

**RELACIÓN HOSPEDERO – PARASITOIDE Y DINÁMICA  
POBLACIONAL DE LOS PARASITOIDES DE LAS MASAS DE HUEVOS  
DE *DIAPREPES ABBREVIATUS* (L.) (Coleoptera : Curculionidae) EN  
PUERTO RICO**

Por  
Edgardo Vargas Cruzado

Tesis sometida en cumplimiento parcial  
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS  
en  
Protección de Cultivos

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
2003

Aprobado por:

---

Edwin Abreu Rodríguez, M. S.  
Miembro, Comité Graduado

---

Fecha

---

Silverio Medina Gaud, Ph. D.  
Miembro, Comité Graduado

---

Fecha

---

Rosa Amelia Franqui Rivera, Ph. D.  
Presidenta, Comité Graduado

---

Fecha

---

José A. Mari Mutt, Ph.D.  
Director de Estudios Graduados

---

Fecha

---

Nelson Semidey, Ph. D.  
Director del Departamento

---

Fecha

## ABSTRACT

A study was done at Adjuntas and Isabela with the purpose of identifying the parasitoid species associated with the eggs mass of the sugarcane weevil. Four species of parasitoids were found, three in the family Eulophidae and one the family Trichogrammatidae. The eulophid species were *Tetrastichus haitiensis*, *Aprostocetus gala* and *Horismenus bennetti* and *Brachyufens osborni* in the Trichogrammatidae. It was found that the months with the higher incidence of parasites were June and July. *Tetrastichus haitiensis* was selected for the study of host-parasitoid relation. The preference of this parasitoid for the age and size of the eggs mass of the sugarcane weevil was determined. The parasitoid wasps prefer 12 hours eggs, when compared with 24, 48 and 72 hours; for the size of the eggs mass the parasitoid prefers 71-107 eggs per mass. Also the preference of the sugarcane weevil for oviposition was studied in four hosts (yam, sweet potato, orange, pigeon pea). The oviposition was higher in the yams and sweet potato leaves.

## RESUMEN

Se realizó un estudio en localidades de Adjuntas e Isabela para identificar las especies de parasitoides asociados a las masas de huevos de la vaquita de la caña. Se encontraron cuatro especies de parasitoides, tres de la familia Eulophidae y una de la familia Trichogrammatidae. Los eulófidos fueron *Tetrastichus haitiensis*, *Aprostocetus gala* y *Horismenus bennetti*, mientras que el Tricogramátido fue *Brachyufens osborni*. Los meses de mayor recolección de parasitoides fueron junio y julio. Se seleccionó a *T. haitiensis* para estudiar la relación hospedero – parasitoide. Se determinó la preferencia de este parasitoide por la edad y el tamaño de la masa de huevos de la vaquita de la caña. La edad de 12 horas fue la preferida por la avispa, comparada con las edades de 24, 48 y 72 horas; para el tamaño de la masa de huevos, la avispa prefiere 71 – 107 huevos por masa. También se investigó la preferencia de la vaquita por ovipositar en cuatro hospederos (ñame, batata, china y gandul); encontrándose mayor oviposición en las plantas de ñame y batata.

## **DEDICATORIA**

A mi esposa: Helen Rivera  
A mis hijos: Daniel y Fernando

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de investigación se pudo realizar gracias a muchas personas nobles que me ayudaron en todo momento. Deseo expresar mi gratitud a la Dra. Rosa Amelia Franqui Rivera, presidenta de mi comité graduado y profesora, por toda su paciencia para conmigo durante mi trabajo; al Dr. Silverio Medina Gaud, miembro del comité y maestro y al Profesor Edwin Abreu Rodríguez, miembro del comité graduado. Obtengo de mí un especial agradecimiento al personal del laboratorio de Control Biológico de la Estación Experimental Agrícola en Río Piedras, Flor Ortiz, Edna M. Pérez, Sheila Soler, Miguel Ángel Tirado, y Jesús Manuel Vega (Chito); sin su ayuda, mis trabajos de campo y laboratorio hubiesen sido difíciles. Al Sr. Evelio Hernández, de la Estación Experimental Agrícola en Adjuntas por su ayuda en el campo. A todo el personal del Departamento de Protección de Cultivos en Río Piedras y Mayagüez por su apoyo para lograr mi meta. A mis padres y hermanos que nunca dudaron de mi capacidad para poder realizar y terminar este trabajo. A Daniel, mi hijo, por todo el tiempo que compartimos durante mis horas de trabajo en el laboratorio. A Helen, esposa, compañera y amiga por su gran fuerza y temple durante todos estos años.

A todos Muchas Gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

Lista de cuadros.....	vii
Lista de figuras.....	viii
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	3
III. Revisión de Literatura.....	4
Distribución geográfica.....	5
Biología de <i>D. abbreviatus</i> (L.).....	6
Descripción del daño.....	8
Prácticas de manejo.....	9
III. Materiales y Métodos.....	17
Procedimientos generales.....	17
Objetivos.....	18
IV. Resultados y Discusión.....	25
VI. Conclusión.....	40
VII. Literatura Citada.....	41

## Lista de Cuadros

- Cuadro 1. Especies de parasitoides recuperados de las masas de huevos de *Diaprepes abbreviatus* en dos localidades durante los años 1999-2000.....29
- Cuadro 2. Por ciento de huevos de *D. abbreviatus* parasitados por *T. haitiensis* en las localidades de Adjuntas e Isabela durante 1999 – 2000.....34
- Cuadro 3. Por ciento de huevos parasitados en relación con el tamaño de la masa de huevos de *Diaprepes abbreviatus*.....38
- Cuadro 4 Por ciento de supervivencia de larvas de *D. abbreviatus* del primer estadio por hospedero.....39

## Lista de Figuras

Figura 1. .Adulto de <i>D. abbreviatus</i> en una hoja de cítrico.....	14
Figura 2. Masa de huevos de <i>D. abbreviatus</i> (L) en una hoja de cítrico.....	15
Figura 3. Diferentes estadios larvales de <i>D. abbreviatus</i> en una hoja de cítrico.....	16
Figura 4. Huevos de <i>D. abbreviatus</i> de 12 horas utilizados en la prueba de preferencia a la edad de la masa de huevos.....	23
Figura 5. Planta hospedera utilizada en la prueba de preferencia de oviposición de <i>D. abbreviatus</i> .....	24
Figura 6a. Número de huevos de <i>D. abbreviatus</i> parasitados en Adjuntas, 1999.....	29
Figura 6b. Número de huevos de <i>D. abbreviatus</i> colectados en Adjuntas, 1999.....	29
Figura 7a. Número de huevos de <i>D. abbreviatus</i> parasitados en Adjuntas, 2000.....	30
Figura 7b. Número de huevos de <i>D. abbreviatus</i> colectados en Adjuntas, 2000.....	30
Figura 8a. Número de huevos de <i>D. abbreviatus</i> parasitados en Isabela, 1999.....	31
Figura 8b. Número de huevos de <i>D. abbreviatus</i> colectados en Isabela, 1999.....	31
Figura 9a. Número de huevos de <i>D. abbreviatus</i> parasitados en Isabela, 2000.....	32
Figura 9b. Número de huevos de <i>D. abbreviatus</i> colectados en Isabela, 2000.....	32
Figura 10a. Promedio de huevos parasitados por masa a diferentes edades (12, 24, 48, 72 h,) n=10.....	41
Figura 10b. Porcentaje de parasitismo por masa a diferentes edades (12, 24, 48,72 h). n=10.....	41



Figura 11 Promedio de parasitoides adultos recuperados por masa de huevos a diferentes edades de la masa (12, 24, 48, 72 h) n = 10.....	42
Figura 12. Relación de la razón sexual de los parasitoides recuperados de las masas de huevos parasitados a diferentes edades (12, 24, 48, 72 h) n=10.....	43

## I. INTRODUCCION

*Diaprepes abbreviatus* L. (Coleoptera:Curculionidae), la vaquita de la caña, es la plaga más importante de cultivos tales como los cítricos, la caña de azúcar y otras cosechas de importancia económica en áreas tropicales y subtropicales de los Estados Unidos (Simpson et al., 1996) y la cuenca del caribe (Woodruff, 1968; Jones y Schroeder, 1984; Schroeder y Beavers, 1985). Los adultos de la vaquita se alimentan del follaje de las plantas hospederas, mientras que las larvas son polífagas comedoras de raíces (Hall, 1995).

El control químico de la vaquita de la caña adulta es solo parcialmente efectivo (Bullock, 1971). Otra desventaja del control químico es que puede causar brotes de plagas secundarias, además de ser detrimental para los enemigos naturales. La preocupación con el desarrollo de resistencia a insecticidas, la posible interferencia con los enemigos naturales y los problemas ambientales asociados al uso de insecticidas, tales como el aldrín y el dieldrin, han llevado a la búsqueda de métodos de control alternos incluyendo el control biológico.

El interés por el uso del control biológico de *D. abbreviatus* ha aumentado debido al problema de la resistencia a los insecticidas. Para el control de *D. abbreviatus* hay varias alternativas: el uso de nemátodos entomofílicos (exitoso parcial en el control de la larva), la utilización de hongos como *Bauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de larvas de primer estadio (Quintela y McCoy, 1997) y la utilización de virus para el control de la larva. Otra alternativa de control es el uso de enemigos naturales, tales como las hormigas que se alimentan de larvas neonatas y los parasitoides de huevos.

Según Wolcott (1950), Woodruff (1968), Beavers (1982) y Armstrong (1987), *Tetrastichus haitiensis* (Gahan) es el parasitoide más abundante y efectivo atacando masas de huevos de *D. abbreviatus* en Puerto Rico. Este endoparasitoide primario del orden Hymenoptera, familia Eulophidae, fue introducido por G.N.Wolcott desde Haití en el 1928 (Tucker y Wolcott, 1935).

Las metas principales de este proyecto fueron identificar las especies de parasitoides presentes en las masas de huevos de *D. abbreviatus* en las localidades de Adjuntas e Isabela, estudiar la dinámica poblacional de las especies de parasitoides presentes en las masas de huevos y estudiar la relación hospedero-parasitoide de *T. haitiensis* en las masas de huevos de *D. abbreviatus*. Dentro de la relación hospedero-parasitoide se estudió el efecto y el tamaño de la masa de huevos de *D. abbreviatus* y se determinó la preferencia de oviposición de *D. abbreviatus* en cuatro plantas hospederas.

## II OBJETIVOS

1. Identificar los parasitoides de masas de huevos de *Diaprepes abbreviatus* en localidades de Adjuntas e Isabela.
2. Estudiar la dinámica poblacional de las especies de parasitoides presentes en las masas de huevos.
3. Estudiar la relación hospedero–parasitoide de las especies de parasitoides encontradas en las masas de huevos de *Diaprepes abbreviatus*.
4. Determinar la preferencia de oviposición de *Diaprepes abbreviatus* en cuatro plantas hospederas.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

*Diaprepes abbreviatus* (L.) fue descrita por Linnaeus en el año 1758 y colocada en el género *Curculio*. Schoenherr (1823) describió el género *Diaprepes* y colocó en este varias especies descritas en el género *Curculio* incluyendo a *Curculio abbreviatus*. La misma especie fue descrita también por otros autores como diferentes especies en diferentes años. Según O' Brien y Wibmer (1982) el listado de sinónimos incluye:

*Curculio abbreviatus* Linnaeus (1758)

*Curculio festivus* Fabricius (1792)

*Curculio irregularis* Panzer (1798)

*Curculeones japonensis* Voet (1806)

*Curculio abbreviatus* v. *brevis* Olivier (1790)

*Curculio quadrilineatus* Olivier (1807)

*Curculio festivus* Oliver (1807)

*Diaprepes abbreviatus* v. *distinguendus* Gyllenhal (1834)

*Diaprepes vicinus* Dejean (1834)

*Diaprepes abbreviatus* v. *guadeloupensis* Gyllenhal (1834)

*Diaprepes guadelupensis* Hustache (1929)

Chevrolat (1876) reporta por vez primera a la vaquita de la caña para Puerto Rico bajo el nombre de *Diaprepes distinguendus* Boheman. En Puerto Rico la especie ha sido reportada bajo los siguientes nombres:

*Diaprepes distinguendus* Boheman (Chevrolat, 1876)

*Diaprepes comma* Boheman (Chevrolat, 1876)

*Prepodes doublieri* Guerin (Stahl, 1882)

*Exophthalmus spengleri* Linnaeus (Leng & Mutchler, 1914)

*Diaprepes spengleri* Linnaeus (Jones, 1915)

*D. spengleri abbreviatus* Oliver (Pierce, 1915)

*D. spengleri comma* Boheman (Pierce, 1915)

*D. spengleri spengleri* Linnaeus (Pierce, 1915)

*D. abbreviatus* Linnaeus (Marshall, 1916)

*D. abbreviata* Linnaeus (Wolcott, 1948)

### **Distribución geográfica**

La distribución de la vaquita de la caña de la azúcar en el Caribe incluye las islas de Barbados, Dominica, Guadalupe, Haití, Martinique, Mona, Montserrat, Puerto Rico, Española, St. Lucía, St. Vicente y Vieques. La especie también habita en los Estados Unidos de América (Florida y Texas), posiblemente también en el estado de California porque se han interceptado plantas infectadas con *Diaprepes abbreviatus* (O' Brien y Wibmer, 1982), y (Godfrey et al., 2003). Las plantas asociadas a la vaquita han sido identificadas por Simpson et al. (1996) como pertenecientes a unas 59 familias botánicas, 157 géneros y aproximadamente 270 especies. En Puerto Rico, la vaquita tiene al menos 79 especies de plantas hospederas pertenecientes a 70 géneros y 38 familias botánicas (Martorell, 1976).

## **Biología de *Diaprepes abbreviatus* (L.)**

### **Adulto**

El adulto de la vaquita de la caña de azúcar (Fig.1) es de hábito gregario y polífago. Los adultos varían en tamaño de 0.95-1.90cm (3/8 a 3/4 pulgada) de largo. Se distinguen de otros curculiónidos por su color negro y sus elitros (alas duras) cubiertos de escamas formando franjas de colores que varían de blanco, rojo-anaranjado y amarillo. La coloración de los elitros ha causado mucha confusión y fue utilizada por Pierce (1915) para describir tres subespecies (*Diaprepes spengleri abbreviatus*, *D. spengleri comma* y *D. spengleri spengleri*), pero estudios genéticos realizados por Hantula et al.,(1987) demostraron que todas las variantes pertenecen a una sola especie.

Los adultos emergen de la pupa, que se encuentra en el suelo, cavan un túnel y llegan a la superficie. Entonces se alimentan de follaje nuevo durante cuatro a cinco meses. Dependiendo de las condiciones ambientales y nutricionales, la hembra vive un promedio de  $147 \pm 17.1$  días y el macho  $135 \pm 21.5$  días (Beavers, 1982). El sexo de los adultos puede distinguirse examinando la parte ventral del último segmento abdominal. En la hembra, los lados de este segmento son rectos y convergen en la punta a puntos distintos, mientras que en el macho son bastantes curvos, llegando o convergiendo hacia la punta redonda a un solo punto(Wolcott, 1936).

**Huevo**

La vaquita de la caña oviposita en hojas maduras (Fig. 2.), mayormente durante la noche. La actividad de oviposición comienza entre el tercero y séptimo día después de emerger. La hembra deposita los huevos en masas sencillas o dobles irregulares y los cubre con una secreción pegajosa entre dos hojas maduras (Beaver, 1982). Cada masa de huevos tiene 35-270 huevos. Durante su vida la hembra puede poner hasta 5,000 huevos. El huevo es translúcido de forma oblonga-ovalada y se torna blanco cremoso; su peso promedio es de 0.00017 g y mide aproximadamente de 1.2 mm de largo y 0.4 mm de ancho. El desarrollo embrionario dura de cinco a siete días (Beavers, 1982).

**Larva**

Las larvas neonatas permanecen dos o tres días en la hoja donde nacen, luego caen al suelo y permanecen allí no más de 3 horas. Si el suelo tiene condiciones favorables las larvas penetran para alimentarse de las raíces de la planta hospedera durante tres a cuatro meses (Jones y Schroeder, 1983). La larva del último estadio tiene un color blanco cremoso y un tamaño promedio de 2.5 cm. (Fig 3) (Beavers, 1982). El número de estadios larvales varía de seis a ocho. Según Wolcott (1933a,b) *D. abbreviatus* tiene una diapausa larval.



**Pupa**

La pupa es de color marrón, con la forma del adulto y tarda unos 30 días en desarrollarse en adulto (Beavers, 1982).

**Descripción del daño****Daño del adulto**

La vaquita adulta se alimenta preferentemente de hojas nuevas y oviposita en hojas maduras. Este daño puede causar defoliación en plantas pequeñas o en etapa de transplante, causando retardación en el crecimiento y a veces la muerte. La vaquita también causa daño cuando ataca las flores y las frutas; estos daños se han observados en la floración del mangó (Martorell, 1976), dátiles (Jackson, 1963) y en las frutas de la piña (Inglés-Casanova, 1990).

**Daño de la larva**

La larva causa más daño que el adulto. Esta vive en el suelo alimentándose de las raíces de las plantas hospederas. Como la larva está bajo tierra, es difícil de detectar antes de observarse el decaimiento de las partes aéreas de la planta. La larva también causa daños severos cuando barrena y penetra tubérculos como los de la batata, el ñame, la yuca y la yautía. Las larvas que caen al suelo comienzan alimentarse de raíces adventicias. Mientras se desarrollan se alimentan de raíces laterales y de la raíz pivotal, ocurriendo un estrangulamiento de la raíz al comerse toda la corteza. Este daño en los haces vasculares en la raíz interviene con la habilidad para adquirir los nutrientes y agua necesarios para su desarrollo, causando síntomas que pueden causar su muerte. Este tipo de daño también provee para que se desarrollen organismos oportunistas en las raíces, como el hongo del

género *Phytophthora* en plantas jóvenes en viveros e invernaderos. El daño ocasionado por una larva en plantas para trasplante o transplantadas puede matar la planta, mientras que la presencia de varias larvas puede causar decaimiento en plantas maduras o establecidas (Beavers y Selhime, 1975).

### **Prácticas de manejo**

Se han utilizado varias estrategias infructuosamente para controlar a *D. abbreviatus* (Simpson y McCoy, 1996). Los problemas principales para el control de esta plaga son las limitaciones ambientales sobre el número de aplicaciones de insecticidas por año, las restricciones de reentrada a los predios y la poca actividad residual de los productos. El control ha dependido tradicionalmente del uso de insecticidas (Duncan y McCoy, 1996).

### **Control químico**

En Puerto Rico, los insecticidas organoclorados aldrín, dieldrín, heptaclor y clordano se utilizaron para controlar las larvas neonatas de *D. abbreviatus* antes de que entraran al suelo (Mariota y Maldonado, 1959; Martorell, 1959, 1966; Martorell y Medina Gaud, 1967). Oramas et al. (1990) realizaron pruebas con dos insecticidas-nematicidas para el control de *D. abbreviatus* y de nemátodos en el cultivo de ñame. Con la introducción de la vaquita de la caña a Florida (Woodruff, 1964) se iniciaron prácticas de control químico, que no fueron muy efectivas debido a la poca persistencia del insecticida usado ya que tenían que realizarse varias aplicaciones para obtener un buen control (Bullock, 1971). No se recomienda el uso de insecticidas foliares para el control del adulto, debido a su posible interferencia con los enemigos naturales y al desarrollo de

resistencia por parte del insecto (Simpson y McCoy, 1996). El control de las larvas mediante el uso de insecticidas es difícil porque muchos de los insecticidas que se utilizaban han perdido su registro debido al potencial de contaminación de las aguas subterráneas y no se han aprobado insecticidas nuevos (Duncan y McCoy, 1996). Imidacloprid se usa para controlar las larvas neonatas pero su efectividad es baja.

### **Control cultural**

El recogido a mano fue uno de los primeros métodos de control manual usados contra la vaquita de la caña (Martorell, 1941). En Puerto Rico y en Florida se realizaron trabajos de comportamiento de la vaquita de la caña para buscar nuevas alternativas para controlar esta plaga. Beavers et al., (1979) realizó un estudio con trampas de luz pero no las recomiendan porque son ineficaces para la captura de los adultos. Schroeder (1981) determinó que *D. abbreviatus* deposita en la planta hospedera una feromona que atrae solamente vaquitas del sexo opuesto y usó trampas pegajosas para demostrar la atracción de los adultos a la planta. Schroeder y Beavers (1985) investigaron la presencia de feromonas que influyen el comportamiento reproductivo de la vaquita de la caña de azúcar. Abreu-Rodríguez y Pérez-Escolar (1982) estudiaron en Puerto Rico la preferencia de oviposición utilizando diferentes follajes de plantas ornamentales y lo compararon con papel de cera, resultando este último mejor para la oviposición. También se han realizado estudios con aplicaciones de kaolinita sobre el follaje, donde la solución de agua con kaolinita se adhiere a la hoja y al adulto se le dificulta ovipositar (Lapointe, 2000). Para el control del adulto y la larva se utilizan la rotación de cultivos y los cultivos trampas.

## Control biológico

Los agentes de control biológico tienen varias ventajas porque por lo general son pequeños, tienen el ciclo de vida corto, tienen un alto potencial reproductivo, y sus poblaciones se mantienen a sí mismas. Además, las plagas no desarrollan resistencia a sus enemigos naturales (Bower, 1991). Los agentes biológicos no dejan químicos peligrosos en los productos, son inocuos a los seres humanos y pueden aplicarse con suma facilidad (Bower, 1991). Los primeros estudios que demostraron la existencia de control biológico de la vaquita de la caña de azúcar por enemigos naturales en Puerto Rico fueron los de Wetmore (1916) y Danforth (1926), quienes informaron aves depredadoras de los adultos de la vaquita. Wolcott (1924) informó depredación por el lagartijo *Anolis cristatellus* (Cook) y Dexter (1932) por el sapo concho, *Bufo marinus* (L.). *Chrysopa collaris* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) se ha reportado como depredador de los huevos de la vaquita (Wolcott, 1950).

Desde mediados de la década de los ochenta se han evaluado métodos de control biológico para de *D. abbreviatus*. En Puerto Rico, el uso de nemátodos entomopatógenos para el control de las larvas ha tenido buenos resultados en pruebas de laboratorio e invernadero (Román y Beavers, 1982; Román y Figueroa, 1985 y Figueroa y Román 1990 a,b). Castro (1986) estudió las hormigas que se alimentan de las larvas de *D. abbreviatus* en Isabela, encontrando siete especies de hormigas depredadoras. Richman et al.(1986) encontraron dos especies de hormigas que se alimentan de larvas neonatas en la superficie del suelo en Isabela, Adjuntas y en el estado de Florida en los Estados Unidos.

El uso de parasitoides de las masas de huevos es un método adicional de control biológico. En Puerto Rico hay cuatro especies de avispidas informadas como parasitoides de masas de huevos de *D. abbreviatus* (Schauff, 1987). Según Wolcott (1950) y Woodruff (1968), *Tetrastichus haitiensis* (Gahan) es la especie más abundante y efectiva. Armstrong (1987) realizó un catastro de masas de huevos en el área del noroeste de Puerto Rico y encontró a *T. haitiensis* parasitando dichas masas.

*Tetrastichus haitiensis* fue introducida a Puerto Rico desde Haití en 1928 (Tucker y Wolcott, 1935). Este es un endoparásitoide primario del orden Hymenoptera y a la familia Eulophidae. Las especies de esta familia poseen tarsos con 4 segmentos, alas con vena marginal larga, sin hileras de flecos de setas, la vena submarginal tiene una sola seta (raramente dos), y las axilas se extienden anteriormente más allá de las tégulas. *T. haitiensis* es de color marrón oscuro, mientras que las patas y la base del metasoma amarillos (Schauff, 1987). Las avispidas hembras de *T. haitiensis* localizan la masa de huevos, introducen el ovipositor a través de la hoja y parasitan la masa (Wolcott, 1950; Woodruff, 1968; Armstrong, 1987). El huevo parasitado cambia de color amarillento a marrón y luego negro. En 14-18 días emergen los adultos, saliendo a través de huecos en la hoja hechos por las avispidas (Beavers et al., 1980) y (Sutton et al., 1972). El parasitismo de *T. haitiensis* en el campo puede alcanzar un 90 % en Puerto Rico (Wolcott, 1950) y en la Florida (Woodruff, 1968). El por ciento de parasitismo en el laboratorio varía de 30 % a 73 %, con una temperatura de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y sin controlar la humedad relativa (Beavers et al., 1980).

Se conoce poco sobre la biología y la dinámica poblacional de los parasitoides de huevos de *D. abbreviatus*. Generalmente, la aceptación del hospedero por los himenópteros parásitos está muy influenciada por la idoneidad y la calidad del hospedero. Entre los factores más importantes que afectan la relación hospedero-parasitoide están la edad y el tamaño de la masa de huevos. El entendimiento de las interacciones hospedero-parasitoide y su papel funcional en el parasitismo son consideraciones importantes cuando se utilizan parasitoides como agentes de control biológico. Controlar la vaquita de la caña continua siendo un problema para los agricultores a pesar de los estudios realizados. Poder controlar la vaquita en la etapa de huevo, es un beneficio económico para el agricultor.



Photograph by Keith Weller from the [ARS image gallery](#)

Figura 1. Adulto de *D. abbreviatus* en una hoja de cítrico.

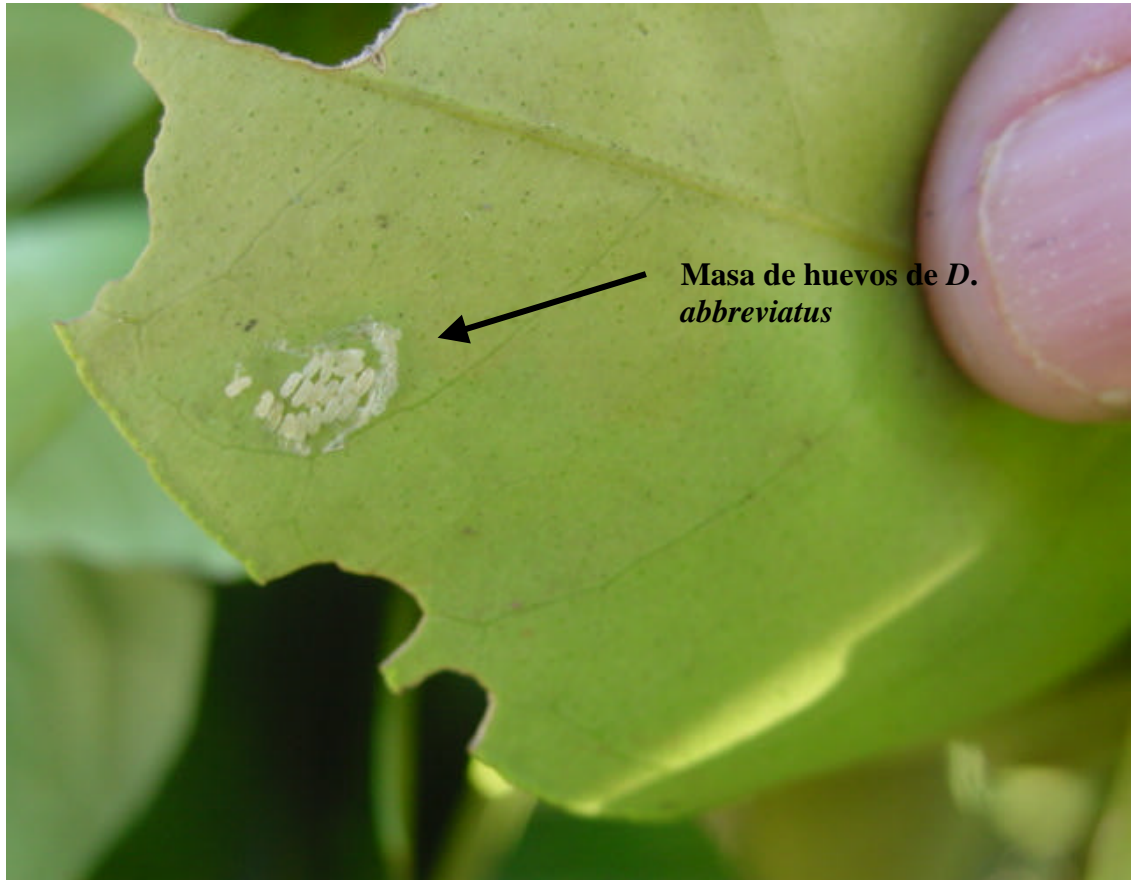


Figura 2. Masa de huevos de *D. abbreviatus* en una hoja de cítrico.





Figura 3. Estadios larvales de *D. abbreviatus*

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### Procedimientos generales

#### Manejo general de los insectos

#### Crianza de adultos de *D. abbreviatus*

Para establecer la colonia de *D. abbreviatus*, se colectaron adultos en siembras de china var. valencia en Isabela y Adjuntas. Los insectos se colectaron usando un embudo de metal de 30 cm de diámetro al cuál se le colocó un envase plástico de 26 cm de diámetro con una profundidad de 28 cm. Los insectos se identificaron con fecha, lugar de colecta y se transportaron al laboratorio de control biológico de la Estación Experimental Agrícola de Río Piedras. Los insectos se colocaron en jaulas de 30 x 70 x 35 cm con los lados y superficie de malla de aluminio y la parte inferior de madera. Las jaulas se colocaron en un cuarto de crianza con una temperatura promedio de  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , 60 % HR y un fotoperíodo de 14 luz: 10 oscuridad. Para la alimentación se usaron tallos con hojas nuevas de china colocados en frascos de cristal de 6 cm x 8 cm con agua. Se suministró agua y humedad colocando en cada jaula dos envases con una esponja humedecida. En la parte posterior de cada jaula se colocaron colgando doce tiras de papel encerado como superficie de oviposición. La colonia se estableció para obtener masas de huevos para las pruebas de preferencia de los parasitoides por el tamaño y la edad de las masas de huevos.

### **Crianza de los parasitoides**

Para iniciar la crianza de parasitoides, se recogieron masas de huevos de *D. abbreviatus* en el follaje de hojas maduras en siembras de chinás en Isabela y Adjuntas. Las masas de huevos se depositaron en bolsas plásticas de 6cm x 15cm identificadas con fecha y lugar de colecta. Luego se transportaron en una nevera de playa con hielo seco hasta el laboratorio de control biológico de Río Piedras. Las hojas con masas de huevos se colocaron en placas petri plásticas, de nueve 9 cm de diámetro con un papel de filtro (Whatman No.1). Las placas se colocaron en una incubadora a una temperatura promedio de  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , 60 % HR y en total oscuridad. Las masas de huevos se observaron diariamente para detectar la salida de los parasitoides, que entonces se identificaron y se separaron por especies. Los parasitoides adultos se transfirieron a frascos de cristal de 8 cm x 16 cm con tapas y tela lumita en el centro de la tapa. Los parasitoides se alimentaron de un algodón impregnado con agua y miel en una solución 50:50. Se añadieron diariamente masas de huevos obtenidas de la colonia para aumentar el número de parasitoides. El propósito de esta crianza fue obtener los parasitoides necesarios para estudiar la relación hospedero-parasitoide (objetivo 3).

**Objetivo 1. Identificar las especies de parasitoides presentes en las masas de huevos de *D. abbreviatus* en las localidades de Adjuntas e Isabela.**

**Catastro de parasitoides**

Se hicieron 27 muestreos en las Estaciones Experimentales Agrícolas de Isabela y Adjuntas. La Estación Experimental Agrícola de Isabela está localizada al noroeste de Puerto Rico y la Estación Experimental Agrícola de Adjuntas está localizada en el centro oeste de Puerto Rico. En el predio experimental se hicieron muestreos en 20 árboles de *C. sinensis* (L.) Osbeck y se colectaron las masas de huevos que se encontraron en las hojas maduras. El procedimiento de colecta y manejo de huevos se llevó a cabo según descrito anteriormente en la parte de la crianza de los parasitoides. En el laboratorio se contó el número de huevos en la masa y el número huevos parasitados. Los parasitoides emergidos se preservaron en 70 % alcohol etílico y se enviaron para identificación al Dr. Ru Nguyen del *Florida Department of Agriculture and Consumer Service*. Los especímenes identificados se depositaron en el Museo de Entomología y Biodiversidad Tropical de la Estación Experimental Agrícola de Río Piedras, a cada especie identificada se le dio un número de colección bajo la sigla de PR. Acc. No.

**Objetivo 2. Estudiar la dinámica poblacional de las especies de parasitoides presentes en masas de huevos de *D. abbreviatus* en Adjuntas e Isabela.**

**Catastro de las masas de huevos de *D. abbreviatus***

Se realizó un catastro de las masas de huevos para determinar en qué periodo del año se encuentran más huevos parasitados. Se realizaron muestreos en las Estaciones Experimentales Agrícolas de Adjuntas e Isabela. En el predio experimental se realizaron muestreos en 20 árboles de *C. sinensis* (L.). El procedimiento de colecta y manejo se llevó a cabo según descrito anteriormente en la parte de crianza de los parasitoides.

**Objetivo 3. Estudiar la relación hospedero-parasitoide de las especies de parasitoides de la masa de huevos de *Diaprepes abbreviatus*.**

**Efecto de la edad de la masa de huevos de *D abbreviatus* en el parasitismo de *T. haitiensis*.**

Para determinar la preferencia por la edad de las masas de huevos, se expusieron hembras de *T. haitiensis* a masas de huevos de diferentes edades; (12 h, 24 h, 48 h, 72 h) (Fig.4). Cada hembra se colocó con un macho en una placa petri de 9 cm de diámetro durante 24 h. Luego de dicho periodo, las hembras se transfirieron a placas individuales conteniendo una masa de huevos de los tratamientos indicados anteriormente. Se hicieron 10 réplicas por cada edad de la masa de huevos. El número de huevos por masa varió dentro de cada tratamiento para no alterar las masas de huevos. A cada masa de huevos se le contó el número de huevos parasitados; también se determinó el por ciento de parasitismo y el número de parasitoides que emergieron a sí como la proporción de sexos

de los parasitoides por tratamiento, utilizando la fórmula de Godfray (1994). Estos datos se analizaron mediante la prueba Tukey's.

**Efecto del tamaño de la masa de huevos de *D. abbreviatus* en el parasitismo de *T. haitiensis*.**

Se utilizaron masas de huevos de 12 h porque fueron las preferidas por los parasitoides. Las masas de huevos se clasificaron en tres grupos: (1-35 huevos); (36-71 huevos) (72-107 huevos) huevos. Se evaluaron 10 réplicas por cada tamaño de masa de huevos. Para cada grupo se determinó el por ciento de huevos parasitados utilizando el modelo estadístico Tukey's. Una masa de huevos por grupo se colocó con una avispa hembra dentro de una placa Petri de nueve 9 cm de diámetro durante 24 h. Las hembras seleccionadas tenían 24 h de eclosionadas y se aislaron con un macho por 24 h antes de la prueba. Se hizo lo mismo con todas las masas de huevos de diferentes grupos. Se realizaron 50 réplicas por cada grupo. A cada masa de huevo se le contó el número de huevos parasitados y el por ciento de parasitismo.

**Objetivo 4. Determinar la preferencia de oviposición de *D. abbreviatus* sobre cuatro plantas hospederas.**

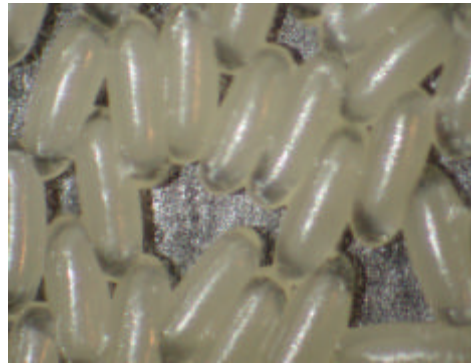
Para determinar la preferencia de oviposición de la vaquita de la caña se utilizaron las siguientes plantas hospederas: 1. *Cajanus cajan* (L.) Hutch, gandul; 2. *Ipomoea batatas* (L.) Lam., batata; 3. *Dioscorea alata* L., ñame y 4. *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, china (Fig. 5). El experimento se realizó en el invernadero #2 de la Estación Experimental Agrícola en Río Piedras del 17 al 24 de junio del 2002, sin controlar temperatura ni

humedad relativa. La temperatura registrada en el invernadero fue 44°C la máxima y 23°C la mínima y una HR de 92 % la máxima y 24 % la mínima. Se realizó un experimento en bloque completamente al azar y dentro de cada bloque se establecieron parcelas replicadas 3 veces.

Se sembraron 12 plantas de cada especie en tiestos de 30 cm de diámetro. Los tiestos se colocaron en una jaula de tubo de PVC de 1.21 x 2.43 x 1.52 m y cubierta con tela de mosquitero. En cada jaula se colocaron 50 adultos de *D. abbreviatus* 25 hembras y 25 machos por 5 días y diariamente se colectaron las masas de huevos de *D. abbreviatus* depositados en las plantas hospederas. Las masas de huevos se colocaron en placas petrii de 15 cm. de diámetro. Luego se cuantificó el número de huevos por masa y la supervivencia de larvas neonatas.



**A. (12 horas)**



**C. (48 horas)**



**B. (24 horas)**



**D. 72 horas**

Figura 4. Huevos de *D. abbreviatus* utilizados en la prueba de preferencia a la edad de la masa de huevos.





*Cajanus cajan* (L.) Hutch



*Ipomea batatas* (L.) Lam



*Citrus sinensis* (L.) Osbeck



*Dioscorea alata* L.

Figura 5. Plantas hospederas utilizadas en la prueba de preferencia de oviposición de *D. abbreviatus*.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró una proporción mayor de la especie *T. haitiensis* en comparación con las tres especies restantes (Cuadro 1). Las especies de parasitoides colectadas de las masas de huevos de *D. abbreviatus* fueron tres especies de la familia Eulophidae: *Tetrastichus haitiensis* (Gahan), *Aprostocetus gala* (Walker), *Horismenus bennetti* (Schauff) y una de la familia Trichogrammatidae: *Brachyufens osborni* (Dozier). *Tetrastichus haitiensis* es el parasitoide primario más abundante de las masas de huevos de *D. abbreviatus* en Puerto Rico (Wolcott, 1950; Beavers, 1982; Armstrong, 1987; Hall, 2001). *Horismenus bennetti* descrita por Schauff (1987), es considerada un hiperparasitoide facultativo (Schauff, 1987; Hall et al., 2001). *Brachyufens osborni* es descrita inicialmente de masas de huevos de *D. abbreviatus* colectadas en Puerto Rico en 1932 (Schauff, 1987).

La figura 6 muestra el número de huevos colectados de *D. abbreviatus* y el número de huevos parasitados en la localidad de Adjuntas durante el año 1999. Puede observarse un aumento paulatino en el número de huevos colectados y el número de huevos parasitados. El parasitismo de los huevos alcanzó su primer pico el 8 de julio con 170 huevos parasitados de un total de 600 huevos colectados (Figura 6a,b). Este patrón no continúa durante el resto de la temporada, pues el segundo pico de abundancia de huevos coincide con los niveles más bajos de parasitismo. En el año 2000, en la misma localidad, hubo tres aumentos en los niveles poblacionales de los huevos parasitados (19 de julio, 7 de septiembre y 17 de octubre - Fig. 7a,b). En ambos años, en la localidad de Adjuntas se obtuvo el mayor parasitismo durante los meses de junio y julio.

En la localidad de Isabela, el número de huevos parasitados en el año 1999 fue más alto que en el año 2000. En el año 1999 hubo tres picos durante el 9 de marzo, 28 de abril y 25 mayo, siendo el del 9 de marzo el mayor con 332 huevos parasitados (Fig. 8a). En el año 2000, en la misma localidad, hubo un aumento en los niveles poblacionales, registrándose 190 huevos parasitados el 22 de junio (Fig. 9a), en este año se observó la misma tendencia de los parasitoides en bajar las poblaciones de *D. abbreviatus* (Fig. 9a,b). En ambas localidades, durante los años de 1999-2000, el periodo de oviposición ocurrió en los meses de mayo-julio y en septiembre-octubre (Fig. 6b, 7b, 8b, 9b). Esto contrasta con los datos para el sur de la Florida, que señalan el periodo primario de oviposición para los adultos de *D. abbreviatus* ocurre desde enero hasta abril (Peña y Osborne, 2003).

En la localidad de Adjuntas en el año 1999 el por ciento de parasitismo fue un 17 %, mientras que en el año 2000 fue un 6 %. En la localidad de Isabela, el por ciento de parasitismo fue 18 % en el 1999 y 14 % en el año 2000. El por ciento de parasitismo fue menor en Adjuntas (Cuadro 2).

La figura 10a muestra el efecto de la edad de la masa de huevos sobre el promedio de huevos parasitados por masa a través del rango de edades. Hubo diferencias significativas entre las masas de huevos parasitados a las 12 y 48 h de edad (11.5 y 1.8) respectivamente. El segundo promedio mayor de huevos parasitados correspondió al tratamiento de 12 h.. En teoría se considera que mientras mayor la edad del hospedero, mas desarrollado estará su embrión y más difícil será parasitarla. Los parasitoides primarios de huevos tienen muy poco tiempo para encontrar a su hospedero y parasitarlo; en este caso la duración de la etapa de huevo-adulto de *T. haitiensis* es de  $\pm 14$  a  $\pm 25$

días. El promedio mayor de huevos parasitados se obtuvo en masas de huevos de 72 h, lo que podría explicarse mediante la hipótesis de que cuando la hembra de parasitoide localiza masas de huevos de inferior calidad, y en cantidad limitada como en este caso, podría aumentar su capacidad de parasitismo para asegurar la supervivencia de su progenie. Este patrón se repite nuevamente al observar el por ciento de parasitismo por masa (Fig. 10b), donde los tratamientos con el mayor por ciento de parasitismo corresponden a las masa de huevos de 12 (26 %) y 72 (31.1 %) horas respectivamente.

Al examinar el promedio de parasitoides recuperados por tratamiento se observa una mayor supervivencia, aunque no es significativa, en las masas de 12 h versus las masas de 72 h (Fig. 11). Sin embargo, la tendencia a un mayor número de sobrevivientes en los tratamientos de 12 h apoya la hipótesis de que estas masas de huevos superan en calidad a las de 24, 48 y 72 h, especialmente cuando el parasitismo por masa fue mayor en el último tratamiento. Finalmente, al comparar la razón sexual de entre los parasitoides adultos se observó más progenie femenina en los tratamientos de 12 y 72 h, mientras que en el de 24 h fue balanceada (1:1) y en el de 48 horas se invirtió la razón de hembras a machos (0.55:1). (Fig. 12). En conclusión, el efecto de la edad de la masa de huevos de *D. abbreviatus* es importante y variado. Las masas de huevos parasitadas antes de 24 h ofrecen un mejor promedio de parasitismo, supervivencia y producción de hembras que las parasitadas en periodos posteriores.

Con relación al efecto del tamaño de la masa de huevos sobre el parasitismo de *T. haitiensis*, se obtuvo el mayor parasitismo en el grupo III (masas con 72-107 huevos), con

20.6 % Cuadro 3). La preferencia de los parasitoides por parasitar el grupo III se debe a la cantidad de opciones que tiene la hembra para parasitar su hospedero.

Con relación a la preferencia de oviposición de *D. abbreviatus* sobre cuatro plantas hospederas, se obtuvieron en el ñame y la batata 2563 y 2557 huevos, respectivamente. En las chinas y el gandul se obtuvieron 1758 y 458 huevos, respectivamente. El mayor por ciento de supervivencia de las larvas neonatas fue de 89 % y 92 % en los tratamientos de ñame-batata y gandul. Los hospederos donde más huevos se obtuvieron fueron ñame y batata, con un promedio de 213.5 y 213.0, respectivamente. En las chinas y el gandul se obtuvo un promedio de 146.5 y 38.1 de huevos respectivamente (Cuadro 4). En este experimento la vaquita de la caña tuvo la oportunidad de ovipositar en el mejor hospedero; de los hospederos seleccionados, los de abundante crecimiento de follaje eran la batata y el ñame. En estos dos hospederos *D. abbreviatus* colocaba la masa de huevos en una misma hoja, mientras que los otros hospederos tenía que seleccionar hojas que estuviesen cerca para colocar la masa de huevos.

Cuadro 1. Especies de parasitoides recuperados de las masas de huevos de *Diaprepes abbreviatus* en dos localidades durante los años 1999-2000

Orden : Familia	Especie	PR Acc No.	Núm. de Especímenes	Año	Localidad	
Hymenoptera						
Trichogrammatidae	<i>Brachyufens osborni</i>	PR 53 - 99	11	1999	Adjuntas	
		PR 09 - 00	48	2000	Adjuntas	
		PR 10 - 00	13	2000	Adjuntas	
		PR 43 - 99	16	1999	Isabela	
Eulophidae	<i>Tetrastichus haitiensis</i>	PR 51 - 99	44	1999	Adjuntas	
		PR 54 - 99	18	1999	Adjuntas	
		PR 42 - 99	35	1999	Isabela	
		PR 44 - 99	88	1999	Isabela	
		PR 45 - 99	36	1999	Isabela	
		PR 46 - 99	45	1999	Isabela	
		PR 47 - 99	38	1999	Isabela	
		PR 50 - 99	13	1999	Isabela	
		PR 52 - 99	14	1999	Isabela	
		PR 56 - 99	16	1999	Isabela	
		PR 02 - 01	40	2000	Isabela	
		PR 06 - 01	10	2000	Isabela	
		<i>Horismenus bennetti</i>	PR 40 - 99	45	1999	Isabela
			PR 41 - 99	75	1999	Isabela
PR 48 - 99	10		1999	Isabela		
PR 49 - 99	45		1999	Isabela		
PR 11 - 00	8		2000	Isabela		
PR 12 - 00	75		2000	Isabela		
PR 03 - 01	4		2000	Isabela		
<i>Aprostocetus gala</i>	PR 55 - 99		34	1999	Adjuntas	
	PR 04 - 01	68	2000	Isabela		
	PR 08 - 01	40	2000	Isabela		
	PR 05 - 01	30	2000	Isabela		

PR Acc. No. Número de Acceso del Catastro de las Especies en el Museo de Entomología y Biodiversidad Tropical, EEA Río Piedras.

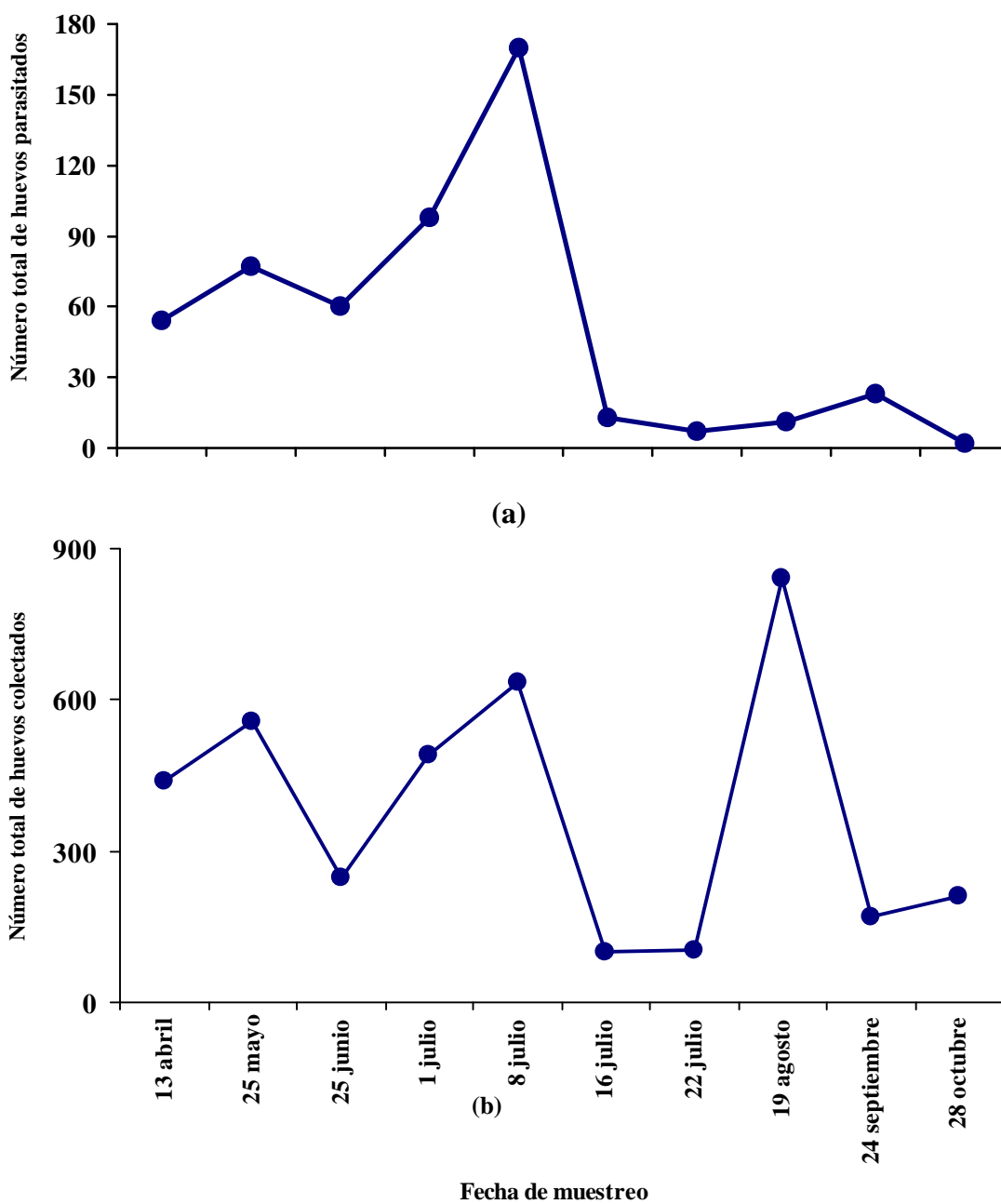


Figura 6a. Número de huevos de *D. abbreviatus* parasitados en Adjuntas, 1999.  
 b Número de huevos de *D. abbreviatus* colectados en Adjuntas, 1999.

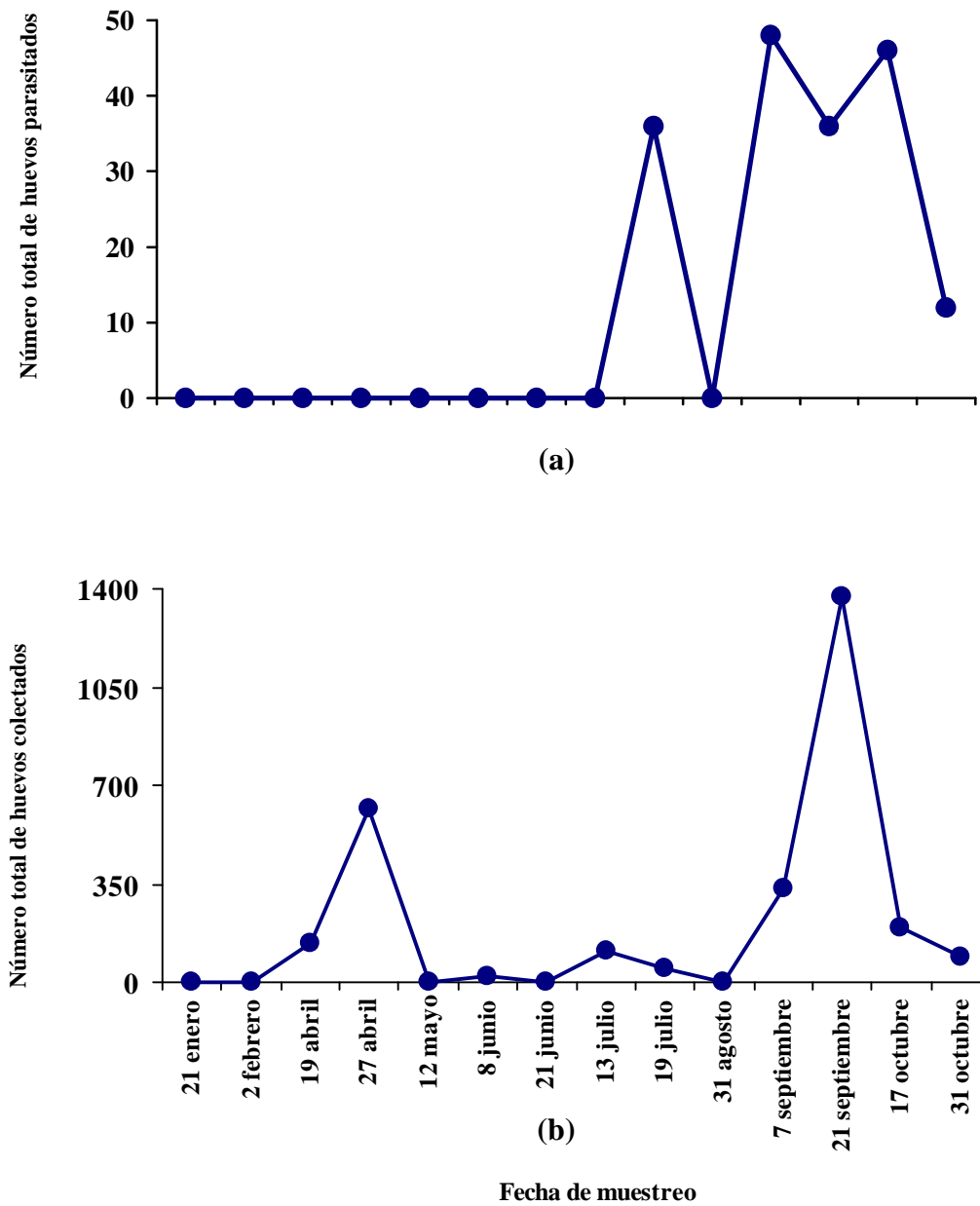


Figura 7a. Número de huevos de *D. abbreviatus* parasitados en Adjuntas, 2000.  
 b Número de huevos de *D. abbreviatus* colectados en Adjuntas, 2000.



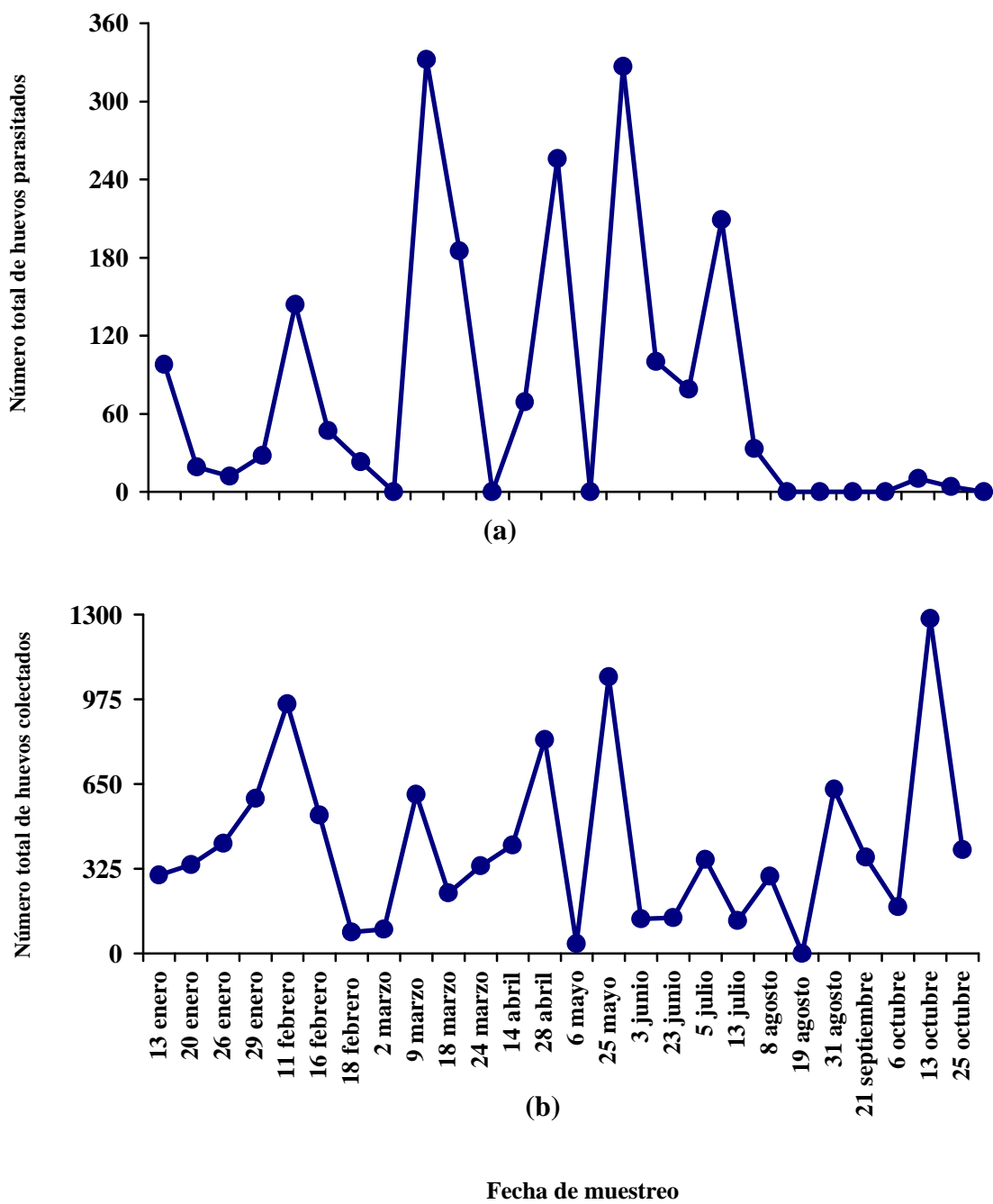


Figura 8a. Número de huevos de *D. abbreviatus* parasitados en Isabela, 1999.  
 b. Número de huevos de *D. abbreviatus* colectados en Isabela, 1999.

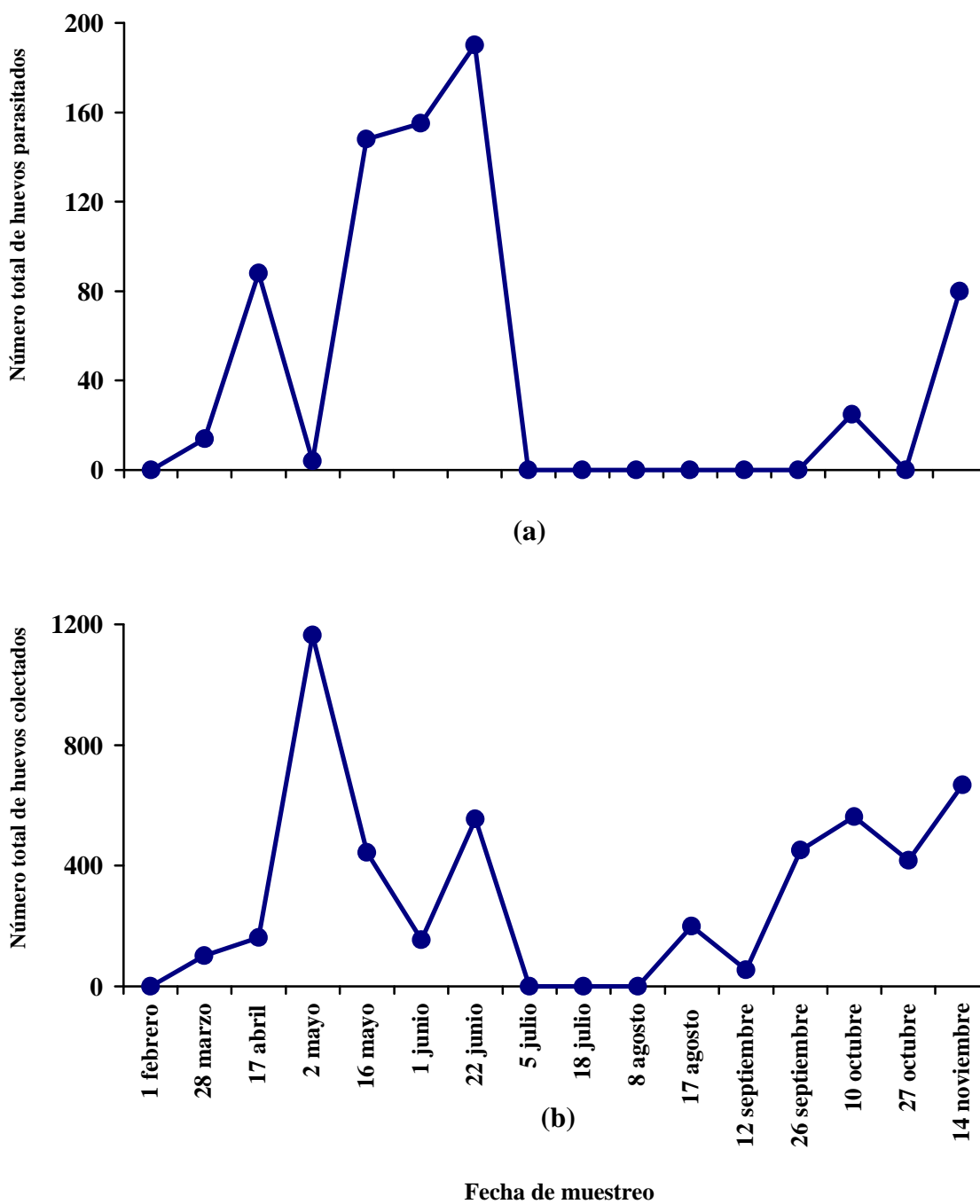


Figura 9a. Número de huevos de *D. abbreviatus* parasitados en Isabela, 2000.  
 b. Número de huevos de *D. abbreviatus* colectados en Isabela, 2000.

Cuadro 2. Por ciento de huevos de *D. abbreviatus* parasitados por *T. haitiensis* en las localidades de Adjunta e Isabela durante 1999 - 2000.

<b>Localidad</b>	<b>Año</b>	<b>Por ciento de parasitismo</b>
Adjuntas	1999	17
	2000	6
Isabela	1999	18
	2000	14

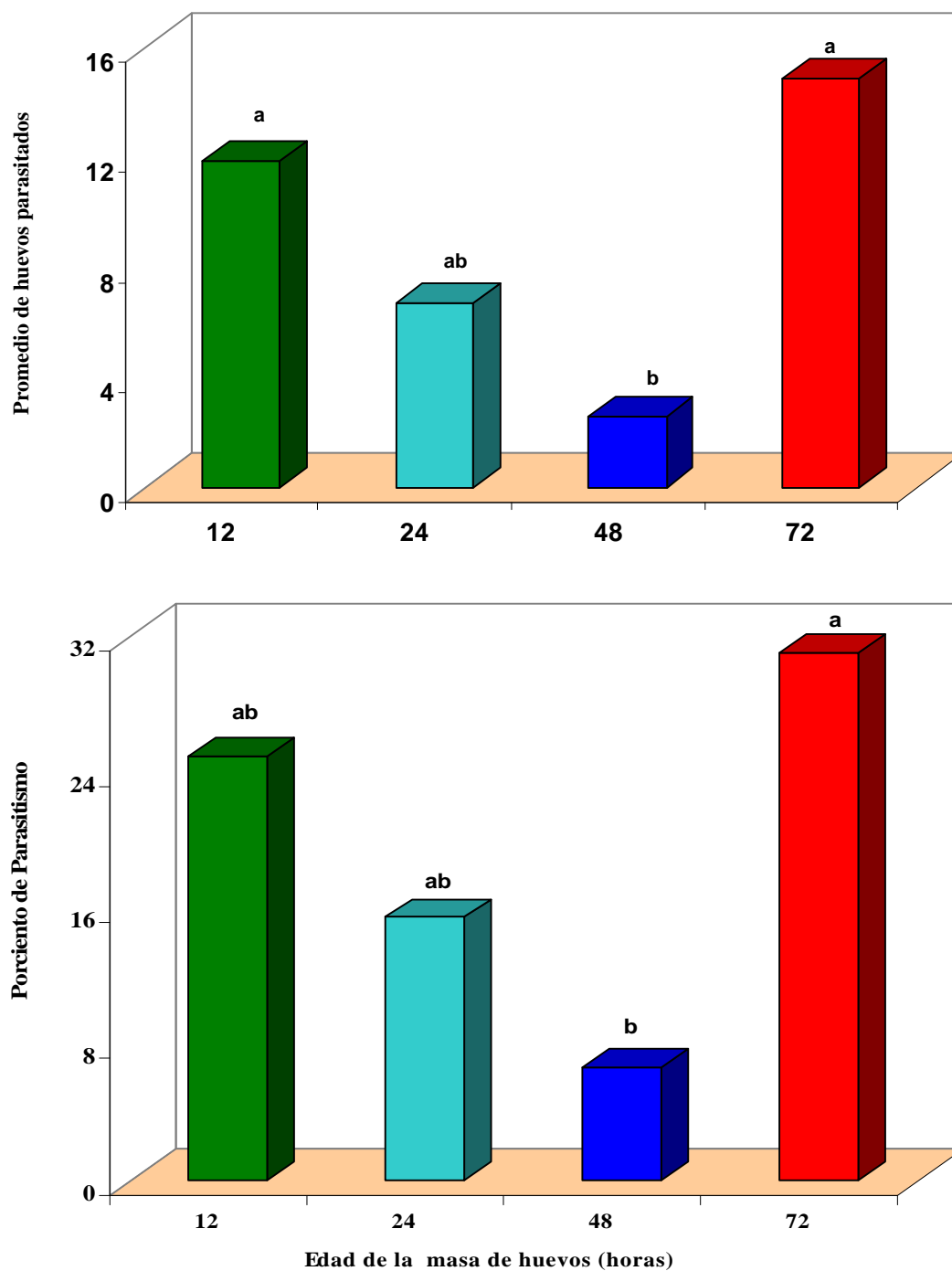


Figura. 10a. Promedio de huevos de *D. abbreviatus* parasitados por masa a diferentes edades (12, 24, 48, 72 h,) n=10.

b. Porcentaje de parasitismo por masa a diferentes edades (12, 24, 48,72 h). n=10

1. Letras iguales no hay diferencia significativa (prueba de de Tukey's donde P=0.05)

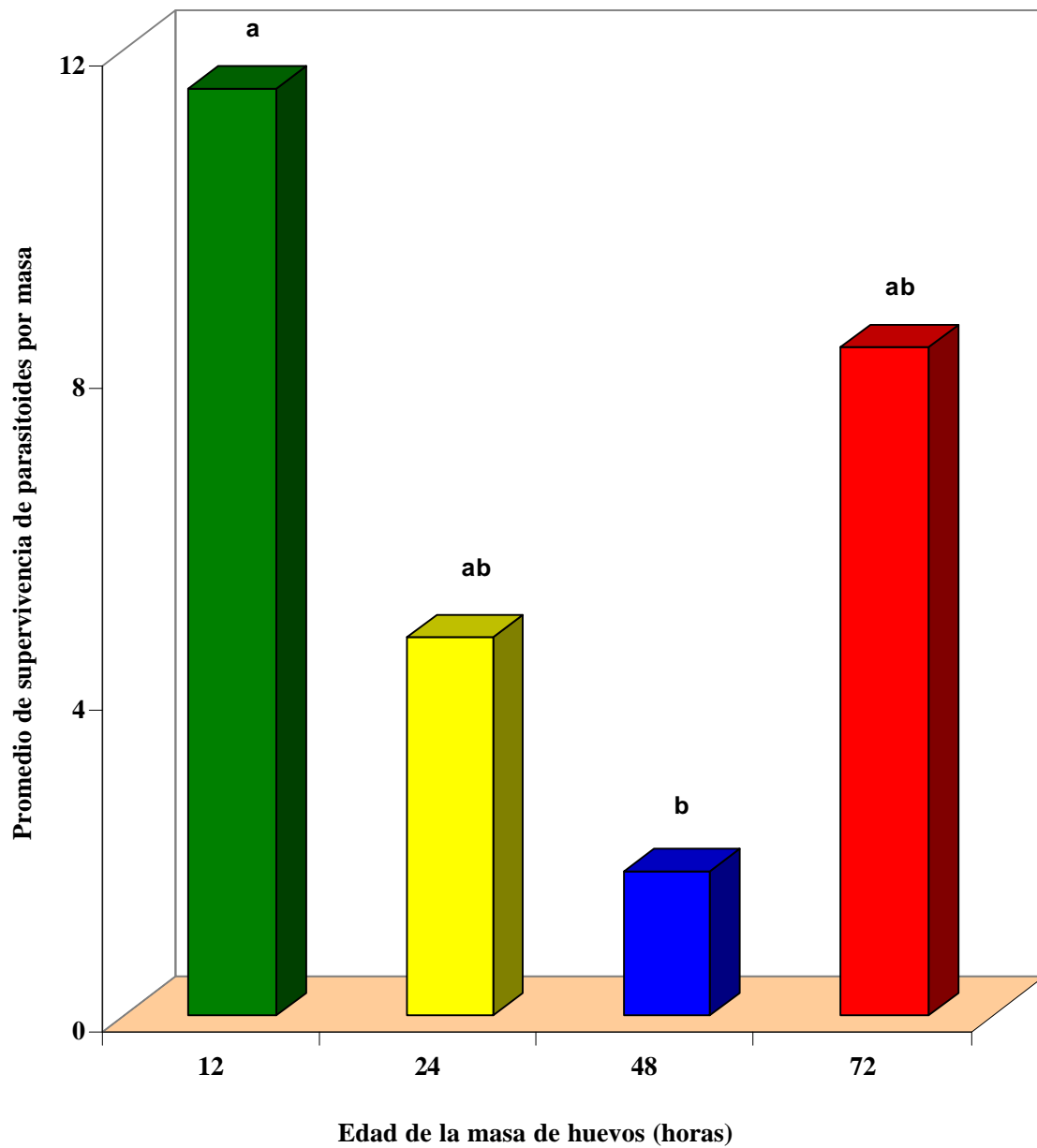


Figura 11. Promedio de parasitoides adultos recuperados por masa de huevos a diferentes edades de la masa (12, 24, 48, 72 h) n = 10.

1. Letras iguales no hay diferencia significativa (prueba de de Tukey's donde  $P=0.05$ )

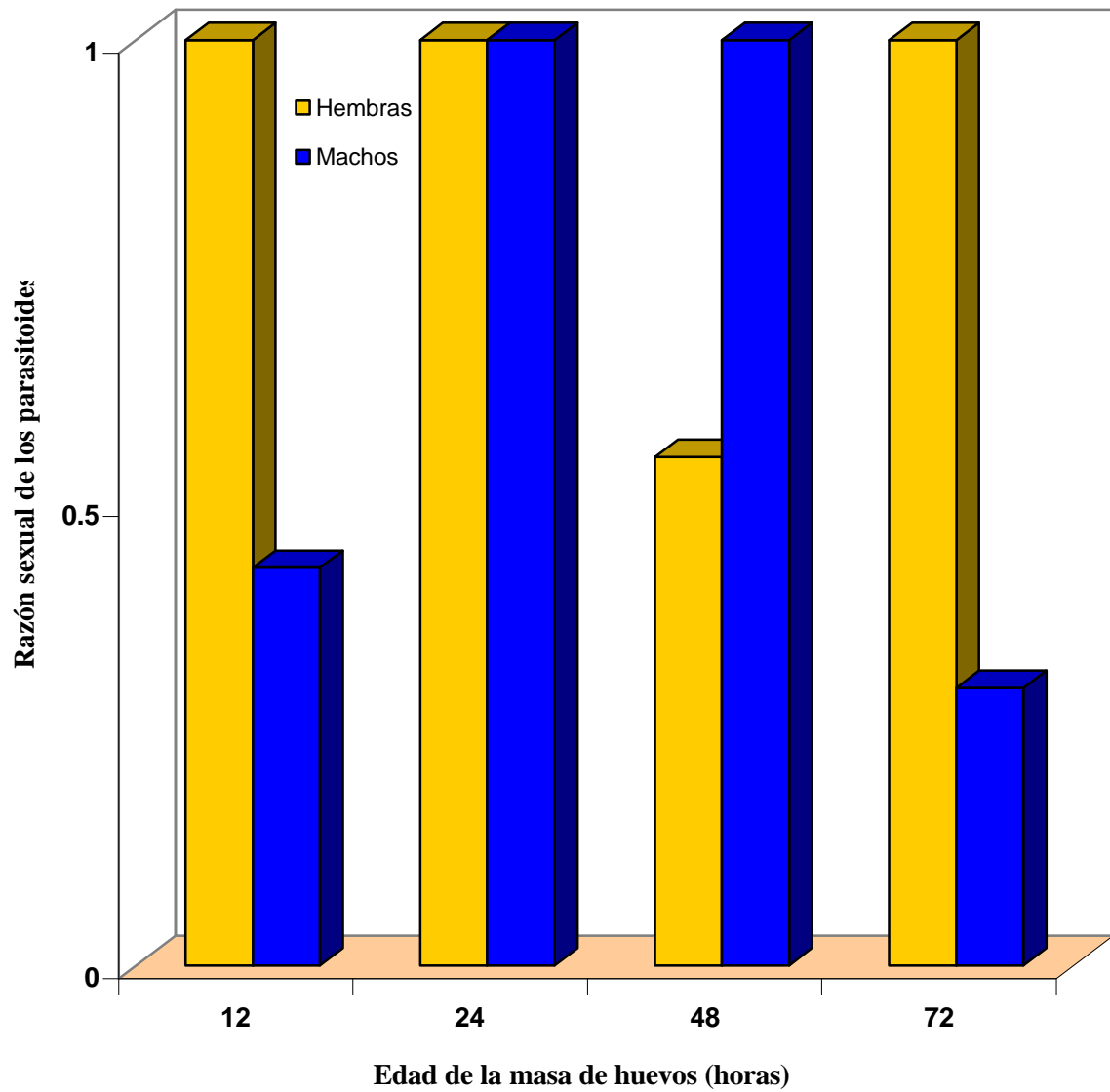


Figura 12. Relación de la razón sexual de los parasitoides recuperados de las masas de huevos parasitados a diferentes edades (12, 24, 48, 72 h) n=10.

Cuadro 3. Por ciento de huevos parasitados en relación con el tamaño de la masa de huevos de *Diaprepes abbreviatus*.

---

Tratamientos	Por ciento de huevos parasitados
Grupo I (1 – 35) huevos /masa	7.4b
Grupo II (36 – 71) huevos/masa	8.8b
Grupo III (72 – 107) huevos/masa	20.6a

---

Porcentajes en la misma columna con letras iguales no hay diferencia significativa (prueba de Tukey's donde  $P < 0.05$ )

Cuadro 4. Por ciento de supervivencia de larvas de *D. abbreviatus* del primer estadio por hospedero.

Familia botánica	Tratamiento	Núm. de huevos de <i>D. abbreviatus</i> colectados/hospedero	Promedio de huevos de <i>D. abbreviatus</i> colectados	Por ciento de supervivencia de larvas neonatas de <i>D. abbreviatus</i>
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea alata</i> . L.	2563	213.5a	89
Convolvulaceae	<i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam	2557	213.0a	88
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	1758	146.5b	89
Papilionaceae	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Hutch	458	38.1c	92

1. Promedios en la misma columna con letras iguales no hay diferencia significativa (prueba de Tukey's donde  $P \leq 0.05$ )



## VI. Conclusión

1. Se encontraron cuatro especies de parasitoides durante los años 1999 al 2000 en las localidades de Adjuntas e Isabela. Estas son: *Tetrastichus haitiensis* Gahan, *Aprostocetus gala* (Walker) y *Brachyufens osborni* (Dozier) como parasitoides primarios, y *Horismenus bennetti* (Schauff) (solamente se recuperó en Isabela) como hiperparasitoide.
2. Durante los muestreos del 1999 al 2000 las fluctuaciones poblacionales en las dos localidades fueron diferentes, en la localidad de Adjuntas las especies de parasitoides siguieron un mismo patrón, bajando los niveles poblacionales de los huevos ovipositados. En la localidad de Isabela se observó el mismo patrón durante los años del muestreo. Los picos de abundancia poblacional en ambas localidades se concentraron durante los meses de junio y julio.
3. En las pruebas de laboratorio (relación hospedero-parasitoide) se encontró que *T. haitiensis* prefiere masas de 12 horas para parasitar, ya que de estas masas se recuperaron más adultos de ambos sexos.
4. En la prueba de tamaño de la masa de huevos se encontró que *T. haitiensis* prefiere parasitar masas de huevos grandes.
5. En la prueba de preferencia al hospedero se encontró que *D. abbreviatus* prefiere ovipositar en plantas de follaje más abundante, y hojas con superficie grandes, hojas suaves que se puedan doblar fácilmente y que no tengan vellosidades, tales como las de la batata y del ñame.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abreu Rodríguez, E. y M. E. Pérez Escolar. 1982. Oviposition preference of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) on various ornamentals foliage plants. J. Agric. Univ. P.R. 67(2):117-120.
- Armstrong, A. M. 1987. Parasitism of *Tetrastichus haitiensis* Gahan on egg masses of *Diaprepes abbreviatus* in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. 72 (4):408-409.
- Beavers, J. B. 1982. Biology of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae) reared on artificial diet. Fla. Entomol. 68(2):263-269.
- Beavers, J. B., S. A. Lovstrand, y A.G. Selhime. 1980. Establishment of the exotic parasite. *Tetrastichus haitiensis* (Hymenoptera:Eulophidae) and recovery of a new *Trichogramma* (Hymenoptera:Trichogrammatidae) from root weevil egg masses in Florida. Entomophaga 25(1):91-94.
- Beavers, J. B., A. G. Selhime. 1975. Development of *Diaprepes abbreviatus* on potted citrus seedlings. Fla. Entomol. 58(4):271-273.
- Beavers, J. B., J. M. Stanley, H. R. Agee, y S. A. Lovstrand. 1979. *Diaprepes abbreviatus* pest of sugarcane and citrus and their response to light traps in field and cage test. Fla. Entomol. 62(2):136-139.
- Bower, J. H. 1991. Biological: Insects diseases, in insect parasite, predators. En Krischik, V. Cuperus, G. and Galliard, D. (eds.), Management of grain, bulk commodities, and bagged products. U.S.D.A. Coop. Ext. Serv. Circ. E-912, pp. 195-200.
- Bullock, R. C., 1971. Effectiveness of foliar sprays for control of *Diaprepes abbreviatus* (L) on Florida citrus. Trop. Agric. 48:127-131.
- Castro, S. 1986. Hormigas depredadoras de larvas neonatas de *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae). M.S. Tesis, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R., 72 pp.
- Chevrolat, L. A. A. 1876. Description de Curculionites provenant des captures de M. le docteur Gundlanch `a l'île de Porto – Rico. Bull. Soc. Entomol. Fr., 1876, pp. ccxxvii – ccxxix.
- Danforth, S.T. 1926. Birds of the Cartagena Lagoon. J. Dept. Agric. P.R. 10(1):33-106.

- Dejean, P. F. M. A. 1833-1837. Catalogue des Coléoptères de la collection de M. le Comte Dejean, [2nd. ed.], pp. 1-443. Paris. ([fasc. I], pp. 1-96; [fasc. II], pp. 97-176 (18833); [fasc. III], pp. 231-306.]
- Dexter, R. R. 1932. The food habits of the imported toad, *Bufo marinus* in the sugarcane sections of Puerto Rico. Fourth Congress Internat. Soc. Sugar cane Technol. Bull. 74:1-6.
- Dozier, H. L. 1932. Descriptions of new trichogrammatid (Hymenoptera) egg parasitoid from the west Indies. Proc. Entomol Soc. Wash. 34(3):29-37.
- Duncan, L. W. y C. W. McCoy. 1996. Vertical distribution in soil, persistence, and efficacy against citrus root weevil (Coleoptera:Curculionidae) of two species of entomogenous nematodes (Rhabditida:Steinernematidae, Heterorhabditidae). Environ. Entomol. 25 (1): 174-178.
- Fabricius, J. C. 1792. Entomologia sistemática emendata et aucta. Secundum classes, ordines, genera, species adjectis synonymis, locis, observationibus, descriptionibus, vol. 1, xx + 538 pp. Hafniae. [Curc. Pp. Xi, 379-490.]
- Figueroa, W., y J. Roman. 1990a. Parasitism of entomophilic nematodes on the sugarcane rootstalkborer, *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Coleoptera:Curculionidae) larvae. J. Agric. Univ. P.R. 74(2):197-202.
- Figueroa, W., y J. Roman. 1990b. Biocontrol of the sugarcane rootstalk borer, *Diaprepes abbreviatus* (L.) Coleoptera:Curculionidae) with entomophilic nematodes. J. Agric. Univ. P.R. 74(2):395-404.
- Godfray H. C. J. 1994. Parasitoid, behavioral and evolutionary ecology. Princeton Univ. Press. N.J. 473. 245 pp
- Godfrey, K., B. Grafton-Cardwell, J. Peña, C. McCoy, and R. Luck. 2003. *Diaprepes* Root Weevil. Exotic Pest and Diseases. <http://citrusent.uckac.edu/diaprepes.pdf>.
- Gyllenhal, L. 1833-1843. In Schoenherr, Genera et species curculionidum. vols. 1-7.
- Hall, D. G. 1995. A revision to the bibliography of sugarcane rootstalk borer weevil, *Diaprepes abbreviatus*. Fla. Entomol. 78(2): 364-377 pp.
- Hall, D. G. , J. Peña, R. Franqui, R. Nguyen, P. Stansly, C. McCoy, S. L. Lapointe, R. C. Adair and B. Bullock. 2001. Status of biological control by egg parasitoids of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae) in citrus in Florida and Puerto Rico. Bio Control. 46: 61-70.

- Hantula, J., A. Saura, J. Lokki and N. Virkki. 1987. Genic and color polymorphism in Puerto Rican Phyllobiine weevils *Diaprepes abbreviatus* (L.) and *Compsus maricao* Wolcott. J. Agric. Univ. P.R. 71(4):391-392.
- Hustache, A. 1929. Curculionides de la Guadeloupe. Faune des Colonies Francaises, vol. 3, fasc. 3, pp. 165-267, illus. (Première partie.)
- Inglés-Casanova, R. 1990. Caracterización, daño y control de las lesiones asociadas a la gomosis. Tesis MS. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R., 132 pp.
- Jackson, G. C. 1963. *Diaprepes abbreviatus* Linnaeus on *Phoenix dactylifera* L. Res. Note. J. Agric. Univ. P.R. 47(4):290.
- Jones, I. F. y W. J. Schroeder. 1983. Study of first instar *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae) activity for control purpose. J. Econ. Entomol. 76(3):567-569.
- Jones, I. F. y W. J. Schroeder. 1984. Capture of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in frass extract baited traps in citrus. J. Econ. Entomol. 77(2):334-336.
- Jones, T. H. 1915. The sugarcane weevil rootborer (*Diaprepes spengleri* Linn.). Ins. Expt. Sta. Río Piedras, P.R., Bull. 14. pp. 7-21.
- Lapointe, S. 2000. Particle film deters oviposition by *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol. 93(5):1459-1463.
- Leng, C. W., and A. J. Mutchler. 1914. A preliminary list of the Coleoptera of the West Indies. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 37(5):191-220.
- Linnaeus, C. 1758. Sistema naturae per regna tria naturae secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis, ed. 10, reformata, vol. 1, pp. 1 – 823. [+ 1 p. (Emendanda, Addenda), unnumbered.] Holmiae. [Curc.pp. 377-388] [Reprinted 1956.]
- Mariota Trias, F. y J. Maldonado Carriles. 1959. Insectos perjudiciales de la caña de azucar y su combate. Rev. Agric. P.R. 42(1):67-74.
- Marshall, G. A. K. 1916. On new Neotropical Curculionidae. Ann. Mag. Nat. Hist., ser. 8, 18:449 – 469.

- Martorell, L. F. 1941. Caculos y vaquitas en plantas ornamentales (May beetle and curculios on ornamental plants). *Agricultura Experimental. Bol. Bimestral Est. Expt. Agric. UPR* vol. (4):10.
- Martorell, L. F. 1959. Control of the important sugarcane insect pest in Puerto Rico. *Sugar J.* 22:55-63.
- Martorell, L. F. 1966. Field practices used to control sugarcane pests in Puerto Rico. *Sugar y Azúcar* 61(4):28-31, 53-57.
- Martorell, L. F. 1976. Annotated food plant catalog of the insects of Puerto Rico. *Agric. Expt. Sta., Univ. P.R. Dept. Entomology*, 303pp.
- Martorell, L. F. y S. M. Gaud. 1967. Status of important insect pest of sugarcane in Puerto Rico and their control. *Proc. 12<sup>th</sup> Cong. Intern. Soc. Sugarcane Technol. San Juan PR* marzo 28-abril 10, 1965. pp. 1278-1286.
- O'Brien, C. W. y G. J. Wibmer. 1982. Annotated checklist of the weevils (*Curculionidae sensu lato*) of North America, Central America, and the West Indies (Coleoptera: Curculionoidea). *Mem. Amer. Entomol. Inst.*, 34:55-56.
- Olivier, A. G. 1790. *Encyclopédie Méthodique. Histoire Naturelle. Insectes*, vol. 5, pp. 1-792 [+ p. 793, Glossary.] Paris. [Curc. Pp. 440-575.]
- Olivier, A. G. 1807. *Entomologie, Coléoptères*. Vol. 8, 171 pls. [Curc. 41 pls.]
- Oramas, D. J.; J. Rodríguez and A. L. Gonzalez. 1990. Effect on yam *Dioscorea rotundata* (Poir), of soil spray and seed treatment with the nematicide – insecticide Oxamyl L. and soil treatments with phenamiphos 15G. *J. Agric. Univ. P.R.* 74(2):103-110.
- Pak, G. A. 1986. Behavioral variation among strians of *Trichogramma* spp. A review of the literature on host-age selection *J. Appl. Entomol.* 101:55-64.
- Panzer, G. W. F. 1798. *Johann Euseb Voets Beschreibungen und Abbildungen hartschaalichter Insekten Coleoptera Linn. Aus dem Original getreu übersetzt mit der in selbigem fehlenden Synonymie und beständigem Comentar*, vol. 4, [xii] = 112 pp., illus. Nürnberg. [Curc. Pp. 41-73.]

- Peña, J. E., D. G. Hall, R. Nguyen, R. Duncan, D. Amalin, P. Stansly, C. Mc Coy, R. Adair, S. Lapointe, H. Browning and J. Knapp. 2001. Effort toward establishment of biological control agents of *Diaprepes* root weevil. Fact Sheet ENY-643, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL. 5 pp.
- Pierce, W. D. 1915. Some sugarcane root-boring weevils of the West Indies. J. Agric. Res. 4:255-267.
- Quintela, E. D., C. McCoy. 1997. Pathogenicity enhancement of *Metharhizium anisopliae* and *Bauveria bassiana* to first instars of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae) with sublethal doses of Imidacloprid. Environ. Entomol. 26(5):1173-1182.
- Richman, D. B., W. H. Whitcomb and W. F. Buren. 1986. Predation on neonate larvae of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae) in Florida and Puerto Rico citrus groves. Fla. Entomol. 66(2):215-222.
- Román, J. and J. B. Beavers. 1982. A survey of Puerto Rican soils for entomogenous nematodes which attack *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Coleoptera:Curculionidae). J. Agric. Univ. P.R. 66:311-316.
- Roman, J. y W. Figueroa. 1985. Control of the larvae of the sugarcane rootstalk borer, *Diaprepes abbreviatus* (L) with the entomogenous nematode *Neoplectana carpocasae* Wisner. J. Agric. Univ. P.R. 69(2):153-158.
- Schauff, E. M. 1987. Taxonomy and identification of the egg parasite Hymenoptera: Platygasteridae, Trichogrammatidae, Mymaridae and Eulophidae of citrus weevils (Coleoptera: Curculionidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 89(1):31-47.
- Schoenherr, C. J. 1823. Tabula sinoptica familiae curculionidum. Isis Oken, FET X columns 1123-1146.
- Schroeder, W. J. 1981. Attraction, mating, and oviposition behavior in field population of *Diaprepes abbreviatus* on citrus. Environ. Entomol. 10(6):898-900.
- Schroeder, W. J. y J. B. Beavers. 1985. Semiochemicals and *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae) behavior implications for survey. Fla. Entomol. 68(3):399-402.
- Simpson, S. E. y C. W. Mc Coy. 1996. Past and current IPM strategies to combat the spread of *Diaprepes abbreviatus* (L) in Florida citrus. Caribbean Food Crop Society, 30<sup>th</sup> Annual meeting St Thomas, 1994. 30: 247-256.

- Simpson, S. E., H. N. Nigg, N. C. Coile, y R. A. Adair. 1996. *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae) host plant associations. Environ. Entomol. 25(2):333-349.
- Sutton, R. A., A. G. Shelhime, and W. Mc Cloud. 1972. Colonization and release of *Tetrastichus haitiensis* as a biological control agent for citrus root weevil. J. Econ. Entomol. 65:184-185.
- Tucker, R. W. y G. N. Wolcott 1935. Parasite introductions, Barbados and Puerto Rico. 5<sup>th</sup> Entomol. Congr. Brisbane. 1935. Pp. 398-404.
- Voet, J. E. 1806. Catalogus systematicus coleopterorum, vol. 2, illus. La Haye. [Includes versions in latin (pp. 1-82), French (pp. 1-85) and Dutch (pp. 1-87), with Latin names only on the Latin versión: the table is tri-lingual (R. T. Thompson, pers. Comm.).]
- Wetmore, A. W. 1916. Birds of Puerto Rico. U.S.D.A. Bull. 326:1-140
- Woodruff, R. E. 1964. A Puerto Rican weevil new to the United States (Coleoptera: Curculionidae). Fla. Dept. Agric. Div. Plant Ind. Entomol. Circ. 30:1-2.
- Woodruff, R. E. 1968. The present status of a West Indian weevil *Diaprepes abbreviatus* (L) in Florida. (Coleoptera:Curculionidae). Fla. Dept. Agric. Div. Plant Ind. Entomol. Circ. No. 77.
- Wolcott, G. N. 1924 Entomología Económica Puertorriqueña. Est. Exp. Insular, Río Piedras, P.R. Bol. 32:1-176
- Wolcott, G. N. 1933a. The diapause portion of the larval period of *Diaprepes abbreviatus* (L.). J. Econ. Entomol. 18(3):417-427.
- Wolcott, G. N. 1933b. The larval period of *Diaprepes abbreviatus* (L.). J. Dept. Agric. P.R. 17(3):257-264.
- Wolcott, G. N. 1936. The life history of *Diaprepes abbreviatus* at Río Piedras Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. 20 (4):883-914.
- Wolcott, G. N. 1950. The insects of Puerto Rico: Coleoptera. J. Agric. Univ. P.R. 32(2):225-446.