

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS CAMILO CIENFUEGOS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES
INDIO HATUEY**

Algunos aspectos etológicos y efectividad de *Tetrastichus howardi*
(Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), en el control
de *Diatraea saccharalis* (Fab.) (Lepidóptera: Pyralidae) en áreas
forrajeras de la Empresa Azucarera Majibacoa

**AUTORA: Ing. Anayza Ochoa Peña
TUTORES: Dr.C. Alberto Méndez Barceló
M.Sc. Irene Guerra Salido**

Tesis en opción al título académico de Master en Pastos y Forrajes

**Las Tunas, 2013
“Año 55 de la Revolución”**

AGRADECIMIENTOS

A todos los que permitieron llevar a feliz término esta Maestría.

A mi tutor el Dr.C. Alberto Méndez Barceló quien me estimuló y aportó con su experiencia.

Al Dr.C. Jorge Félix Álvarez González quien me estimuló y aportó con su experiencia y resultados sobre el Tema datos e informaciones que fueron vitales para este trabajo.

A los Dr.C. Anesio Mesa Sardiñas y Dr.C. Marta Hernández por su entrega y dedicación.

A la M.Sc. Irene Guerra Salido quien me apoyó en todo momento.

A mi esposo, mis padres e hija en los cuales siempre encontré apoyo.

A la Revolución por posibilitar mi formación profesional.

Al colectivo de profesores que facilitaron mi preparación académica.

A mis compañeros de trabajo comprensivos y atentos.

A todos...

¡GRACIAS!

RESUMEN

En la Empresa Azucarera Majibacoa, UBPC Playuela de la provincia Las Tunas se realizó un estudio sobre algunos aspectos etológicos y efectividad de *Tetreastichus howardi* Oliiff, (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoide pupal de *Diatraea saccharalis* Fab. (Lepidóptero: Pyralidae) destacando entre los estudios desarrollados la distribución de la especie en la zona, los aspectos etológicos de este insecto así como caracterización morfológica, apareamiento, cópula, capacidad discriminativa. Se evaluó la efectividad biológica de liberaciones de *Tetrastichus howardi* en el control de *D. saccharalis* en áreas dedicadas al cultivo de la Caña de Azúcar con fines forrajeros plantadas con la variedad C86-503, variedad esta que ha demostrado una buena digestibilidad. Se demostró que en 30 minutos una hembra de *T. howardi* deposita aproximadamente 48 huevos desarrollando tres instares larvales, su estado pupal representa el 50 % de la duración de su ciclo de vida. Las liberaciones de *T. howardi* reducen el porcentaje de tallos afectados por la plaga, lo cual permitió obtener datos económicos muy favorables y una relación costo beneficio de tratamiento de 1/1,49.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1 La caña de azúcar, origen e importancia	5
1.2 Principales suelos en que se cultiva la caña de azúcar en Cuba	6
1.3 La caña de azúcar y su empleo como forraje	7
1.4 Principales plagas y enfermedades de la caña de azúcar en Cuba	13
1.5 Los barrenadores o taladradores de la caña de azúcar	16
1.5.1 Magnitud de los daños que ocasiona esta plaga a la caña de azúcar	17
1.5.2 Enemigos naturales de <i>Diatraea</i> spp	18
1.5.3 Control de los barrenadores de la caña de azúcar	18
1.6 Los tetrastichinos y el control biológico de plagas	22
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	24
2.1 Estudios básicos del parasitoide <i>T. hawardi</i> en la Empresa Azucarera Majibacoa	25
2.1.1 Distribución de la especie	25
2.1.2 Aspectos etológicos. Tecnología de cría de <i>Tetrastichus howardi</i> (Olliff)	25
2.1.3 Evaluación de la capacidad discriminatoria de <i>T. howardi</i>	26
2.2 Efectividad de liberaciones de <i>T. howardi</i> en el control de <i>D. saccharalis</i>	27
2.2.1 Efectividad en condiciones de un área forrajera	27
2.2.2 Evaluación del efecto económico de las liberaciones	27
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1 Estudios básicos del parasitoide <i>T. hawardi</i> de <i>D. saccharalis</i> en la Empresa Azucarera Majibacoa	29
3.1.1 Distribución de la especie	29
3.1.2 Aspectos etológicos de <i>T. howardi</i> . Tecnología de cría de <i>T. howardi</i>	31
3.1.3 Evaluación de la capacidad discriminatoria de <i>T. howardi</i>	35
3.1.4 Efectividad de las liberaciones de <i>T. howardi</i> en área forrajera afectada en grado intenso por <i>D. saccharalis</i>	42
3.1.5 Evaluación del efecto económico de las liberaciones	43
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es una de las plantas de más altos rendimientos en biomasa por área y unidad de tiempo, produce además de azúcar, que es considerada el alimento energético de consumo humano más completo, la energía necesaria para su procesamiento industrial y materia prima para la producción de una amplia gama de productos derivados, que en Cuba se producen unos 80 derivados de caña de azúcar (Godefoy, 2008).

Es un cultivo de extraordinaria capacidad, que en buenas condiciones culturales, produce volúmenes superiores a las 100 t. ha⁻¹ de tallos y si se incluyen las hojas y puntas, que no se emplean para la producción de azúcar; el volumen de biomasa vegetal se eleva en 20% (Suárez y Morín, 2005).

Según Cuellar *et al.* (2008), de una hectárea de caña, con rendimiento de 54 t.ha⁻¹, se pueden obtener: 5 940 kg de azúcar, 15 120 kg de bagazo que de ser utilizados para generar electricidad se obtendrían 1 431 kilovatios hora, 1 620 kg de miel final (factibles de utilizar en la producción de alcohol o alimentación animal), 1 620 kg de cachaza, 540 kg de ceniza de la combustión del bagazo, 2,3 m³ de vinaza, 2,1 m³ de residuos de la producción de torula, 32,4 m³ de agua residual de la fabricación de azúcar y 4 320 kg de residuos agrícolas que pueden utilizarse como alimento para el ganado vacuno.

Se han obtenido resultados positivos en la producción de leche, además que una hectárea de caña puede sostener entre 36 y 88 animales en época de seca. Con 60 a 85 kg de caña integral en la dieta, se pueden obtener ganancias diarias en peso de 600 a 700 g por animal (Salgado *et al.*, 2010).

Los sistemas de producción ganadero se desarrollan básicamente, bajo pastoreo con monocultivo de gramíneas, que tienen contenidos nutricionales de regular a baja calidad, principalmente por su alto porcentaje de fibra y bajos niveles de proteína (Agudelo, 2007).

Los pastos y forrajes fundamentalmente las gramíneas; aunque con niveles más bajos de proteínas que las leguminosas, constituyen la principal base alimentaria de la ganadería cubana, por su condición de país tropical y en vía de lograr su pleno desarrollo socio-económico. Por ello, resulta obvio alcanzar una elevada producción y calidad en estos alimentos, con un manejo eficiente y adecuado, por lo que constituye un factor decisivo para obtener elevados indicadores de la reproducción, producción y la salud de los animales Sánchez *et al.* (2006).

La evidencia experimental y la literatura agroecológica, cada vez más, confirman la importancia del mantenimiento de la biodiversidad y de los mecanismos, mediante los cuales se contribuye a la estabilidad de los agroecosistemas (Altieri, 2009).

Muchos investigadores coinciden en que las consecuencias de la reducción de la biodiversidad son más evidentes en el campo del manejo de plagas que en ninguna otra área (Vázquez, 2011).

En los agroecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede ser utilizada para mejorar el manejo de plagas (Altieri, 2009; Vázquez, 2011).

Generalmente los agroecosistemas no son alterados con pesticidas, porque son manejados por agricultores con cultura ecológica, pobres en recursos, quienes no utilizan tecnologías de alta inversión (Machuca, 2007).

Una agricultura orgánica de sustitución de insumos promueve un reemplazo de insumos agroquímicos y caros, por insumos alternativos (biofertilizantes y biopesticidas) más benignos ambientalmente (Wezel *et al.*, 2009).

La agroecología provee las bases ecológicas para el mantenimiento de la biodiversidad en la agricultura, además del rol que puede desempeñar en los sistemas agrícolas y pecuarios para alcanzar una producción agropecuaria sustentable. El establecimiento de sistemas agropecuarios biodiversos promueve una variedad de servicios ecológicos en los agroecosistemas que de no existir pueden ocasionar costos significativos (Méndez, 2010).

Reemplazar los sistemas especializados con baja diversidad por sistemas diversos o incorporar mayor diversidad a los sistemas existentes, favorecerá la abundancia de la flora y la fauna, y sus beneficios para los agroecosistemas ganaderos. Los sistemas biodiversos disponen de variadas opciones en cuanto a su funcionalidad, por ejemplo, para hacer frente a los efectos del cambio climático (Ríos *et al.*, 2011) y a la escasez de recursos alimentarios e insumos externos. Por lo tanto, reducen los riesgos derivados de la variabilidad en los recursos disponibles, las condicionantes biofísicas y las agroclimáticas.

Durante los años de aplicación de un modelo ganadero especializado y de altos insumos en Cuba se redujo la diversidad con el objetivo de lograr un mayor control del sistema productivo. La reducción de la agrobiodiversidad, como explican Funes-Monzote *et al.* (2009) hace que estos sistemas, altamente dependiente de insumos externos, sean más frágiles e insostenibles, al depender de fuentes externas de recursos que si dejan de estar disponibles

en algún momento hacen que el sistema colapse. De igual forma, ha sido comprobado científicamente el papel de la biodiversidad en el incremento de la productividad (Pretty *et al.*, 2006).

El desarrollo del control biológico como parte de los programas de manejo integrado de plagas, constituye una importante experiencia para transitar hacia la sostenibilidad de las producciones agrarias. Las áreas de cultivos en que se aplican anualmente medios biológicos son una demostración fehaciente del alcance de este programa (Vázquez, 2006).

En la búsqueda de alternativas racionales, más auto-sustentables y compatibles con el ambiente el control biológico como método para reducir poblaciones en el campo a niveles permisibles, ha dado muy buenos resultados; su práctica depende en gran medida de los conocimientos básicos que se tengan de la relación hospedante-parasitoide, así como el manejo adecuado de los medios biológicos disponibles para su control (Guerra, 2005).

En 1997 se encontraron por primera vez en Cuba crisálidas de *Diatraea saccharalis* (Fab.) parasitadas por *Tetrastichus howardi* (Ollif) (Hymenoptera Eulophidae, Tetrastichinae); a partir de entonces se han estudiado aspectos relacionados con la biología, hábitos y ecología de este parasitoide pupal (Álvarez *et al.*, 2003).

La caña de azúcar en las áreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar se encuentra altamente afectada por la plaga *Diatraea saccharalis* por lo que nos dimos a la tarea de integrar medidas de control biológico para su control.

PROBLEMA CIENTÍFICO

Altos niveles poblacionales de *D. saccharalis* afectan en grado intenso áreas forrajeras en la Empresa Azucarera Majibacoa.

HIPÓTESIS

Si se conocen algunos aspectos etológicos y forma de reproducción de *T. howardi* y su efectividad como biorregulador en áreas de caña para forraje en la Empresa Azucarera Majibacoa, se puede contribuir a la elaboración de programas de manejo para disminuir las incidencias de *D. saccharalis*.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar aspectos etológicos de *T. howardi* y su efectividad como control biológico de *D. saccharalis* en áreas forrajeras de la Empresa Azucarera Majibacoa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar observaciones sobre algunos hábitos de vida de *T. howardi* y aplicar la tecnología para su reproducción.
2. Evaluar la efectividad de *T. howardi* como control biológico de *D. saccharalis* .
3. Valorar la efectividad económica de las liberaciones de *T. howardi*.

NOVEDAD CIENTÍFICA

Por primera vez se realiza un estudio para la cría artificial del parasitoide *T. howardi* y su liberación en áreas cañeras con fines forrajeros en las condiciones edafoclimáticas de la Empresa Azucarera Majibacoa.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 La caña de azúcar, origen e importancia

En Cuba la caña de azúcar fue introducida durante el mando de su primer gobernador, Diego Velázquez (1511-1524). La fecha documentada más antigua que se ha comprobado corresponde a la encontrada en los archivos de la villa de Puerto del Príncipe (actual Camagüey). Allí se registra el 13 de mayo de 1516, por el puerto de Guincho (Nuevitas) como el lugar de la primera introducción en Cuba, a bordo de la carabela Avemaría, que venía de Santo Domingo (Barrios, 1998). A partir de esa fecha se cultivó en la isla, pero sin que se fundara ningún ingenio hasta finales del siglo XVI. En ese período nació la industria azucarera cubana, basada en el otorgamiento de privilegios, el auxilio monetario de la Corona y la autorización para importar esclavos (Rizzo, 2002).

La caña de azúcar comprende especies silvestres y cultivadas del género *Saccharum* que han originado la amplia gama de variedades y formas que hoy se conocen. En la actualidad se cultiva en zonas tropicales y subtropicales, con mayores rendimientos productivos en el trópico por la elevada intensidad solar, el gradiente térmico y la humedad (Suárez *et al.*, 2006).

Sinclair *et al.* (2004) evaluaron algunos efectos climáticos sobre el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar, y posteriormente Pyankov *et al.* (2010) realizaron un estudio con las especies *Poaceae* y *Cyperaceae* y concluyeron que la media diaria y anual de temperatura, y precipitación anual, son los factores mas importantes para las plantas C₄ donde se incluye a la caña de azúcar. También Streck *et al.* (2010), en condiciones controladas informaron que el crecimiento foliar fue superior con las temperaturas y radiación solar más altas.

Una hectárea de caña de azúcar emite de 0,5 a 0,7 kg de óxido nitroso (N₂O) menos que un área equivalente de bosque. El óxido nitroso es uno de los responsables del llamado “efecto invernadero”, se considera que en la actualidad es la causa del dos al cuatro por ciento del calentamiento global. Si dicha hectárea se encuentra sembrada de caña de azúcar con alta tasa de crecimiento, puede captar anualmente 80 t de CO₂ y ello convierte a esta planta en un baluarte para contrarrestar el efecto invernadero (Salgado *et al.*, 2010).

Estudios realizados por Pereira De Souza *et al.* (2008) confirmaron que las plantas de caña de azúcar creciendo bajo elevadas concentraciones de CO₂ mostraron al final del período de crecimiento un incremento del 30 % en fotosíntesis y 17 % en altura. Esto significó una

acumulación de 40 % o más de biomasa en comparación con las plantas que crecieron en ambiente normal de CO₂.

1.2 Principales suelos en que se cultiva la caña de azúcar en Cuba

El suelo es el sitio donde viven y crecen las plantas, de ahí la importancia de su estudio y conocimiento para el manejo adecuado del mismo.

Los suelos más utilizados para el cultivo de la caña de azúcar son Ferralsoles y Cambisoles, donde se alcanzan altos niveles productivos a pesar de sus diferencias en fertilidad y características físicas (Bernal *et al.*, 2007).

La planta de caña se adapta a suelos de amplia variación de características; desde los arenosos a arcillosos con pH tan ácidos de 4,5 a alcalinos de pH 8,0; sin embargo, se logra un desarrollo excelente de esta poácea en aquellos que tienen un pH de 6,0 a 6,5, aunque en suelos pesados con un pH de 5,5 a 5,7 resulta adecuado según el criterio de varios autores (Cuéllar *et al.*, 2008).

En 1986, se realizó, para el caso particular de la caña de azúcar un ordenamiento agroproductivo, con el objetivo de que se contara con un esquema sintetizado que agrupara aquellos suelos con características similares de manejo y se redujeran las variantes que manejaban los agricultores (Cuellar *et al.*, 2008).

Los suelos Sialitizados cálcicos son los más difundidos y según lo expresado por MINAGRI (2008) y Pablos *et al.* (2010), ocupan el 43,8 % del área dedicada al cultivo de la caña; presentan una topografía ondulada a ligeramente alomada. Capacidad de cambio de bases (CCB) alrededor de 40 cmol (+)/kg; contenido de materia orgánica (MO) en el entorno de 3 a 6 %. Los principales factores limitantes son la erosión y la poca profundidad efectiva.

Según MINAGRI (2008) y Pablos *et al.* (2010) los suelos fersialitizados cálcicos abarcan el 14,5 % del área de caña, se ubican fundamentalmente, en la zona central del país, la topografía llana, textura arcillosa y buena estructura. CCB entre 8 y 22 cmol (+)/kg. MO de tres a 4 %. Principales factores limitantes son compactación, el crecimiento y la baja fertilidad.

Los vertisuelos forman grandes macizos cañeros en las provincias orientales y en el norte de la región central. Según MINAGRI (2008) y Pablos *et al.* (2010) estos representan el 16,8 % del área cañera. Topografía llana, generalmente baja. Alto contenido de arcilla, principalmente, montmorillonita. El pH desde 7,0 hasta 8. CCB mayor de 40 cmol (+)/kg y MO

alrededor de 3 %. Donde los principales factores limitativos son la compactación, la hidromorfía y el riesgo de salinización.

Los suelos ferralitizados cálcicos ocupan el 6,6 % según MINAGRI (2008) y Pablos *et al.* (2010), predominan en las provincias de La Habana, Matanzas y Ciego de Ávila, la topografía ondulada o alomada. Buen drenaje, reacción neutra a ligeramente alcalina. CCB de 25 a 40 cmol (+)/kg; contenido de MO entre 4-6 % donde los principales factores limitantes son la erosión, poca profundidad efectiva y localmente pedregosidad.

Los suelos ferralitizados cuarcíticos se localizan al sur de Pinar del Río y Sancti Spiritus y el oeste de Villa Clara. El área total con caña de azúcar en este tipo de suelo es de 8,6 % según lo reportado por MINAGRI (2008) y Pablos *et al.* (2010). Textura arenosa, mal drenaje, reacción ácida. CCB entre cuatro a seis cmol (+)/kg; Bajo contenido de MO (menos de tres por ciento). Principales factores limitantes son hidromorfía, poca profundidad efectiva, acidez, déficit hídrico en la época de seca. Muy poco aptos para el cultivo de la caña.

1.3 La caña de azúcar y su empleo como forraje

La investigación agropecuaria ha desempeñado un papel fundamental en Cuba en cuanto a la seguridad alimentaria y en el desarrollo agropecuario y al producirse el alza en los precios de los productos importados, nuestro gobierno procura de reducir las importaciones y crear alternativas que puedan resolver los problemas cada vez más crecientes que enfrenta Cuba.

Los pastos y forrajes constituyen el alimento natural de los rumiantes y representa la fuente alimentaria de mayor abundancia, a menor costo, además de no competir con la alimentación humana.

Según Arronis (2009) a este nivel de tipificación la estrategia debe ser mejorar la calidad de los recursos fibrosos y aumentar la producción de los mismos. Los concentrados, en especial, los de alto contenido de proteínas y energías son cada vez más escasos y costosos, por lo que es prácticamente prohibitivo su utilización en los rumiantes en Cuba y otros países subdesarrollados y se deben destinar a otros animales que lo utilizan más eficientemente. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) constituye el eslabón principal, ya que ofrece grandes posibilidades de empleo tanto de la planta como su gran variedad de subproductos y al evaluarla para la alimentación de rumiantes se clasificó en tres grupos que son:

- I. Variedades con alto valor forrajero (digestibilidad > 50 %).
- II. Variedades con medio valor forrajero (digestibilidad 40-49 %).

III. Variedades con bajo valor forrajero (digestibilidad < 40 %).

Cabello (2006) al comparar el rendimiento anual de la caña de azúcar y otras gramíneas tropicales utilizadas en la ganadería durante el período de menos precipitaciones, observó que la caña de azúcar fue muy superior en cuanto a la producción de biomasa, tal como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Rendimiento anual y relativo de la caña de azúcar comparada con otras especies en el período menos lluvioso en Cuba.

Especie	Rendimiento (t/ha ⁻¹ de MS)	Rendimiento relativo (%) Período seco
<i>Andropogon gayanus</i> (gamba)	19	27
<i>Brachiaria decumbens</i> (insugente)	17	23
<i>Chloris gayana</i> (rhodes)	16	37
<i>Cynodon dactylon</i> (bermuda)	17	24
<i>Cynodon nlemfuensis</i> (estrella)	19	26
<i>Digitaria decumbens</i> (pangola)	14	15
<i>Panicum maximum</i> (guinea)	20	26
<i>Sorghum bicolor</i> (sorgo)	23	32
<i>Pennisetum purpureum</i> (elefantes)	25	28
<i>Saccharum officinarum</i> (caña de azúcar)	32	50

Valor nutritivo de la caña de azúcar

El peso fresco de la planta está formado en un 99 % de los siguientes alimentos: oxígeno, carbono e hidrógenos y casi el 75 % es agua y el resto lo compone la materia seca (MS). En la tabla 2, se expresa su composición bromatológica, según Arronis (2009).

Cabello (2006), en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) recomiendan un grupo de 12 variedades comerciales que presentan digestibilidad de la materia seca de 50-54 % y otro grupo de siete que no deben utilizarse por tener este carácter en el rango de 32-35 %.

La calidad de los forrajes está estrechamente vinculado a las características químicas, producción de materia seca y a la digestibilidad, este último concepto expresa el nivel de utilización que se hace de las propiedades alimenticias de cualquier tipo de alimento (Arronis, 2009); este mismo autor planteó que la digestibilidad de la fibra disminuye a medida que la planta madura fisiológicamente. En la tabla 3 se expresa la digestibilidad de la MS de cuatro variedades forrajeras.

Tabla 2. Composición bromatológica de la caña de azúcar.

Elemento	Contenido
Nitrógeno (g)	60- 90
Materia seca (MS) (%)	26,2
Proteína bruta (PB) (%)	2,6
Fibra bruta (%)	27,9
Calcio (g/kg)	5,5
Fósforo (g/kg)	1,4
Energía met. (Mcal/kg de MS)	2,19

El mismo autor plantea entre los factores que afectan la digestibilidad de la materia seca los siguientes:

- Composición química de los alimentos que incluyen el contenido de fibra, grasa, proteína y minerales
- Efecto asociativo de otros alimentos
- Preparación del alimento, teniendo en cuenta su presentación, molinado, picado, empastillado, ensilado, etc.
- Cantidad de alimento consumido
- Frecuencia de alimentación y consumo de agua
- Temperatura ambiental
- Adaptación a los cambios de ración
- Gustosidad del alimento
- Características de cada animal

Tabla 3. Digestibilidad de la materia seca de cuatro variedades de caña de azúcar.

Variedad	Digestibilidad (%)
C137-81	53,2
C86-503	51,8
C90-530	54,3
B63-118	54,2

Las variedades antes citadas manifiestan un excelente resultado en la alimentación animal (Bernal *et al.*, 2007), teniendo entre sus principales características las siguientes:

Variedad: C137-81

Es el resultado de la hibridación entre los progenitores: B 74-343 x Merceditas.

Características botánicas

Tallo de color verde normal de 3 cm de diámetro y 295 cm de longitud, calidad interna buena, el entrenudo de forma ligeramente tumescente, calidad regular de rajaduras de crecimiento.

El limbo de color verde normal, de 141 cm de longitud y 6 cm de ancho, dewalp triangular, vaina de color verde con visos morados, 30,4 cm de longitud y 8,6 cm de ancho, no tiene espinas.

Comportamiento productivo

Buena germinación, hábito de crecimiento ligeramente abierto, cierre de campo medio, despaje regular, no florece, buen retoñamiento, población de 8 a 10 tallos movibles por metro, contenido de fibra 12 %, se recomienda para suelos Ferralíticos, Pardos y Oscuros plásticos (Ferrasols, Cambisols, Vertisols) de la provincia de Sancti Spiritus, Ciego de Ávila y Las Tunas.

Variedad con aceptable resistencia a la sequía, presenta deterioro de sus tallos en ciclo largo. Presenta alto rendimiento agrícola y aceptable contenido azucarero. Se obtienen buenos resultados en ciclos de primavera del año.

Resistente al virus mosaico de la caña de azúcar (VMCA), al carbón (*Ustilago scitaminea*) y a la roya (*Puccinia melanocephala*).

Variedad: C86-503

Es el resultado del cruzamiento entre los progenitores C568-75 y Ja 60-5.

Características botánicas

Tallo de color verde y amarillento con visos morados, de 2,93 cm de diámetro y 295 cm de longitud, buena calidad interna. Entrenudo en forma cilíndrica de 11,2 cm de longitud. No presenta rajaduras de crecimiento.

Yema ovalada, follaje de color verde normal de 158 cm de longitud y 5,4 cm de ancho, dewlap triangular, aurícula transicional, lígula en forma de cuarto creciente y vaina de color verde, con 31 cm de longitud y 8,9 cm de ancho, presenta pocas espinas.

Comportamiento productivo

Buena germinación, hábito de crecimiento abierto, establecimiento temprano, buen despaje, escasa floración, buen retoñamiento, población de 12-14 tallos movibles por metro, contenido de fibra de 12,5 %. Resistente a la sequía, buen comportamiento en condiciones adversas de suelo y de clima, se recomienda para los suelos oscuros, plásticos (vertisols). Presenta alto rendimiento agrícola y aceptable contenido azucarero. Resistente al VMCA (virus del mosaico de la caña de azúcar) a la roya (*Puccinia melanocephala*) y al carbón (*Sporisorium scitamineum* (Syd) debe ser manejada como variedad de ciclo corto, es de madurez intermedia.

Los cambios realizados en el programa de mejora cubano producto de la aparición de enfermedades, de nuevos requerimientos en la producción y la incorporación de los resultados de estudios realizados, permitieron disminuir el área con cultivares susceptibles carbón y roya, llegando a niveles de 4,3 % y 22,4 %, respectivamente (Bernal *et al.*, 2008).

Variedad: C90-530

Es el resultado del cruzamiento entre los progenitores My 5514 y Co-421.

Características botánicas

Tallo de color morado con visos amarillentos de forma recta, de 270 cm de altura; 2,68 cm de diámetro y con buena calidad interna del tallo. Entrenudo cilíndrico y en ocasiones ligeramente conoidal de 12 cm de longitud, sin rajaduras de crecimiento, canal de la yema, marcas de temperatura y pocas rayitas de corcho, banda cerosa distribuida por todo el entrenudo. Nudo ligeramente cilíndrico y anillo de crecimiento, recto frente a la yema. Yema oval separada de las cicatrices foliares y toca el anillo de crecimiento, limbo de color verde de 137 cm de longitud, 4,5 cm de ancho, dewlap triangular, auricular transaccional y en ocasiones lanceolados, lígulas aritméticas horizontales, vainas verdes con visos morados de 26cm de longitud y 11 cm de ancho. Presenta 6 hojas activas y poco espinosas.

Comportamiento productivo

Buena brotación, crecimiento erecto, cierre temprano, despoje regular, florece el 15 %, buen retoñamiento, población de 11 tallos por metro lineal, 12-13 % de contenido de fibra en sus tallos. Posee un alto rendimiento agrícola y aceptable rendimiento azucarero, se recomienda

para suelos oscuros plásticos de la provincia de Holguín; ha mostrado buena adaptación a suelos resecentes de las provincias de La Habana, Las Tunas y Santiago de Cuba.

Resistente al virus del mosaico de la caña de azúcar (VMCA) al carbón (*Ustilago scitamina*) y la roya (*Puccinia melanocephala*).

Variedad: B 63-118

Surgió como resultado del proceso de hibridación entre los progenitores B 4906 y B 49119.

Características botánicas

Tallos color verde con visos morados amarillentos, de 2,8 cm de diámetro y 280 cm de longitud, calidad interna buena. Entrenudos ligeramente conoidal de 10,2 cm de longitud que se unen en zig-zag, abundante banda cerosa de color blanco en los entrenudos muy jóvenes y negra en los más maduros, presenta abundante rayitas de corcho, escasas marcas de temperaturas, sin canal de la yema ni rajaduras de crecimiento.

Yema ovalada pequeña, poco germinal, apical de apéndice alto. En los ciclos cortos de desarrollo, las yemas no brotan, el follaje de color normal, estos con longitud de 30 cm y ancho de 6,6 cm con muchas espinas.

Comportamiento productivo

Buena germinación, hábitos de crecimiento oblicuo a recto, establecimiento del campo temprano, despaje regular, flore al 1,5 %, buen retoñamiento, población de 9 a 11 tallos movibles por metro, contenido de fibra de 12-13,5 %. Se recomienda para suelos Oscuros plásticos y Pardos (Vertisols y Cambisols). Presenta alto rendimiento agrícola.

Resistente al (VMCA) virus del mosaico de la caña de azúcar, a la roya (*Puccinia melanocephala*) y al carbón (*Ustilago scitamina*). Se conoce que la caña de azúcar se utiliza hace más de 400 años como fuente de forraje para el ganado vacuno durante la época seca, por lo que es considerada la planta de mayor biomasa por hectárea, según Molina y Lazo, citados por Suárez *et al.* (2005), quienes han planteado además que su producción puede alcanzar 120 t de materia verde/ha⁻¹, o 100 t de biomasa/ha.año⁻¹, desglosados en 74 de tallos y 26 de hojas y cogollo.

Por tal motivo, los ganaderos cubanos han considerado la caña como un alimento imprescindible y complemento obligado para sostener los animales en la época de seca, pues esta permanece verde cuando los pastos y forrajes se secan. La antigua práctica de alimentar

el ganado con la caña de azúcar se ha estudiado en los últimos años hasta tal punto, que actualmente constituye la base de los sistemas de producción pecuaria económicamente viable para los rumiantes de gran tamaño (Torres *et al.*, 2006).

Las dietas a base de caña integral, con un pequeño complemento proteínico permiten ganancias de peso vivo de hasta 800 g/día, con producciones de 10-12 L de leche/vaca/día (Cabello, 2006).

Se puede afirmar que la caña de azúcar ofrece grandes posibilidades para utilizarla como forraje verde en la alimentación de los rumiantes y su cosecha corresponde con el período menos lluvioso, además de la gran adaptabilidad a distintas condiciones edafoclimáticas del país, por lo que supera a todas las plantas forrajeras conocidas en cuanto a la producción de materia seca por hectárea (MS/ha^{-1}) y energía metabolizable por hectáreas (EM/ha^{-1}), ya que es el captador vivo de energía solar más eficiente y almacena esa energía en una enorme cantidad de biomasa en forma de fibra y azúcares fermentables (FAO, UNESCO 2008).

El Ministerio de la Agricultura en Cuba ha establecido que la política del uso de la caña de azúcar para alimentar el ganado tiene como base las siguientes premisas:

- Es la poácea con mayor rendimiento al compararlo con otros forrajes en condiciones de suelos y precipitaciones medias.
- Ofrece sus cosechas en el período seco, con rendimientos superiores a cualquier otra poácea forrajera, incluso con riego y fertilizante en esta época del año.
- Se conoce perfectamente su fitotecnia y se mecaniza totalmente su cosecha.
- Tiene en su composición un elevado número de azúcares propios para el empleo de urea, fuente muy barata para corregir su bajo nivel de proteína.

Por todo lo anteriormente expuesto, el empleo de la caña se inscribe dentro de un conjunto de alternativas que se abordan para resolver la alimentación del ganado vacuno, en el cual los pastos y forrajes frescos desempeñan el papel central, así como sus formas preservadas en forma de heno y de ensilaje; pero también el empleo de subproductos de la agroindustria azucarera es de vital importancia (MINAGRI, 2008).

1.4 Principales plagas y enfermedades de la caña de azúcar en Cuba

Las patologías que afectan al cultivo de la caña de azúcar se han ido incrementando y actualmente existen unas 130 informadas a nivel mundial, producidas por diferentes

microorganismos patógenos, trastornos ambientales, plantas parásitas y otras causas. En Cuba hasta el presente se han detectado 57 enfermedades, predominando las causadas por hongos, tales como, carbón y roya. En la actualidad la enfermedad bacteriana escaldadura foliar ha ocasionado severos daños en diferentes países de Latinoamérica (INICA, 2009).

Las plagas son responsables de cuantiosas pérdidas en las producciones agrícolas, que se han incrementado con el deterioro experimentado en los agroecosistemas. Varias especies de barrenadores del tallo, conocidas también como bórer, taladradores o brocas, constituyen las plagas más difundidas, y con frecuencia las de mayor importancia, en áreas cañeras del americano, reportadas no solo en este cultivo, sino también en maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y otras poáceas, desde el sur de los Estados Unidos de Norteamérica hasta Argentina (Risco-Briceño, 1996).

Los barrenadores son especies lepidópteras de diversos géneros, que causan un tipo de daño muy similar al cultivo y atacan una amplia gama de poáceas cultivables y silvestres. Los géneros más importantes para el continente americano son *Diatraea*, *Chilo*, *Eoreuma*, *Elasmopalpus* y *Castnia* (Hernández *et al.*, 2009).

Más de 20 especies de *Diatraea* han sido reportadas en América, entre ellas:

1. *Diatraea considerata* Heinrich.
2. *Diatraea magnifactella* Dyar,
3. *Diatraea grandiosella* Dyar,
4. *Diatraea saccharalis* (Fabricius,
5. *Diatraea veracruzana* Box,
6. *Diatraea muellerella* Dyar & Heinrich,
7. *Diatraea lineolata* Walker,
8. *Diatraea lisetta* Dyar,
9. *Diatraea morobe* Dyar,
10. *Diatraea instructella* Dyar

Las cuatro primeras especies junto a *Eoreuma loftini* (Dyar) y *Elasmopalpus lignosellus* (Zell.) son los barrenadores del tallo de la caña de azúcar de mayor importancia.

Los barrenadores encabezan la lista de insectos plagas en el cultivo de la caña de azúcar, por las pérdidas que ocasionan a la industria azucarera. Otras plagas que ocupan nuestra atención son los roedores, defoliadores, chupadores, elatéricos y nemátodos. El manejo adecuado de los

medios biológicos posibilita la disminución de los niveles poblacionales de estas plagas en el campo y por consiguiente las pérdidas que ocasionan en el cultivo (Álvarez *et al.*, 2007).

La aparición reciente de explosiones peligrosas de enfermedades y plagas unido a la necesidad de perfeccionar las estrategias de control a partir de la diversificación de los medios biológicos, así como proteger a nuestro principal cultivo de las agresiones biológicas del enemigo, enfatizan la importancia de la implantación nacional del SEFIT como Servicio Fitosanitario (INICA, 2008).

La actividad de Sanidad Vegetal en Cuba está regida por: Decreto-Ley No 153, “De las Regulaciones de la Sanidad Vegetal” y el Decreto Ley 169 “De las Contravenciones de la Sanidad Vegetal” rectorados por el MINAG. Sobre la base de estos Decretos, el Ministerio del Azúcar (hoy Grupo Empresarial Azucarero, AZCUBA), ha emitido la Resoluciones No. 304-94 del 21 de diciembre de 1994 que regula la estructura y funciones de la actividad fitosanitaria y semilla en el MINAZ, modificada el 2006 por Res No. 446 de Noviembre del 2006 que regula la estructura y funciones de la actividad fitosanitaria en el organismo (INICA, 2008).

El manejo de las plagas insectiles en caña de azúcar es un reto especial, debido a que las plantaciones requieren de protección durante una temporada larga de crecimiento, en la cual el interior del follaje llega a ser de difícil acceso. Los programas más exitosos para el control de barrenadores en caña de azúcar han utilizado la lucha biológica junto a otros métodos: cultural, mecánico y resistencia varietal (Vázquez, 2010).

Según Flores (2007), “El control del barrenador presenta grandes dificultades en los países donde no ha sido posible el establecimiento del control biológico, pues resulta muy difícil exterminar la plaga con productos químicos.

Hogarth y Allsopp (2000), reportaron que en Australia, las pérdidas económicas anuales que ocasionan las plagas a la caña de azúcar están en el orden de los 15 millones de dólares australianos y por enfermedades, de 180 millones.

De las 56 enfermedades reportadas en el cultivo en nuestro país, las de mayor importancia son el carbón, *Sporisorium scitamineum* (Syd.) M. Piepenbr., M. Stoll y F. Oberw.; raquitismo de los retoños, *Leifsonia xyli* subsp. *Xyli* Davis, Gillaspie, Vidaver y Harris; la roya, *Puccinea melanocephala* Sydow y P. Sydow y el mosaico (VMCA). Otras patologías resultan de interés económico en condiciones particulares. La escaldadura foliar, *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson; la gomosis, *Xanthomonas campestris* pv. *Vasculorum* (Cobb) y el

amarilleamiento foliar (YLS), son patologías latentes que cobran importancia, por lo que se incluyen en los programas de investigación con el objetivo de conocer la evolución de las mismas y prevenir los daños que pudieran ocasionar (González *et al.*, 2001; Pérez *et al.*, 2002).

En Cuba se han reportado más de 103 especies de insectos en caña de azúcar y los órdenes de mayor importancia son Lepidoptera, Hemiptera y Coleoptera. Especies del orden *Rodentia*, (roedores), también son plagas de interés en el cultivo (Suárez *et al.*, 1997).

Entre los representantes de la clase Insecta se consideran plagas de importancia económica en Cuba los defoliadores, *Leucania* sp. y *Remigia latipes* (Guenée) (*Lepidoptera: Pyralidae*), que en ocasiones han defoliado grandes zonas cañeras en la región central del país; en áreas muy definidas se han reportado daños de consideración asociados a la presencia de gusanos “pasadores”, principalmente la especie *Conoderus bifoveatus* (Beauv.) (*Coleoptera: Elateridae*); por su condición de vectores de importantes enfermedades, se ha prestado interés al estudio de *Saccharosydne saccharivora* (West.) y *Perkinsiella saccharicida* (Kirkaldy) (*Hemiptera: Delphacidae*); pero sin dudas, la plaga de mayor importancia económica en Cuba es el bórer de la caña de azúcar (*D. saccharalis*) capaz de producir cuantiosas pérdidas anuales (González, 2001; Rodríguez, 2001; INICA, 2011).

1.5 Los barrenadores o taladradores de la caña de azúcar

Los barrenadores o taladradores de la caña de azúcar son especies lepidópteros de diversos géneros, que causan un tipo de daño muy similar al cultivo y atacan una amplia gama de poáceas cultivables y silvestres. Entre los géneros más importantes para el continente americano se pueden citar *Diatraea*, *Chilo*, *Eoreuma* y *Castnia* (Risco-Briceño, 1996; Meagher *et al.*, 1998). En África los de mayor interés son: *Chilo*, *Eldana* y *Sesamia* (Nsami *et al.*, 2001).

Se registró por vez primera los taladradores en caña de azúcar en América, suceso que tuvo lugar en Antigua, Antillas Menores, a finales del siglo XVIII. La primera especie del actual género *Diatraea* fue descrita por Fabricius en 1794 con el nombre de *Phalaena saccharalis*, quien publicó una descripción técnica de la especie en su libro “Entomología Sistemática”. En el año 1828, el reverendo Landown Guilding, un naturalista aficionado, publicó sus memorias sobre los insectos que atacaban la caña de azúcar en las Indias Occidentales y realizó una descripción muy bien ilustrada de *Diatraea sacchari*. Guilding en esta obra describió el género y seleccionó su nombre de una palabra griega equivalente al latín “perforo”. A pesar de ello, la

prioridad con relación al nombre específico correspondió a *saccharalis* de Fabricius. Desde entonces la especie tipo de este género se conoce como *Diatraea saccharalis* (F.) (Pruna, 1969).

Existen criterios divergentes en cuanto a la taxonomía del género *Diatraea*. Box (1953) la mayor autoridad contemporánea en este grupo, lo consideró dentro de la subfamilia Crambidae de la familia Pyralidae del orden Lepidoptera. Sin embargo en la Obenberger (1964) dio a esta subfamilia el rango de familia *Crambidae*, agrupándola con otras cinco superfamilias *Pyralidoidea*, que se ha convertido en la tendencia más aceptada internacionalmente.

Varias especies de *Diatraea* son las plagas más difundidas en áreas cañeras del continente americano. En esta amplia zona geográfica las diferentes especies viven junto a sus parásitos en las más diversas y variadas condiciones ecológicas. Se han encontrado algunas especies en ambientes que van desde el nivel del mar, hasta los 2 500 m sobre el nivel del mar, como es el caso de *Diatraea andina* Box en los contrafuertes andinos de Venezuela (Ferrer, 1984).

Los programas de control de *Diatraea* se basan en la integración de los métodos de lucha biológica, medidas culturales, mecánicas y de resistencia genética en las variedades recomendadas (López *et al.*, 2001; Álvarez y Grillo, 2002; Piñón, 2002).

1.5.1 Magnitud de los daños que ocasiona esta plaga a la caña de azúcar

Los daños que ocasionan los barrenadores a la caña de azúcar comienzan con la afectación que causan a la semilla, luego aparecen los tallos que no llegan a alcanzar su desarrollo y se denominan “corazones muertos”, las cañas quebradas por el efecto del viento producto de las lesiones ocasionadas, y por último, se aprecia un deterioro de los tejidos del tallo, que incluye además de la pérdida en peso de la caña, la aparición de microorganismos, como el hongo *Colletotrichum falcatum* Went., que afectan la calidad de los jugos. Ya dentro de la industria, además de las conocidas pérdidas por disminución del rendimiento industrial, se registran alteraciones vinculadas a la aparición de dextrana (Medina y Padrón, 1995).

Box (1953), estimó que los taladradores eran responsables de la pérdida de 75 millones de dólares en la agroindustria latinoamericana y calculó que la industria azucarera venezolana perdía, como consecuencia de los daños causados por *Diatraea* spp., el 15 % del valor total de la cosecha, equivalente a 18 millones de dólares.

Pesquisas realizadas en Colombia, en 1971, concluyeron que las pérdidas ocasionadas por dicha plaga eran del orden de 9.5 millones de pesos, equivalentes a una reducción de 4 294 t de azúcar (Risco-Briceño, 1996).

López *et al.* (2001), consideran a esta plaga entre las tres más importantes para Guatemala; donde Ventura (1997) determinaron que por cada 1 % de Intensidad de Infestación se pierde 0,64 libras de azúcar por tonelada de caña, magnitud semejante al factor estimado por el departamento de investigación del ingenio “La Unión”, que lo fijó en 0,73 libras de azúcar en la variedad CP722086.

D. saccharalis causa anualmente pérdidas a la economía cubana que oscilan entre 30 y 40 millones de dólares. Las pérdidas agrícolas se han calculado en un 3 % de la cosecha (Medina y Padrón, 1995).

1.5.2 Enemigos naturales de *Diatraea* spp

Box (1953) relacionó una extensa lista de enemigos naturales de *Diatraea* sp. y cerca de 60 especies de insectos, hongos y nemátodos que parasitan o predan sus diferentes estados de desarrollo, aunque predominan los biorreguladores de los estados de huevo y larva. Entre estos enemigos naturales hay una nutrida representación de taquínidos, justamente los biorreguladores de *Diatraea* más utilizados en programas de control biológico, aunque las listas de braconidos y trichogrammatidos, también, son muy numerosas.

En Cuba el grupo de enemigos naturales de *D. saccharalis* lo conforman cerca de 20 especies, que atacan sus huevos, larvas y adultos; solo se ha observado emerger de su estado pupal la mosca *Sarcophaga stenodontis* (Townsend), la que finalmente se reveló como un parásito larvo-pupal (Álvarez y Grillo, 2002).

1.5.3 Control de los barrenadores de la caña de azúcar

El control de los barrenadores por medio de insecticidas se ha practicado, particularmente, en Louisiana, EUA, donde los resultados no siempre fueron positivos y en ocasiones la plaga manifestó “insectoresistencia” a los productos utilizados. Estos fracasos se atribuyen al hecho de que las orugas del taladrador, protegidas en el interior del tallo, son difícilmente alcanzadas por las sustancias químicas, mientras que la acción de dichos productos, en sentido general, destruye sus enemigos naturales masivamente, cuestiones que indudablemente limitan el uso de este método de lucha en programas de control (Rice, 2006).

No es posible desestimar además, las bajas disponibilidades de insecticidas con cierta especificidad hacia esta plaga y las severas restricciones fijadas para el registro de plaguicidas de amplio espectro. El uso de estos últimos se ha restringido a un ritmo alarmante y por tal razón el registro de nuevos plaguicidas está en el nivel más bajo en 50 años (Weatherston y Stewart, 2000).

Por las características del cultivo, biología de la plaga y diversidad de enemigos naturales que interactúan con las poblaciones de barrenadores en campo, prevalece el atinado consenso de que la lucha química a gran escala es impracticable, tanto por los costos que ello implica como por la contaminación ambiental que irremediablemente se produce. Los programas más exitosos para el control de barrenadores en caña de azúcar han utilizado la lucha biológica junto a otros métodos de control, culturales, mecánicos y resistencia varietal (López *et al.*, 2001; Álvarez y Grillo, 2002; Piñón, 2002).

Durante aproximadamente ocho décadas, se han buscado soluciones prácticas y económicas para tratar de reducir los graves daños que ocasiona la plaga a la agricultura cañera del continente americano. El control biológico, como alternativa de lucha, parece haber dado sus primeros pasos entre los años 1896 y 1920, después de encontrar un parasitoide en larvas de *D. saccharalis* originalmente descrito como *Sarcophaga claripalpis* y más tarde como *Paratheresia claripalpis* (Wulp.) (Risco-Briceño, 1996).

En 1934 se introdujo la mosca *Lydella (Metagonistylum) minense* (Townsend) a la isla de Santa Lucía y se estableció con una rapidez inigualable, a menos de un año de la introducción se registraron niveles de parasitismo cercanos al 30 %. Box en 1950 se realizó una introducción de este parasitoide en Venezuela, un año después ya mantenía un activo control sobre cuatro especies importantes del género *Diatraea* y en apenas cinco años la infestación se redujo, en el Valle de Aragua, desde 16 hasta 6,35 % (Risco-Briceño, 1996).

A partir de entonces se ha trabajado por diversificar los medios de control utilizados en los programas de lucha biológica contra los barrenadores, pues por una parte, no siempre los medios disponibles son capaces de reducir las poblaciones de esta plaga a los niveles deseados en diferentes regiones de un propio país, fenómeno que se manifiesta en algunas zonas de nuestro territorio, y por otra, el comportamiento de los enemigos naturales resulta muy variable frente a las diversas especies de *Diatraea* (Departamento Fitosanitario MINAZ, 2000).

Se ha demostrado que el empleo de los medios biológicos es más económico por ser menos costoso y por tener una mayor residualidad en el campo, llegándose a establecer de forma natural de una cosecha a otra (Águila *et al.*, 2008).

Los programas de control biológico contra esta plaga se han utilizado, básicamente, parásitos de huevo y parásitos larvales (Montepeque *et al.*, 2000).

En casos muy aislados, se ha valorado la efectividad de parásitos pupales como *Xanthopimpla stemmator* (Thunberg). También se ha evaluado la utilización de hongos entomopatógenos en el control de esta plaga (Estrada, 2003).

En Bolivia, *Telenomus* sp., se ha utilizado con éxito en el control de *D. rufescens*, un barrenador capaz de encapsular los endoparásitos larvales con melanina (Risco-Briceño, 1996).

Trichogramma sp., se ha utilizado en varios países, entre los que se pueden citar a Colombia, Guyana, México, Perú, Barbados, Bolivia, Brasil y Cuba (Acosta, 1999; Rodríguez *et al.*, 2002).

En Cuba los centros reproductores más eficientes alcanzan producciones de tres a cinco millones de *L. diatraeae* y en casos particulares se ha logrado rebasar los seis millones anualmente; las producciones de *L. minense* y *P. claripalpis* por laboratorio, en los países donde son utilizadas, generalmente, son inferiores (Alemán *et al.*, 1999).

Para elevar la eficiencia del proceso de cría de *L. diatraeae*, así como la calidad del medio que es liberado en campo, en nuestro país se ha trabajado durante los últimos años en el mejoramiento genético del material que se reproduce, incorporar mejoras tecnológicas al proceso de reproducción y en aspectos relacionados con controles de calidad (Alemán y Fernández, 2000; Alemán *et al.*, 2001).

Es necesario señalar, que en las crías de los taquínidos parásitos de *Diatraea*, el estado larval del hospedante es el más susceptible a enfermedades y resulta vital brindarle a las orugas, que comen vorazmente, un alimento libre de contaminaciones para evitar con ello la aparición de infecciones indeseables en la fase de post-parasitación. Por la contaminación del hospedante durante esa fase, se pierde en la cría de *L. diatraeae* entre un 5 y un 10 % de las orugas utilizadas (Álvarez *et al.*, 1996).

Desde la segunda mitad de los años sesenta del pasado siglo se promueve la utilización de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) para el control de *Diatraea* sp. en países del continente americano, un parásito larval de origen indo-asiático que fue introducido por primera vez en América en 1963. Este biorregulador se ha establecido en regiones cañeras de Trinidad, Barbados, Guadalupe, Brasil, Costa Rica, Panamá, EEUU y Venezuela, no se ha establecido en Colombia y Perú. En Cuba se trabaja en su reproducción artificial y establecimiento (Barroso *et al.*, 2002).

Para la reproducción masiva de este biorregulador se utilizan larvas de *Diatraea* sp. El pie de cría de *C. flavipes* se mantiene en jaulas donde los adultos son alimentados y cumplimentan las etapas de emergencia, cortejo y apareamiento, seguidamente se introduce en estas jaulas las orugas del hospedante, después de observarse o estimarse la parasitación de la mayoría de las orugas expuestas, se sustituyen hasta explotar convenientemente las potencialidades de las hembras del parasitoide. Una vez que las larvas de *C. flavipes* completan su desarrollo, salen para formar las pupas en cocones, que son oportunamente colectados. El 15 % de los cocones, aproximadamente, es utilizado para mantener la cría del parasitoide y el resto, (85 %) para la liberación del mismo en campo (Acosta, 1999).

El ciclo de desarrollo de *C. flavipes* a 25°C se prolonga 21 días. De cada oruga parasitada del hospedante se obtienen, como promedio, 25 parasitoides, de los cuales menos del 50 % son hembras. El porcentaje de hembras que se obtiene en crías artificiales es muy variable, en ocasiones se registran poblaciones con abrumadora dominancia de machos (Acosta, 1999).

El manejo de insectos plaga a un costo efectivo requiere de una continua integración de nuevas técnicas, por esa razón durante los últimos años, a través de ingeniería genética, se ha trabajado en la obtención de plantas transgénicas dotadas con genes de resistencia a los barrenadores, lo que se vislumbra como una alternativa más para el control de la plaga (Mugo *et al.*, 2001).

La utilización de feromonas es otra técnica que se incorpora en algunas y no regiones cañeras a los programas de lucha contra barrenadores. Las feromonas se encuentran entre los agentes altamente selectivos tóxicos desarrollados para el control de insectos. El manejo de plagas basado en su uso es selectivo de la especie y permite un beneficio máximo derivado de los enemigos naturales. Estos atrayentes sexuales se utilizan en el monitoreo, trampeo

masivo e interrupción del apareo en las plagas más importantes de caña de azúcar (Gries *et al.*, 1998).

Los resultados registrados en Cuba con la utilización de *T. howardi* han despertado el interés de especialistas foráneos y se han realizado introducciones exitosas en Venezuela, Ecuador, Honduras, Viet Nam y China. Países como Guatemala y Panamá inician evaluaciones con este parasitoide. El Centro Reproductor de Entomófagos y Entomopatógenos de CAAEZ en Barinas, Venezuela, libera cerca de 2 000 millones de *T. howardi* por año, en áreas cañeras de ese país (Hernández *et al.*, 2009).

Adicionalmente, resaltan otros importantes atributos de *T. howardi* como son su corto ciclo de vida, su alta fecundidad, su longevidad, la dominancia de hembras en la población y su fácil reproducción masiva en condiciones de laboratorio (Baitha *et al.*, 2004; Prasad *et al.*, 2007).

1.6 Los tetrastichinos y el control biológico de plagas

Varias especies de esta subfamilia se han utilizado con éxito en programas de control biológico en el área de América del Norte, el Caribe y Centroamérica, se pueden citar los casos de *Tetrastichus julis* Walker contra *Oulema melanopus* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae), *Oomysus sokolowskii* (Kurdjumov) contra *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) y *Aceratoneuromyia indica* (Silvestri) contra *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) que lograron un sustancial control de estas plagas (LaSalle, 1994). En la India y China se han alcanzado importantes resultados con la utilización de *Aprostocetus hagenowii* (Ratz.), un parasitoide de ootecas de cucarachas, *Periplaneta* sp. (Srinivasan y Panicker, 1994).

No menos interesantes son los resultados alcanzados con las liberaciones de *Oomysus brevistigma* (Gahan) contra *Pyrrhalta luteola* (Muller) (Coleoptera: Chrysomelidae) y *Tetrastichus coeruleus* (Nees) contra *Crioceris asparagi* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae) (LaSalle, 1994).

De este grupo se han reportado en *Diatraea* spp, además de *T. howardi*, las especies *Aprostocetus esurus* (Riley) y *Tetrastichomyia clisiocampae* (Ashmead), esta última un parasitoide muy interesante que se ha registrado también en *Ostrinia nubilalis* (Hubner), pirálido que ocasiona cuantiosas pérdidas económicas (LaSalle, 1994).

En los agroecosistemas cañeros de nuestro país existe un importante tetrastichino, *Aprostocetus* (*Ootetrastichus*) sp que parasita los huevos de *P. saccharicida* (Grillo, 1994).

Según resultados de Rodríguez (2001) este parasitoide se reporta en todas las provincias del país y sus niveles de parasitismo oscilan entre 3,4 y 64,5 %. En la tabla 4 se recoge una lista de especies de esta subfamilia que se han utilizado en proyectos de control biológico o tienen perspectivas de ser utilizadas por su probada efectividad como biorreguladores de importantes plagas, lo que sin dudas se transformó en un acicate más para el desarrollo de estas investigaciones.

Tabla 4. Tetrastichinos utilizados en proyectos de control biológico de plagas o con perspectivas para tales fines.

Especies de Tetrastichinae	Especies de Tetrastichinae	Referencias
<i>Aceratoneuromyia indica</i> (Silvestri)	<i>Anastrepha</i> sp. <i>Ceratitis capitata</i> (Weideman) (Diptera: Tephritidae)	LaSalle (1994)
Apro A <i>Aprostocetus diplosidis</i> Crawford	<i>Contarinia sorghicola</i> (Coquillett) Diptera: Cecidomyiidae)	LaSalle (1994)
Apro A <i>Aprostocetus fukutai</i> Miwa et. Sonan	<i>Apriona germarii</i> (L.) (Diptera: Cecidomyiidae)	LaSalle (1994)
Apro A <i>Aprostocetus gala</i> (Walker) (= <i>Tetrastichus gala</i> Walker)	<i>Diaprepes</i> sp. <i>Diaprepes abbreviatus</i> (L.) <i>Exophthalmus</i> sp. (Coleoptera: Curculionidae) <i>Contarinia</i> sp. (Diptera: Cecidomyiidae)	LaSalle (1994)
<i>Aprostocetus</i> (Tetrastichodes) <i>hagenowii</i> (Ratzeburg) (= <i>Tetrastichus hagenowii</i> Ratzeburg)	<i>Periplaneta americana</i> (Linné) <i>Periplaneta fuliginosa</i> (Serville) <i>Periplaneta</i> sp. (Dictyoptera: Blattidae)	Srinivasan et al. (1994) Dai et al. (1993)
Apro A <i>Aprostocetus niger</i> (Ratzeburg)	<i>Trioza</i> sp (Homoptera: Triozidae)	Dai et al. (1993)
A <i>Aprostocetus pachydiplosisae</i> Crawford	<i>Orseolia oryzivora</i> Harris (Diptera: Cecidomyiidae)	LaSalle (1994)
AproA <i>Aprostocetus prolixus</i>	<i>Apriona germarii</i> (L.) (Diptera: Cecidomyiidae)	LaSalle (1994)
AproA <i>Aprostocetus purpureus</i> (Cam.) (= <i>Tetrastichus purpureus</i> Cam.)	<i>Planococcus lilacinus</i> Cock. <i>Kerria lacca</i> Kerr. (Homoptera: Pseudococcidae)	Mani (1995) Jaiswal y Saha (1995)
<i>Barysruchivorus</i> (Gahan) (= <i>Tetrastichus bruchivorus</i> Gahan)	<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus (Coleoptera: Bruchidae)	LaSalle (1994)
<i>Baryscapus turionum</i> (Hartig) (= <i>Tetrastichus turionum</i> Hartig)	<i>Rhyacioniabuoliana</i> (Schiffenmuller) (Lepidoptera: Tortricidae)	LaSalle (1994)
Oomy <i>Oomysus brevistigma</i> (Gahan) (= <i>Tetrastichus brevistigma</i> Gahan)	<i>Pyrrhalta luteola</i> (Muller) (Coleoptera: Chrysomelidae)	LaSalle (1994)
<i>Oomysus llerucae</i> (Fonscolombe) (= <i>Tetrastichus gallerucae</i> Fonscolombe)	<i>Pyrrhalta luteola</i> (Muller) (Coleoptera: Chrysomelidae)	LaSalle (1994)

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos propuestos se realizaron tres experimentos en condiciones de laboratorio y dos en condiciones de campo, desde enero de 2007 hasta abril de 2009.

Los estudios en condiciones de campo se realizaron en áreas cañeras de la UBPC Playuela perteneciente a la Empresa Azucarera Majibacoa, sobre un suelo Sialitizado cálcico (Hernández *et al.*, 1999).

El clima de la región donde se desarrollaron los estudios se clasifica como tropical seco, con promedio de precipitaciones inferiores a los 1 200 mm anuales, la temperatura promedio histórica para 32 años de observación es de 25,6°C, con valores extremos desde 20,9°C hasta 31,4°C, con un régimen de altas temperatura en verano y bajas en el invierno, según reportes de la Estación Meteorológica de Las Tunas y los datos pluviométricos de los registros de 52 años en la propia zona de estudio; además para medir la temperatura y la humedad relativa se empleó un termómetro digital marca MULTI CHANEL.

Las evidencias observables indican claramente que el clima de Cuba se ha hecho más cálido; desde mediado del pasado siglo, la temperatura media anual ha aumentado cerca de 0,9°C (García, 2010).

Para estos estudios se utilizó la variedad de caña de azúcar C86-503 que por su alto contenido de fibra se emplea con fines forrajeros; sus características agrobotánicas se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Características agrobotánicas de la variedad utilizada (INICA, 2008).

Variedad	Germinación	Hábito de crecimiento	Cierre de campo	Número de tallos	Resistencia a enfermedades
C86-503	Excelente	Erecto	Tardío	12-14	VMCA (R) Roya (MR) Carbón (R)

Los experimentos destinados a determinar la efectividad de las liberaciones del parasitoide en el control de *D. saccharalis*, se realizaron en el período desde el mes de enero del año 2007 al mes de abril del año 2009, en el bloque 120 de la UBPC Playuela perteneciente a la Empresa Azucarera Majibacoa, en un suelo sialitizado cálcico en un área de secano, donde se cosechó la variedad C86-503, con el propósito de determinar, a través de la relación costo/beneficio, el efecto económico de liberaciones de *T. howardi*.

Los experimentos en condiciones de laboratorio se desarrollaron en el Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) de la Empresa Azucarera Majibacoa y el Centro Reproductor de Entomófagos (CREE) Antonio Guiteras ambos del Programa Nacional de Lucha Biológica (PNLB) del Grupo AZCUBA.

Para realizar los análisis estadísticos a los datos obtenidos en cada uno de los experimentos se emplearon los paquetes de programas Statgraphics Plus, versión 5.0 (Statiscal Graphics Corp., 2000) y Statistix, versión 1.0 de 1996.

2.1 Estudios básicos del parasitoide *T. howardi* en la Empresa Azucarera Majibacoa

2.1.1 Distribución de la especie

Desde el mes de enero del año 2008 hasta el mes de marzo del año 2009, se realizaron muestreos aleatorios en áreas cañeras de la empresa Majibacoa, con el objetivo de coleccionar ejemplares de *T. howardi* parasitoide de *D. saccharalis* liberados en el territorio.

El material biológico coleccionado se trasladó a los laboratorios del Centro Reproductor de Entomófagos “Antonio Guiteras,” centro de referencia provincial donde se individualizó en tubos de ensayo estériles, que se colocaron a temperatura ambiente hasta la emergencia de los insectos adultos.

Seguidamente, se colocaron los imagos obtenidos en frascos con alcohol 70%, etiquetados con la información necesaria, (localidad, cultivo, fecha del muestreo, número de la muestra y nombre del coleccionador), y se trasladaron al laboratorio de Sanidad Vegetal (LAPROSAV) para su identificación.

2.1.2 Aspectos etológicos. Tecnología de cría de *Tetrastichus howardi* (Olliff).

Este estudio se realizó en los laboratorios del Centro Reproductor de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) de la Empresa Azucarera Majibacoa, desde enero del año 2008 y abril del año 2009, para conocer los hábitos y particularidades de los aspectos etológicos del parasitoide, así como caracterizar sus estados de desarrollo, a la vez que se puso en práctica la tecnología de reproducción del insecto (Guerra, 2005).

Se colocaron adultos del parasitoide recién emergidos, hasta completar 150 parejas, (hembra y macho), en tubos de ensayo de cristal transparente de 2,5 x 15 cm, durante 24 horas, para observar y describir sus hábitos de cortejo, apareamiento y cópula. Después que transcurrió el período citado, se colocó dentro de cada tubo una crisálida de *G. mellonella* con menos de

24 horas de formada, hasta que la hembra del parasitoide realizara una inserción de su ovipositor en el hospedante.

Los resultados obtenidos se llevaron a una base de datos, que permitió determinar la duración promedio, desviación estándar y los valores máximos y mínimos absolutos de los períodos de reconocimiento, tamborileo, perforación y oviposición, así como el promedio de huevos depositados en una inserción del ovipositor.

De evaluaciones realizadas con el parasitoide Álvarez *et al.* (2007), se conocía que el tiempo de desarrollo es un parámetro bastante estable para esta especie, con un coeficiente de variación, aproximadamente, de 7 %, lo que indica que para un límite de confianza del 95 % y en espera de encontrar la verdadera media dentro de un 10 % de la calculada, que la observación de dos ejemplares por momento de evaluación es suficiente para situar cada estado.

2.1.3 Evaluación de la capacidad discriminatoria de *T. howardi*

Para lograr un mejor aprovechamiento del material biológico utilizado en crías artificiales de himenópteros parásitos es necesario conocer las particularidades de su capacidad discriminatoria, objetivo principal de este experimento. Las evaluaciones se desarrollaron en el laboratorio del CREE Majibacoa, desde el mes de octubre y el mes de diciembre del 2008.

Para realizar estas evaluaciones se tomaron 50 crisálidas de *G. mellonella*, que fueron parasitadas dentro de un lapso de 120 minutos con una sola inserción del ovipositor del parasitoide. Seguidamente, cada seis horas, se expusieron las crisálidas parasitadas, por 120 minutos, a una pareja de parasitoides que habían emergido 24-48 horas antes. Las exposiciones se repitieron durante siete días.

Antes de iniciar cada exposición se precisó la movilidad que presentaban los hospedantes parasitados, aspecto que debidamente se describió. En cada exposición se cuantificó la cantidad de crisálidas que eran una vez más parasitadas.

A otros cinco hospedantes, que también fueron parasitados con una sola inserción del ovipositor, se les practicó una disección cuando se notificó la parálisis parcial de los mismos. Seguidamente fueron observados con microscopio estereoscópico “Carl Zeiss” (25x), para precisar el grado de desarrollo del parasitoide.

Se confeccionó una base de datos que permitió determinar: el porcentaje de hospedantes que fueron parasitados en más de una ocasión, la distribución de sucesivas parasitaciones en el tiempo y el lapso de tiempo que medió entre la parasitación y la parálisis del hospedante.

2.2 Efectividad de liberaciones de *T. howardi* en el control de *D. saccharalis*

2.2.1 Efectividad en condiciones de un área forrajera

En dos campos de la variedad C86-503, previstos a utilizar como alimento animal separados por más de 100 m, sembrados a finales del mes de enero del año 2008, se montaron 6 parcelas, cinco tratadas e igual número de testigos, cada una con 4,8 m de ancho y 50 m de largo.

A partir del 6 de junio se realizaron tres liberaciones de *T. howardi* en el área de estudio., con una frecuencia mensual, se liberaron 1 000 ejemplares, lo que significa que en el ciclo se aplicó una norma de 10 000 individuos por hectárea. La distribución del parasitoide se realizó en estado adulto y de forma homogénea en el área.

El 21 de octubre de 2008, antes de que las parcelas evaluadas fueran utilizadas como forraje, se realizaron los muestreos para determinar parasitismo y niveles de daño; para ello se utilizó el método de muestreo que actualmente recomienda el Comité de Expertos del Programa de Servicios Fitosanitarios (SEFIT) actual Grupo Empresarial AZCUBA (INICA, 2008); con la base de datos conformada se determinó: el porcentaje de infestación y el porcentaje de entrenudos dañados.

$$\text{Porcentaje de infestación} = \frac{\text{Tallos dañados} \times 100}{\text{Tallos muestreados}} \quad (\text{INICA, 2002})$$

$$\text{Porcentaje de entrenudos dañados} = \frac{\text{Entrenudos dañados} \times 100}{\text{Entrenudos totales muestreados}} \quad (\text{INICA, 2002})$$

Con los valores obtenidos se realizó el análisis de los indicadores: porcentaje de infestación y porcentaje de entrenudos dañados, a través de una prueba de hipótesis entre proporciones.

2.2.2 Evaluación del efecto económico de las liberaciones

Este estudio se realizó en el período 2007-2009, en el bloque 122 de la UBPC Playuela perteneciente a la Empresa Azucarera Majibacoa, sobre un suelo Sialitizado cálcico de seco, donde se cosechó la variedad C86-503, con el propósito de determinar, a través de relación costo/beneficio, el efecto económico de liberaciones de *T. howardi*.

Las atenciones culturales y fitosanitarias en el área evaluada se realizaron según lo establecido por el SEFIT (INICA, 2008).

En el área se realizaron dos liberaciones de *T. howardi* en cada campaña, cuando la plantación tenía cinco y nueve meses de edad respectivamente; el volumen liberado en cada ciclo se corresponde con una norma de 10 000 parasitoides/ha.

En el mes de febrero del año 2009, antes de que el área se cosechara con 12 meses de edad, se realizaron los muestreos para determinar los niveles de daño, para lo que se utilizaron el método de muestreo y el cálculo de los indicadores reseñados en el experimento del epígrafe 2.2.1. En esos momentos, además, se determinó el rendimiento agrícola potencial del bloque, para ello se siguió la metodología de muestreo recomendada; rendimiento agrícola potencial = Peso promedio de un tallo x cantidad de tallos de una ha (Pérez y Milanés, 1979).

Donde:

$$\text{Peso promedio de un tallo} = \frac{\text{Peso total de la muestra de tallos}}{\text{Cantidad de tallos de la muestra}}$$

Cantidad de tallos de una hectárea = promedio de tallos por metro lineal de surco x 6 250.

Después de conocer el porcentaje de entrenudos dañados por *D. saccharalis* antes de iniciar las liberaciones de *T. howardi*, el valor de este indicador al concluir cada campaña de tratamientos, el total de entomófagos liberados en cada etapa, así como el precio de la unidad, la totalidad de jornadas empleadas en las liberaciones, el salario del técnico que las realizó y el precio de la tonelada de caña, se estimó el efecto económico de la utilización de los medios biológicos en el control de la plaga, a través del cálculo de la relación costo/beneficio, para lo cual se utilizó la metodología recomendada por GEPLACEA (1976):

$$\text{Pérdida} = \frac{\text{Volumen de caña protegido} \times 0,5 \% \text{ de entrenudos dañados}}{100}$$

Donde: 0,5 es un coeficiente de pérdida calculado experimentalmente.

Volumen de la caña protegido = Pérdida calculada con el nivel de daño registrado antes de iniciar las liberaciones - Pérdida calculada con el nivel de daño registrado después de realizar las liberaciones.

Valor de la caña protegida = Volumen de caña protegida x precio de 1 t

Gastos en medios biológicos = Cantidad liberada x precio de la unidad.

Gastos en la liberación = Total de jornadas x salario medio diario.

Costo total del tratamiento = Gastos en medios biológicos + Gastos en la liberación.

$$\text{Relación Costo/Beneficio} = \frac{\text{Valor de la caña protegida}}{\text{Costo total del tratamiento}}$$

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estudios básicos del parasitoide *T. howardi* de *D. saccharalis* en la Empresa Azucarera Majibacoa

3.1.1 Distribución de la especie

En áreas cañeras de la UBPC “Playuela” perteneciente a la Empresa Azucarera Majibacoa se encontraron cuatro crisálidas de la plaga que contenían larvas de un parasitoide que fue liberado por primera vez como parte del programa de diversificación de medios biológicos que desarrolla el Grupo AZCUBA.

Los adultos del insecto fueron clasificados posteriormente como *T. howardi*. Este parasitoide, fue informado por Álvarez *et al.* (2003), como *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae, Tetrastichinae).

Este resultado corrobora lo planteado por Álvarez *et al.* (2003) y Guerra (2005) cuando se encontró que este parasitoide pupal siempre estaba asociado a daños causados por *D. saccharalis*, en las condiciones de la provincia Las Tunas, lo cual evidencia la existencia de una estrecha interrelación parásito-plaga y de la presencia de eficientes mecanismos de búsqueda en el primero.

El parasitoide (fig. 1) fue reportado inicialmente por Álvarez (1998) como *Aprostocetus* (*Aprostocetus*) Westwood (Hymenoptera: Eulophidae, Tetrastichinae), después de considerar la presencia de marcadas características morfológicas que tipifican este subgénero; sin embargo, más tarde fue reclasificado por el Dr. LaSalle, como *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae, Tetrastichinae), una especie aberrante dentro de este género, que se ha denominado también como *Aprostocetus israeli* Mani & Kurian y *Aprostocetus ayyari* Rohwer, no registrada hasta entonces en la entomofauna cubana (LaSalle, 1994; Álvarez, 1998; Rodríguez *et al.*, 2003).

El género *Tetrastichus* es considerado uno de los más grandes de la subfamilia *Tetrastichinae*, Boucek (1988) lo sitúa en tercer lugar, superado solo por *Aprostocetus* y *Baryscapus*. Los límites genéricos de *Tetrastichus* no están siempre claros. Sus especies presentan, generalmente, dos características que las identifican, una seta dorsal en la vena submarginal y una carina en forma de “Y” invertida en el propodeo, (formada por la carina

paraespiracular y una carina adicional que corre posteromedial desde la carina paraespiracular).



Fig. 1. Vista general de un adulto de *T. howardi* montado sobre triángulo de cartón.

Además, en la generalidad de las especies, el panel medio del propodeo es reticulado y la superficie externa de las coxas traseras esta fuertemente reticulada. El cuerpo es de color negro u oscuro, con brillo metálico, aunque pueden mostrar coloraciones claras. *T. howardi* y *Tetrastichus inferens* Yoshimoto, sin embargo, tienen dos setas dorsales en la vena submarginal (Boucek, 1988; LaSalle y Schauff, 1992).

En todos los continentes se han reportado especies de este género. *T. howardi*, por su parte, es una especie gregaria, oriunda de la zona Indo-Asiática. Su areal se enmarca desde Pakistán hasta Las Islas Mauricio hacia el sur y al este, hasta Taiwán y el occidente de Australia. Se ha observado, principalmente, asociada a los taladradores de las poáceas, aunque también se reportó en otras plagas de importancia económica como *Spodoptera litura* (F.) y *P. xylostella*. Fue introducida en Sudáfrica, desde Filipinas, para el desarrollo de programas de control de barrenadores en caña de azúcar y otras poáceas (Moore y Kfir, 1995, Kfir, 2001).

En los últimos años, por los resultados reportados, se ha ampliado el uso de *T. howardi* en programas de control de otras plagas, en la provincia, por ejemplo, se recomienda para el control de, de *Diaphania* sp. en cucurbitáceas y de *Spodoptera* sp. en tomate. Resultados similares obtuvo Guerra (2005) en la antigua Empresa Azucarera Antonio Guiteras.

Importantes reportes se han obtenido en los últimos tres años, sobre la actividad parasítica de *T. howardi* en plagas importantes de diferentes cultivos y plagas de almacén (Hernández *et al.*, 2009). Los resultados del presente estudio coinciden con lo expuesto por estos autores al

encontrar efectividad de su control en plagas de almacén de los silos del municipio Manatí y Majibacoa.

Otros reportes corroboran los hallazgos de *T. howardi* parasitando *P. xylostella* en áreas de producción orgánica de col en Pernambuco (Silva-Torres *et al.*, 2010) y el más reciente sobre *D. saccharalis* en maíz, en Brasil, donde ya se estudia la posibilidad de incorporarlo a programas de control de esta plaga, una de las más dañinas en caña de azúcar, maíz y sorgo en el país suramericano (Cruz *et al.*, 2011).

Se continúan evaluando las posibilidades de uso de *T. howardi* en el manejo de plagas, recientemente se informó sobre los resultados satisfactorios observados con la utilización combinada de *Trichogramma pintoi* Voegelé y *T. howardi* para el control de plagas de lepidópteros en maíz almacenado (Castellanos *et al.*, 2008).

3.1.2 Aspectos etológicos de *T. howardi*. Tecnología de cría de *T. howardi*

En la mayoría de los himenópteros parasitoides se manifiesta la proterandria, es decir, los machos nacen como promedio un día antes que las hembras y el apareamiento ocurre inmediatamente después de la emergencia de estas. La emergencia más temprana de los machos está relacionada con su menor tamaño, lo que le permite completar los procesos de histogénesis propios de su metamorfosis más rápido que las hembras Álvarez *et al.* (2007). Estos resultados se corresponden con los obtenidos en este trabajo.

En *T. howardi* observamos esta particularidad, los machos emergen y se mantienen alrededor de las pupas del hospedante en espera de las hembras. Cuando advierten la presencia de una de ellas, se aproximan, vibrando a intervalos sus alas. La vibración se origina con la mitad de las alas extendidas lateralmente y da la apariencia de un movimiento de “medio vuelo”.

El macho se monta sobre el dorso de la hembra y comienza a balancearse para frotar las antenas de su pareja con las suyas, cuando la hembra esta lista para realizar la cópula, dobla sus antenas hacia arriba y levanta su abdomen, entonces el macho se desliza hacia atrás y voltea la punta de su abdomen bajo el de la hembra, para realizar rápidamente la cópula.

Los machos de esta especie cortejan un gran número de hembras, se observó un macho que copuló 18 veces después de su emergencia e intentó, a través del cortejo, hacerlo varias veces más, sin la aprobación de las féminas. Estas aptitudes mostradas por los machos de *T. howardi* son similares a las reportadas por De Bach (1968). En especies del género *Trissolcus* (Hymenoptera: Telenomidae), donde los machos pueden fecundar más de 20 ejemplares del

sexo opuesto. Las hembras de *T. howardi*, por lo general, son uninupciales, aunque se observaron casos aislados que permitieron hasta tres cópulas con diferentes machos.

Cuando la hembra de *T. howardi* advierte la presencia de una pupa del hospedante, se sube sobre ella y comienza a desplazarse lentamente mientras mueve vigorosamente los flagelos de sus antenas de arriba hacia abajo, como si palpara la superficie de la pupa con sus extremos. Este proceso se ha denominado tamborileo. En repetidas ocasiones la hembra del parásitoide deja de tamborilear, flexiona el cuerpo y comienza a tocar detenidamente, con la punta del abdomen, sobre un área restringida de la superficie de la pupa, donde coloca el ovipositor en posición de horadar. Estos hábitos mostrados por la especie en estudios, siguen básicamente un modelo similar al descrito por Flores (1985).

Una vez que el insecto está listo para horadar, su cuerpo parcialmente se endereza y queda todo el ovipositor expuesto, seguidamente comienza a perforar, al parecer, con la ayuda de un exudado que deposita alrededor del ovipositor. Para atravesar la cubierta quitinosa de la pupa, la hembra proporciona a este órgano, un movimiento rotatorio de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, al tiempo que presiona con su cuerpo hasta lograr la perforación, entonces comienza a hacer suaves y rítmicas flexiones de sus patas, lo que permite la fijación del ovipositor sin que este sea dañado. Hemos observado que el parasitoide introduce, por lo general, más de la tercera parte de este órgano en el cuerpo de su hospedante.

Cuando se ha garantizado una buena fijación del ovipositor, la hembra comienza a emitir un flujo intermitente de huevos, que pasan de uno en uno por el conducto interno.

En ocasiones, el parasitoide introduce su ovipositor y lo retira al término de escasos minutos, (4-7), generalmente, sin depositar huevos. Si la oviposición es efectiva, la hembra consume alrededor de 30 minutos en el acto y deposita 48 huevos como promedio. Estos valores mostraron la eficiencia de este parasitoide al realizar dicha labor, muy superior a los resultados encontrados en *Trissolcus grandis* (Thomson), parasitoide de huevo y los parasitoides pupales *Spalangia endius* Walker y *Muscidifurax* sp., que consumen hasta 20 minutos para depositar uno o dos huevos (Bulieza, 1971).

Durante las primeras 24 horas después de la parasitación inicial de los hospedantes, estos conservan la movilidad que les caracteriza, al término de, aproximadamente, 30 horas los

movimientos de algunas crisálidas comienzan a tornarse lentos, fenómeno que paulatinamente se incrementa hasta que aparecen los primeros hospedantes paralizados.

Esta merma en la movilidad de las crisálidas parasitadas transcurrió de forma muy similar tanto en las que recibieron una inserción del ovipositor como en las parasitadas reiteradamente, por lo que es evidente que este fenómeno debe asociarse a secuelas desencadenadas como consecuencia de la parasitación inicial, aunque las inserciones reiteradas del ovipositor en un mismo hospedante aceleraron ligeramente el proceso de su paralización, lo que debe estar asociado al desarrollo de un mayor número de individuos por crisálida, cuestión que como hemos constatado acorta el ciclo y propicia la emergencia temprana de los adultos.

Un resultado importante fue conocer que *T. howardi* no parasitó hospedantes dentro de los cuales se había iniciado la actividad de sus larvas recién eclosionadas.

En la tabla 6 se muestra la prolongación de los períodos de reconocimiento, tamborileo, perforación y oviposición, así como también la cantidad de huevos depositados en una inserción del ovipositor.

Tabla 6. Duración, (en minutos), de las etapas cumplimentadas por *T. howardi* durante la parasitación. Número de huevos depositados en una inserción del ovipositor.

Etapas de la parasitación	Duración en minutos y huevos depositados				
	\bar{X}	m máxima	M mínima	S	CV
Etapas de reconocimiento	2,8	4	2,0	0,7	32,4
Tamborileo y perforación	8,4	12,6	8,0	2,4	32,2
Oviposición	29,8	35,0	25,0	4,9	14,7
Cantidad de huevos depositados	46,2	65,0	25,0	10,9	45,2

Las hembras vírgenes de este parasitoide se reproducen por partenogénesis, de tipo arrenotoka (Moore y Kfir, 1995). Esta particularidad en la reproducción de *T. howardi*, puede provocar fluctuaciones del gradiente sexual en crías artificiales si no se maneja adecuadamente, pero si se explota convenientemente, propicia una mejor recombinación genética y mayores posibilidades de adaptación fenotípica a las cambiantes condiciones ambientales.

Después que la hembra de *T. howardi* introduce sus huevos en el hospedante, se desarrollan tres instares larvales, el estado pupal y finalmente emergen los adultos durante los 14 a 16 días siguientes, si su desarrollo transcurre a 25°C, aproximadamente.

Tetrastichus tortricis (Kostjukov y Serjogina), un parasitoide larval de *Tortrix viridana* L. en Europa, completa su desarrollo en 20-25 días, mientras *Tetrastichus evonymellae* (Bouche) y *Tetrastichus bruchidii* (Erdos), parasitoides larvo-pupales de la misma plaga, lo hacen entre 25-30 y 25-40 días, respectivamente, los aspectos etológicos de *Tetrastichus haitiensis* (Gahan) que es un parasitoide de los huevos de *Pachnaeus litus* (Germ), transcurre entre 12 y 13 días a 26°C (González y Estrada, 1981).

En la tabla 7 se recoge la duración de los estados inmaduros de *T. howardi* bajo las condiciones que imperaron en este estudio.

Tabla 7. Duración de los estados inmaduros de desarrollo de *T. howardi*.

Parámetro	Huevos	L1	L2	L3	Larva total	Pupa	Ciclo total
Duración (días)	2	1-1,3	3-3,3	1-1,3	5-6	7,6	14-15,6
% del ciclo total	13,48	7,86	21,24	7,86	37,06	49,46	100

A temperatura $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y humedad relativa de $75 \pm 5,4 \%$

El prolongado desarrollo del estado pupal de *T. howardi*, (ocupa alrededor del 50 % de todo el ciclo), es una particularidad interesante en su biología, que puede explotarse convenientemente en crías artificiales del mismo. En *T. haitiensis*, se reporta un estado pupal que se corresponde con el 32 % del tiempo empleado en su completo desarrollo (Álvarez, 2004).

En *T. howardi* se presenta un marcado dimorfismo sexual, incluso, es posible sexar sus pupas perfectamente esclerotizadas con solo examinar las antenas o la zona ventral del abdomen, donde se presentan marcadas características diferenciales; antes de emerger es llamativa la presencia de una masa muy oscura en las antenas de los machos (Álvarez *et al.*, 2003).

En estado adulto son más apreciables los rasgos morfológicos que diferencian a los ejemplares por sexo; la antena de los machos, que tiene un segmento más en su flagelo, es de color amarillento con excepción de la maza, que es negra y la antena de la hembra, tiene todos los segmentos del flagelo de color caoba oscuro. Otro rasgo fácilmente distinguible es la

coloración de la coxa y el fémur en las patas delanteras, que en las hembras, son de color caoba, mientras en los machos, son de color amarillo claro.

Todo lo anterior corrobora los resultados obtenidos por Álvarez (2004) y Guerra (2005).

3.1.3 Evaluación de la capacidad discriminatoria de *T. howardi*

La capacidad de los parasitoides de distinguir entre hospedantes parasitados y no parasitados se denomina discriminación del hospedante.

Hay especies como *Telenomus heliothidis* (Ashmead) y *T. pretiosum* que discriminan sobre la base de una minuciosa inspección externa, mientras otras, como *Chelonus insularis* (Cresson), lo hacen a través de un examen interno del hospedante (Ables *et al.*, 1981).

En este estudio, las hembras de *T. howardi* parasitaron el 46 % de los hospedantes evaluados en una sola ocasión, el 50 % de ellos recibieron una segunda parasitación y el 6 % fueron parasitados tres veces. Estos resultados son similares a los obtenidos por Guerra (2005) y Álvarez (2004).

De las parasitaciones que tuvieron lugar en crisálidas previamente parasitadas, el 18 % ocurrieron entre seis y ocho horas después de la primera inserción del ovipositor, otro 25 % después de 14-16 horas de la primera parasitación, un 28 % a las 22-24 horas de la inserción inicial, el 15 % fueron de nuevo parasitadas al término de 30-32 horas, el 9 % recibió otra inserción del ovipositor después de 54-56 horas y el 3 % fueron parasitadas una vez más, al término de 62-64 horas (fig. 2).

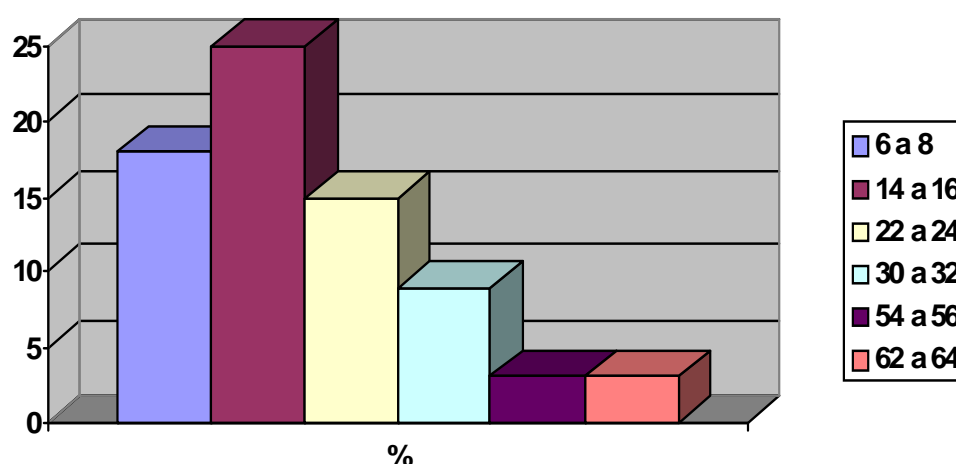


Fig. 2. Parasitación de *T. howardi* a diferentes rangos de tiempo.

Un resultado importante fue que *T. howardi* no parasitó hospedantes dentro de los cuales se había iniciado la actividad de sus larvas recién eclosionadas.

En la figura 3 se muestra que la determinación del porcentaje de emergencia de los adultos de *T. howardi* permitió conocer que la ocurrencia de otras inserciones del ovipositor en un hospedante previamente parasitado, reduce este importante indicador, pues en las crisálidas que fueron parasitadas solo una vez, su valor ascendió a 97 % y todos los parasitoides que no lograron emerger fueron perfectamente sexados, lo que denota que estuvieron a punto de lograrlo, sin embargo, en las crisálidas que fueron parasitadas en dos ocasiones solo el 86 % de los adultos de *T. howardi* emergieron y la mayoría de los ejemplares que no emergieron no pudieron ser sexados, pues perecieron en etapas tempranas de su desarrollo, de igual forma sucedió en las crisálidas que recibieron tres inserciones del ovipositor, donde la emergencia reportada fue de 83 %. Similar resultado fue obtenido por Guerra (2005).

Hay que destacar que el mayor número de parasitoides que murieron sin completar su ciclo, y no pudieron ser sexados, se notificó en aquellos hospedantes donde las segundas y terceras parasitaciones se realizaron después de 48 horas de la primera.

Los resultados de estas evaluaciones, en general, demuestran que las hembras de *T. howardi* no discriminan eficientemente los hospedantes parasitados que conservan cierta movilidad, en el interior de los cuales, no se ha iniciado la eclosión de las larvas del primer instar del parasitoide.

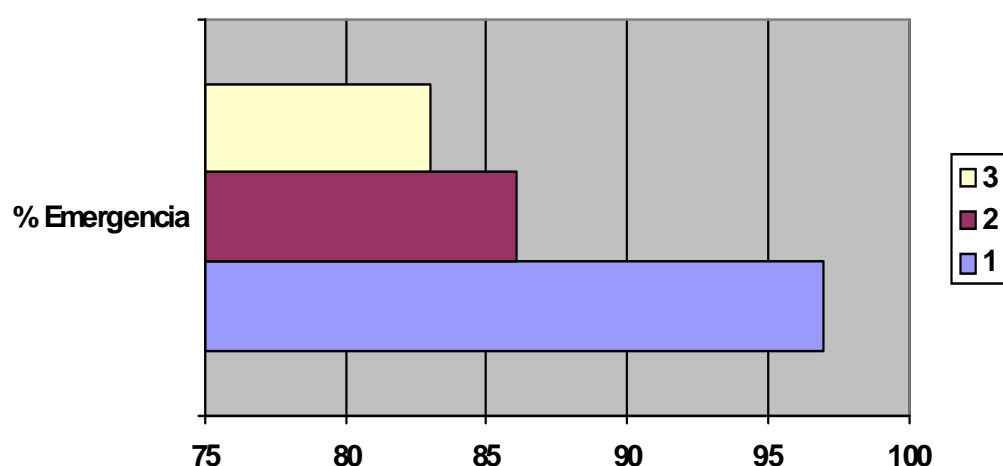


Fig. 3. Porcentaje de emergencia de *T. howardi*.

Una vez conocido el establecimiento del parasitoide en el territorio se procedió a crear las condiciones en el laboratorio para su reproducción artificial; para ello se utilizó a *G. mellonella* como hospedante de sustitución partiendo de que se dispone de la tecnología de su reproducción en los CREE para la reproducción de *L. diatraeae*. (INICA 2011).

Tecnología para la cría masiva de *T. howardi* (Eulophidae), parasitoide pupal de *Diatraea saccharalis*

Procedimientos

La cría artificial de *T. howardi*, de acuerdo a la tecnología conformada (fig. 4) cuenta con los siguientes procesos:

- a) Cría del hospedante
- b) Cría del parasitoide
- c) Parasitación de las crisálidas del hospedante
- d) Revisión de las crisálidas utilizadas en la parasitación
- e) Embalaje del material biológico para su distribución en campo

a) Cría del hospedante

Para la cría masiva de *T. howardi* se utilizó *G. mellonella* como hospedante, que ha sido utilizada con éxito en el Programa Nacional de Lucha Biológica en la línea de *L. diatraeae*.

Para la utilización de sus crisálidas en esta tecnología no es necesario realizar modificaciones a los procedimientos que se siguen para su cría. Las crisálidas obtenidas en una jornada son tratadas por espacio de 3-4 minutos con solución 1 % de hipoclorito de sodio formaldehído, que actúa como desinfectante y a su vez, libera las crisálidas de *Galleria* del cocón que las protege. Al concluir el tratamiento, las crisálidas son lavadas con abundante agua y secadas ante una corriente de aire. Las crisálidas secas se dividen en dos fracciones, la primera que se destinará a la parasitación que agrupa a las más nuevas, donde el desarrollo pupal no ha rebasado el 60 % del tiempo empleado para completar este estado. En el caso de *Galleria* se utilizan crisálidas donde aun no se aprecien matices brillosos en la zona ventral del tórax.

El tratamiento de las crisálidas se realiza, al menos, 24 horas antes de la parasitación, para evitar una posible acción repelente a esta sustancia.

Las crisálidas del hospedante que han rebasado el 60 % de su desarrollo pupal se utilizan en el mantenimiento de la cría de este insecto.

b) Cría del parasitoide

Al proceso de cría del parasitoide se destina entre el 5 y el 6 % del total de crisálidas parasitadas diariamente, conformándose con ello los lotes de cría. Las crisálidas parasitadas se traen a este proceso después de una correcta desinfección, realizada cuando en su interior prácticamente se ha completado la fase larval del parasitoide, lo que tiene lugar a los 8-9 días después de la parasitación, si el proceso se desarrolla entre 25-26°C.

Las crisálidas se colocan por parejas, en tubos de ensayos estériles, tapados con algodón, previamente esterilizados. La temperatura del local se regula entre 25-26°C para que al término de 6-8 días se inicie la emergencia de los adultos, los que realizan oraduras redondeadas en la cubierta quitinosa de las crisálidas.

La emergencia de adultos en hospedantes que se colocan en idéntica fecha para su parasitación; tiene lugar con uniformidad; cerca del 98 % de ellos emergen en las primeras 72 horas, a partir del momento en que se detecta la aparición de los primeros imagos. En estos envases de cría tiene lugar el cortejo y apareamiento de los adultos, por lo que a las 24-48 horas de notificarse una emergencia masiva en el lote, este está en condiciones de ser utilizado en la parasitación.

El mantenimiento del pie de cría de *T. howardi* tiene lugar con un fotoperiodo de aproximadamente 10 horas luz y 14 horas de semioscuridad o total ausencia de iluminación. Los niveles de humedad relativa no deben propiciar la aparición de contaminaciones fungosas indeseables. En estas condiciones los machos de este biorregulador viven como promedio 3-4 días, mientras las hembras lo hacen por 6-8 días.

Una jornada antes de utilizar los entomófagos en la fase de parasitación, de cada lote se seleccionan los frascos donde visualmente se aprecia una buena relación de sexos; es necesario que exista suficiente cantidad de machos para fecundar la mayoría de las hembras presentes. Aunque un macho logra fecundar satisfactoriamente 7-8 hembras, es aconsejable utilizar relaciones hembra/macho que oscilen alrededor 5-6/1. Realizar esta selección permite estandarizar el producto final de la parasitación. Esta especie se reproduce partenogenéticamente por vía arrenotoka, por lo que de hembras no fecundadas se obtienen descendencias exclusivamente masculinas.

Después de realizar esta selección se lleva a la fase de parasitación, aproximadamente, el 85 % del lote en cuestión, que resulta ser cerca del 5 % del total de crisálidas que fueron parasitadas en igual fecha. Seguidamente, los frascos que serán utilizados al día siguiente se colocan con el tapón hacia abajo; el geotropismo negativo mostrado por este insecto, hará con este procedimiento que la mayoría de ellos se agrupen en el extremo más alejado del orificio de salida del tubo, lo que reduce de ese modo los escapes durante la parasitación y abrevia el tiempo a emplear en el propio proceso. Los parasitoides del lote que no son finalmente utilizados en la parasitación se suman a los que se liberarán en el campo.

c) Parasitación de las crisálidas del hospedante

Se utilizan como cámara de parasitación tubos de ensayos, dentro de los cuales se depositan las crisálidas del hospedero, previamente desinfectadas con solución 1 % de hipoclorito o formaldehído por espacio de 3-4 minutos.

En cada tubo se pueden colocar entre 15-20 crisálidas del hospedante y una vez dispuestas dentro del tubo se liberan en el interior del mismo los parasitoides emergidos de un tubo para lograr, en dependencia de los hospedantes disponibles por tubo, una relación de 4-5 hembras del parasitoide por hospedante.

Los tubos deben ser bien cerrados con sus tapas, las que a través de pequeños orificios permiten el intercambio de aire con el exterior y con ello se limita la concentración excesiva de humedad dentro de la cámara de parasitación.

Para cumplimentar la fase de post-parasitación, el lote de crisálidas parasitadas se coloca a temperatura que debe oscilar entre 25-27°C y en penumbras. Bajo este régimen, 7-8 días después de haber iniciado la exposición, el lote es sometido al proceso de revisión.

d) Revisión de las crisálidas utilizadas en la parasitación

Después de una semana en la fase de post-parasitación, los lotes son revisados, el contenido de las cámaras de parasitación se deposita en recipientes que son expuestos a una ligera corriente de aire generada por un ventilador. La corriente de aire se hace circular desde el ventilador hacia un receptáculo colocado frente a él. Al introducir el recipiente con el material biológico que se obtuvo de la parasitación en el flujo de aire, todos los cadáveres y restos de los parasitoides utilizados, adultos de *Galleria*, si existieran, así como las crisálidas vacías de donde habían emergido, son impulsados, a causa de su bajo peso, hacia el receptáculo, liberándose así de todos estos residuos biológicos el producto obtenido. Seguidamente con un

examen visual se extraen las crisálidas que no fueron parasitadas y aquellas que se han descompuesto al ser dañadas mecánicamente o por algún microorganismo nocivo. Las crisálidas del hospedante que no fueron parasitadas se reconocen fácilmente, pues conservan la movilidad que les caracteriza, además, presentan matices más claros en su coloración; las que fueron afectadas por factores indeseables, pueden ser de consistencia muy blanda y color casi negro o estar momificadas.

Las crisálidas que han quedado libres de todo desecho, son desinfectadas con solución de formaldehído o hipoclorito de sodio al 1 %, por espacio de 3-4 minutos y posteriormente secadas al aire.

Después de secar las crisálidas, se selecciona el 5-6 % de ellas que será utilizado en el mantenimiento de la cría del parasitoide, para lo cual se toman crisálidas donde no se aprecien daños mecánicos, su tamaño y peso debe oscilar cerca de la media del lote. No deben seleccionarse crisálidas con tamaños muy superiores a la media, porque en ellas se observa con frecuencia superparasitismo, lo que reduce las cualidades de los entomófagos que emergen de estos hospedantes.

El resto del material, (94-95 % de las crisálidas parasitadas), se destina a la fase de embalaje para su posterior distribución y liberación.

e) Embalaje del material biológico para su distribución en campo

El parasitoide puede ser liberado en estado adulto ó en estado pupal confinado aun en crisálidas del hospedante utilizado para su reproducción, en correspondencia con el método utilizado se realiza el embalaje del material biológico.

Si el parasitoide se libera en estado adulto, después de recibir las crisálidas que fueron previamente desinfectadas al concluir la revisión, estas se colocan en tubos de ensayos a razón de 4-5. No es aconsejable agruparlas en exceso pues el hacinamiento de los parasitoides, una vez que emergen, puede elevar su mortalidad. Estos frascos deben garantizar suficiente hermeticidad para evitar escapes, pues en ellos tendrá lugar la emergencia, cortejo y apareamiento de los imagos, que se llevaran al campo, en los propios contenedores, 24-48 horas después de iniciarse la emergencia. De cada frasco con 4-5 crisálidas parasitadas emergen entre 200-250 entomófagos, de los cuales el 75-80 % son hembras. Si el material biológico embalado se mantiene a 25-26°C, la liberación se realizará, aproximadamente, 8-10 días después del embalaje.

Para la liberación de *T. howardi* en el estado pupal dentro de crisálidas parasitadas, se hacen trazos de un pegamento, a intervalos, sobre láminas de papel parafinado o cartulina. Con un dispositivo diseñado para tales fines se distribuyen homogéneamente los trazos sobre la superficie utilizada. El pegamento utilizado no puede tener propiedades repelentes, ni insecticidas. Las crisálidas se echan en un recipiente que tiene en su fondo oraduras espaciadas que permiten la salida de una sola crisálida por cada una de ellas. Al imprimirle al recipiente con crisálidas un movimiento similar al de una zaranda sobre la lámina con trazos de pegamento, las crisálidas caen espaciadas adhiriéndose a la superficie del material parafinado. Por el pequeño tamaño de los trazos solo se pega una crisálida en cada uno de ellos. Al término de unos 5 minutos, las crisálidas quedan perfectamente pegadas a la lámina, por lo que se invierte la misma para recoger las que cayeron en exceso. Seguidamente se hacen similares procedimientos para cubrir el otro lado de la lámina. Para realizar esta labor se puede utilizar con éxito el acetato de polyvinilo como pegamento.

Después de pegar las crisálidas parasitadas sobre las láminas, estas últimas se cortan en tiras con 6 crisálidas cada una, de donde emergerán entre 900-1 000 parásitos 6-8 días después. Estas tirillas se colocan en un envase apropiado para trasladarlas, antes que se inicie la emergencia de los imagos, a las zonas donde será liberado el parásito.

Aspectos generales

Con esta tecnología se puede desarrollar exitosamente *T. howardi*, parasitoide pupal de *D. saccharalis*, sobre el hospedante recomendado. Su ciclo de desarrollo a 25-27°C, se prolonga por espacio de 14-18 días, lo que permite obtener en crías artificiales entre 21-24 generaciones anualmente, es decir entre 3 y 4 generaciones por cada una de la plaga en condiciones climáticas similares a las de Cuba.

En las crisálidas parasitadas de *Galleria* se producen, aproximadamente, 150-200 parasitoide por cada una, donde las hembras representan el 75-85 % de lo obtenido. El potencial de incremento de este eulófido en campo es alto. Esta capacidad le permite recuperar sus niveles poblacionales con relativa rapidez después de la ocurrencia de fenómenos climáticos adversos o de otra índole. El potencial reproductivo, hábito gregario y relación sexual manifestados por este parásito permite producir grandes volúmenes del mismo en un espacio relativamente reducido. Como *T. howardi* es un parasitoide pupal, los niveles de pérdida por mortalidad en la fase de post-parasitación se reducen ostensiblemente y oscilan entre 2-5 %,

la causa que comúnmente ocasiona estas pérdidas son daños mecánicos sufridos por las crisálidas durante el proceso. Todo lo anterior se corresponde con lo demostrado por Prasad *et al.* (2007); La Salle y Polaszek (2007).

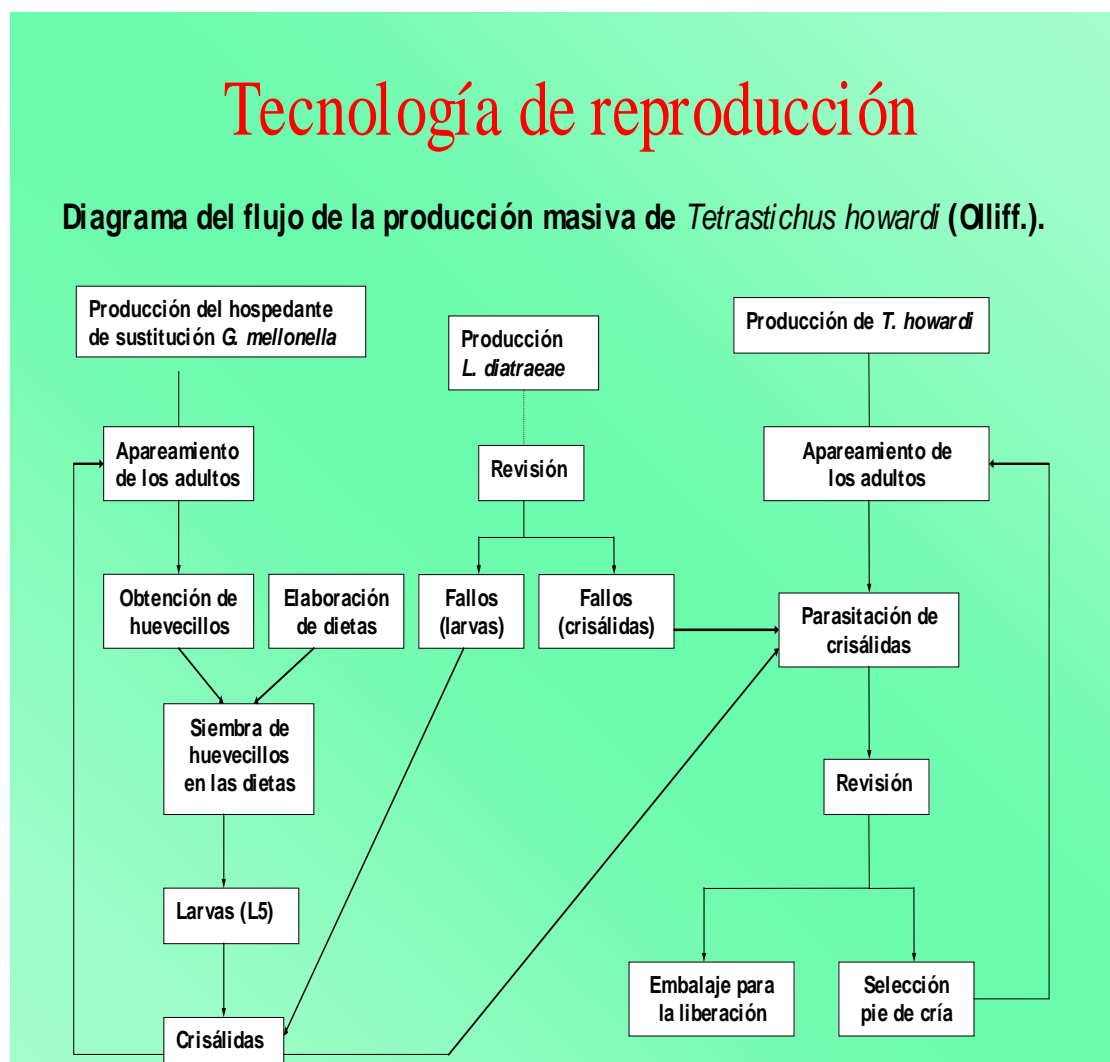


Fig. 4. Diagrama del flujo de la producción artificial de *T. howardi*.

3.1.4 Efectividad de las liberaciones de *T. howardi* en área forrajera afectada en grado intenso por *D. saccharalis*

Los muestreos de daños realizados antes de la cosecha, muestran que el 56 % de las porciones de tallos que conformaron la variante I, (entrenudos formados antes de comenzar las liberaciones de *T. howardi*), estaban dañadas por *D. saccharalis*, lo que mostró diferencias significativas con la variante II, (entrenudos formados después de comenzar las

liberaciones de *T. howardi*), donde este indicador fue solo de un 36 %. El porcentaje de entrenudos dañados fue de 14,8 en la variante I y de 6,83 en la variante II, es decir se redujo la magnitud de los daños después de iniciar las liberaciones de *T. howardi* en un 53 %, por lo que el análisis de este indicador mostró diferencias significativas entre las variantes evaluadas, (tabla 8).

Tabla 8. Resultados alcanzados en el control de *D. saccharalis* con liberaciones de *T. howardi* en un área forrajera afectada en grado intenso.

Variantes	Infestación (%)	Entrenudos dañados (%)
Antes de iniciar las liberaciones de <i>T. howardi</i>	56,00b	14,80b
Después de iniciar las liberaciones de <i>T. howardi</i>	36,00a	6,83a

Medias con letras no comunes difieren significativamente, por columna, en cuanto al porcentaje de infestación, para $p < 0,01$ y en la comparación del porcentaje de entrenudos dañados, para $p < 0,05$.

De los 49 tallos dañados analizados en este estudio, solo el 20 % fue infestado por la plaga, después de haber iniciado las liberaciones de *T. howardi*, lo que denota la marcada reducción que su accionar provoca en la distribución de la plaga.

Ansari *et al.* (1992), observaron que liberaciones conjuntas de *T. remus*, *Trichogramma chilonis* Ishii y *T. howardi* redujeron en un 60% los daños de *S. litura* en plantaciones de papa, en la India.

3.1.5 Evaluación del efecto económico de las liberaciones

Como base para determinar el efecto económico de las liberaciones se tuvieron en cuenta los parámetros que se reflejan en la tabla 9.

En la tabla 10 se muestran los resultados del análisis del efecto económico como consecuencia de la reducción de los daños ocasionados por *D. saccharalis* con liberaciones de *T. howardi*, en el período 2008-2009. Como expresión de dicho efecto, se determinó la relación costo/beneficio en cada ciclo.

Las liberaciones de este medio biológico, redujo el porcentaje de intensidad de *D. saccharalis* en el período 2008-2009 hasta un 2,7 % lo que representó una disminución del 63,9 % de los daños registrados al cierre del año anterior. Este resultado se tradujo en un efecto económico notable, cuando por cada peso invertido en el control de la plaga se obtuvo 1,60.

Tabla 9. Parámetros utilizados en la determinación del efecto económico que se logra con las liberaciones de *T. howardi*.

Parámetros	U/M	Período 2007-2008	Período 2008-2009
Cantidad liberada de <i>T. howardi</i>	Millar	850	850
Entrenudos dañados antes de las liberaciones	%	5	5
Promedio de tallos por metro lineal de surco	u	8	7
Peso promedio de un tallo	kg	0,832	0,731
Rendimiento agrícola potencial	tn.ha ⁻¹	41,60	31,98
Volumen de caña protegido	tn	25	20
Valor de caña protegida	pesos	2 375	1 900
Rendimiento potencial de la caña	%	13,41	13,23
Jornadas destinadas a las liberaciones	u	5	7
Salario mensual del técnico en liberaciones	pesos	211	211
Precio de un millar de <i>T. howardi</i>	pesos	0,5	0,5

Durante el segundo tratamiento, se logró un continuado descenso de los daños de la plaga, el porcentaje de entrenudos afectados se redujo a 1,24 lográndose una disminución del 70,71 % que permitió lograrse una relación costo/beneficio de 1/1,49.

Estos resultados demostraron que en áreas donde los niveles de daños lo justifiquen, la utilización de *T. howardi* como probada acción reguladora en el control de *D. saccharalis*, arroja un saldo económico favorable.

Tabla 10. Resumen de los indicadores evaluados.

Indicador	Periodo 2007-2008	Periodo 2008-2009
Entrenudos dañados después de la liberación (%)	1,52	1,24
Relación costo-beneficio	1/1,60	1/1,49
Entrenudos dañados antes de la liberación (%)	4,22	4,22

CONCLUSIONES

1. La tecnología aplicada permite desarrollar exitosamente *T. howardi* parasitoide pupal de *D. saccharalis*, en el hospedante recomendado.
2. Las liberaciones de *T. howardi* redujeron las afectaciones de *D. saccharalis* en las áreas cañeras con fines forrajeros en un 71 %.
3. La aplicación del control biológico permitió disminuir los índices de infestación de la plaga, alcanzándose una relación costo -beneficio de 1-1,60 en el período 2007-2008 y de 1-1,49 en el 2008-2009.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar investigaciones similares en otras áreas destinadas al cultivo de la caña con fines forrajeros en las diferentes unidades de producción de la provincia de Las Tunas.
- Generalizar las liberaciones de *T. howardi* en el control de crisálidas de Lepidopteros en otros cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ables, J.R. *et al.* (1981). Host discrimination by *Chelonus insularis* (Hymenoptera: Braconidae), *Telenomus heliothidis* (Hymenoptera: Scelionidae), *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Entomophaga*, 26 (2):149-156.
- Acosta, P. (1999). Medio Milenio de las variedades de la caña en Cuba. *Revista Cañaveral*. 2 (4).
- Águila, J. *et al.* (2008). Criterios ecológicos en el manejo de plagas de la caña de azúcar y cultivos varios una opción para lograr alimentos sanos. *Agroecología*. 3:51-53.
- Agudelo, J.C. (2007). Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras. *Revista Lasallista de Investigación*. 4 (001):41. <http://www.iip.co.cu/rcpp%2015.3%20.pdf>. [Consultado: 2/03/2011].
- Alemán, J. *et al.* (1999). Conducta parasítica de *Lixophaga diatraeae* Towns. (Diptera: Tachinidae) sobre *Diatraea saccharalis* Fab. (Lepidoptera: Pyralidae) en insectario. *Rev. Protec. Veg.* 14 (2):133-135.
- Alemán, J. & Fernández, Miriam. (2000). (Estimación de la Tasa Intrínseca de Incremento (rm) y Tasa Neta de Multiplicación (Ro) como nuevos criterios de calidad en la cría de *Galleria mellonella* Linneo (Lepidoptera: Pyralidae). *Rev. Protec. Veg.* 15(3): 165-168
- Alemán, J. *et al.* (2001). Comportamiento de indicadores de calidad en poblaciones salvajes y de laboratorio de *Lixophaga diatraeae* Towns. (Diptera: Tachinidae). *Rev. Protec. Veg.* 16 (1):15-19
- Altieri, M.A. (ed.) (2009). Vertientes del pensamiento agroecológico. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) Medellín, Colombia. 364 p.
- Álvarez, J.F. & Bacallao, J. (1996). Evaluación de varios factores que limitan la cría de *Galleria mellonella* (L.) en los CRE. XI Forum Provincial de Ciencia y Técnica. Matanzas. 12 pp. (Mimeografiado).
- Álvarez, J.F. (1998). Resultados alcanzados por el Programa de Lucha Biológica en la Provincia de Matanzas con el apoyo de los servicios de patología de insectos. VI Simposio Internacional de Sanidad Vegetal en la Agricultura Tropical. CIAP. UCLV. p: 4-5
- Álvarez, J.F. & Grillo, H. (2002). *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae): nuevo parásito pupal del bórer de la caña de azúcar en Cuba. XVII Conferencia Provincial de la ATAC. Matanzas. 10 p. (Mimeografiado).

- Álvarez, J.F.; Naranjo, F. & Grillo, H. (2003). *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae): nuevo parásito pupal de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) en Cuba. *Centro Agrícola*. 30 (2):86-88
- Álvarez, J.F. (2004). Estudios bioecológicos, reproducción artificial y liberación de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoide pupal de *Diatraea saccharalis* (Fab.) en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, UCLV, Villa Clara, Cuba
- Álvarez, J.F.; Naranjo, F. & Grillo, H. (2007). Estudios sobre la bioecología, hábitos y comportamiento de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), parásito pupal de *Diatraea saccharalis* (Fab.) (Lepidoptera: Crambidae) en Cuba. (Primera parte). *Centro Agrícola*. 30 (2):63-67
- Ansari, M.A.; Pawar, A.D. & Kumar, D.A. (1992). Possibility for biocontrol of tropical armyworm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) on potato. *Plant Protection Bulletin (Faridabad)*. 44:27-31
- Arronis, V. (2009). Validación y transferencia de tecnologías en alimentación con forrajeras de alta calidad en sistemas intensivos de producción de carne en la región Brunca. FITTACORI INTA. Costa Rica
- Baitha, A. et al. (2004). Parasitizing efficiency of the pupal parasitoid, *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) on *Chilo partellus* (Swinhoe) at different exposure periods. *Journal of Biological Control*. 18:65-68
- Barrios, A.J.A. (1998). Cuatro siglos de la industria azucarera. *Revista Cañaveral*. 4 (4):40-41
- Barroso, F. et al. (2002). Cría y climatización en campo de *Cotesia flavipes* Cam. para el biocontrol de *Diatraea saccharalis* Fab. en Cuba. 48 Congreso ATAC. La Habana.
- Bernal, N.; Morales, F.B.; Gálves, G. & Ibis Jorge. (2007). Variedades de caña de azúcar. Uso y Manejo. 100 p.
- Bernal, N. et al. 2008. Cuba y Caña. XVI Reunión Nacional de Variedades Semilla y Sanidad Vegetal. p. 56
- Boucek, Z. (1988). Australasian Chalcidoidea (Hymenoptera). CAB International. Wallingford. 832 p.
- Box, H.E. (1953). List of sugar-cane insects. Commonwealth Institute of Entomology. Londres. p. 157-158
- Box, H.E. (1953). List of sugar_cane Insects. Commonwealth Institute of Entomology. Londres. p. 157-178.

- Bulieza, V.V. (1971). La selectividad y comportamiento de las hembras de varios parasitoides de huevos (Hymenoptera: Scelionidae), durante la parasitación de sus hospedantes. *Zool. J.* 50 (12):1885-1888.
- Cabello Babín, A. 2006. La producción de derivados de la caña de azúcar en Cuba: Situación actual y perspectiva. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA). 16, Heredia, Costa Rica
- Castellanos, L. et al. (2008). Empleo de *Trichogramma pintoi* Voegelé y *Tetrastichus howardi* (Olliff.) para el control de plagas de lepidópteros en maíz almacenado. *Centro Agrícola*. 35 (2):85-87
- Cruz, I.; Redoan, Ana Carolina; Braga da Silva, R.; Corre Figueiredo, Maria de Lourdes & Penteado-Dias, Angélica Maria. (2011). New record of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) on maize. *Sci. agric.* 68 (2)
- Cuellar, I.A.; de León, M. E.; Gómez, A.; Villegas, R. & Santana, I. (2008). Caña de azúcar paradigma de sostenibilidad. Ed. PUBLINICA. INICA. 175 p.
- Dai X.H.; Sun, G.R. & Jin, Ch.J. (1993). Propagation and release of *Tetrastichus hagenowii* (Hymenoptera: Eulophidae) for cockroach control in Zunyi, Guizhou. *Chinese Journal of Biological Control*. 9 (3):114-115.
- De Bach, P. (1968). Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Edición Revolucionaria, Instituto del Libro. 949 p.
- Dpto Fitosanitario MINAZ. (2000). Informe central a la Jornada Técnica Nacional de Sanidad Vegetal en el cultivo de la caña de azúcar. Ciudad de La Habana, Cuba
- Estrada, M.E. (2003). Presencia y caracterización morfo-fisiopatogénica y molecular de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. en el ecosistema cañero de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias agrícolas. Ciudad de La Habana. 70 p.
- FAO-UNESCO. (2008). Mapa mundial de suelos.
- Ferrer, F. (1984). Sinopsis histórica sobre el control biológico del taladrador en Venezuela. II Seminario "Problemas de la candelilla y el taladrador en caña de azúcar y pastos". Barquisimeto. p. 253-290
- Flores, S. (1985). Las plagas de la caña de azúcar en México. 1ra. ed. Servicios Gráficos OREL. Veracruz, México. 350 p.
- Flores, C.S. (2007). Las plagas de la caña de azúcar en México. Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica, Ciudad de México. 2da ed. 288 p.

- Funes-Monzote, F.R. *et al.* (2009). Agro-ecological indicators (AEIs) for dairy and mixed farming systems classification: Identifying alternatives for the Cuban livestock sector. *Journal of Sustainable Agriculture*. 33 (4):435-460
- García, Dulce (ed). (2010). Curso de energía y cambio climático. Parte 1. Tabloide de Universidad para todos. Suplemento especial. 16 p.
- GEPLACEA. (1976). Primer Reporte del Grupo de trabajo del WHRS/IOBC sobre control integral y biológico de *Diatraea*. En: Estudios sobre el barrenador de la caña. México. 24 p.
- Godefoy, J. (2008). Cuba produce unos 80 derivados de caña de azúcar. <http://www.radiorebelde.cu/noticias/economia/economia.htm>. [Consulta: 29/01/2010].
- González, M. & Estrada, J. (1981). Ciclos biológicos de *Tetrastichus haitiensis* Gahan y *Ufens osborni* Dozier (Hymenoptera: Chalcidoidea), parásitos en huevos de *Pachneus litus* Germ. *Ciencias de la Agricultura*. ACC. (10):9-15
- González, F.J.R. (2001). Indicadores ecológicos de la comunidad de insectos fotofílicos de un agroecosistema dedicado a la caña de azúcar. Resumen. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Holguín, Cuba. 36 p.
- Gries, R.; Dunkeiblum, E.; Gries, G.; Badilla, F.; Hernández, C.; Álvarez, F.; Pérez, A.; Velasco, J. & Ochischiager, A.C. (1998). Sex pheromone components of *Diatraea considerata* Heinr. (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Applied Entom.* 122:265-269
- Grillo, H. (1994). Enemigos naturales de *Perkinsiella saccharicida* Kirk. (Homoptera: Delphacidae) en la región central de Cuba. *Centro Agrícola*. 21 (1):51-56
- Guerra, Irene. (2005). Algunos aspectos del comportamiento de la biología y efectividad de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide pupal de *Diatraea saccharalis* (Fab.) (Lepidoptera: Pyralidae). Tesis en opción al grado de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Las Tunas. 85 p.
- Hernández, A.; Pérez, J.; Bosh, D. & Rivero, L. (1999). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. AGRINFOR. 64 p.
- Hernández, J.; Osborn, F.; Herrera, Beatriz; Liendo-Barandiaran, Carmen; Perozo, J.; Velásquez, D. (2009). Parasitoides larva-pupa de *Hylesia metabus* Cramer (Lepidoptera: Saturniidae) en la región Nororiental de Venezuela: un caso de control biológico natural. *Neotropical Entomology*. 38 (2):243-250
- Hogarth, D.M. & Allsopp, P.G. (2000). Manual of cane growing. Brisbane. 463 p.
- INICA. (2002). Procedimientos del servicio fitosanitario (SEFIT) al MINAZ. INICA-MINAZ. Ciudad de La Habana, Cuba

- INICA. (2008). Informe a la XVI Reunión Nacional de Variedades, Semillas y Sanidad Vegetal Ciudad de La Habana, Cuba
- INICA. (2008). Procedimientos del Servicio Fitosanitario (SEFIT) al MINAZ INICA-MINAZ, Ciudad de La Habana, Cuba
- INICA. (2009). Manual de plagas y enfermedades de la caña de azúcar. Ciudad de La Habana, Cuba (en prensa)
- INICA. (2011). Normas Metodológicas del Programa de Fitomejoramiento. (en prensa). Ciudad de la Habana, Cuba
- Jaiswal, A.K. & Saha, S.K. (1995). Estimation of the population of parasitoids associated with lac insect, *Kerria lacca* Kerr. on the basis of biometrical characters. *J. Entomol. Res.* 19 (1):27-32
- Kfir, R. (1997). Parasitoids of *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera: Plutellidae), in South Africa: an annotated list. *Entomophaga.* 42:517-523.
- Kfir, R. (2001). Prospects for biological control of *Chilo partellus* in grain crops in South Africa. <http://www.inasp.org.uk/ajol/journals/isa/vol21n04abs.html>
- LaSalle, J. & Schauff, M.E. (1992). Preliminary studies on Neotropical Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea): clarification of Ashmead, Cameron, Howard and Walker types. *Contributions of the American Entomological Institute.* 27:1-47.
- LaSalle, J. & Huang, D. (1994). Two new Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of economic importance from China. *Bull. Entomol. Res.* 84 (1):51-56
- La Salle, J. & Polaszek, A. (2007). Afrotropical species of the *Tetrastichus howardi* species group (Hymenoptera: Eulophidae). *African Entomology.* 15 (1):45-56
- López, A.; Montepeque, R. & Gaviria, J. (2001). Manejo de barrenadores *Diatraea* spp. Organización Pantaleón Concepción. Memoria del X Congreso Nacional de la Caña de Azúcar y II Simposio Nacional de Plagas. Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala. Guatemala.
- Mani, M. (1995). Studies on the natural enemies of oriental mealybug, *Planococcus lilacinus* (Ckll.) (Homoptera: Pseudococcidae) in India. *J. Entomol. Res.* 19 (1):61-70
- Machin-Sosa, B. *et al.* 2010. Revolución Agroecológica: El Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba. Habana
- Machuca, J.A. 2007. Crianza animal integrada andar de nueva agricultura. Editorial Oriente. Guantánamo. p. 330-331

- Medina, H. & Padrón, V. (1995). El control biológico del borer de la caña de azúcar. *Cañaveral*
- Méndez, B.A. 2010. Desequilibrio ecológico: un reto para las actuales generaciones. Universidad del pacífico. Buenaventura-Valle del Cauca. Colombia. p. 47-64
- MINAGRI. (2008). Instructivo técnico para el sistema de evaluación AGRO 24 del Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba
- Montepeque, R.; Gaviria, J.; Gómez, R. & Maldonado, D. (2000). Evaluación de la eficiencia de control de barrenadores de la caña de azúcar a través del uso de parasitoides. *Revista de ATAGUA*
- Moore, S.D. & Kfir, R. (1995). Aspects of the biology of the parasitoid, *Tetrastichus howardi* (Olliff.) (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of African Zoology*. 109:455-466
- Mugo, S.N.; Bergvinson, D. & Hoisington, D. (2001). Options in developing stemborer-resistant maize: CIMMYT'S approaches and experiences. <http://www.inasp.org.uk/ajol/journals/isa/vol21nº4abs.html>
- Nsami,E.; Pallangyo, B.; Mgoo,V. & Omwega, C.O. (2001). Distribution and species composition of cereal stemborers in the eastern zone Tanzania. <http://www.inasp.org.uk/ajol/journals/isa/vol21nº4abs.html>
- Obenberger, J. (1964). Entomologic. Praha. Nakladatelství Československé Akademie Věd. T. 5. 126 p.
- Pablos, P.; Menéndez, A.; Cortegaza, L.; Cabrera, I.; Lora, N. & De León, M.E. (2010). Evaluación de la fertilización nitrogenada en áreas comerciales con caña de azúcar en Cuba. *Rev. ATAC*. (1):9-14
- Pereira De Souza, Amanda; Gaspar, Marilia; Alves Da Silva, E.; Ulian, E.; Waclawovsky, J.; Nishiyama, Milton, Yutaka. Jr. & Waclawovsky, J. 2008. Elevated CO₂ increases photosynthesis, biomass and productivity, and modifies gene expression in sugarcane. *Plant, Cell & Environment*. 31 (8):1116
- Pérez, J.L. & Milanés, N. (1979). Determinación del área y forma de las parcelas experimentales y del número óptimo de réplicas para los experimentos de la caña de azúcar. *Rev. Cienc. Agric*. 4:111-115
- Perez, J.R.; Matos, M.; Montalbán, J.; Peralta, E.L.; Pérez, G.; Carvajal, O. & China, A. (2002). Desarrollo de la escaldadura foliar *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson de la caña de azúcar: patógeno, variedades y clima. I Simposio Internacional sobre vigilancia fitosanitaria y su relación con la protección al entorno. p. 180

- Piñón, D. (2002). Hacia una fitoprotección ecológica de plagas. Manual para productores. Ediciones Publinica. MINAZ. 68 pp.
- Pyankov, L.I.; Ziegler, H.; Akhani, H. & Deigele, Claudia. 2010. European plants with C₄ photosynthesis: geographical and taxonomic distribution and relations to climate parameters. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 163 (1):283
- Pruna, P.M. (1969). Revisión de la literatura acerca del borer de la caña de Azúcar *Diatraea saccharalis* (F.). *Serie Biológica*. 5:73
- Prasad, K.S.; Aruna, A.S.; Kumar, V.; Kariappa, B.K. (2007). Feasibility of mass production of *Tetrastichus howardi* (Olliff), a parasitoid of leaf roller (*Diaphania pulverulentalis*), on *Musca domestica* (L.). *Indian Journal of Sericulture*. 46:89-91
- Pretty, J.N.; Noble, A.D.; Bossio, D.; Dixon, J.; Hine, R.; Penning, T.; Devries & Morrison I.L. (2006). Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental Science and Technology*. (40):1114
- Rice, E.R. (2006). Biological-chemical control of sugarcane borers in Florida. *Sugar J*. 43 (9):17-19
- Ríos, H.; Vargas, D. & Funes-Monzote, F.R. (comps.). (2011). Innovación agroecológica, mitigación y adaptación al cambio climático. La Habana. 248 p.
- Risco-Briceño, S.H. (1996). Éxitos históricos de taquínidos y braconídeos en el control biológico de *Diatraea* en caña de azúcar cultivada en América. *Rev. Ent. Per*. 39:85-90.
- Rizzo P. 2002. La industria azucarera de Cuba. Historia. <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/cuba.htm>
- Rodríguez, O.; Fuentes, A.; Aliaga, A.; Fuentes, F.; Vidal, M.; Tamayo, M. & Chacón, V. (2002). Reporte de *Trichogramma fuentesi* Torre (Hymenoptera: Trichogrammatidae) en el control biológico de plagas de la caña de azúcar en la provincia Santiago de Cuba. 48 Congreso ATAC. La Habana
- Rodríguez, D.A.; Ordoñez, P. & China, A. (2003). Memorias del curso de capacitación: Plagas, malezas y enfermedades de la caña de azúcar. Universidad Veracruzana. Veracruz. México
- Rodríguez, Mérida. (2001). Mecanismos de regulación de la población de *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy (Hemiptera: Delphacidae) en caña de azúcar. Tesis en opción al Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA. La Habana. 98 p.
- Rosset, P.M. et al. (2011). The campesino-to-campesino agroecology movement of ANAP in Cuba. *Journal of Peasant Studies*. 38 (1):161-91

- Salgado, S.; Riestra, D. & Lagunes-Espinosa, L.C. (2010). Caña de azúcar: hacia un manejo sustentable. Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco, Villahermosa, Tabasco. 394 p.
- Sánchez, Tania; Milera, Milagros; Simón, L.; Lamela, L. & López, O. 2006 Asociación gramíneas-leguminosas. Potencialidades como alimento para rumiantes. ACPA. No. 25.
- Silva-Torres, Ch.; Pontes, I.; Torres, J.; Barros, R. (2010). New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. *Neotropical Entomology*. 39 (5):835-838
- Sinclair, T.R.; Gilbert, R.A.; Perdomo, R.E.; Shine Junior, J.M.; Powell, G.; Montes, G. (2004). Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. *Field Crops Research*. 88:171-178
- Srinivasan, R. & Panicker, K.N. (1994). Observation on the host parasitoid interaction between *Periplaneta americana*, the american cockroach and *Tetrastichus hagenowii*, an oothecal parasitoid. *Memorias de Instituto Oswaldo Cruz*. 89 (3):417-419
- Statistical Graphics Corp. (2000). Statgraphics Plus. Versión 5.0. Paquete estadístico
- Suárez, A.; Valdez, J.; O'Reilly, J. & Santana, O. (1997). Sistema integral para la estimación de pérdidas por borer en caña de azúcar. 47 Congreso de la ATAC. La Habana. Resúmenes. p. 30
- Suárez Rivacoba, R. & Morín, R. (2005). Caña de azúcar y sostenibilidad. Enfoques y experiencias cubanas. p. 1-21
- Suárez, J. *et al.* (2006). La difusión y adopción de tecnologías. En: Recursos forrajeros, herbáceos y arbóreos. (Ed. Milagros Milera). Universidad de San Carlos de Guatemala, EEPF Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. p. 435
- Torres, V.; Figueredo, J.; Lizazo, D. & Álvarez, A. 2006. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. Informe técnico. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, Cuba
- Vázquez, L. (2006). La lucha contra plagas agrícolas en Cuba. *Fitosanidad*, 10 (10):205
- Vázquez, L. (2010). Diagnóstico de la utilización de entomófagos y entomopatógenos para el control biológico de insectos por los agricultores en Cuba. *Fitosanidad*. 14 (3):159-169
- Vázquez, L. (2011). Cambio climático, incidencia de plagas y prácticas agroecológicas resilientes. En: Ríos, H., Vargas, D., Funes-Monzote, F.R., (comps.). Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. INCA. Habana. p. 75-102

- Weatherston, I. & Stewart, R.R. (2000). Regulatory issues in the commercial development of pheromones and other semiochemicals. Mem. XXI Int. Congress Entom. Foz do Iguassu. Brazil. Abstract. p. 617
- Wezel, A., S. Bellon, T., Doré, C. Francis., D. Vallod, C. David. (2009). Agroecology as a science, a movement, and a practice. *Agronomy for Sustainable Development*. 29 (4):503-515