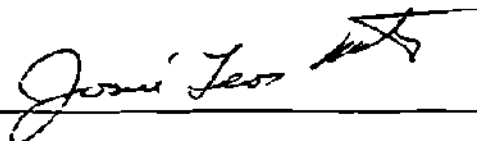
Candidate to obtain the degree of Doctorate in Agricultural Sciences with speciality in Post Harvest Parasitology.

Major: Post Harvest Parasitology.

Aims and study methods: The trunc-call pheromone, is a synthetic attractant which has been effective in attracting the larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn). However, both intrinsic and extrinsic factors affect the biology of the insect. On this basis, a study was designed to investigate the effect of temperature, % R. H., sex, age, virgin physiological condition, starvation, release conditions, diet and density on the attraction of this insect to trunc-call. At the study also included its distribution in three Mexican States and start of the infestation of maize cob by this insect. The experimental design used for this investigation was a factorial analysis arranged in randomized blocks, completely randomized design and, for some experiments regression analysis and surface response methods were employed.

Contribution and Conclusion: The major attraction of *P. truncatus* by its pheromone occurred with insects 5 to 10 days old, virgin ones, and those released in the absence of diet substrate. Females, independent of the age, were in general, more attracted compared to both females and males. However, the combined effect and diet substrate, liberation condition and starvation was minimal and variable. While, higher field densities of insects had greater attraction. At 50 % R. H., insects released at 35 and 40 °C were more attracted than at 15 and 25 °C, while at 75 % R. H. temperature differences had no effect in attraction of insects. More insects were caught in San Luis Potosi compared to Sonora and Nuevo Leon, and only in San Luis Potosi *Teretriusoma nigrescens* Lewis, predator to *P. truncatus*. Corn was infested with the beetle before six months in San Luis Potosi, but not in Sonora and Nuevo Leon. It was concluded that some biological factors (age, sex, mating conditions, starvation, etc.) and ecological traits (temperature, relative humidity, density, etc.) in monitoring plans of this insect.

Signature at major adviser _____



1. INTRODUCCION

En muchos países del mundo existen serios problemas en almacenamiento y conservación de productos de postcosecha; sin embargo, es en los almacenamientos rústicos de los países en vías de desarrollo donde los daños son más importantes, principalmente en países Latinoamericanos y Africanos. El barrenador mayor de los granos, *Prostephanus truncatus* (Horn) se introdujo recientemente al continente Africano, con lo cual se agudizaron los problemas de daño al maíz y yuca almacenados. En Tabora, región de Tanzania, se han registrado grandes pérdidas debido al ataque de esta plaga; después de cuatro a seis meses de almacenaje, las muestras de maíz recogidas en las aldeas de la región de Tabora, registraron hasta un 34 % de pérdidas en peso (Golob y Hodges, 1982). Krall (1984) reportó a *P. truncatus* infestando casi el 100 % de las mazorcas que habían permanecido almacenadas durante nueve meses, en la región de Togo de la parte occidental de Africa, pero algunas ya estaban completamente arruinadas desde los cuatro meses de almacenamiento, agrega el investigador. Ramirez *et al.* (1992), citando a varios investigadores quienes comentan la distribución de este insecto en Africa, afirman que su entrada fue entre 1979 a 1980, al este del continente, en Tanzania. Asimismo, fue localizado en 1984 en el oeste de Africa, en Togo, y más recientemente en Benin y Ghana con posible entrada en Nigeria.

En México y Centroamérica además de *Sitophilus spp* y *Sitotroga cerealella*, *Prostephanus truncatus* (Horn) es un problema serio para el maíz almacenado (Ramirez, 1984). Key *et al.* (1991) reportaron que este insecto causó pérdidas muy altas en mazorcas dañadas (hasta un 50 %), especialmente en Jalisco y Guanajuato. Actualmente es considerado

una de las plagas primarias más importantes y frecuentes en maíz almacenado en forma rústica en México y otros países Centroamericanos y Africanos (Ramírez *et al.*, 1992). Este insecto parece ser de origen Centroamericano o de México. Actualmente se encuentra distribuido desde el sur de los Estados Unidos, California, Texas y Florida, casi todo México y Centroamérica hasta Sudamérica como en Colombia y tal vez en Perú (Ramírez *et al.*, 1992), y más recientemente en África, como ya se mencionó. Considerando la capacidad de dispersión, su peligrosidad, y establecimiento en condiciones variadas, es necesario el control de *P. truncatus*, y vigilancia constante de materiales en los que se puede desarrollar o servir de hospederos, lo cual es actualmente más factible, dadas las condiciones de incremento comercial entre los países del orbe.

Para prevención y control de esta plaga, se requiere información de su localización y densidad, siendo en este caso muy útil el uso de trampas con feromonas. El monitoreo es uno de los aspectos más importantes en los programas de manejo de plagas (Burkholder, 1984). Pero la eficacia de la captura puede ser influenciada por varios factores como: hora del día, temperatura, humedad relativa (Leos *et al.*, 1991), la distancia a la trampa, la dirección del viento (Rees *et al.*, 1990; Farrell y Key 1992); la edad, sexo y condición de alimentación de los insectos (Obeng-Ofori y Coaker, 1990; Farrell y Key 1992). Actualmente la feromona trunc-call, utilizada para monitoreo de *P. truncatus*, ha sido bien estudiada en relación a su potencial de atracción, pero muchos factores ambientales y relacionados con el propio insecto no han sido investigados a profundidad, por lo que se plantearon, las hipótesis y objetivos siguientes:

1.1. Hipótesis

- 1.1.1. La atracción de *Prostephanus truncatus* (Horn) por su feromona de agregación, truncall será afectada, en relación a diversos factores: a) Factores intrínsecos, sexo, edad, condición de alimentación, condición de liberación, estado fisiológico de cópula y b) Factores extrínsecos, humedad relativa, temperatura, densidad poblacional del insecto, etc.
- 1.1.2. La distribución de *P. truncatus* en San Luis Potosí, Sonora y Marín, Nuevo León y el inicio de infestación al maíz por este insecto, varía de acuerdo a condiciones ambientales y geográficas. Para verificarlas se plantearon los siguientes objetivos:

1.2. Objetivos

- 1.2.1. Definir la respuesta de *Prostephanus truncatus* (Horn) a su feromona en relación a, factores intrínsecos: sexo, edad, condición de liberación, condición de alimentación y estado fisiológico de cópula; factores extrínsecos: temperatura, humedad relativa y densidad poblacional del insecto
- 1.2.2. Determinar la distribución y el inicio de infestación sobre mazorcas de maíz por *Prostephanus truncatus* (Horn) en tres sitios de los estados de San Luis Potosí, Nuevo León y Sonora, México.

2. ANTECEDENTES

Prostephanus truncatus (Horn), fue descrito por primera vez en 1878 por G. H. Horn, de dos especímenes de California, colocándolo en el género *Dinoderus* (Wright & Spilman, 1983); posteriormente Lesne (1897), lo clasifica en el género *Prostephanus*. Wright (1984) cita a Chittenden, quien en 1896 afirmó haber colectado a *Prostephanus truncatus* (Horn) en granos y semillas provenientes de México y Guatemala, los cuales fueron exhibidos en la Exposición de Nueva Orleans en 1895 y en la Exposición Mundial de Columbia en 1893, en los Estados Unidos. El los calificó como "especies agresivas" de productos almacenados.

2.1. Importancia

Los insectos que infestan las semillas y granos en postcosecha dañan a dichos productos en dos formas principales. La primera consiste en la destrucción y consumo del grano por los adultos y larvas al alimentarse, y la consecuente contaminación del grano con sus excrementos y cadáveres. La segunda consiste en el deterioro del grano originado por las anomalías debidas al metabolismo de los insectos que lo infestan, provocando incremento del contenido de agua, lo que favorece el crecimiento de hongos y en algunos casos, otros microorganismos, por lo que lo inutilizan para el consumo humano, incluso para animales, dañan el poder germinativo y bajan la calidad del producto (Ramírez-Martínez, 1981).

A *Prostephanus truncatus* (Horn), barrenador mayor de los granos, se le considera una de las plagas primarias más importantes y frecuentes en México, Colombia, países

Centroamericanos y algunos de Africa (Ramírez *et al.*, 1992). En muchas regiones del centro y sur de México (probable origen de esta plaga) se ha convertido en la tercera plaga más importante del maíz para autoconsumo después de *Sitophilus zeamais* Mostchulsky y *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Tigar *et al.*, 1994).

2.2. Valoración de Pérdidas

La capacidad de *P. truncatus* de alimentarse y desarrollarse exitosamente sobre maíz en el continente Americano y sobre yuca y maíz en Africa, ha sido bien documentada en los últimos años, destacan en relación a esto los siguientes resultados: pérdidas de peso seco en maíz de hasta 34 % fueron registradas en una región de Tanzania, después de 3-6 meses de almacenamiento; aunque el promedio de pérdidas de todas las muestreos fue de 8.7 % (Hodges *et al.*, 1983). También en Tanzania, en la región de Arush, pérdidas en peso seco de 17.9 % en promedio fueron reportadas por Shulten y Toet en 1988, después de 6 meses de almacenamiento del grano y de 41.2 % después de 8 meses (citados por Markham *et al.*, 1991).

Krall (1984), reportó al barrenador infestando casi el 100 % de las mazorcas que habían permanecido almacenadas durante nueve meses, en la región de Togo en la parte occidental de Africa, pero algunas ya estaban completamente arruinadas desde los 4 meses de almacenamiento, agrega el investigador. Al comparar los daños producidos en maíz por *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais* y *Sitotroga cerealella* en Zambia, Kenia y Malawi, respectivamente con los de *P. truncatus* de acuerdo a investigaciones separadas, realizadas

por Adams (1977), De Lima (1979), Golob y Hodges (1982), se puede deducir que *P. truncatus* fue el más dañino.

En México, *P. truncatus* causó pérdidas considerables en maíz almacenado, especialmente en Jalisco y Guanajuato, con porcentajes de daño de 50 % (Key *et al.*, 1991). Hasta el 40 % de pérdidas en maíz almacenado durante 24 semanas fue reportado por Giles y León (1974) en Nicaragua, asociadas con una fuerte infestación del insecto. Más recientemente, pérdidas hasta de 30 % atribuidas a *P. truncatus* fueron reportadas en localidades de Honduras (Hoppe, 1986).

La capacidad destructiva que ha mostrado este insecto, especialmente sobre maíz en Latinoamérica, y yuca y maíz en África, hacen que esta plaga sea peligrosa. Pradzynska (1993) en una investigación con *P. truncatus*, relacionado con daño en maíz, comenta que el insecto consumió 607 mg de maíz y produjo 465 mg de polvo durante su ciclo de vida, en condiciones de 26 °C y 85 % h.r. La cantidad correspondiente al radio de alimento consumido por la larva y el adulto en relación a su cuerpo fue de 3600 y 180 %, respectivamente. Por lo que él sugirió considerarla dentro de las plagas cuarentenadas.

En Latinoamérica, la plaga ha sido calificada como uno de los insectos más dañinos según (Barnes *et al.*, 1959, Ramírez, 1959), esta situación ha sido sujeta a considerable debate debido a la idea de que en África el daño es más severo (Boeye *et al.*, Laborius, citados por Markham *et al.*, 1991). Las condiciones físicas y químicas de los materiales alimenticios afectan el grado de daño. Se ha observado que el maíz en mazorca es preferido por el insecto

comparándolo con maíz a granel (Cowley *et al.*, 1980; Henckes, 1992). Las raíces de yuca seca son preferidas a las hidratadas (Ingram y Humhpries, citados por Hodges *et al.*, 1985). En este mismo artículo, ellos señalan que las raíces fermentadas también fueron preferidas por el insecto (pérdidas de 73.6 %) comparadas con aquellas sin fermentar (52.3 %).

2.3. *Biología y ecología*

P. truncatus es un coleóptero de la familia Bostrichidae, los adultos son de cuerpo cilíndrico de alrededor de 4.0 mm de longitud. Tienen superficie brillante con puntos deprimidos. La cabeza se observa inclinada hacia abajo oculta bajo el pronotum (Karel y Mphuru, 1981). Sobre el pronotum se aprecian protuberancias llamadas tubérculos. La característica distintiva es una fuerte caída en la parte terminal de los élitros que les da la característica de estar truncados. Sus antenas rectas, con los tres segmentos terminales son más grandes y abultados que el resto formando una masa suelta (Hodges, 1983) (Fig. 1).

Con frecuencia, *P. truncatus* inicia su alimentación sobre el maíz en el campo, antes de la cosecha (Hodges, 1982; Ramírez *et al.*, 1992; Quintana *et al.*, 1960 y Ramírez, 1960) incluso con alta humedad del grano, 40-50 %, (Giles, citado por Hodges, 1982) y continúa su ataque al maíz en el almacén. Karel y Mphuru, (1981) citando a Chittenden y Ramírez, los que diferentes publicaciones reportaron un ciclo de vida para el insecto entre 6.5 y 4 a 6 semanas, respectivamente. Más recientemente, Shires (1979) observó que el óptimo desarrollo del insecto fue a 32 °C y 80 % h.r. completando su ciclo de vida desde huevo hasta adulto en alrededor de 35 días. Bell y Walter, citados por Hodges (1986) encontraron que a 32 °C y 70 % de h.r. dicho período de desarrollo en maíz fue de 24.5 días.

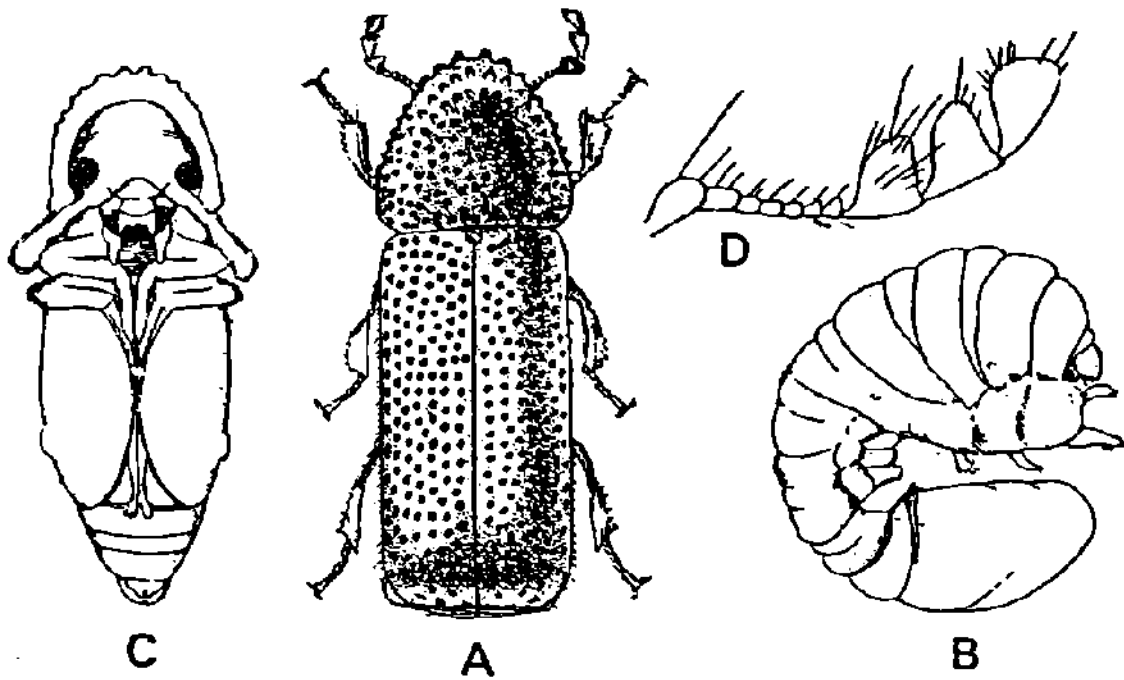


Fig. 1. Barrenador mayor de los granos, *Prostephanus truncatus* (Horn). A, adulto vista dorsal; B, larva ; C, pupa, y D, antena del adulto (Agriculture Handbook No. 500, U.S. Dept. of Agriculture, 1979)

El promedio del periodo de desarrollo para huevos, tres estadios larvales y pupa fue de 5, 16-25 y 5 días, respectivamente a temperaturas de 32 °C y 70-80 % h.r. (Shires, 1979 y 1980); Bell y Watters, 1982). Shires (1977, 1980) encontró que la longevidad promedio de adultos hembras fue de 61.07 y de 44.75 días para los machos; su longevidad máxima fue de 107 y 112.5 días para machos y hembras, respectivamente. El promedio de huevos puestos por la hembra durante toda su vida a temperatura óptima en condiciones de laboratorio fue de alrededor de 50, con un periodo de preoviposición de 5-10 días después del apareamiento y otro de postoviposición entre los 15-20 días. La tasa finita de incremento estimada fue de 1.39 por semana.

El promedio de huevos puestos por hembra es afectado por la cantidad de alimento, condiciones de temperatura, humedad y la forma de exposición al grano (granel, harina compactada, mazorca, etc.). Bell y Watters (1982) indicaron que el promedio total de huevos puestos por hembra durante 22 semanas sobre grupos de seis granos unidos, fue de 430, comparado con 205 en harina de maíz compactada, y el promedio de oviposición/hembra/día en un gramo de maíz fue de 1.4 y de 3.9 huevos en seis gramos, respectivamente.

Asimismo, se ha observado que el substrato preferido por las hembras de *P. truncatus* para ovipositar, son las mazorcas de maíz. El 68 % de los huevos puestos por este insecto fueron en este substrato, comparado con la oviposición en polvo suelto proveniente del maíz dañado (Shires, 1979). Sin embargo, es conocido que en el polvo compactado en laboratorio, hay mejor desarrollo de las larvas y pupas (Hodges, 1982). La variación de humedades relativas dentro de un rango de 50 a 80 % investigadas por Shires (1979) no

modificó drásticamente el desarrollo y mortalidad de *P. truncatus*. Un descenso de la h.r. de 80 a 50 % solo incrementó el tiempo de desarrollo del insecto en seis días.

El hecho de que en tan bajos contenidos de humedad del grano (hasta 8.8 %) (Morales citado por Ramírez *et al.*, 1992) pueda el insecto desarrollarse, implica una gran ventaja de competencia contra otras especies que viven en el mismo nicho ecológico. Por ejemplo, *S. oryzae*, que necesita un mínimo de humedad del grano de 10.5 %, está en desventaja con *P. truncatus* (Hodges 1982) en este sentido, Giles y León (1974) en Nicaragua y Hodges (1983) en Africa encontraron en maíz almacenado mayor densidad de *P. truncatus* que de *Sitotroga cerealella*, *Sitophilus spp* o *Tribolium spp*.

Un coleóptero de la familia Histeridae, *Teretriosoma nigrescens* Lewis fue encontrado en Centroamérica (pero no en Africa) relacionado con *P. truncatus*, como un depredador importante, capaz de reducir la tasa de incremento del insecto sobre mazorcas y yuca seca, por un factor de 10 (Rees *et al.*, 1990). Asimismo, es bien conocido que *Tribolium spp*, ejerce depredación larval sobre *P. truncatus*.

2.4. Hospederos y materiales que daña

P. truncatus además de alimentarse y crecer sobre maíz (Kulash, 1954, Ramírez-Genel, 1960) y yuca (Golob y Hodges, 1981 y 1982) se ha reportado también que es capaz de perforar un considerable número de materiales, incluyendo otros cereales, varias raíces y tubérculos (Riley, 1894) estructuras relacionadas con el almacenamiento del grano, artículos

ornamentales y garbanzo; incluso puede perforar recipientes de plástico y polietileno, etc. (Mushi citado por Ramírez y Silver, 1983). Más recientemente, el trigo suave, harina de maíz compactada y cacahuete, han sido reportados como sustratos en los que se ha obtenido éxito en reproducir el insecto (Howard, 1984).

Diferentes variedades de maíz se han utilizado para investigar el desarrollo de *P. truncatus* (Howard 1984, y Ramírez y Silver 1983). En cada investigación por separado, observaron que hubo diferencias de desarrollo del insecto en relación a la variedad, y contenido de almidón; pero Howard (1984) también registró mayor desarrollo del insecto en mazorcas que en maíz suelto; asimismo, Ramírez *et al.* (1981) observaron que el alto contenido de triptofano y lisina, y un maíz con pericarpio más opaco y menos duro, fueron condiciones que hicieron al maíz más vulnerable al ataque del insecto.

Debido a que *P. truncatus*, ha sido capturado mediante trampas con feromona en el medio silvestre, lejos de los almacenes (Ago-Flo *et al.*, 1993) y a que se ha registrado su ataque al maíz antes de la cosecha, (Ramírez, 1960; Hodges, 1982), varios investigadores han tratado de desarrollarlo sobre plantas que de alguna manera han sido relacionadas con el insecto, para tratar de obtener crías en condiciones de laboratorio. A continuación se describen algunos trabajos sobre este tema.

Shires (1977) solo logró éxito de desarrollo de *P. truncatus* en maíz, de nueve productos estudiados. Ago-Flo *et al.* (1993) afirman haber logrado desarrollarlo en 16 especies de árboles diferentes, atribuyendo su éxito a la edad y humedad de la madera.

Helbing y Shulz (1994) reportaron haber logrado desarrollarlo en yuca, *Manihot esculenta* y *Poincinia regia*; atribuyen la clave del éxito al alto contenido de almidón de los materiales.

En otra investigación, Demeters *et al.* (1990) lograron mejor desarrollo del insecto en vástagos de maíz que en olotes, con resultados similares de desarrollo al que obtuvieron en mandioca; ellos concluyeron que el contenido nutricional, principalmente en base al almidón es la clave del desarrollo del insecto y la creencia de que era importante la presencia de protozoarios simbioses en la digestión de la celulosa queda descartada.

Kosoou (1992) estudió 10 especies de maderas relacionadas con la construcción de estructuras de almacenamiento del maíz. *Elaeis guineensis* y *Holarrhena foribunda* fueron menos susceptibles, mientras que *Tectona grandis*, *Fagora xanthoxyloides* (= *Xanthoxylum xanthoxyloides*), *Azadirachta indica* y *mallotus oppositifolius*, fueron las especies más susceptibles. Rios (1991) estudió 13 especies de materiales de madera (entre ellos: mezquite, lechuguilla, pirul, chirimolla, y otros) relacionadas con los sitios de trampeo del insecto. Observó que todos los materiales probados fueron dañados, pero en ninguno de ellos se obtuvo desarrollo del insecto, aquellos que resultaron con mayor grado de daño fueron los más suaves y con interior de las ramas esponjoso.

Ramírez *et al.* (1994), publicaron que *P. truncatus* fue encontrado alimentándose de *Spodia purpurea* y *Bursa fagoroides*, en un bosque decíduo de la costa del Océano Pacífico, México. En el laboratorio se observó que el insecto prefirió maíz a los trozos de madera,

cuando se le ofreció esta opción, por lo que piensan que quizá este comportamiento explique la teoría de su reciente adaptabilidad al maíz.

De lo anterior se deduce que factores como alto contenido de almidón, opacidad del grano, dureza, humedad del material, contenido de algunos otros compuestos nutricionales, lisina, triptofano, así como la firmeza de colocación del grano (maíz en mazorca) influyen en el desarrollo y preferencia alimenticia de *P. truncatus*. Algunos productos químicos volátiles, contenidos en maíz y yuca, se han asociado a la detección y atracción del insecto al hospedero (Pick *et al.*, 1994). Ellos observaron que de nueve compuestos volátiles extraídos de yuca y 10 de maíz, el nonanal y ácido hexadecanoico fueron los componentes más importantes para cada planta, respectivamente.

2.5. Distribución y dispersión

Aunque *P. truncatus* es un buen volador (Karel y Mphuru, 1981), lo más probable es que su dispersión se deba a la factibilidad, rapidez e intensidad de la actividad comercial transcontinental, situación que explica los diversos reportes de su presencia en países, como Israel (Calderón y Donahaye, 1962) e Irak (Al-Sousi *et al.*, 1970).

Este insecto parece ser de origen Centroamericano o de México, pero en América actualmente se encuentra distribuido, desde el sur de los Estados Unidos, California, Texas y Florida, en casi todo México y Centroamérica hasta Sudamérica como en Colombia y tal vez en Perú (Ramírez *et al.*, 1992). Estos mismos autores citan a varios investigadores quienes, comentan la distribución de *P. truncatus* en África. Mencionan que el insecto ha tenido una

"irrupción" espectacular probablemente entre 1979 a 1980, al este de Africa, en Tanzania. Asimismo, fue localizado en 1984 en el oeste de Africa, en Togo y más recientemente en Benin y Ghana, con posible entrada a Nigeria.

También se ha reportado en Israel, introducido en semillas de maíz importado de los E.U.A. (Calderón y Donahaye, 1962) y en Irak (al-Sousi *et al.*, 1970), en Brazil (Cotton y Good, citados por Karel y Mphuru, 1981), en exhibiciones de productos importados de China (Lesne, citado por Markham *et al.*, 1991), aunque al parecer, no logró establecerse en forma definitiva (Fig. 2).

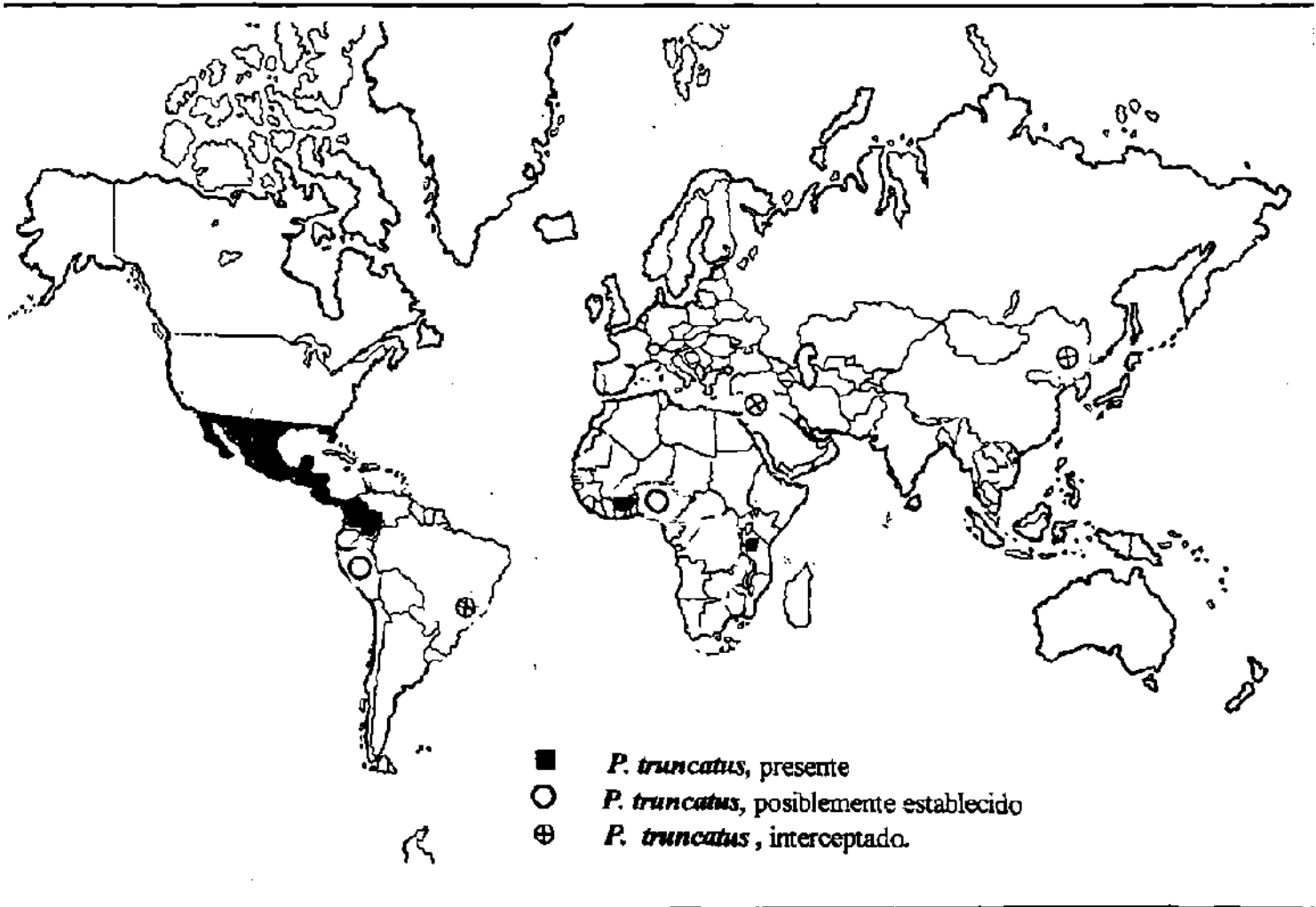


Fig. 2. Distribución de *Prostephanus truncatus* (Horn) en América, Asia y África incluyendo los insectos interceptados en granos y otros materiales comerciales (Según Golob y Hodges, 1982; Ramírez *et al.*, 1992 y otros)

2.6. Distribución en México

No obstante que Ramírez y Barnes, (1958) reportaron la distribución de *P. truncatus* en todo el país, con lo cual coincidió Flores (1977), quien indicó que *P. truncatus* es una plaga de cobertura nacional, en base a un estudio que hizo en almacenes urbanos. En la actualidad se ha progresado en este conocimiento, debido a nuevas aportaciones sobre distribución de la plaga. En las memorias del Simposio Nacional de Entomología de Granos Almacenados: Análisis de la Situación Nacional (Leos ,1993; Cortés *et al.*, 1993) se analizaron los resultados de encuestas y colectas sobre investigaciones de daño e infestación de almacenes por plagas de granos almacenados, incluyendo a *P. truncatus*. De los 13 artículos publicados por investigadores del país, especialistas en el tema, que abarcan datos de 12 estados de la República Mexicana, solo en dos de ellos (Tabasco y Sonora) no se reporta la presencia del insecto. Posteriormente, se confirmó su presencia y amplia distribución en Sonora (Wong, 1996, comunicación personal).

Ramírez *et al.* (1992) comentan los estudios de varios investigadores, quienes han reportado datos de la distribución de *P. truncatus* en algunas regiones de varios estados de la República Mexicana. A continuación se resumen los registros de *P. truncatus*, recopilados en ese folleto: Luévano en 1985 al muestrear bodegas de varias localidades del estado de Michoacán encontró el más alto porcentaje de *P. truncatus* en relación a otras plagas de productos almacenados. Posteriormente lo encontró en bodegas de varias localidades de los estados de Durango y Chihuahua.

Ramírez (1992) en el mismo artículo previamente descrito, también señala otros reportes realizados por diferentes investigadores sobre la distribución del insecto en México, entre los cuales destacan: Tena (1985) quien lo reportó para Michoacán y Morelos; Ramírez (1959) y Quintana *et al.*, (1960), registraron infestaciones considerables por *P. truncatus* especialmente en maíz criollo cacahuazintle, en varias poblaciones del estado de México; Franco (1983) lo reportó para Guerrero, Ramírez *et al.* (1988) para Aguascalientes y Mills y Rodríguez (1985) para Yucatán. En otra publicación, Rees *et al.* (1990) también lo reportan en Yucatán.

Tigar *et al.* (1994) registraron mayor abundancia del insecto en regiones secas y templadas de los estados de Guanajuato, Jalisco y en la región de La Laguna. Tal situación, se consideró influida por factores socioeconómicos y naturales que pueden limitar su distribución, los cuales, van desde la temperatura y la humedad, hasta la orografía, altura y latitud, así como la cantidad de luz solar, las técnicas de almacenaje y por supuesto el intercambio de mercancías, señalado anteriormente. Adaptaciones, morfológicas, fisiológicas, etológicas y ecológicas, deben también influir en su actual distribución (Ramírez *et al.*, 1992).

2.7. Dispersión y monitoreo

La capacidad de vuelo de *P. truncatus* es importante, porque indica su habilidad de migración y desplazamiento del almacén a otro sitio, o desde fuera hacia el depósito de maíz. El insecto tiene capacidad de volar grandes distancias, especialmente en condiciones de altas densidades o estando hambrientos. Cox y Dolder (1995) citan varias publicaciones, las cuales

afirman que la actividad de vuelo de coleópteros y palomillas plaga de productos almacenados es afectada por diversos factores, como sexo, hora del día, densidad, edad, grado de alimentación y fotoperíodo.

La temperatura y humedad ambientales son factores clave sobre la captura con trampas. Para algunos insectos, el rango óptimo de umbrales inferiores de vuelo está entre 26 y 30 °C (Leos 1991). Fadamiro y Wyatt (1995) estudiaron el efecto de la hora del día, temperatura, humedad relativa y grado de alimentación, en relación al inicio de vuelo de *P. truncatus*. Ellos observaron que el vuelo ocurre durante toda la fotofase y principios de la scotofase, pero alcanza su máxima dos horas antes del oscurecer. En la misma publicación también se menciona que la temperatura afecta el vuelo, por ejemplo, la frecuencia de despegue se incrementó con la temperatura entre 20-30 °C, pero declinó bruscamente al incrementar la temperatura arriba de ese rango. Asimismo, en los insectos con dos días de ayuno, se registró el máximo incremento de vuelo, pero en insectos con mayor tiempo de ayuno el vuelo decreció.

Tigar *et al.* (1993) en una investigación realizada en México relacionada con la periodicidad de vuelo y captura de *P. truncatus* con trampas cebadas con feromona, afirman haber observado un patrón de actividad de vuelo bimodal, con un pico más grande ubicado entre 18:00 y 21:00 h y otro más pequeño entre 7.00 y 9.00 h, agregan que la lluvia, temperatura, viento y posición de la trampa parecieron haber influido en las capturas. Similar patrón de vuelo (18:00-20:00 h y de 6:00-8.00 h) había sido ya reportado por Novillo (1991).

Posteriormente, Leos *et al.* (1995) observaron que la mayor actividad de vuelo de *P. truncatus*, indicada por un mayor pico, fue de 20.00 a 21.00 h y la menor de 6.00 a 7.00 h.

Bajo la hipótesis de que la producción y percepción de feromonas puede ser afectada por diversas condiciones, Obeng-Ofori y Coaker (1990) investigaron el efecto de la edad, habituación, hora del día, sexo y apareamiento previo, en la atracción del insecto *P. truncatus* hacia su feromona de agregación trunc-call, y otras especies de insectos de granos almacenados, utilizando un alfatómetro, ellos concluyeron que el sexo o apareamiento previo no afectaron la atracción de los insectos, pero para todos se obtuvo el mayor pico de atracción entre las 10 y las 18.00 horas; la habituación solo los afectó temporalmente y la máxima respuesta de las especies de *Tribolium* fue entre los 16 a 21 días de edad. Ninguno de los factores del sexo o la edad afectó la atracción de ninguna de las especies estudiadas.

Otros estudios en los que se han generado conocimientos sobre factores que afectan las capturas, como distancia de captura, hora del día, dirección del viento, condición de alimentación, etc., además de los citados arriba, se mencionan en seguida.

La capacidad de dispersión de *P. truncatus* fue investigada en Togo, Africa, utilizando trampas cebadas con feromonas de agregación. Después de 14-15 semanas de haberlo liberado junto con su depredador, *Teretriosoma nigrescens* Lewis en almacenes de granos, éstos fueron detectados a 1 km del punto de liberación. Más tarde después de 19-20 semanas, *Teretriosoma* fue localizado a 5 km de distancia del punto de liberación (Boye y Fischer, 1993). Farrell y Key (1992) observaron que *P. truncatus* puede volar contra el viento

hacia las trampas desde una distancia hasta de 20 m, incluso a 50 m se detecta esta tendencia de vuelo; agregan que en 100 m en contra del viento, la dirección de vuelo del insecto hacia la trampa es al azar. Cabe señalar que en esta investigación en la que se liberaron 35,100 insectos, solo se recapturó el 2 % a las 24 h, menos del 0.2 % a las 48 h y 0 % después de ese tiempo.

En este mismo estudio (Farrell y Key, 1992) se probó la capacidad de vuelo en insectos hambrientos obtenidos de altas infestaciones con 100 % de daño, y bien alimentados provenientes de infestaciones ligeras con 20 % de daño, y otras poblaciones sometidas a tres días de ayuno. El efecto comparativo de vuelo entre estas tres poblaciones de insectos, resultó en general, en una mayor distancia de vuelo para los insectos hambrientos, comparados con las poblaciones de insectos mejor alimentados.

Helbing *et al.* (1992) usaron la feromona trunc-call para determinar la distancia de captura del depredador de *P. truncatus*, *T. nigrescens*. Este insecto fue capturado hasta una distancia de 450 m, con una velocidad del viento de 1 a 4 m/s. No obstante, las consideraciones anteriores sobre la captura con la feromona de agregación de *P. truncatus*, el hecho de que solo una parte de la población de los insectos adultos sean capturados es suficiente razón para investigaciones más detalladas y buscar las limitantes de esta situación (Markham *et al.*, 1991).

2.8. Feromonas

El término “feromona” *pherein* (llevar) y *horman* (excitar o estimular) fue propuesto por Karlson y Butenandt (1959), para referirse a “una sustancia química secretada al exterior

por un individuo cuyo efecto es recibido por otro individuo de la misma especie, en el cual se produce una reacción específica por dicho efecto”.

Las feromonas pueden clasificarse de varias formas, no hay un criterio universalmente aceptado, pero para este propósito se usará parte de lo que señaló Sonenshine (1985) en una revisión exhaustiva relacionada con las feromonas y otros semioquímicos de ácaros, él las divide en tres grupos, de acuerdo a su uso dentro de las especies y entre diferentes especies, alomonas, kairomonas y feromonas; las feromonas a su vez, las divide en base a su función específica, que dependerá de la naturaleza química del atrayente, de este modo las feromonas son de tipo sexual, de alarma, de agregación y de marcaje. En la misma revisión Sonenshine (1985) menciona que las feromonas sexuales y de agregación afectan el comportamiento reproductivo del insecto o bien, en el caso de las feromonas de agregación, atraen al insecto hacia el alimento; mientras que las feromonas de alarma funcionan como “avisadores” de algún peligro y las de marcaje, señalan territorio.

La producción de estas sustancias se efectúa a través de glándulas de secreción externa en cantidades relativamente pequeñas. En *Trichophusia ni* produce una tasa de liberación de 7 ng por minuto en un periodo de 10 minutos, las cuales son captadas por el insecto a través de receptores químicos, comúnmente situados en las antenas en tan pequeñas cantidades como 10 moléculas por mm^3 (Chapman, 1982).

Muchas de las feromonas de agregación las producen ambos sexos, principalmente los coleópteros, y la respuesta se da también en ambos sexos. Por ejemplo, el macho *P.*

truncatus, produce una feromona de agregación con dos componentes, llamados vulgarmente trunc-call 1 y 2 (T1 y T2), respectivamente. La primera (T1) cuyo compuesto químico es: 1-metiletil (E)-2-metil-2-pentenoato, es el atrayente que fue más usado inicialmente en los sistemas de monitoreo del insecto (Hodges *et al.*, citados por Dendy *et al.*, 1989). El segundo componente (T2), también ha sido identificado, caracterizado y sintetizado; su fórmula química es: 1-metiletil (E)-2, (E)-4-2,4-dimetil-2-pentadienoato (Cork *et al.*, artículo no publicado, citados por Dendy *et al.*, 1989).

Actualmente, la mezcla de los componentes ha dado mejores resultados en el monitoreo del insecto, que cualquiera de los dos usados individualmente, incluso se han establecido relaciones de dosis individualmente y en mezcla de T1 y T2, así como aspectos de liberación (liberadores, trampas), período de funcionamiento y algunos factores que afectan su función. Dendy *et al.* (1989) investigaron la efectividad de captura del insecto por la feromona mezclando T1 y T2 y cada una en forma individual; se observó que T1, capturó 10 veces más insectos que las dos feromonas mezcladas. Asimismo, la mezcla de ambos componentes en proporción 1:4 capturó más insectos que la 1:1, aunque dicha diferencia no fue estadísticamente significativa. Sin embargo, Leos *et al.* (1995) publicaron los resultados de una investigación con la feromona trunc-call, 1 y 2, producidas en Los Estados Unidos y El Reino Unido, con las que obtuvieron capturas de 30 y 26 veces más altas con T2 solo y con la mezcla, respectivamente, que con T1 solo, usando trampas tipo Lindgren.

En una Investigación realizada en el CINVESTAV, Irapuato, Gto. por Key *et al.* (1991), para probar varios diseños sobre la eficacia de trampas delta, concluyeron que a pesar

de que la clásica trampa comercial delta, es relativamente ineficiente en la captura del insecto comparada con la misma trampa extendida pero doblada al revés, y la trampa tipo embudo hecha en el CINVESTAV. Se recomienda el uso de la trampa delta normal, especialmente en capturas de insectos en campo, mientras que las otras pueden ser empleadas solo en situaciones experimentales.

Las feromonas se emiten al aire por medio de liberadores de diversos tipos (Datterman citado por Leos, 1993). La cantidad de la feromona por unidad de tiempo, debe ser justo la necesaria para su óptimo funcionamiento de atracción; además, el liberador debe liberar lentamente la feromona para asegurar mayor tiempo de monitoreo (Leos, 1993). Los materiales más usuales para este propósito, son cápsulas de polietileno, tapones de hule, láminas plásticas y discos cubiertos con membrana. Cada uno de estos materiales tiene sus características propias que influyen en la selección; por ejemplo, los liberadores de disco son los más modernos y con tasas de liberación más constantes y de mayor período, pero son más caros. En cambio, los liberadores tipo cápsula son más económicos e incluso se pueden preparar en el laboratorio si se dispone de la feromona. Esta clase de liberadores han sido usados frecuentemente en las investigaciones de monitoreo de *P. truncatus* y algunas especies de lepidópteros (Reichmuth *et al.*, Leos *et al.*, y Cogburn *et al.*, citados por Leos, 1993).

2.9. Olfatómetros

Para obtener información de la identidad, localización y densidad de insectos de granos almacenados, el mejor sistema es el uso de trampas cebadas con feromonas. El monitoreo es

uno de los aspectos más importantes en los programas de manejo de plagas (Burkholder, 1984). En esta área, destacan las investigaciones por Dendy *et al.* (1989), Key *et al.* (1991), Leos *et al.* (1991) y Cork *et al.* (1991); quienes han investigado, diseñado o seleccionado algunas trampas y la feromona trunc-call. Para investigaciones a nivel de laboratorio, cuando es necesario estudiar la respuesta de un insecto al efecto de una feromona, cuando la influencia de uno o varios factores se deseen medir en términos de la variación de la respuesta del insecto al atrayente; entonces el sistema de medición más adecuado para este propósito, quizá es el uso de un olfatómetro.

Para estudiar el comportamiento de la respuesta de machos o hembras de varias especies relacionadas con productos almacenados, *Lasioderma serricorne*, *Attagerus megatoma*, *Trogoderma parabile* y *T. simplex*, a sus respectivas emisiones de feromonas, Burkholder (1970) describió cuatro diferentes diseños de olfatómetros: el olfatómetro tri-opcional (sistema cerrado); olfatómetro multi-opcional con flujo de aire, olfatómetro de una sola opción y olfatómetro de tubo-Y. El funcionamiento básico de cada uno de estos aparatos es sencillo. Por ejemplo, el olfatómetro de varias opciones de atracción (multi-opcional) fue construido de tal forma que en uno de sus extremos, el insecto liberado en su interior dispusiera de diversas opciones de atracción, incluyendo la opción sin feromona (testigo).

Un sistema más sofisticado es el denominado túnel de viento, cuyo modelo más simple es una caja rectangular 125 x 110 x 31 cm, construida con madera o plástico de tipo plexiglas, provista de un abanico extractor en uno de sus extremos, y en el extremo contrario un tubo de escape de los vapores de la feromona. Su funcionamiento básico consiste en hacer pasar la

feromona a través del interior del olfatómetro con el movimiento del aire a una velocidad constante que previamente ha sido ajustada (Baker y Linn, 1984). Guerra (1968) usó un olfatómetro en forma de T que él mismo diseñó, para investigar la respuesta a un atrayente en el gusano rosado del algodón, *Pectinophora gossypiella* (Saunders). El aparato de 35 x 10 x 10 cm fue construido con material de vidrio y su funcionamiento fue ajustado al patrón del túnel de viento.

Para que los resultados de investigaciones en las que se estudian las respuestas de atracción de alguna feromona en los sistemas de los olfatómetros sea confiable, es necesario controlar lo más posible, su velocidad, pureza y tasa de liberación del atrayente dentro del sistema. Algunos de estos métodos han sido descritos por Baker y Linn (1984).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Generalidades

Se realizaron cinco experimentos de laboratorio y dos de campo. Los experimentos de laboratorio se efectuaron en el Laboratorio del Programa de Investigación Sobre Plagas de Productos Almacenados del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la FAUANL., en Marín, N. L. De los de campo, uno de ellos se realizó en un área silvestre al norte del municipio de Higuera, N. L. y el otro en áreas de los estados de Sonora, San Luis Potosí y Nuevo León. En seis de los experimentos se usaron insectos de crías de *P. truncatus* (Horn) mantenidos en condiciones del laboratorio, 32 ± 7 °C y 60-80 % de humedad relativa.

Asimismo, se usó una mezcla de 2 mg de las feromonas sintéticas comerciales (Agrisence LTD R.U.) denominadas trunc-call 1 (T1): 1-metil (E)-metil-2-pentenoato y trunc-call 2 (T2): 1-metiletil (E)-2- (E)-4-2, 4-dimetil-2-heptadienoato, en relación 1:1 mas 4 mg de un antioxidante (2,6-di-*ter*-butil-4-metilfenol) en tubitos de polietileno cerrados de 30 mm de largo y 7 de diámetro. Se usaron los materiales siguientes, vegetales para ser evaluados como substratos alimenticios y como atrayentes: Maíz, *Zea mais*; mezquite, *Prosopis spp*; pinul, *Schinus mole*; lechuguilla, *Agave lecheguilla*; maguey, *Agave spp* y nogal, *Carya spp*.

También se utilizaron dos tipos diferentes de olfatómetros, el olfatómetro en forma de T (Fig. 3) y el olfatómetro de seis brazos (Fig. 4). El olfatómetro en forma de T consiste de tres tubos transparentes de vidrio de 2.5 cm de diámetro que forman una T. Los tubos laterales.

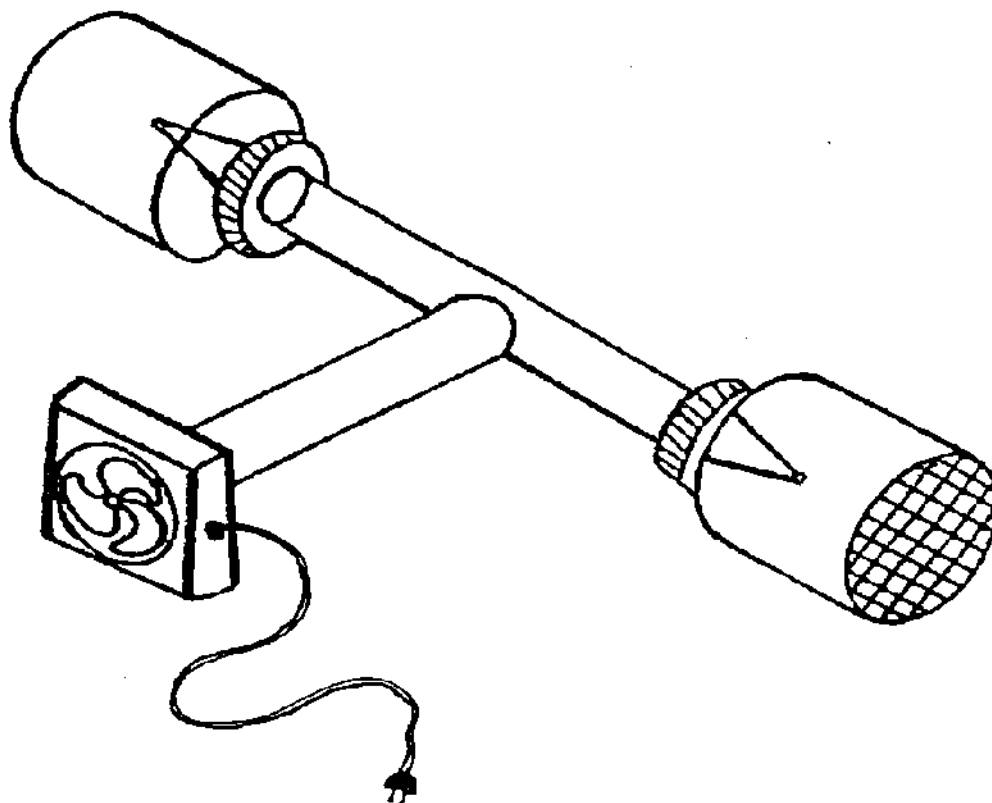


Fig. 3. Olfatómetro "T" utilizado para probar la atracción de *Prostephanus truncatus* (Horn) por su feromona trunc-call.

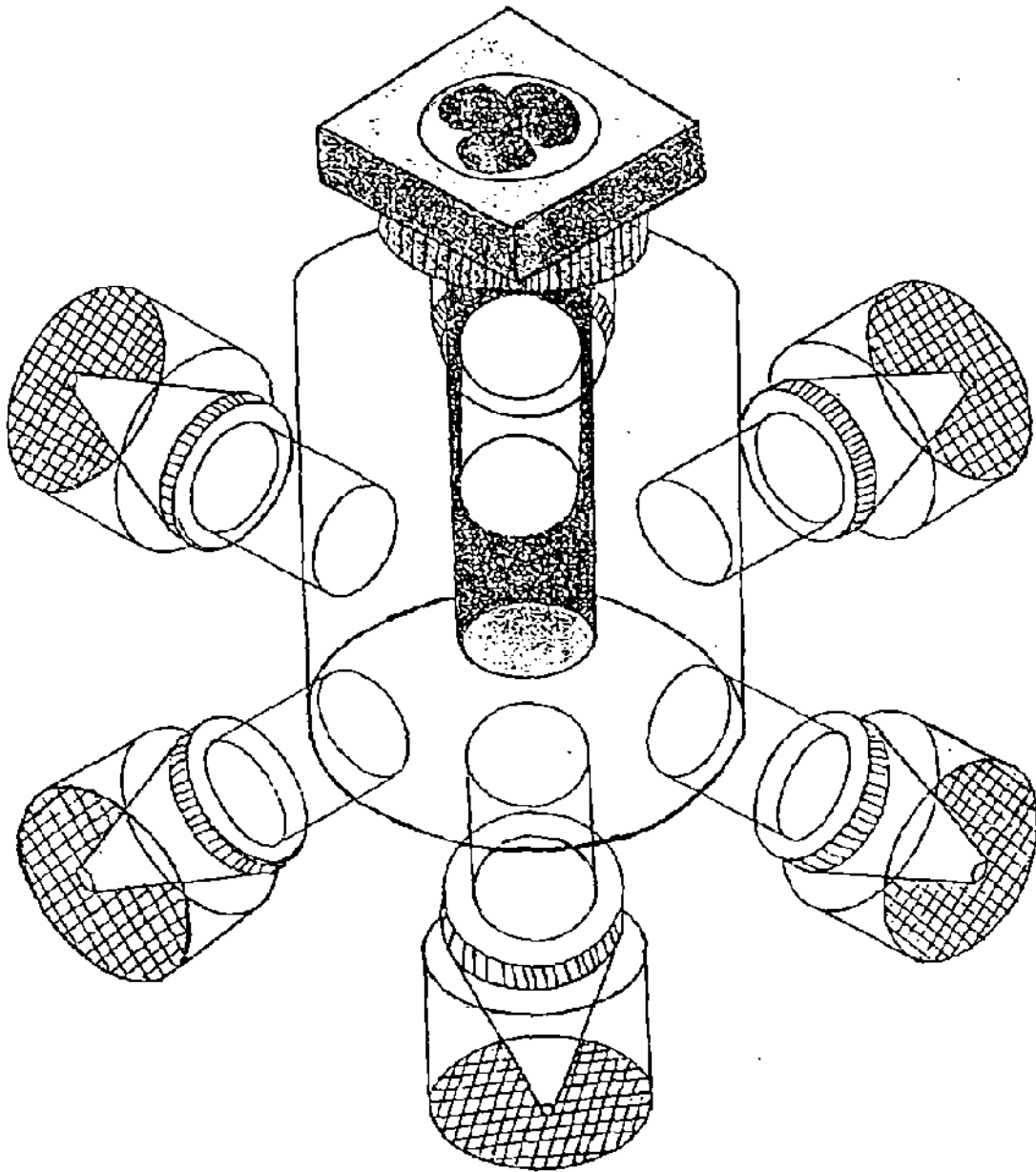


Fig. 4. Olfatómetro de seis brazos utilizado para la atracción de *Prostephanus truncatus* (Horn) por su feromona trunc-call y otros materiales.

miden 10 cm de largo y el tubo central 20 cm. En los extremos de cada brazo lateral se tienen frascos de vidrio, que se usan, uno para colocar el atrayente y el otro para dejarlo como testigo sin atrayente. En la boca de cada frasco se colocó un cono de cartoncillo para evitar la salida de los insectos atrapados.

El olfatómetro de seis brazos consiste de un frasco cilíndrico de plástico transparente de 3 litros de capacidad, el cual tiene seis tubos de vidrio de 3.5 cm de diámetro por 10 de largo, colocados lateralmente en forma radial en perforaciones circulares ubicadas casi en la base del frasco. En los extremos de cada uno de dichos tubos se tienen frascos de plástico de 300 ml que se usan para colocar cada uno de los atrayentes opcionales, incluyendo la feromona y el testigo. En la boca de cada frasco se colocó un cono de cartoncillo para evitar la salida de los insectos atrapados. En el fondo de éstos se hicieron ventanas, las cuales fueron cerradas con tela de maza metálica. Asimismo, en el centro de la tapa del frasco grande, fue colocado otro tubo de iguales dimensiones que los anteriores, orientado verticalmente sin tocar el fondo del frasco por su extremo inferior, quedando tan solo 3 cm libre. En el extremo superior se unió a un pequeño extractor ajustado para extraer el aire a una velocidad aproximada de 0.1 m/s, y así facilitar la circulación de los “vapores” de los atrayentes.

En varios de los experimentos de laboratorio, se hicieron análisis de varianza con un diseño de bloques al azar con cuatro y cinco repeticiones y arreglo factorial, cuyo modelo estadístico es: $Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \gamma_j + \delta_k + (\gamma\delta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$ donde: Y_{ijk} = observación del i-ésimo nivel del factor C en el k-ésimo nivel del factor D del i-ésimo bloque.

μ = media verdadera general.

β_i = efecto del i-ésimo bloque.

γ_j = efecto del j-ésimo factor C.

δ_k = efecto del k-ésimo factor D.

$(\gamma\delta)_{jk}$ = efecto de la interacción de la j-ésimo factor C y el k-ésimo factor D.

ϵ_{ijk} = error del experimento de la ijk-ésima observación.

En los experimentos de campo se usaron trampas delta con la feromona trunc-call, jaulas de alambre y atados de mazorcas. En el experimento sobre el efecto de la densidad poblacional sobre la atracción a trunc-call se realizó un análisis de regresión simple, con los datos de captura transformados a raíz cuadrada de $X+1$. Para todos los experimentos la variable estudiada fue la captura del insecto y solo en parte del experimento siete, se midió también la incidencia del daño de *P. truncatus* en las mazorcas.

3.2. Descripción de los experimentos

3.2.1. Sexo y edad

Para evaluar estos factores se utilizó un olfatómetro en forma de T, cuyo funcionamiento fue básicamente como el usado por Obeng-Ofori y Coaker (1990) con algunas modificaciones. El atrayente fue la cápsula comercial (Agrisense LTD. R.U.) que contiene una mezcla de 2 mg de los componentes trunc-call 1 + trunc-call 2 con 4 mg de un antioxidante. Los insectos fueron liberados en el cruce de los tres tubos del olfatómetro y el conteo se hizo 24 h después. El orificio del brazo central se cubrió con tela de tul y se conectó con un

extractor ajustado para extraer el aire a una velocidad aproximada de 0.1 m/s. Al terminar cada repetición, se lavó el olfatómetro con agua y jabón

La selección para la colocación de la feromona fue aleatoria. El experimento fue un trifactorial con dos niveles en el factor feromona (con y sin cápsula), dos niveles en el factor sexo (hembras y machos) y tres niveles en el factor edad (5-10, 30-35 y 60-65 días) bajo un diseño de bloques al azar. Se hicieron cuatro repeticiones de cada combinación de niveles de sexo y edad; en cada repetición se liberaron 20 individuos. Las condiciones ambientales fueron de 30 ± 5 °C y 65 ± 10 % h.r. Los resultados de captura se examinaron con el programa de análisis de varianza factorial de Olivares (1994).

3.2.2. Sexo y estado fisiológico de virginidad

Para el estudio de estos factores se utilizó también el olfatómetro en forma de T y la misma feromona con similar metodología del experimento anterior. Las grupos de insectos que se liberaron fueron: a) hembras vírgenes, b) hembras copuladas, c) machos vírgenes, d) machos copulados, e) machos y hembras vírgenes juntos sin substrato alimenticio al liberarse, f) machos y hembras copulados juntos sin substrato alimenticio al liberarse, g) machos y hembras vírgenes juntos con substrato alimenticio al liberarse y h) machos y hembras copulados juntos con substrato alimenticio al liberarse. Se hicieron cinco repeticiones por grupo de insectos. Los datos de atracción de los insectos se analizaron con dos métodos, el primero fue un arreglo factorial, con dos niveles en el factor estado fisiológico de virginidad (vírgenes y copulados) y tres niveles en el factor sexo (hembras, machos, y hembras y machos

juntos) bajo un diseño de bloques al azar. Con el segundo, los factores de se virginidad (copulados o vírgenes) y condición de liberación (con o sin sustrato al liberarse) se compararon usando el método de contrastes ortogonales.

3.2.3. Condición de liberación y sustrato alimenticio

Para este experimento se usaron insectos adultos (sin sexar) alimentados en granos de maiz (*Zea miz*), ramas de mezquite (*Prosopis sp*), ramas de pirul (*Schinus mole*), y vástagos de lechuguilla (*Agave lecheguilla*), los cuales se pusieron durante no menos de 10 días en dichos sustratos antes de los bioensayos. Las condiciones ambientales del experimento, el olfatómetro y la metodología fueron similares a lo usado en los experimentos anteriores, excepto que la respuesta de los insectos colocados en cada sustrato se realizó bajo dos condiciones: a) la liberación de los insectos en el olfatómetro fue junto con 20 g del sustrato en el que se alimentaron, b) la liberación fue sin ningún sustrato (aislados).

El experimento se planeó con un diseño de bloques al azar como un trifactorial con dos niveles en el factor feromona (con y sin cápsula), dos niveles en el factor condición de liberación (con y sin 20 g del sustrato alimenticio), y ocho niveles en el factor sustrato alimenticio, en el que permanecieron los insectos al menos 10 días (maiz en mazorca, ramas de mezquite, pirul y nogal; vástagos de palma, lechuguilla y agave; mazorcas de maiz, del que se obtuvieron insectos con dos días de ayuno antes del bioensayo). Se hicieron cuatro repeticiones de cada combinación de niveles de los factores condición de liberación y sustrato alimenticio; en cada repetición se liberaron 20 individuos. El análisis de varianza se hizo

inicialmente como un factorial, pero al resultar interacción entre todos los factores, se hicieron análisis individuales para comparar el efecto de los substratos bajo cada condición de liberación, considerando solo los individuos atraídos a la feromona (Olivares, 1994).

3.2.4. Substrato alimenticio, condición de liberación y material atrayente

Para comparar los atrayentes se utilizó un olfatómetro, cuyo funcionamiento fue básicamente como el usado por Obeng-Ofori y Coaker (1990), con algunas modificaciones. La feromona usada en este experimento fue la misma ya señalada arriba. Los materiales probados como atrayentes además de la feromona trunc-call fueron: maíz, mezquite, lechuguilla y pirul; también se usó un frasco sin atrayente como testigo. Los atrayentes probados fueron colocados en el olfatómetro aleatoriamente. Durante los bioensayos, en el extremo del tubo vertical del olfatómetro, se liberaron grupos de 60 insectos adultos de ambos sexos, de 10-20 días de edad, y alimentados al menos 10 días en maíz, mezquite, lechuguilla y pirul. Se realizaron cinco repeticiones por bioensayo. El experimento consistió de dos fases, en la primera se liberaron los insectos sin la influencia de la feromona junto a cada uno de los substratos y en la segunda, ésta se colocó en cada uno de los frascos que contenían 20 g de cada uno de los materiales usados como atrayentes.

En cada fase se comparó también la condición de liberación; la cual consistió en liberarlos sin nada (C_1) o colocar 20 g del substrato alimenticio en el punto de liberación (C_2). Cada bioensayo duró 24 h. La variable analizada fue el número de insectos atrapados en cada frasco con los materiales probados como atrayentes y el testigo (factor B), en relación al

substrato en que se alimentaron (factor A), y la condición del insecto al ser liberado (factor C). El experimento fue un trifactorial con seis niveles en el factor material atrayente, cuatro niveles en el factor substrato alimenticio y dos niveles en el factor condición de liberación. Las condiciones ambientales fueron 30 ± 5 °C y 65 ± 10 h.r. Los resultados de captura se examinaron con el programa de análisis de varianza factorial de Olivares (1994).

3.2.5. Temperatura y humedad relativa

En este experimento se usó también el olfatómetro en forma de T con la feromona trunc-call en uno de los brazos laterales y nada en el otro como testigo. El olfatómetro se colocó dentro de una cámara ambiental en la que se controló la temperatura a los niveles de 15, 25, 35 y 40 °C y la humedad relativa a 50 y 70 %, utilizando un humidificador y un calentador eléctricos. Se liberaron 20 insectos adultos (de ambos sexos) de 10 a 20 días de edad en cada prueba con una duración de 24 h. Se hicieron cuatro repeticiones por tratamiento. Los datos de atracción se analizaron utilizando un diseño de bloque al azar con arreglo factorial con cuatro niveles para el factor temperatura y dos para el factor humedad.

3.3. Densidad poblacional en condiciones de campo

De una cría de *Prostephanus truncatus* (Horn), desarrollados en condiciones de laboratorio en mazorcas de maíz, fueron separados lotes de 50, 200, 500 y 1000 insectos adultos sin considerar sexo ni edad. Se marcaron los insectos de cada lote con colores fluorescentes, (azul, amarillo, anaranjado y rojo) respectivamente, para cada una de dichas

densidades, los cuales son pigmentos de tipo melaninas copolímeros (resinas) con tamaño promedio de partículas de 4.5 a 5.0 μm , en base al método propuesto por Dowdy y McGaughey (1992). Cada lote se preparó por cuadruplicado para un total de 7000 insectos. Se seleccionó un área geográfica dos kilómetros al norte de Higuera, N. L., con características lo más homogéneas posibles. La vegetación fue tipo matorral de baja altura, y en algunas áreas había arbustos o mezquites.

La temperatura media mensual fue 25 °C, la temperatura extrema máxima de 43 °C y la humedad relativa promedio diario de 43 %. En dicha superficie se marcaron 16 estaciones de trapeo de una ha cada una y separadas no menos de 500 m una de otra. Los tratamientos fueron las densidades de insectos por hectárea (50, 200, 500, y 1000). Al centro de cada estación se colocó una trampa tipo delta (Agrisence, LTD, R. U) a 80 cm del suelo, suspendida de una estaca de madera. En la parte interna de la trampa se colocó una cápsula comercial (Agrisence, LTD, R. U) con la feromona trunc-call como se describió antes.

Los insectos se liberaron en cada estación, en cuatro puntos equidistantes a la trampa, ubicados a 40 m de ella, en los puntos cardinales. Después de la liberación de los insectos se recogieron las trampas y se registró el número de insectos capturados a intervalos de 24 h hasta durante siete días. No se repusieron feromonas durante ese tiempo. Los colores de los insectos capturados se verificaron con una lámpara de luz ultravioleta a 254 y 366 nm en el Laboratorio de Fitopatología de la FAUANL.

3.4. Distribución de *Prostephanus truncatus* (Horn) e incidencia en mazorcas de maíz.

Este experimento se realizó en tres estaciones de trapeo ubicadas en: 1) la presa La Juventud, Marín, Nuevo León, 2) Predio Rancho Seco de la Comisaría de San Pedro Saucito, Hermosillo, Sonora, y 3) Ahualulco, San Luis Potosí. Los datos del clima se obtuvieron de las estaciones meteorológicas más cercanas a las estaciones de trapeo de la forma siguiente: Estación meteorológica de Agronomía para la estación de trapeo de Nuevo León, Santa Ana para Sonora y Moctezuma para San Luis Potosí. Asimismo, los datos geográficos, tipo de clima según clasificación de Köppen modificado por García (1973) y altitud de las estaciones de trapeo son los siguientes: para Nuevo León, 15° 26' latitud norte, 100° 03' longitud oeste, 375 msnm y clima tipo seco cálido BS (h') lx'; para Sonora 29° 07' latitud norte, 110° 58' longitud oeste con una altitud de 210 msnm y clima tipo muy seco muy cálido (BW (h'); y 22 ° 24' de latitud norte, 101° 10' longitud oeste, altitud de 1850 msnm y clima tipo muy seco semicálido (B H h) para San Luis Potosí. La temperatura media mensual obtenida de las estaciones meteorológicas más cercanas para cada uno de los sitios de trapeo se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Temperaturas promedio mensual en grados centígrados registradas en las estaciones meteorológicas de Moctezuma, San Luis Potosí, Santa Ana, Sonora y Marín, Nuevo León, desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997.

1996-1997	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
Nuevo León	23.1	18.7	15.8	13.4	15.5	20.4	20.0	25.0	28.9	30.9	30.7	27.6
Sonora	22.5	16.4	11.8	13.1	12.4	20.0	19.1	26.8	30.5	30.0	30.1	28.5
San Luis P.	19.5	18.7	14.5	13.0	16.0	19.7	18.0	20.5	25.5	24.0	19.5	23.4

Se usaron trampas de cartón encerado tipo delta cebadas con un pequeño tubito que contenía la feromona trunc-call para capturar a *P. truncatus*. Las trampas fueron ubicadas en los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) sobre estacas de madera a una altura de 80 cm del nivel del suelo, teniendo como centro una jaula de 35 x 19 x 12 cm construida con tela de alambre de 5-6 mm de abertura de malla con dos atados de 3-4 mazorcas cada uno separados 10-15 cm. La distancia de cada trampa hasta la jaula fue cercana a 400 m. Cada mes se recogieron las trampas y feromonas y se repusieron por otras nuevas; éstas fueron guardadas en condiciones de refrigeración hasta que se realizaron los cálculos de las capturas de los insectos. Uno de los atados de mazorcas se recogió cada tres meses y el otro a los seis meses, durante el tiempo que duró el experimento. Para todas las muestras la determinación de la incidencia de infestación, solo se verificó el número de granos perforados por el insecto.

El experimento consistió en una repetición y en cada estado se realizó durante un año simultáneamente en los tres sitios de estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Sexo y edad

El análisis de varianza de los datos de atracción de los insectos, indica que hubo diferencia significativa entre hembras y machos (factor A), edades (factor B) y feromona (factor C) (Cuadro 2). Se obtuvo mayor atracción en las hembras (6.3 de 20) que en los machos (5.4 de 20).

Cuadro 2.- Análisis de varianza de los datos de atracción de *Prostephanus truncatus* (Horn) por su feromona trunc-call en función del sexo y la edad.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Bloques	3	8.229248	2.743083	1.1602	0.340
Sexo (A)	1	18.750000	9.187500	3.8860*	0.054
Edad (B)	2	29.291626	14.546813	6.1947*	0.005
Feromona (C)	1	652.687622	652.687622	276.0636*	0.000
A X B	2	0.375000	0.187500	0.0973	0.923
A X C	1	1.687256	1.687256	0.7136	0.591
B X C	2	7.624878	3.812439	1.6125	0.213
A X B X C	2	11.375244	5.687622	2.4057	0.104
Error	33	78.02752	2.364265		
Total	47	798.479126			

* Tiene una probabilidad aceptada como significativa
CV = 26.07 %

En el factor edad, los insectos de 5 a 10 días fueron más atraídos (7.0 de 20) que los de 30-35 (5.4 de 20) y 60-65 días (5.3 de 20), entre los insectos de las últimas dos edades no se registró diferencia significativa. La prueba también indicó que el promedio de atracción de los insectos hacia el frasco del olfatómetro con feromona fue mayor (9.6 de 20) que la captura en el frasco sin feromona (2.2 de 20), con un nivel de significancia de 0.01.

La mayor respuesta en las hembras que en los machos no había sido documentada, sólo respecto a la edad. Obeng-Ofori y Coaker (1990) afirman que los machos tuvieron su máxima atracción entre los 19 a 21 días y las hembras, de los 16 a 21 días. Esto concuerda en parte con nuestro estudio en cuanto a que los insectos disminuyeron su capacidad de respuesta a la feromona al hacerse viejos; mayores de 30 días. En relación al factor feromona este estudio confirma su potencia.

4.2. Sexo y estado fisiológico de virginidad

Los resultados del análisis estadístico de las atracciones de *P. truncatus*, denotaron significancia en ambos factores (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Análisis de varianza de los datos de atracción de *Prostephanus truncatus* (Horn) por su feromona trunc-call en función del sexo y estado fisiológico de virginidad.

FV	GL	SC	CM	F _{cal}	P>F
Repeticiones	3	36.00000	12.000000	1.8557	0.180
Sexo (A)	2	59.25000	29.625000	4.5812 *	0.027
Virginidad (B)	1	28.16670	28.166700	4.3557 *	0.052
AXB	2	7.58325	3.791600	0.5812	0.573
Error	15	97.00000	6.466667		
Total	23	288.00000			

* Tiene una probabilidad aceptada como significativa.

CV = 24.22 %.

Una comparación de promedios de atracción del insecto entre los niveles del factor sexo, indicó que independientemente del estado de virginidad, mas individuos fueron atraídos cuando se liberaron hembras solas que cuando se liberaron hembras y machos juntos. Sin

embargo, en esta prueba, la respuesta de las hembras solas no fue diferente a la de los machos solos, como ocurrió en el estudio previo, sin embargo se observó la misma tendencia. La respuesta de los machos solos no fue diferente a la que resultó de liberar individuos de ambos sexos juntos (Cuadro 4). Por otra parte, el promedio de atracción de insectos vírgenes, sin considerar sexos, fue mayor (11.58 de 25) que el de insectos copulados (9.41 de 25).

Cuadro 4.- Comparación de medias del número de adultos atraídos de *Prostephanus truncatus* (Horn) por su feromona trunc-call en un olfatómetro T en relación al sexo.

Sexo	Número de insectos atraídos de 20 liberados ^{1/}	
Hembras	12.62	a
Machos	10.00	ab
Machos y hembras	8.87	b

^{1/} Las medias seguidas por letras iguales no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 de acuerdo al método de Tukey.

El efecto de los factores, condición de liberación del insecto y estado fisiológico de virginidad (machos y hembras vírgenes sin substrato alimenticio, machos y hembras copulados sin substrato alimenticio, machos y hembras vírgenes con substrato alimenticio y machos y hembras copuladas con substrato alimenticio) fueron analizados utilizando el método de contrastes ortogonales. Las hipótesis estadísticas que se probaron fueron:

Contraste Hipótesis nula:

1. $T_1 + T_2 = T_3 + T_4$

2. $T_1 + T_3 = T_2 + T_4$

3. $T_1 + T_4 = T_2 + T_3$

donde:

T1 = hembras y machos copuladas sin alimento en el que se criaron colocado en su liberación.

T2 = hembras y machos copuladas con alimento en el que se criaron colocado en su liberación.

T3 = hembras y machos vírgenes sin alimento en el que se criaron colocado en su liberación.

T4 = machos y hembras vírgenes con alimento en el que se criaron colocado en su liberación.

Las Fs calculadas del ANOVA mostraron diferencia estadística en los tratamientos y factores del estado fisiológico de virginidad y de condición de liberación (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Análisis de varianza de los datos de atracción de hembras y machos de *Prostephanus truncatus* (Horn) por su feromona trunc-call en relación a su estado fisiológico de virginidad y a la condición de liberación (con o sin sustrato) en que permanecieron por lo menos 10 días.

FV	GL	SC	CM	F. cal.	F. tablas	
					0.05	0.01
Bloques	3	03.6875	1.229160	0.8469	3.86	6.69
Tratamientos	3	21.1875	7.062500	4.8660*	3.86	6.69
C1 (vírgenes vs copulados)	1	7.56250	7.562500	5.2153*	5.12	10.56
C2 (con alimento vs sin alim.)	1	10.56250	10.5625	7.2775*	5.12	10.56
C3 (interacción C1 x C2)	1	3.06250	3.062500	2.11048	5.12	10.56
Error	9	13.06250	1.451389			
Total	15	37.93750				

* Tiene una probabilidad aceptada como significativa.

CV = 12.60 %

El contraste uno indicó que la respuesta conjunta de atracción de los insectos vírgenes (promedio 10.25 de 20) fue estadísticamente mayor que la de los copulados (8.87 de 20). Esto difiere con el resultado publicado por Obeng-Ofori y Coaker (1990) quienes mencionaron que el factor apareamiento no afectó la respuesta de *P. truncatus* a su feromona trunc-call. El contraste dos indicó que la respuesta de los insectos con alimento en el punto de liberación (promedio 8.75) fue menor que la de los insectos sin alimento al liberarse (promedio

10.37). No hubo interacción de los factores. De acuerdo a los anterior, tanto el estado de virginidad como la condición de liberación de los insectos, pueden afectar la actividad de la feromona.

4.3. Condición de liberación y substrato alimenticio

El análisis factorial mostró significancia en los factores, condición de liberación (A), feromona (C) y en las interacciones A x B y B x C (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Análisis de varianza de los datos de atracción de *Prostephanus truncatus* (Horn) transformados a raíz cuadrada de X+1, en función de los factores, feromona trunc-call (con o sin) substrato donde vivieron al menos 10 días, y condición de liberación (con o sin el substrato al liberarse en el olfatómetro T).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Bloques	3	0.206421	0.068807	0.2310	0.875
Condición de liberación (A)	1	11.667603	11.667603	39.1745*	0.000
Substrato alimenticio (B)	7	4.112122	.587446	1.9724	0.067
Feromona (C)	1	94.673767	94.673767	317.8716*	0.000
A X B	7	7.802429	1.114633	3.7424*	0.002
A X C	1	0.593079	0.593079	1.9913	0.158
B X C	7	12.670959	1.810137	6.0776*	0.000
A X B X C	7	4.151733	0.593105	1.9914	0.064
Error	93	27.698792	0.297836		
Total	127	163.576904			

* Tiene una probabilidad aceptada como significativa.

CV = 23.59 %

Por lo que para analizar el efecto de la atracción de *P. truncatus* por trunc-call en la interacción A x B se hicieron comparaciones para cada nivel de condición de liberación y substrato alimenticio, es decir (A dentro de cada nivel de B y B dentro de cada nivel de A). Para la interacción B x C, se comparó cada nivel de B dentro de cada nivel de C y cada nivel de C dentro de cada nivel de B.

La comparación de medias de los niveles de A dentro de cada nivel de B, indicó que aquellos insectos que fueron alimentados con mezquite, lechuguilla, yuca, agave y nogal, fueron más atraídos cuando se liberaron sin el substrato en que se alimentaron (A_1) que cuando se colocaron 20 g de este estos materiales al ser liberados (A_2) en el olfatómetro. La atracción para los alimentados con maíz todo el tiempo, maíz (con dos días de ayuno) o pirul, no difirieron en ninguno de los niveles de A (Cuadro 7).

La obtención de una mayor tendencia en la atracción de *P. truncatus*, cuando se liberaron sin ningún substrato en el que se alimentaron, probablemente se deba a que los insectos tenían hambre debido a que no se habían alimentaron realmente del substrato en el que permanecieron al menos 10 días, no obstante haberlo perforado, (excepto maíz el cual es parte de su dieta) por lo que al detectar la feromona de agregación, cuyo efecto es guiar al insecto al sitio del alimento, su respuesta fue positiva. Lo mismo ocurrió en la atracción de los escarabajos alimentados con maíz (con dos días de ayuno) a pesar de no existir diferencia estadística entre los dos niveles de condición de liberación, se obtuvo la misma tendencia, es decir, mayor atracción para los insectos con hambre que los bien alimentados.

Finalmente, la media de atracción de los insectos alimentados todo el tiempo con maíz, aunque no difirió estadísticamente con la del nivel dos del factor B, porque los insectos al estar alimentados no necesitaban ir a buscarlo por lo que fueron poco atraídos en la condición sin alimento al liberarlos.

Cuadro 7.-Comparación de medias con datos transformados a raíz cuadrada de X+1 del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) atraídos por su feromona trunc-call para insectos que permanecieron al menos 10 días en diversos substratos y fueron liberados en un olfatómetro T con o sin 20 g de ese material 1/

Condición de liberación	Susbtratos alimenticios							
	Maíz	Mezquite	Pirul	Lechuguilla	Yuca	Agave	Nogal	Maíz (ayunados)
Sin alimento al liberarse	2.36 a	2.86 a	2.33 a	2.77 a	2.62 a	2.53 a	2.84 a	2.58 a
Con 20 g del alimento	2.87 b	1.92 b	1.83 a	1.48 b	1.71 b	1.93 b	2.19 b	2.15 a

1/ Las medias seguidas por letras iguales en las columnas no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia 0.05 según Tukey.

Al comparar los promedios de atracción de los niveles de B en cada nivel de A, solo se obtuvo diferencia en el nivel A₂ (liberación con substrato alimenticio) en el olfatómetro. Los que se liberaron en presencia de maíz, fueron más atraídos que los liberados con agave, mezquite, pirul, yuca y lechuguilla; pero los de nogal y maíz (con dos días de ayuno) no difirieron de los insectos alimentados en el resto de los substratos. En cambio, cuando los escarabajos se liberaron sin substrato alimenticio, no hubo diferencia en la atracción para ninguno de los substratos, pero se nota una mayor tendencia de atracción de los insectos que fueron liberados en esta condición (Cuadro 8).

Esta situación apoya la idea de que los insectos que fueron más atraídos por la feromona, probablemente se debió al efecto de hambre por no haberse alimentado del substrato en el que estaban (excepto maíz), para el cual las atracciones en el nivel con alimento, fueron claramente superiores a las del nivel sin alimento. Asimismo, estos resultados sugieren que el factor substrato alimenticio no afecta la atracción de *P. truncatus*, excepto el maíz.

Cuadro 8.- Comparación de medias con datos transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) atraídos por su feromona trunc-call, para insectos que permanecieron al menos 10 días en diversos substratos y fueron liberados en un olfatómetro T con o sin 20 g de su substrato.

Substratos	Promedio de insectos atraídos de 20 liberados 1/	
	Con alimento al liberarlos	Sin alimento al liberarlos
Maíz	2.87 a	2.36
Nogal	2.19 a b	2.85
Maíz (2 días de ayuno)	2.15 a b	2.53
Agave	1.93 b	2.86
Mezquite	1.92 b	2.33
Pirul	1.83 b	2.33
Yuca (palma)	1.71 b	2.63
Lechuguilla	1.48 b	2.77

1/ Las medias seguidas por letras iguales no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método Tukey

Al comparar las medias de atracción del escarabajo de cada nivel del factor B entre cada nivel del factor C, como era de esperarse, la mayor atracción de los insectos alimentados en cualquiera de los substratos alimenticios ocurrió en el nivel uno (con feromona) (Cuadro 9). La mayor atracción por la feromona ya había sido bien documentada anteriormente.

Cuadro 9.- Comparación de medias con datos transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) atraídos por su feromona trunc-call, para insectos que permanecieron al menos 10 días en diversos substratos y fueron liberados en un olfatómetro en forma de T con dos opciones de atracción, con feromona y sin feromona. 1/

Niveles de Maíz feromona	Maíz	Mezquite	Pirul	Lechuguilla	Yuca	Agave	Nogal	Maíz (ayunados)
Con feromona	3.8 a	3.19 a	2.67 a	2.78 a	2.58 a	3.49 a	3.22 a	3.61 a
Sin feromona	1.39 b	1.60 b	1.50 b	1.47 b	1.76 b	0.96 b	1.81 b	1.13 b

1/ Las medias seguidas por letras iguales en las columnas, no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método de Tukey.

Al comparar las medias de atracción de los niveles de B en cada nivel de C, el mayor promedio de atracción de *P. truncatus* fue para los insectos que se alimentaron con maíz, todo el tiempo, mientras la menor fue para los insectos que estuvieron en yuca. Sin embargo, la atracción de los insectos que estuvieron en el resto de los substratos no fue estadísticamente diferente al mayor promedio. En cambio, en el segundo nivel de la feromona (testigo) no se registró diferencia en la atracción hacia el frasco sin feromona para los insectos provenientes de cualquier substrato en los que se alimentaron o estuvieron (Cuadro 10).

Como puede observarse en el Cuadro 10 el efecto sobre la atracción del insecto por la feromona trunc-call, en siete de los substratos en los que vivió el escarabajo por lo menos 10 días fue mínima, excepto en maíz, lo cual sugiere que la relación del insecto con los substratos en los que vivió o se alimentó no afectan su atracción con trunc-call.

Cuadro 10. Comparación de medias de los datos transformados a raíz cuadrada de X+1 del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) atraídos por trunc-call en un olfatómetro en forma de T, en relación al substrato en el que permanecieron al menos 10 días 1/.

Substrato alimenticio	Frasco con feromona	Frasco sin feromona
Maíz	3.84 a	1.39
Maíz (insectos con dos días de ayuno)	3.61 a b	1.13
Agave	3.49 a b	0.96
Nogal	3.22 a b	1.81
Mezquite	3.19 a b	1.60
Lechuguilla	2.78 a b	1.47
Pirul	2.66 a b	1.5
Yuca (palma)	2.60 b	1.76

1/ Las medias seguidas por letras iguales no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05, según el método de Tukey.

4.4. Substrato alimenticio, condición de liberación y material atrayente

En la primera fase de este experimento (sin colocar feromona junto a los substratos probados como atrayentes) el análisis de varianza con arreglo factorial de bloques al azar con los datos de atracción de *P. truncatus*, transformados a raíz cuadrada de $X+1$ indicó que hubo significancia estadística en el factor atrayente (B) y en la interacción entre éste y el substrato alimenticio (A X B) (Cuadro 11).

Cuadro 11.- Análisis de varianza de los datos de atracción transformados a raíz cuadrada de $X+1$ de *Prostephanus truncatus* (Horn) por su feromona trunc-call y varios substratos alimenticios en función al substrato en el que se alimentaron en ausencia o presencia del material alimenticio en su liberación.

FV	GL	CM	SC	Fcal.	P>F
Bloques	4	001.747437	0.436859	002.1153	0.080
Substrato alimenticio (A)	3	001.347778	0.449259	002.1754	0.091
Atrayentes (B)	5	300.164063	60.032814	290.8882*	0.000
Condición de liberación (C)	1	000.001343	0.001343	000.0065	0.934
A X B	15	009.193115	0.612874	002.9676*	0.000
A X C	3	001.214844	0.404948	001.9608	0.120
B X C	5	001.620542	0.336108	001.6275	0.154
A X B X C	15	003.530396	0.235360	001.1396	0.323
Error	188	038.825684	0.206520		
Total	239	357.705200			

* Tiene una probabilidad aceptada como significativa.

CV = 20.08 %

Se compararon las medias de los niveles de los materiales probados como atrayentes dentro de cada nivel del substrato alimenticio (B en cada nivel de A) y también se compararon los niveles de los substratos alimenticios en cada nivel de los materiales probados como

atrayentes (A en cada nivel de B) con el método de Tukey al nivel de significancia de 0.05 (Cuadro 12). Para todos los substratos alimenticios, la feromona fue más efectiva para atraer al insecto que los demás materiales probados como atrayentes. Además, en los insectos alimentados en los substratos maíz, mezquite y lechuguilla, el propio mezquite tuvo cierta atracción al mostrarse superior estadísticamente al testigo sin atrayente. En relación al efecto del substrato alimenticio para la atracción de cada uno de los atrayentes, la comparación de medias también se presenta en las hileras del Cuadro 12.

Cuadro 12.- Comparación de medias de los datos transformados a raíz cuadrada de $X+1$ del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) atraídos por su feromona trunc-call y varios materiales probados como atrayentes en relación al substrato alimenticio^{1/}.

Atrayente	Substratos alimenticios			
	Maíz	Mezquite	Pirul	Lechuguilla
Feromona	5.1 a (a)	4.7 a (ab)	4.64 a (ab)	4.40 a (b)
Maíz	1.8 c	1.71 bc	1.47 c	1.79 bc
Mezquite	2.6 b (a)	2.24 b (ab)	2.00 bc (b)	2.17 b (ab)
Pirul	1.8 c	1.87 bc	1.78 bc	1.42 c
Lechuguilla	1.4 c (b)	1.63 c (b)	2.24 b (a)	1.6 c (b)
Testigo	1.4 c	1.50 c	1.50 c	1.52 c

^{1/} Para cada columna, las medias seguidas por letras iguales no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método de Tukey.

Para cada hilera, las medias seguidas por letras iguales entre paréntesis no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método de Tukey.

En los tratamientos maíz, pirul y testigo no se detectó influencia del substrato alimenticio sobre su atracción. Sólo para los atrayentes feromona, mezquite y lechuguilla hubo

diferencia entre substratos. Para mezquite, los alimentados en maíz fueron más atraídos que los alimentados en pirul. Para lechuguilla como atrayente, los alimentados en pirul fueron más atraídos que los demás; y para la feromona, los alimentados en maíz superaron a los que se alimentaron en lechuguilla. Las tendencias de atracción de *P. truncatus* por los materiales probados como atrayentes diferentes a la feromona en la primera fase de este experimento, no habían sido documentadas antes, pero la potencia de ésta como tal está ya bien definida. Por las grandes diferencias de los promedios de atracción de trunc-call respecto a los otros materiales alimenticios probados como atrayentes, es de esperarse que ninguno de estos materiales será capaz de competir contra la atracción de la feromona, considerando condiciones similares a las del experimento.

También es evidente, que los substratos usados como alimento del insecto no pueden modificar substancialmente la atracción del insecto por su feromona, similar al experimento previo, (Cuadro 6) porque los promedios de atracción de la feromona no fueron estadísticamente diferentes, en la mayoría de los substratos, excepto en los insectos alimentados con lechuguilla (Cuadro 12). En cuanto al efecto de liberar los insectos en el olfatómetro en presencia ó ausencia de 20 g de su propio substrato alimenticio, en el análisis general no mostró significancia; por lo que se concluyó que este factor no tuvo influencia en la atracción del insecto sobre los materiales usados como atrayentes. Esto difiere del experimento anterior en el que este factor fue significativo, pero hay que considerar que el sistema de atracción por la feromona fue también diferente pues en el anterior solo había dos opciones de atracción en el olfatómetro en forma de T, mientras que en este último había seis opciones en un olfatómetro de seis lados, por lo que la influencia del resto de los materiales

atrayentes pudo haber modificado substancialmente el efecto de atracción por la feromona en relación al factor condición de liberación.

En la segunda fase del experimento, donde se colocó la feromona trunc-call junto con los materiales usados como atrayentes, el análisis de varianza de los datos de atracción de *P. truncatus* transformados a raíz cuadrada de X+1, realizados con arreglo factorial de bloques al azar, mostró significancia estadística en los efectos principales, substrato alimenticio (A), atrayente (B), condición de liberación (C) y en la interacción de los factores A x B, A x C y A x B x C (Cuadro 13).

Cuadro 13.- Análisis de varianza de los datos de atracción de *Prostephanus truncatus* (Horn) transformados a raíz cuadrada de X+1 en relación a su liberación en ausencia o presencia del substrato alimenticio en un olfatómetro de seis brazos y con su feromona trunc-call junto a los materiales alimenticios probados como atrayentes.

FV	GL	SC	CM	F. cal.	P>F
Bloques	4	1.020752	0.255188	0.7774	0.543
Substrato (A)	3	7.092651	2.364217	7.2022*	0.000
Atrayente (B)	5	76.494751	15.298950	66.6057*	0.000
Condición de liberación (C)	1	9.887939	9.887939	30.1220*	0.000
A X B	15	8.457642	0.563843	1.7177*	0.050
A X C	3	5.664307	1.888102	5.7518*	0.001
B X C	5	1.157593	0.231519	0.7053	0.623
A X B X C	15	10.684937	0.712329	2.1700*	0.009
Error	188	61.713501	0.328263		
Total	239	182.174072			

* Tiene una probabilidad aceptada como significativa.

CV = 21.9 %

Para cada nivel de condición de liberación con dos niveles (C₁ sin substrato alimenticio o C₂ con 20 g de éste en el punto de liberación) se comparó la acción de los atrayentes en los insectos alimentados en cada substrato alimenticio (B en cada nivel de A), así

como y los efectos de los substratos en cada uno de los atrayentes probados (A en cada nivel de B), (columnas de los Cuadros 14 y 15, respectivamente).

Cuadro 14.- Comparación de medias con datos transformados a raíz cuadrada de X+1 del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) atraídos por su feromona sola y en combinación con varios materiales probados como atrayentes en relación al substrato alimenticio y cuando los insectos se liberaron sin 20 g de dicho substrato 1/.

Atrayente	Substratos alimenticios			
	Maíz	Mezquite	Pirul	lechuguilla
Feromona sola	2.77 ab	2.88 a	3.22 ab	3.13 ab
Feromona + maíz	2.92 ab	3.16 a	2.69 abc	2.30 bc
Feromona + mezquite	3.34 a	3.04 a	3.67 a	3.87 a
Feromona +lechuguilla	3.30 a (a)	2.91 a (ab)	2.61 bc (ab)	2.16 bc (b)
Feromona + pirul	3.48 a	3.40 a	3.04 ab	3.15 ab
Testigo	2.07 b	1.41 b	1.72 c	1.39 c

1/ Para cada columna , las medias seguidas por letras iguales no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método de Tukey.

Para cada hilera, las medias seguidas por letras iguales entre paréntesis no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método de Tukey.

En las columnas del Cuadro 14 se muestran los resultados de las comparaciones de atraktividad de los atrayentes probados, cuando los insectos fueron liberados en ausencia del substrato alimenticio (C₁). Todos los atrayentes probados superaron en atracción al testigo con los insectos alimentados en mezquite; con los alimentados en maíz, el testigo no difirió ni de la feromona sola ni de la feromona + maíz. Cuando la lechuguilla y el pirul fueron el alimento del insecto, el testigo no fue superado en atracción por el atrayente feromona + lechuguilla, ni por feromona + maíz. En los atrayentes feromona sola, feromona + maíz,

feromona + pirul, feromona + mezquite y testigo, la atracción no fue afectada por los substratos alimenticios (hileras del Cuadro 14). En la atracción del atrayente feromona + lechuguilla, los insectos alimentados en el substrato lechuguilla, fueron menos atraídos que los alimentados en maíz.

En las columnas del Cuadro 15, se muestran las comparaciones de atractividad de *P. truncatus* por los materiales probados como atrayentes para los insectos liberados en presencia del substrato en que se alimentaron (C₂)

Cuadro 15.- Comparación de medias con datos transformados a raíz cuadrada de X+1 del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) atraídos por su feromona sola y en combinación con varios materiales probados como atrayentes en relación al substrato alimenticio y cuando los insectos se liberaron con 20 g de dicho substrato.

Atrayente	Promedio de insectos atraídos/substrato alimenticio 1/			
	Maíz	Mezquite	Pirul I	Lechuguilla
Feromona sola	2.99 ab (a)	2.20 ab (bc)	1.63 a (c)	2.73 a (ab)
Feromona + maíz	2.59 ab (a)	2.24 ab (ab)	1.43 c (b)	3.03 a (a)
Feromona + mezquite	3.56 a	3.19 a	2.72 ab	3.54 a
Feromona + lechuguilla	2.60 ab	2.20 ab	1.82 bc	2.56 a
Feromona + pirul	2.55 ab	3.05 a	2.87 a	2.66 a
Testigo	2.14 b (a)	1.48 b (ab)	1.08 c (b)	1.00 b (b)

1/ Para cada columna, las medias seguidas por letras iguales no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método de Tukey.

Para cada hilera, las medias seguidas por letras iguales entre paréntesis no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia del 0.05 según el método de Tukey

Las diferencias de atractividad entre los atrayentes probados fueron mínimas y muy variables. Al comparar la respuesta de atracción del insecto por la feromona trunc-call entre la primera y segunda fase de este experimento, se tiene que en la primera la feromona superó claramente a todos los atrayentes probados, atrayendo cerca de cinco veces más insectos que el mejor material probado como atrayente (mezquite) de acuerdo a los promedios de atracción de los insectos con datos originales, sin transformar. En cambio, cuando junto a la feromona se colocó un material alimenticio probado como atrayente, las diferencias fueron mínimas y variables y en algunos casos el testigo igualó a los tratamientos atrayentes.

El hecho de que en cada fase del experimento se haya colocado la feromona junto con cada uno de los materiales probados como atrayentes, pudo haber dejado en desventaja a la feromona sola, al producirse un efecto de sinergismo entre el material atrayente y la feromona; pero esto no ocurrió pues en ningún caso, la feromona sola fue superada por la combinación de la feromona con otro material. En esta fase del experimento, también pudo haber existido desorientación del insecto por la presencia excesiva de la feromona, ya que varios de los atrayentes ni siquiera superaron al testigo.

Aunque fue similar la atracción por los materiales probados como atrayentes en ambas condiciones de su liberación (ausencia o presencia del substrato alimenticio), los valores fueron ligeramente modificados, ya que cuando la liberación del insecto fue en ausencia del substrato alimenticio (nivel C_1 del factor condición de liberación), se capturaron más insectos por varios de los atrayentes, que cuando éstos se liberaron con 20 g de dicho substrato (C_2 del factor condición de liberación). Por ejemplo, comparando los promedios de

los datos de atracción sin transformar, cuando se liberaron sin nada del substrato alimenticio, con el atrayente feromona + mezquite se atraparon 14 de 60 insectos alimentados en lechuguilla, 12.8 de 60 de pirul y 10.4 de 60 de maíz; mientras que con insectos liberados en presencia del substrato alimenticio se capturaron 6.8, 11.6 y 11.8 de 60 insectos alimentados con lechuguilla, pirul y maíz, respectivamente. El promedio total de atracción del insecto por la feromona + mezquite, en ausencia del substrato alimenticio al liberarse (C_1) fue de 11.4 y en presencia del substrato alimenticio (C_2) fue de 9.9. Este fue el atrayente que promedió la mayor atracción en ambas condiciones de liberación (hileras de los Cuadros 14 y 15).

4.5. Temperatura y humedad relativa.

Un análisis de varianza realizado con arreglo factorial de bloque al azar con los datos de captura de atracción de *P. truncatus* por trunc-call, considerando los factores temperatura (A) y humedad relativa (B), mostró significancia estadística para ambos factores y su interacción (A x B) (Cuadro 16).

Cuadro 16.-Análisis de varianza de los datos de atracción de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) por su feromona trunc-call en relación a diferentes grados de temperatura y porcentajes de humedad relativa.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	3	002.3750	00.791667	0.1530	0.926
Temperatura, A (°C)	3	103.6250	34.541668	6.6778*	0.003
Humedad relativa, B (%)	1	032.0000	32.000000	6.1864*	0.020
A X B	3	092.2500	30.750000	5.9448*	0.004
Error	21	108.6250	05.172619		
Total	31	338.8750			

* Tiene una probabilidad aceptada como significativa. CV = 16.03%.

Al haber interacción, se hicieron comparaciones de los promedios de atracción del insecto para ver el efecto de las temperaturas en cada una de las dos condiciones de humedad relativa (A en cada nivel de B), y para comparar el efecto de las condiciones de humedad en cada temperatura. (B en cada nivel de A). La condición de humedad relativa al 50 %, indicó significancia en la respuesta de atracción del insecto a la feromona. La comparación de medias se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17.- Comparación de medias del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) atraídos por su feromona trunc-call en relación a diferentes grados de temperatura y porcentajes de humedad relativa 1/.

Temperatura (°C)	50% humedad relativa	70% humedad relativa
35 °C	17.2 a	15.5
40 °C	15.7 a	14.7
25 °C	11.0 b	16.0
15 °C	8.7 b	14.5

1/ Las medias seguidas por letras iguales en las columnas no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método de Tukey.

Con humedad de 50 %, los insectos liberados a 35 y 40 °C de temperatura, fueron más atraídos que los de 15 y 25 °C. A 70 % de h.r. no hubo diferencia en atracción a ningún temperatura. Asimismo, las comparaciones de las medias de atracción del insecto considerando la humedad relativa en relación a la temperatura, mostró significancia para 15 y 25 °C. La comparación de las medias de los análisis significativos se muestra en el Cuadro 18.

Cuadro 18.- Comparación de medias del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) atraídos por su feromona trunc-call en relación a la humedad relativa en diferentes grados de temperatura.

Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)			
	15 °C	25 °C	35 °C	40 °C
70 %	14.5 a	16.0 a	15.0	14.0
50 %	8.7 b	11.0 b	17.2	15.7

1/ Las medias seguidas por letras iguales no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método de Tukey.

Por medio de un análisis de regresión múltiple se ajustó el siguiente modelo: $Y = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 h + \beta_3 t^2 + \beta_4 t h + \epsilon_i$, (donde: Y = atracción del insecto, β_0 y $\beta_1, 2, \dots, n$ = coeficientes de regresión, t = temperatura, h = humedad relativa y ϵ_i = error del experimento de la i-ésima observación) encontrando el siguiente modelo estimado: $Y_i = -29.222991 + 1.53706 t + 0.570508 h - 0.006445 t^2 - 0.016322 t h$. Utilizando la técnica de máximos y mínimos del cálculo diferencial, se obtuvieron los siguientes valores óptimos, $t = 34.95 \text{ C}^\circ$ y $h = 64.31 \%$. La mayor actividad de atracción de *P. truncatus* por la feromona trunc-call obtenida con estos valores de temperatura y humedad, quizás pueda ser explicada por la respuesta fisiológica del insecto a la temperatura de 32 C° y 70-80 % de h.r.; en cuyas condiciones se obtuvo su óptimo desarrollo (24.5 días), incluyendo huevo, larva, pupa y adulto, según Bell y Watters (1982) Shires (1979)

Hay que considerar también, el efecto de la temperatura en la tasa de liberación de la feromona, ya que a temperaturas más elevadas, la liberación del atrayente es mayor. En esta

investigación, el mayor promedio de atracción del insecto fue precisamente a 35 °C, más cercano a la temperatura óptima de desarrollo, independientemente de la h.r., aunque estadísticamente no difirió de la de 40 °C, pero sí de la de 15 y 25 °C.

4. 6. Densidad poblacional en condiciones de campo

Este experimento fue realizado en una superficie con vegetación natural para estudiar el efecto de la densidad de poblaciones de *P. truncatus* sobre las capturas con trampas delta cebadas con la feromona trunc-call en el municipio de Higuera, N. L. La captura a las 24 h fue en total de 92 insectos. El número de insectos capturados por repetición fue el siguiente: para la densidad de 50 insectos/ha: 1, 2, 4 y 2; para la de 200/ha: 3, 10, 5 y 7; para la de la 500/ha: 2, 6, 10 y 5; y para la de 1000/ha: 13, 13 y 8. En este último tratamiento se perdió una repetición.

Los registros de capturas después de las 24 horas, fueron disminuyendo; a las 48 horas sólo se atraparon 16 insectos, seis a las 72 h y cero después de esta observación hasta los siete días. Un análisis de varianza con un diseño completamente al azar (Olivares, 1994), con los datos de captura transformados a raíz cuadrada de $X+1$, mostró que hubo diferencia significativa en la captura para las diferentes densidades poblacionales del insecto, con un coeficiente de variación de 20.19 % (Cuadro 19).

Cuadro 19.- Análisis de varianza de los datos de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) capturados durante 24 horas con trampas delta con trunc-call 1 y 2 en áreas con distinta densidad poblacional.

FV	GL	SC	CM	F.cal.	P>F
Tratamientos	3	5.097137	1.699046	6.3807*	0.009
Error	11	2.929047	0.266277		
Total	14	8.026184			

* Tiene una probabilidad aceptada como significativa
CV = 20.19 %

La comparación de medias con el método Tukey al nivel de significancia de 0.05 mostró que la captura en el tratamiento 50 insectos/ha fue diferente a la del tratamiento de 1000/ha, pero la captura del insecto de los tratamientos 500/ha y 200/ha no fue estadísticamente diferentes a los de 1000/ha ni al de 50/ha (Cuadro 20).

Cuadro 20 - Comparación de medias del número de adultos de *Prostephanus truncatus* (Horn) capturados durante 24 horas con trampas delta con trunc-call en áreas con distinta densidad poblacional.

Densidad poblacional (Número de insectos/ha)	Número de insectos por trampa	Media de datos transformados 1/
1000	11.219	3.49 a
200	6.014	2.64 ab
500	5.431	2.53 ab
50	2.163	1.77 b

1/ Las media seguidas por letras iguales no son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia de 0.05 según el método Tukey.

El análisis de regresión simple, de los datos de captura mencionados sin transformar, fue significativo y muestra que hubo relación entre la variable independiente (número de insectos/hectárea) y la variable dependiente (insectos capturados). El coeficiente de correlación

fue de $r = 0.7324$, la densidad de insectos liberados explicó el 53.6 % (coeficiente de determinación r^2) de la captura. La ecuación de regresión ($\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_i$), resultante del análisis fue, $\hat{Y} = 2.7785 + 0.0082X_i$, con cuyo cómputo se obtuvieron los valores de los insectos capturados (Y_i) correspondientes a cada densidad (X_i) que se muestran en el Cuadro 21 y la Fig. 5.

Cuadro 21.- Captura de *Prostephanus truncatus* (Horn) en relación a diferentes densidades de insectos liberados.

Variables	Número de insectos			
Insectos liberados/ha (X_i)	50	200	500	1000
Insectos capturados/trampa (Y_i)	3.19	4.42	6.89	11.00

La eficiencia de captura de las trampas con feromonas fue disminuyendo conforme la densidad liberada aumentó. Los porcentajes de recuperación de adultos en 24 horas fueron, 6.38, 2.21, 1.38 y 1.10 para los tratamientos de 50, 200, 500 y 1000 insectos por hectárea, respectivamente. Estos resultados comprueban el conocimiento básico de que las trampas con feromonas son más eficientes para detectar bajas densidades. De acuerdo a estos mismos datos el promedio total de recapturas de insectos a las 24 horas fue del 2.47 %, cifra semejante al 2 % obtenido por Farrell y Key (1992) en un estudio cuyas liberaciones las hicieron en sitios cercanos a cultivos de sorgo, con densidades de 400 y 3000 insectos. Las recapturas de insectos a las 48 horas solo alcanzaron un promedio de 0.23 % en este estudio, también semejante al 0.2 % reportado por Farrell y Key (1992) ya mencionados.

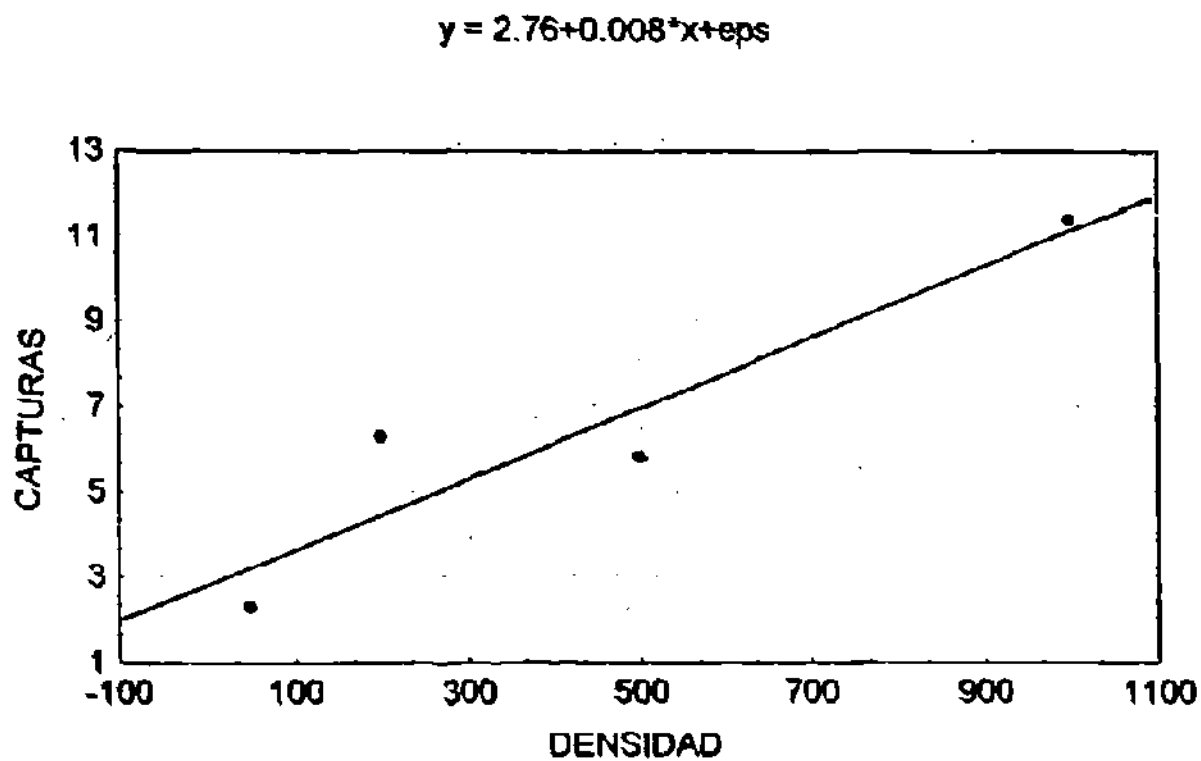


Fig. 5. Línea de regresión de los datos de captura (Y_i) de *Prostephanus truncatus* (Horn) en condiciones de campo nativo en Marín, N.L. utilizando 4 diferentes densidades (X_i).

4.7. Distribución de *Prostephanus truncatus* (Horn) e incidencia en mazorcas de maíz.

El total de insectos del barrenador mayor de los granos, *P. truncatus* capturados, en cada una de las estaciones de los tres estados de la República en los cuales se colocaron las trampas delta cebadas con la feromona de agregación trunc-call, fueron los siguientes en orden decreciente: 652 insectos para el estado de San Luis Potosí, 45 para Sonora y 33 para Nuevo León. En contraste, *T. nigrescens* fue capturado en mayor número en el estado de Sonora, con 87 insectos comparado con San Luis Potosí con 44 escarabajos y cero en Nuevo León. Estos datos se muestran en los Cuadros 22, 23 y 24 en relación a la especie, regiones de captura y tiempo.

Los datos de captura para el estado de Nuevo León fueron variables y relativamente bajos. En los periodos Febrero-Marzo, Mayo-Junio, Junio-Julio, Julio-Agosto y Agosto-Septiembre de 1997 no se capturó ningún individuo de *P. truncatus* (Cuadro 22).

Cuadro 22.- Número de *Prostephanus truncatus* (Horn) capturados en trampas delta con la feromona trunc-call noroeste de la presa La Juventud, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León., desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997.

Mes	Norte	Sur	Este	Oeste	Promedio
Octubre-Noviembre	4	1	3	p	2.66
Noviembre-Diciembre	1	1	0	4	1.5
Diciembre-Enero	2	0	0	1	0.75
Enero-Febrero	0	0	1	0	0.25
Febrero-Marzo	0	0	0	0	0.0
Marzo-Abril	1	2	0	9	3.0
Abril-Mayo	1	0	1	0	0.5
Mayo-Junio	0	0	0	0	0.0
Junio-Julio	0	0	0	0	0.0
Julio-Agosto	0	0	0	0	0.0
Agosto-Septiembre	0	0	0	0	0.0
Septiembre-Octubre	0	0	1	0	0.25

P = trampa perdida

En la Fig. 6, obtenida con estos mismos datos, se aprecian dos picos de mayor captura en los meses de Marzo-Abril y Octubre-Noviembre de 1997. El pico de Octubre-Noviembre parece un verdadero incremento poblacional mientras que el de Marzo-Abril, aparentemente fue un incremento en la captura, pero en tan bajas capturas es difícil aseverarlo.

No se capturó ningún ejemplar del depredador del barrenador mayor de los granos, *Teretriosoma nigrescens* Lewis, en las trampas usadas para las capturas de *P. truncatus*, en el área de muestreo en el Estado de Nuevo León.

Numero de insectos

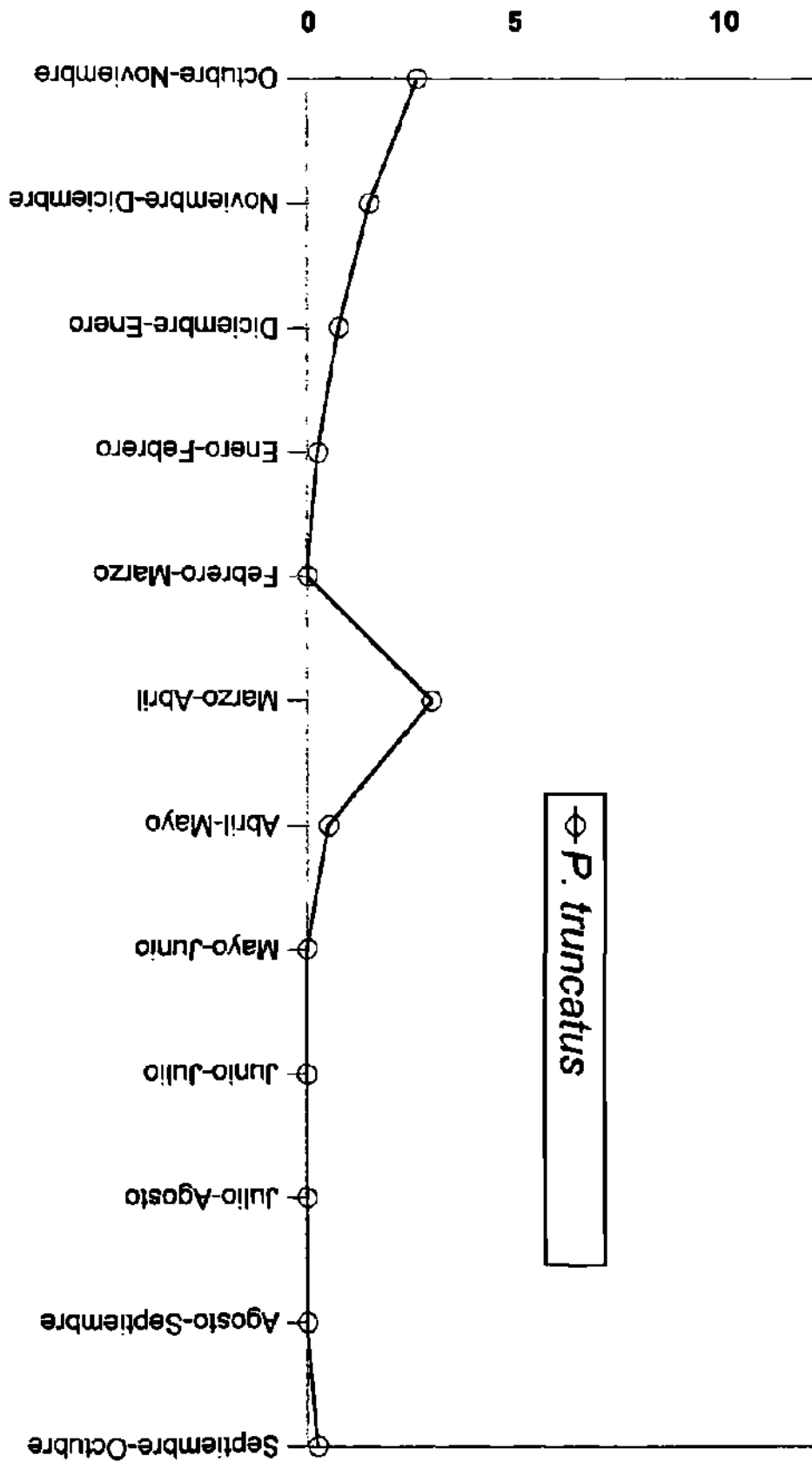


Fig. 8. Promedio de *Prostophanus truncatus* (Horn) por trampa en Nuevo Leon desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997 en la presa La Juventud, Marín, N.L...

De acuerdo a los datos de captura de *P. truncatus* mediante trampas tipo delta realizada en el estado de Sonora, solo en dos de los 12 periodos de captura, Mayo-Junio y Septiembre-Octubre, no se registró captura alguna. El mayor número de capturas de *P. truncatus* se obtuvo en Noviembre-Diciembre (10 insectos) y Diciembre-Enero (10 insectos). Las capturas del depredador *Teretriosoma nigricans* Lewis en las mismas trampas usadas para *P. truncatus* y en las mismas fechas, siguieron la misma tendencia que el barrenador mayor de los granos, con un pico mayor en Diciembre-Enero (37 depredadores) (Cuadro 23 y Fig. 7).

Cuadro 23.- Número de *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Teretriosoma nigrescens* Lewis capturados con trampas delta cebadas con trunc-call en el predio Rancho Seco de la Comisaria de San Pedro el Saucito, municipio de Hermosillo, Sonora, desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997.

Mes	Norte		Sur		Este		Oeste		Promedio	
	Pt	Tn	Pt	Tn	Pt	Tn	Pt	Tn	Pt	Tn
Octubre-Noviembre 1996	4	6	0	0	0	2	2	1	1.5	2.25
Noviembre-Diciembre 1996	7	2	1	1	1	2	1	0	2.5	1.25
Diciembre-Enero 1997	2	1	2	27	1	0	5	9	2.5	9.25
Enero-Febrero 1997	2	6	0	0	1	0	1	0	1.0	1.50
Febrero-Marzo 1997	2	2	0	0	0	2	0	0	0.5	1.00
Marzo-Abril 1997	2	3	0	2	1	0	p	p	1.0	1.66
Abril-Mayo 1997	1	0	0	2	0	1	1	1	0.5	1.00
Mayo-Junio 1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.00
Junio-Julio 1997	1	2	1	3	0	1	2	0	1.0	1.50
Julio-Agosto 1997	1	2	p	p	0	0	1	2	0.66	1.33
Agosto-Septiembre 1997	0	2	0	0	0	0	2	0	0.5	0.50
Septiembre-Octubre 1997	0	3	0	2	0	0	0	0	0.0	1.25

Pt = *Prostephanus truncatus*

Tn = *Teretriosoma nigrescens*

P = trampa perdida

Numero de insectos

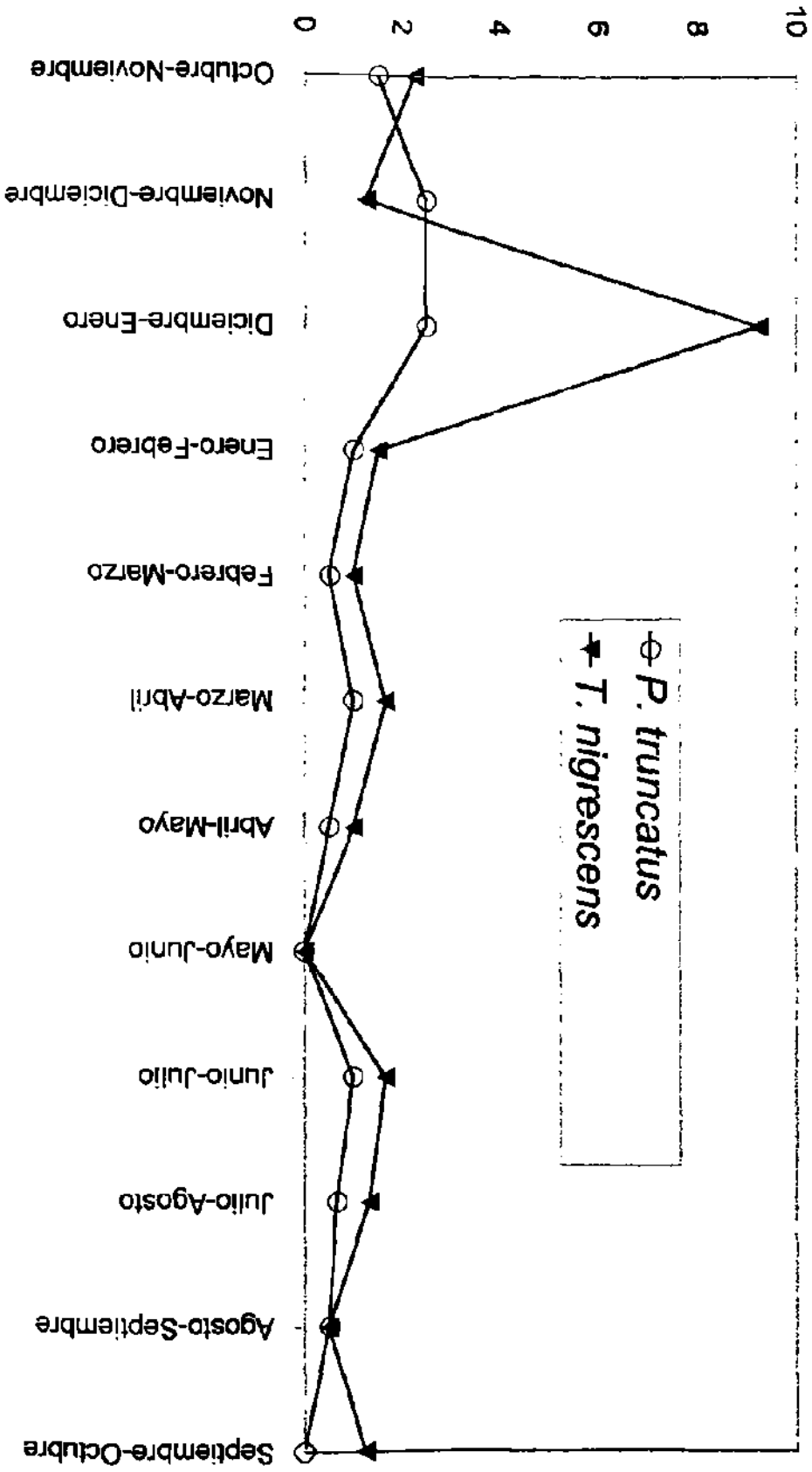


Fig. 7. Promedios de *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Tarattosoma nigrescens* Lewis por trampa en Sonora desde Octubre de 1996 hasta Septiembre de 1997

Las capturas de *P. truncatus* y *T. nigrescens* efectuadas en San Luis Potosí, durante Septiembre de 1996 al mes de Agosto de 1997, se presentan en el Cuadro 24.

Cuadro 24.- Número de *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Teretriosoma nigrescens* Lewis, capturados con trampas delta cebadas con trunc-call en el rancho de Las Petronilas, Ahualulco, San Luis Potosí, desde Septiembre de 1996 hasta Agosto de 1997.

Mes	Norte		Sur		Este		Oeste		Promedio	
	Pt	Tn	Pt	Tn	Pt	Tn	Pt	Tn	Pt	Tn
Septiembre-Octubre 1996	35	7	32	2	40	7	P	P	35.66	5.33
Octubre-Noviembre 1996	22	1	12	1	8	0	15	0	14.25	0.50
Noviembre-Diciembre 1996	12	2	9	0	10	0	7	0	9.50	0.50
Diciembre-Enero 1997	8	3	2	1	2	0	6	0	4.50	1.50
Enero-Febrero 1997	P	P	1	0	0	3	1	0	0.50	0.75
Febrero-Marzo 1997	3	1	5	0	4	2	7	0	4.75	0.75
Marzo-Abril 1997	4	1	12	0	10	0	P	P	6.50	0.25
Abril-Mayo 1997	18	0	33	1	P	P	35	0	21.50	0.25
Mayo-Junio 1997	6	1	17	0	42	2	20	0	21.50	0.75
Junio-Julio 1997	32	7	19	0	22	0	13	0	21.50	1.75
Julio-Agosto 1997	42	0	35	0	48	2	P	P	41.75	0.66

Pt = *P. truncatus*

Tn = *T. nigrescens*

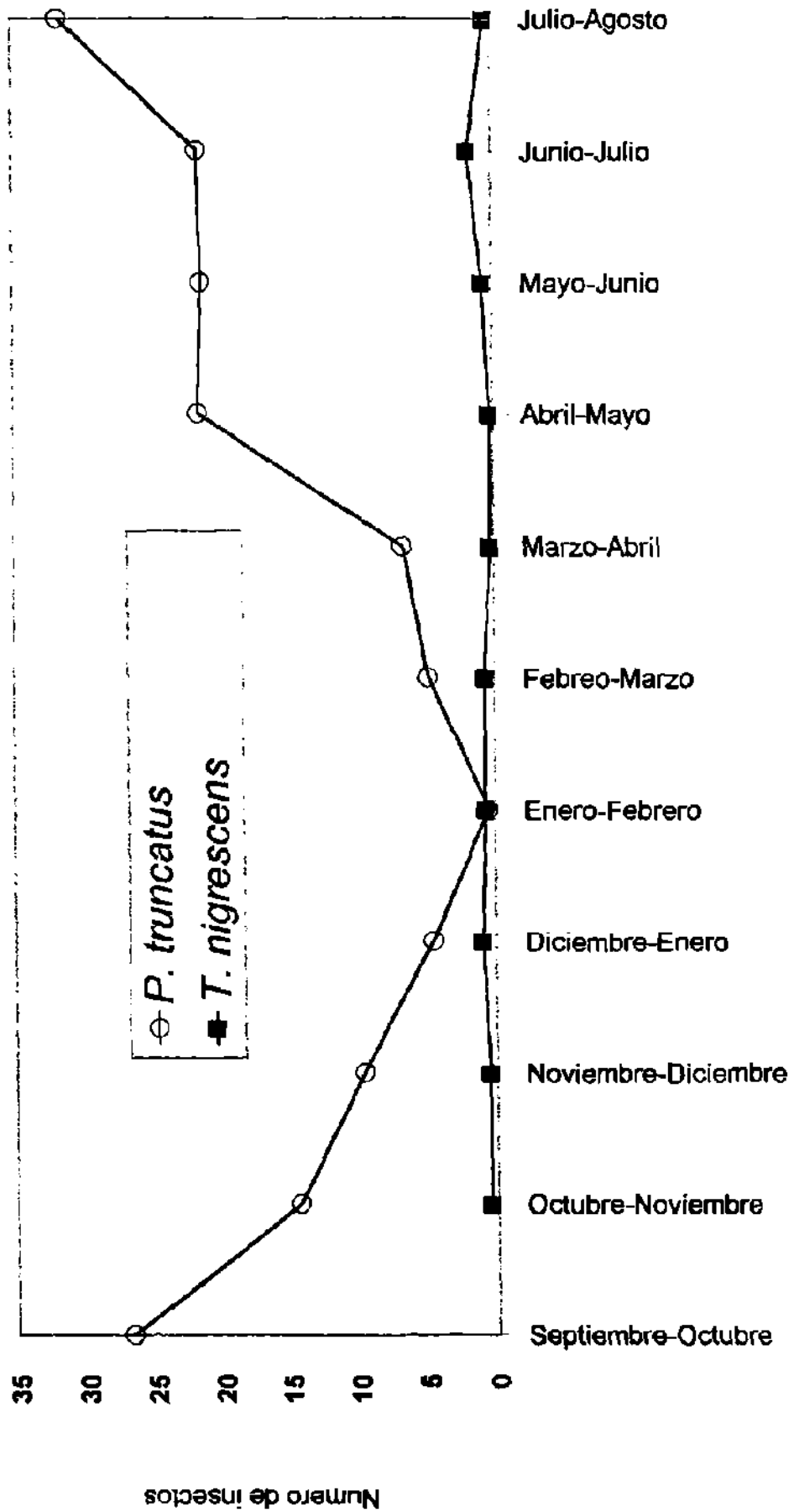
P = Trampa perdida

En todos los meses hubo capturas, particularmente en el verano. El mayor pico de capturas se obtuvo en el periodo Julio-Agosto de 1996 (128 insectos). En los meses más fríos de Diciembre-Enero, Enero-Febrero y Febrero-Marzo se registraron las menores capturas. En general, esto concuerda con datos publicados anteriormente sobre plagas de granos almacenados.

Aunque se capturó un buen número de *T. nigrescens* no se aprecia una relación definida con las capturas de *P. truncatus*. (Fig. 8)

Fig. 8. Promedios de capturas de *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Teretrhosoma nigrescens* Lewis

en San Luis Potosí, desde Septiembre de 1996 hasta Julio-Agosto de 1997.



Como puede observarse, el número de capturas de *P. truncatus* en el Estado de San Luis Potosí comparado con el de Sonora y Nuevo León es claramente mayor. Pero, entre los estados de Nuevo León y Sonora no se aprecia gran diferencia. Si se consideran especialmente los factores climáticos como temperatura, humedad y probablemente factores geográficos, biológicos y otros, quizá pueda explicarse dicha diferencia.

En general, la tendencia de mayor captura de *P. truncatus* en los estados de Nuevo León y Sonora fue en el Otoño, mientras que en San Luis Potosí el incremento en las capturas se inició desde Abril con un incremento durante el verano y en Julio y Agosto, lo cual coincide con la investigación de Key *et al.* (1991).

Es raro que no se haya registrado el depredador en las trampas de captura en el Estado de Nuevo León, por lo que quizás en la investigación de este experimento, no se puede llegar a conclusiones definitivas respecto a la incidencia del depredador, hasta que puedan incluirse mayor número de repeticiones, estaciones de muestreo y períodos más largos de capturas.

La incidencia de daño por *P. truncatus* sobre las mazorcas colocadas al centro de las cuatro trampas en una jaula metálica fue como sigue: en Nuevo León y Sonora no se registró infestación. En San Luis Potosí, en las mazorcas de seis meses se registraron un 15.15 % de granos infestados, lo cual coincide con las densidades poblacionales en esa región. Posiblemente también con el hábito de los biotipos presentes en el centro y sur de México que sí atacan maíz, al grado de convertirse en plagas; en contraste con los biotipos del noreste de México que aparentemente aun prefieren sus hospederos silvestres.

5. CONCLUSIONES

Sin considerar edad, las hembras solas de *P. truncatus* fueron estadísticamente más atraídas que los machos, y que los machos y hembras juntos por su feromona trunc-call; pero en otro experimento, aunque las hembras solas promediaron numéricamente mayor atracción (12.6 vs 10.00) no superaron estadísticamente la de los machos (Cuadros 2, 3 y 4). Los insectos jóvenes de *P. truncatus* de 5-10 días de edad, sin considerar sexo, fueron más atraídos que los insectos mayores: de 30-35 y de 60-65 días (Cuadro 2). Los insectos vírgenes, independientemente de la condición de liberación y, sin considerar sexo y edad, superaron en atracción a los copulados (Cuadro 5).

Los insectos de *P. truncatus* liberados sin el substrato en el que se alimentaron, independientemente del estado de virginidad, o cuando el substrato se colocó dentro del mismo frasco del olfatómetro con la feromonas, fueron más atraídos que los que se liberaron con 20 g del substrato alimenticio (Cuadros 5, 6 y 13, respectivamente).

La atracción de *P. truncatus* por la feromona trunc-call, cuando fue comparada con otros materiales, superó claramente a todos ellos, independientemente del tipo de substrato que barrenó el insecto, al permanecer al menos 10 días en él (Cuadro 12).

La acción de los "substratos alimenticios" en la atracción del insecto por la feromona trunc-call, independientemente de si el insecto se liberó con o sin cada uno de dichos materiales,

ayunados o sin ayuno, fue mínima y variable; pero el alimento maíz fue uno de los materiales que más destacaron en favor de la atracción (Cuadros 7, 8, 9 y 10, respectivamente).

La diferencia en atracción de *P. truncatus* por la feromona truco-call sola o Feromona +Atrayente alimenticio (substratos alimenticios probados como atrayentes) y el testigo fue mínima y variable; pero en los insectos alimentados en algunos de los “substratos alimenticios”, la feromona sola superó al testigo, cuando los insectos fueron liberados sin la presencia de dicho substrato, y no difirió en insectos liberados con 20 g del mismo (Cuadros 14 y 15, respectivamente).

La temperatura no afectó la atracción del insecto a 70 % de h.r., pero sí al 50 %, donde en 35 y 40 °C ocurrió mayor atracción (Cuadros 17 y 18, respectivamente). Asimismo, la temperatura y humedad relativa óptimas de captura de *P. truncatus* fueron de 34.95 y 64.31, respectivamente.

El número de insectos capturados dependió en forma significativa de la densidad de los insectos liberados ($r^2 = 0.5365$), obteniéndose una ecuación de regresión de $\hat{Y} = 2.7785 + 0.0082X_i$. No se detectaron insectos nativos en las trampas. La captura fue mayor a las 24 h después de la liberación de los insectos y disminuyó drásticamente después de este tiempo (Figura 5).

El número total de insectos capturados de *P. truncatus* fue diferente para los tres sitios en los que se establecieron las estaciones de muestreo para los estados de Nuevo León, San Luis

Potosí y Sonora, pero no difirió en forma notoria entre Sonora y Nuevo León (Cuadros 22, 23 y 24). *Teretriosoma nigrescens*, solo fue capturado en San Luis Potosí y Sonora. No hubo incidencia de infestación por *P. truncatus* sobre mazorcas de maíz que duraron 28 días y seis meses en los tres estados donde se realizó el estudio, excepto en San Luis Potosí, donde se registró un 15.15 % en las mazorcas establecidas a seis meses.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, J. M. 1977. The evaluation of losses in maize stored in small farms in Zambia, with particular reference to methodology. *Trop. Stored Prod. Inf.* 33:19-24.
- Ago-Flo, N., M. G. Gill, E. A. Chandi, C. T. Chiro, D. N. Nseve & J. Obiero. 1993. The natural environment as reservoir for the larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) in Kenya. *African Crop. Sci. J.* 1 (1): 39-47.
- Al-Sousi, A. J., H. El-Haidari & J. N. Al-Ani. 1970. Outbreaks and new records in Irak. Larger grain borer in maize. *FAO Plant Protection Bull.* 18 (4): 93.
- Baker, T. C. & C. E. Linn. 1984. Wind tunnels in pheromone research techniques. *In Techniques in Pheromone Research*, ed. Hummel H. E & T. A. Miller, pp 75-95. Springer - Verlag New York.
- Barnes, D., E. De las Casas & M. Ramírez-G. 1959. Fumigación de granos almacenados. *Agricultura Técnica en México* 8:7-10.
- Bell, R. J., & F. L. Watters. 1982. Environmental factors influencing the development and rate increase of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) on stored maize. *J. Stored Prod. Res.* 18:131-142.
- Boye, J., & H. U. Fisher. 1993. Migration of *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Coleoptera:Histeridae) from an artificially infested maize stored under field conditions in southern Togo. *Anz. für Sochad. Pflanz., Umweltschutz, Germany* 66 (8): 151-155.
- Burkholder, W. E. 1970. Pheromones research with Stored-Product Coleoptera. *In Control of Insects Behavior by Natural Products*, ed. D. Wood, R. Silverstein, M. Nakajima, pp 1-20. New York: Academic.
- Burkholder, W. E. 1984. Stored product insect behavior and pheromone studies: Key to successful monitoring and trapping, pp 23-30 *In Proceedings of 3th International Working Conference on Stored Products Entomology*. Manhattan, Kansas. U.S.A.
- Calderón, M. & E. Donahaye. 1962. Israel, first record of *Prostephanus truncatus* in stored grain. *FAO Plant Protection Bull.* 10:43-44.
- Chapman, R. F. 1982. *The Insects the Structure and function*. Third Edition. 919 p.
- Cork, A., D. R. Hall, R. J. Hodges & J. A. Pickett. 1991. Identification of major component of male produced aggregation pheromone of larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae), *J. Chem. Ecol.* 17 (4):789-803.

- Cortés-Rocha, M. O. W. Corral-F., B. Andrade-F. 1993. Situación actual sobre la entomología de granos almacenados en el norte de los estados de Nuevo León y Tamaulipas, pp 14-21. *In* Memorias del IV Simposio Nacional de Entomología de Granos Almacenados "Análisis de la Situación Nacional", XXVIII Congreso Nacional de Entomología, 23-26 de Mayo de 1993, Cholula, Puebla.
- Cowley, R. J., D. C. Howard & R. H. Smith. 1980. The effect of grain stability on damage caused by *Prostephanus truncatus* (Horn) and three other beetle pests of stored product maize. *J. Stored Prod. Res.* 16:75-78.
- Cox, P. D. & H. S. Dolder. 1995. A simple flight chamber to determine flight activity in small insects. *J. Stored Prod. Res.* 31: 311-316.
- De Lima, C. P. F. 1979. Appropriate techniques for use in the assessment of country loss in stored products in the tropics. *Trop. Stored Prod. Inf.* 38:2126.
- Demeters, H. B., J. Helbing, G. A. Laborius, J. Richter & F. A. Schulz. 1990. Investigations on the development capability of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) on different types of wood, p. 7. *In* 5th International Working Conference on Stored-Product Protection. September 4 - 9, 1990. Bordeaux, France, Abstract volume.
- Dendy, J., P. Dobie, J. Saidi & C. Cherman. 1989. The design of traps for monitoring the presence of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) in maize fields. *J. Stored Prod. Res.* 25: 187-191.
- Dowdy, A. K. & W. H. McGaughey. 1992. Fluorescent pigment for marking lesser grain borer (Coleoptera:Bostrichidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 567-569.
- Farrell, G. & G. E. Key. 1992. Flight behavior of the larger grain borer *Prostephanus truncatus* in response to synthetic pheromone. *Trop. Sci.* 32: 163-170.
- Fadamiro, H. Y. & T. D. Wyatt. 1995. Flight initiation by *Prostephanus truncatus* in relation to time of day, temperature, relative humidity an starvation. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 75 (3):273-277.
- Flores, M. 1977. Distribución de los insectos de almacenes en México, pp 141-166. *In* Memorias del V Simposio Nacional de Parasitología Agrícola, 29 Noviembre, 2 de Diciembre, 1977. Ingenieros Agrónomos Parasitólogos, México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Kööper, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Mex. D. F. 152 p.

- Giles, P. H. & O. León V. 1974. Infestation problems in farm stored maize in Nicaragua, pp 68-76. *In* Proceedings of the 1st International Working Conference on Stored-Product Entomology. October Savannah, Georgia, USA.
- Guerra, A. A. 1968. New techniques to assay the sex attractant of pink bollworms with olphatometers. *J. Econ. Entomol.* 61(5): 1252-1254.
- Golob, P. & R. Hodges. 1981. Report on short visit to Tanzania to study on outbreak of *Prostephanus truncatus* (Horn), in Tabora region, August-November. Rep. Trop. Prod. Inst., R10112 (L.). 37 p.
- Golob, P. & R. Hodges. 1982. Study of an outbreak of *Prostephanus truncatus* (Horn) in Tanzania. Rep. Tropical Prod. Inst., G164. 23 p.
- Helbing, J. G., A. Laborius & E. A. Schulz. 1992. Investigation on the distance of trapping and activity of the synthetic pheromone Trunc-call (1+2) of *Prostephanus truncatus* (Horn). *J. Appl. Entomol.* 113 (5): 425-429.
- Helbing, J., & F. A. Schulz. 1994. Studies on the biology of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) on wood. *J. Appl. Entomol.* 117 (4):380-387.
- Henckes, C. 1992. Investigations into insect population dynamics, damage and loss of stored maize: an approach to IPM on small farms in Tanzania with special reference to *Prostephanus truncatus* (Horn). Doctoral thesis, University of Hamburg, Germany. 223 p.
- Hodges, R. J. 1982. A review of the biology and control of the greater grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). *Trop. Stored Prod. Inf.* 43: 3-9.
- Hodges, R. J. 1983 a. Field ecology and monitoring of *Prostephanus truncatus* (Horn), pp. 32-48. *In* The larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn). GASGA Workshop, Tropical Products Institute Storage Department, Sloug, 24-25 February 1983. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany.
- Hodges, R. J. 1983 b. Identification of the Bostrichidae which infest stored products, pp 108-109. *In* The larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn). GASGA Workshop, Tropical Products Institute Storage Department, Sloug, 24-25 February, 1983. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (ZTG) GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany.
- Hodges, R. J. 1986. The biology and control of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) a destructive stored pest with an increasing range. *J. Stored Prod. Res.* 22:1-14.

- Hodges, R. J., J. Meik, & H. Denton. 1985. Infestation of dried cassava (*Manihot esculenta* Grantz) by *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 21: 73-77.
- Hodges, R. J., W. R. Dunstan, I. Magazini & P. Golob. 1983. An outbreak of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) in East Africa. Prot. Ecol. 5:183-194.
- Hoppe, T. 1986. Storage insects of basic food grains in Honduras. Trop. Sci. 26:25-38.
- Howard, D. C. 1983. The ability of *Prostephanus truncatus* to breed on different maize varieties, pp 17-31. In GASGA Workshop on the Larger Grain Borer, *Prostephanus truncatus*. Trop. Prod. Inst., February London.
- Karel, A. K., & A. N. Mphuru. 1981. Bionomics and control of the larger grain borer. Bull. Res. Inf. 1: 3-5.
- Karlson, P. & A. Butenandt. 1959. Pheromones (Ecthormones in insects). Ann. Rev. Entomol. 4:39-54.
- Key, G., B. Tiger, E. Flores S., y M. Vázquez A. 1991. Proyecto de *Prostephanus truncatus*. Sumario de estudios sobre trampas y feromonas. NRI/CINVESTAV. Informe técnico. 12 p.
- Kosoou, D. K. 1992. The sensitive of wood used for the construction of traditional granaries to attack by *Prostephanus truncatus*. Insects Science and its applications. 13 (3):435-439.
- Krall, S. 1984. A new threat to farm-level maize storage in West Africa: *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). Trop. Stored Prod. Inf. 50:26-31.
- Kulash, W. M. 1954. Save stored grain from insect pests. Bull. Exp. Stn. 389. 24 p.
- Leos-Martínez, J. 1991. Métodos de trampeo del barrenador mayor de los granos, *Prostephanus truncatus* (Horn) con feromonas, pp 30-34. In Memorias de la Primera Reunión Nacional sobre la Investigación del Barrenador Mayor de los Granos *Prostephanus truncatus* (Horn), 10-11 de Septiembre 1987, Aguascalientes, Ags.
- Leos-Martínez, J. 1993. Detección y monitoreo de insectos de almacén mediante trampas con feromonas. Folleto de Recomendación No. 7 Facultad de Agronomía, UANL, Marín, N. L. 37 p.
- Leos-Martínez, 1993. Situación actual sobre la entomología de granos almacenados en el norte de los estados de Nuevo León y Tamaulipas, pp 14-21. In Memorias del IV Simposio Nacional de Entomología de Granos Almacenados "Análisis de la Situación

Nacional", XXVIII Congreso Nacional de Entomología, 23-26 de Mayo de 1993, Cholula, Puebla.

- Leos-Martínez, J., M del S. González-Alonso. y H. J. Williams. 1991. Actividad de truco-call 1 y 2 para el barrenador mayor de los granos, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae), pp.103-105. In Memorias del III Simposium Nacional Sobre Problemas Entomológicos de Granos Almacenados, XXVI Congreso Nacional de Entomología, Veracruz, Ver., 23 de Mayo. Sociedad Mexicana de Entomología.
- Leos-Martínez, J., M. del S. González-Alonso, H. J. Williams. 1995. Optimization of pheromonal trapping methods for *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 31:103-109.
- Lesne, P. 1897. Revision des coléoptères de la famille des Bostryochydes. Annales de la Société Entomologique de France. 66:319-350.
- Luévano-Escobedo, R. 1985. Entomofauna de los sistemas de almacenamiento de granos de Almacenes Nacionales de Depósito S. A. en el Estado de Michoacán. Tesis de Biólogo, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, Méx. 84 p.
- Markham, R. H., V. F. Wright, & R. M. Rios. 1991. A selective review of research on *Prostephanus truncatus* (Col.:Bostrichidae) with Annotated and Updated Bibliography. Ceiba, Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras. 32 (1). 90 p.
- Obeng-Ofori, D. & T. H. Coaker. 1990. Some factors affecting responses of four stored product beetles (Coleoptera: Tenebrionidae & Bostrichidae) to pheromones. Bull. Entomol. Res. 80 (4):433-441.
- Olivares-Sáenz, E. 1994. Paquete de diseños experimentales, FAUANL. Versión 2.5, Facultad de Agronomía, Marín, N.L.
- Pick, V., J. L. Smith, R. D. White & D. R. Hall. 1994. Studies of responses of stored product pests, *Prostephanus truncatus* (Horn) and *Sitophilus zeamais* Motsch to food, p. 67. In. Abstr. 6th International Working Conference on Stored Product Protection. 17-23 April, 1994, Canberra, Australia.
- Pradzynska, A. 1993. Feeding intensity of the larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) a dangerous maize pest. Prace-Naukowe Institutu Ochrony Roslin. 34:111-116.
- Quintana, R. R., D. A. Wilbur y W. R. Young. 1960. Insectos de granos almacenados que infestan el maíz en el campo. Agricultura Técnica en México 10:4043.

- Ramírez-Genel, M. 1959. Conservación de granos almacenados en México. Chapingo, Mex. 12:377-389.
- Ramírez-Genel, M. 1960. Infestación de campo por insectos de granos almacenados. Observaciones en maíz de la Mesa Central y del Trópico en 1959. Agricultura Técnica en México 10:32-35.
- Ramírez-Genel, M. 1984. Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas. CECSA. México, 7 D. F. 300 p
- Ramírez- G. y D. Barnes. 1958. Los insectos y sus daños a los granos almacenados. SAG. Oficina de Estudios Especiales. Folleto Misceláneo No. 6. 39 p.
- Ramírez-Martínez, M. 1981. Insectos y almacenamiento de granos. Naturaleza. 2:92-103.
- Ramírez-Martínez, M., A. A. Avila, y R. Surbia R. 1994. Discovery of the larger grain borer in a tropical deciduous forest in México. J. Appl. Entomol. 118 (5):354-360.
- Ramírez-Martínez, M., & B. J. Silver. 1983. Deterioration and damage produced in corn grain in México by *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). Biodeterioration. 5:585-591.
- Ramírez-Martínez, M., I. S. Bohorquez, M. A. Delgado y P. de León. 1981. Daño por *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) en granos de maíz evidenciados por fotografías con rayos X, pp. 45-46. In Resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Entomología, 5-10 de Julio Maracay, Venezuela.
- Ramírez-Martínez, M., R. Z. Flores y E. Moreno-Martínez. 1992. *Prostephanus truncatus* (Horn), peligro potencial en granos almacenados. Almacenes Nacionales de Depósito, S.A. Dirección de Operación, Centro Nacional de Investigación, Certificación y Capacitación. Boletín.36 p.
- Rees, D. P., R. Rodríguez, F. Herrera, & A. Ofosu. 1990. Advances in monitoring *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) and *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Coleoptera: Histeridae) populations, p. 172. In Abstract volume, 5th International Working Conference on Stored- Products Protection. September 9-14, Bordeaux, France.
- Riley, C. V. 1894. The insects occurring in the foreign exhibits of world's Columbian Exposition. Insect Life. 6:213-227.
- Rios-Ibarra, R. M. 1991. Ecología de *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) en el Altiplano Mexicano. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Méx. 85 p.

- Shires, S. W. 1977. Ability of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) to damage and breed on several stored food commodities. J. Stored Prod Res. 13: 205-208.
- Shires, S. W. 1979. Influence of temperature and humidity on survival, development period and adult sex ratio in *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). J. Stored. Prod Res. 15: 5-10.
- Shire, S. W. 1980. Life history of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) at optimum conditions of temperature and humidity. J. Stored Prod. Res. 16:147-150.
- Sonenshine, D. E. 1985. Pheromones and others semiochemicals of the acari. Ann. Rev. Entomol. 30:128.
- Tigar, B. J., G. E. Key, S. M. E. Flores y A. M. Vázquez. 1993. Flight periodicity of *Prostephanus truncatus* and longevity of attraction to synthetic pheromone. Entomologia Experimentalis et Applicata. 66 (1): 91-97.
- Tigar, B. J., P. E. Osborne, G. E. Key, M. E. Flores, M. Vazquez A. 1994. Insects pests associated with rural maize stored in México with particular reference to *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 30: 267-281.
- Wright, V. F. 1984. World distribution of *Prostephanus truncatus*, pp. 11-16. In The larger borer *Prostephanus truncatus* (Horn) GASGA Wokrshop, Tropical Products Institute Storage Department, Sloug, 24-25 February 1983. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Echborn, Federal Republic of Germany.
- Wright, V. F., & T. J. Spilman. 1983. An Annotated bibliography on *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). A pest of stored grain. Trop. Stored Prod. Inf. 46:25-30



DONATIVO

