

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



PARASITOIDISMO Y CONTROL MICROBIANO DEL BARRENADOR (*Diatraea saccharalis* F.) DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.), EN EL DEPARTAMENTO DE SONSONATE, EL SALVADOR, 2009.

**POR:
AMILCAR ENRIQUE ARGUETA
WILFREDO ENRIQUE HERNANDEZ CHICAS**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

SAN SALVADOR, JUNIO DE 2011

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



PARASITOIDISMO Y CONTROL MICROBIANO DEL BARRENADOR (*Diatraea saccharalis* F.) DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.), EN EL DEPARTAMENTO DE SONSONATE, EL SALVADOR, 2009.

**POR:
AMILCAR ENRIQUE ARGUETA
WILFREDO ENRIQUE HERNANDEZ CHICAS**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

SAN SALVADOR, JUNIO DE 2011

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. AGR. M.Sc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL:

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

DR. REYNALDO ADALBERTO LÓPEZ LANDAVERDE.

SECRETARIO:

ING. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL

ING. AGR. M.Sc. RAFAEL ANTONIO MENJIVAR

DOCENTES DIRECTORES:

ING. AGR. M.Sc. RAFAEL ANTONIO MENJIVAR

ING. AGR. M.Sc. MIGUEL RAFAEL PANIAGUA

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACION:

ING. AGR. M.Sc. RAFAEL ANTONIO MENJIVAR

RESUMEN

Esta investigación es sobre la presencia del barrenador (*Diatraea saccharalis* F) en plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L), del Departamento de Sonsonate en la zona occidental de El Salvador, la existencia de parasitoidismo como controlador natural, y pruebas de patogenicidad a nivel de laboratorio para evaluar la efectividad de dos productos microbianos: Dipel (*Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki), B3 (*Beauveria bassiana*).

Se realizó entre el 31 julio y el 2 de octubre de 2009, en las haciendas: Zapotitán, El Morro, Miramar, San José, Buena Vista y Santa Emilia. Ubicadas principalmente en los departamentos de Sonsonate y Santa Ana. *D. saccharalis* tiene presencia en esa zona con porcentajes de infestación que van desde 12.5% hasta un 119.23%, lo que indica que en el nivel superior las cañas barrenadas tenían la presencia de más de una larva por tallo; esto refleja un impacto considerable ya que según Bonzi, 2008 “Por cada 1% de intensidad de infestación, se pierde el 0.25% en la producción final de azúcar”, es decir, en el menor de los casos se tendrían pérdidas de 6.8 kg hasta un máximo de 32.5kg por tonelada métrica.

El cien por ciento del parasitoidismo encontrado corresponde a *Paratheresia claripalpis* Wulf; Díptera, Tachinidae, presente en niveles porcentuales que oscilan entre 50% y 77.22 %, en la zona de estudio.

Según las pruebas realizadas con controladores microbianos a nivel de laboratorio, el bioplaguicida más efectivo para el control de *Diatraea saccharalis* es Dipel (*Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki), el cual alcanza un 90% de mortalidad sobre los especímenes tratados a aproximadamente a los 5 días después de aplicación. Finalmente; se recomienda y se propone, la puesta en marcha de un plan de manejo del barrenador (*D. saccharalis* L), que va desde el control de sanidad a nivel de semilleros hasta la utilización de diferentes métodos de control en plantaciones ya establecidas.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco de manera muy especial a las Comunidades Eclesiales de Base del Norte de Morazán, de manera muy fraterna a Carmen Elena, y al Padre Rogelio Ponselee, por la enorme contribución que han hecho a mi formación, pero sobretodo, porque han permitido a nuestro pueblo, acercarse hacia el abrazo divino de Dios... en la enseñanza de Jesucristo, en el martirio de Monseñor Romero, en la experiencia cotidiana; gracias a todos ellos, y ellas, los héroes y mártires de éste país, Dios es para nosotros, como dice Leonardo Boff “Consuelo Divino para el Desamparo Humano”.

Agradezco a la Asociación Jóvenes Solidarios, quienes no solamente apoyaron económicamente mis estudios, si no también, crearon una nueva familia para mí, me ayudaron a encontrar al hermano y la hermana en los que coexistimos en este momento y espacio.

Finalmente, considero un honor pertenecer y ser fruto de la Universidad de El Salvador, por su historia, por su compromiso, por su carácter científico social, y más aún por su confianza al haberme convertido en uno más de sus becarios.

DEDICATORIA.

Dedico humildemente este esfuerzo a la sociedad Salvadoreña, eximamente a aquellos salvadoreños y salvadoreñas que al igual que mis hermanos Guillermo, y Herminia, se han comprometido hasta la muerte con la utopía de una sociedad más justa; fuera del radicalismo ideológico, lo importante es el compromiso con la vida, un ideal que responde a las más profundas aspiraciones de nuestra querida madre; Ana María Argueta, que ahora descansa eternamente en los brazos del altísimo.

AMILCAR ENRIQUE ARGUETA.

AGRADECIMIENTO.

A Dios todopoderoso, por darme la sabiduría, la salud y la fuerza para finalizar mis estudios.

A mi familia, por darme su apoyo moral y económico para realizar este sueño.

A la Universidad de El Salvador: Por poner en mis manos todos los recursos que necesitaba para mi formación.

A la Fundación JOVESÓLIDES EL SALVADOR: Por haberme apoyado y por abrirme las puertas de la Residencia Universitaria.

A mi compañero, amigo y hermano, Amílcar Enrique Argueta, por acompañarme incansablemente a lo largo de toda la carrera, por ser mi consejero y por confiar en mí, gracias Amílcar.

A nuestros Asesores, Ing. MSc. Miguel Rafael Paniagua y el Ing. MSc. Rafael Antonio Menjivar, por compartir sus conocimientos y por toda su colaboración.

Al Ing. Agr. Francisco Corado, por su colaboración y su acompañamiento en las labores de campo y laboratorio.

WILFREDO ENRIQUE HERNANDEZ CHICAS

DEDICATORIA

A mi Padre: Gilberto Enrique Hernández (QDDG): por enseñarme incansablemente que la única manera de salir adelante es estudiando y por apoyarme incondicionalmente hasta en el último momento de su vida.

A mi Madre: Elba Luz Chicas: Por enseñarme a ser fuerte hasta en los momentos más difíciles, por apoyarme en cada una de mis decisiones y por todo el amor que siempre me ha brindado.

A mis Hermanas y hermanos: Yanira, Elsi, Benigna, Elías, Erick y Santiago: por apoyarme incondicionalmente, por enseñarme el espíritu de lucha, por comprenderme, por aceptar mis errores, por sufrir conmigo, por ser mis modelos de persona a seguir, por enseñarme la risa más linda, alegre y espontánea del mundo gracias Santiago.

A Javier Bustos: Por creer en mí, por darle felicidad a mi hermana, por sus sabios consejos y sus recomendaciones aguerridas.

A Rubén Solórzano y Yolanda de Solórzano: Por su amistad, por brindarme su apoyo y haber estado conmigo cuando más lo necesitaba.

A mi tío Toño, mi tía Thelma y mi tío Miguel: por sus consejos, sus oraciones, sus bromas y su plena confianza en mí.

A Marisa Yaneth Villalta: Por toda su comprensión, por su confianza, por sus sabios consejos, por enseñarme a enamorarme cada día más de ella, por todo su amor, gracias Mary.

A la familia Arriaga López especialmente a Marta Lidia, por todo su amor y su apoyo incondicional, por haberme acogido en el seno de su familia y por enseñarme valiosas lecciones sobre la vida.

A Sandra Elizabeth Guardado: Por enseñarme la importancia del estudio pese a cualquier adversidad, por sus consejos y sus palabras sinceras siempre en el momento oportuno.

A mis compañeros: Amílcar, Erick Eduardo, Rubí, Luis Mario, Vladimir, Simeón, Karina, Claudia María, Carla Fuencisla, Vinicio, Roni, Sergio, Rocío, Virginia Lucía, Edwin, Rochac, Santiago, Oscar Alexander, Anakely, Luis Huevo, Jaime Calderón, Alondra, Karen Jannett, Rolando: por su amistad y su apoyo en cada dificultad que enfrentamos a lo largo de la carrera.

A mis amigos: Nelson Martínez, Rosa Delsi, Sonia Silva, Guadalupe Silva, Alfredo Núñez, Jessenia Alfaro, Rosalina Chavarria, Gilberto Berrios, Karla Patricia, Gloria Rodríguez,

Oswaldo Ortíz, Felipe Ortíz, Rosa Migdalia, Tania Lorena, Luz Marina, Silvia Graciela, José Santos Guevara, Salvador Gómez, Alirio Núñez, Roxana López, Sonia Villalta, Luis Núñez, Ricardo Núñez, Nelson Calero, Jesús Calero, Karen Orantes, Guillermo Urrutia, Karen Cisneros, Carlos Cuchilla, Oscar Josue, Miguel Barrera, Mauricio Dubón, Carolina Beatriz, Carolina Girón, Fabricio Urrutia, Jacqueline Rodas, Porfidio Belloso, Catalina Canales, Gerardo Fuentes, Doña Chavelita y a todos y todas mis demás amigos y amigas que se alegran conmigo al alcanzar este importante objetivo de mi vida.

WILFREDO ENRIQUE HERNANDEZ CHICAS

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA

INTRODUCCIÓN

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
3.1 GENERAL	3
3.2 ESPECIFICOS	3
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
4.1 GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i>)	3
4.2 ORIGENES DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
4.3 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS	4
4.4 ESTADO DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL SALVADOR	5
4.5 ÁREAS DE SIEMBRA EN EL SALVADOR	5
5.6 VARIEDADES DE CAÑA QUE SE CULTIVAN EN EL SALVADOR	5
4.7 PROBLEMAS FITOSANITARIOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR	6
4.7.1 ENFERMEDADES VIRALES	6
4.7.1.1 MOSAICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	6
4.7.1.2 RAYA CLORÓTICA	7
4.7.2 ENFERMEDADES BACTERIANAS	7
4.7.2.1 ESCALDADURA FOLIAR	7
4.7.2.2 RAQUITISMO DE LA SOCA	8
4.7.2.3 RAYA ROJA	8
4.7.3 ENFERMEDADES FUNGOSAS	9
4.7.3.1 CARBÓN	9
4.7.3.2 ROYA	9
4.7.4 PLAGAS INSECTILES DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN LA CAÑA DE AZÚCAR	10
4.7.4.1 PICUDO DE LA SEMILLA	10
4.7.4.2 TERMITAS O COMEJENES	10

4.7.4.3 INSECTOS CHUPADORES	10
4.7.4.4 ESPECIES DEL ORDEN LEPIDOPTERA QUE ATACAN AL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR	11
4.7.4.4.1 DEFOLIADORES	11
4.7.4.4.2 BARRENADORES	12 - 16
4.8 GENERALIDADES DEL BARRENADOR MAYOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Diatraea saccharalis</i>)	16
4.8.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	16
4.8.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	17
4.8.3 HABITOS	17
4.8.4 CICLO BIOLÓGICO	18
4.8.5 IMPACTO DE <i>D. saccharalis</i> EN LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR	19
4.8.6 MÉTODOS DE CONTROL DE <i>D. saccharalis</i>	20
4.8.6.1 TECNICAS CULTURALES	20
4.8.6.2 CONTROL QUÍMICO	21
4.8.6.3 CONTROL BIOLÓGICO	21
4.8.6.3.1 PARASITOIDES	22 – 24
4.8.6.3.2 IMPACTO DE ENEMIGOS NATURALES	25
4.8.6.4 CONTROL MICROBIANO	25
4.8.6.4.1 BACTERIAS	25
4.8.6.4.2 HONGOS ENTOMOPATOGENOS	26
4.8.6.4.3 BIORACIONALES	27
4.8.6.4.4 INCETICIDAS MICROBIALES	27
4.9 BIOENSAYO	28
5. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1 DURACIÓN Y UBICACIÓN DE LOS MUESTREOS	28
5.1.1 FASE DE CAMPO	29
5.1.2 FASE DE LABORATORIO	30
5.2 BIOENSAYO	31
5.2.1 RECOLECTA Y PREPARACIÓN DE LARVAS PARA EL BIOENSAYO	31
5.2.2 PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	31

5.3 ANALISIS ESTADÍSTICO	32
5.3.1 TRATAMIENTO DE DATOS DE MUESTREOS Y PARASITOIDISMO	32
5.3.2 ANALISIS DE BIOENSAYO	32
5.3.2.1 Determinación de TL50 de bioplaguicidas	32
5.3.2.2 Comparación de bioplaguicidas	32
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
6.1 MUESTROS DE CAMPO	32
6.1.1 MUESTREO DE CAMPO DE PARASITISMO SOBRE <i>Diatraea saccharalis</i>	32- 33
6.2 BIOENSAYO	35
6.2.1 ESTIMACIÓN DE TL 50 (TIEMPO LETAL MEDIO) DE LOS BIOPLAGUICIDAS UTILIZADOS	35
6.2.2 COMPARACIÓN ENTRE PRODUCTOS	35
6.2.2.1 Uso de formulados comerciales para el control microbiano de <i>Diatraea saccharalis</i> en el cultivo de caña de azúcar	36
6.2.3 FUENTES DE VARIACIÓN EN APLICACIONES A CAMPO ABIERTO	37
6.2.3.1 Método de aplicación	37
6.2.3.2 Momento de aplicación	37
6.3 PROPUESTA PARA EL MANEJO DEL BARRENADOR MAYOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Diatraea saccharalis</i>)	38
6.3.1 SANIDAD DE SEMILLEROS COMERCIALES	38
6.3.1.1 SELECCIÓN DEL SITIO DE ESTABLECIMIENTO	38
6.3.1.2 EVALUACIÓN DE SANIDAD DE LA SEMILLA	38
6.3.2 RENOVACIONES O SIEMBRAS NUEVAS	39
6.3.2.1 AREAS A RENOVAR	39
6.3.2.2 PREPARACIÓN DEL SUELO	39
6.3.3 SELECCIÓN DE VARIEDADES	39
6.3.3.1 SANIDAD DE SEMILLA	39
6.3.4 PRÁCTICAS CULTURALES	39
6.3.4.1 CULTIVOS ALEDAÑOS	39

6.3.4.2 MANEJO DE COSECHA	40
6.3.4.3 CONTROL DE MALEZAS	40
6.3.5 MONITOREO Y TOMA DE DECISIÓN DE ACCIONES DE MANEJO	41
6.3.5.1 MUESTREO	41
6.3.5.2 TOMA DE DECISIÓN	41
6.3.6 CONTROL BIOLÓGICO	42
6.3.6.1 CONTROL BIOLÓGICO DE CONSERVACIÓN	42
6.3.6.2 CONTROL BIOLÓGICO CLÁSICO	43
6.3.6.3 CONTROL MICROBIOLÓGICO	43
7. CONCLUSIONES	43
8. RECOMENDACIONES	44
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44-48
10. ANEXOS	49
INDICE DE FIGURAS	
Figura1: Acumulado semanal de lluvias en zona de estudio	28
Fig. 2. Colecta de larvas y pupas, búsqueda minuciosa de especímenes.	29
Fig. 3. Desarrollo larval en laboratorio, larva alimentándose con trozos de caña	31
Fig. 4. Colecta de larvas para bioensayo, larva de tercer estadio de edad.	31
Fig. 5, Gráfico del TL 50 (Tiempo Letal Medio), de los bioplaguicidas Utilizados	35
ÍNDICE DE CUADROS	
Cuadro1. Resultados de muestreos de campo	34
Cuadro 2, Tabla de análisis de varianza	36
Cuadro 3. Tabla de resultados de los tratamientos aplicados en bioensayos	36

INTRODUCCIÓN

Diatraea saccharalis F, Lepidóptera, Pyralidae, es considerado uno de los barrenadores que más afectan la producción de azúcar en plantaciones del Departamento de Sonsonate, en la zona occidental de El Salvador. Según el Ing. Agr. Miguel Paniagua*. Las pérdidas estimadas tienen una correlación de 0.60kg de azúcar por Tm³ de caña para un 1% de intensidad de infestación de la plantación. El promedio de infestación nacional oscila entre 2 – 3% y para el área de estudio es del 12.5% al 119.23%. Su control es complicado ya que debido al hábito alimenticio de la larva, los productos aplicados, no logran penetrar hasta las galerías construidas por las larvas dentro de los tallos de caña.

Esta investigación permite verificar la presencia de parasitoidismo en forma natural dentro de las plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L). Además; se evalúa a nivel de laboratorio alternativas de control microbiano de *Diatraea saccharalis* con el objetivo de presentar una propuesta de Manejo que se podría implementar en la zona de estudio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El barrenador mayor (*Diatraea saccharalis*) es una de las principales plagas que afectan las plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), de los productores salvadoreños, especialmente las plantaciones ubicadas en la zona occidental del país. Las pérdidas estimadas tienen una correlación de 0.60kg de azúcar por Tm³ de caña para un 1% de intensidad de infestación de la plantación. El promedio de infestación nacional oscila entre 2 – 3% y para el área de estudio es del 5% (Ing. Miguel Paniagua*).

Debido al hábito alimenticio de la larva, los métodos de control químicos implementados han resultado poco satisfactorios para su control, ya que los productos aplicados, no logran penetrar hasta las galerías construidas por las larvas dentro de los tallos de las plantas de caña de azúcar, lo que dificultando su control

2. JUSTIFICACIÓN

La investigación servirá para identificar y evaluar la dinámica poblacional de parasitoides y depredadores de *D. saccharalis* presentes en campo, que atacan sus diferentes formas biológicas (Huevo, larva y pupa). Además, se determinará el porcentaje en los que éstos afectan a dicha plaga, lo que permitirá analizar el potencial de los mismos como enemigos naturales, y su eficacia como tales. A partir de los resultados encontrados se podrán tomar decisiones para elegir la mejor técnica de control biológico a implementar; constituyendo una alternativa para disminuir el uso de insecticidas químicos.

Es de considerar que el uso de insecticidas químicos ha demostrado ser poco eficaz, ya que como su aplicación se realiza en forma asperjada, el producto no logra llegar hasta donde se encuentran las larvas de *D. saccharalis* en el interior de los tallos de las plantas de caña. Por lo tanto; se sospecha que existe un efecto contraproducente en la medida en que su efecto pudiera afectar o matar los insectos benéficos (depredadores y parasitoides).

Hasta la fecha no se tienen registros de investigaciones sobre parasitoides de *D. saccharalis*, bajo las condiciones climáticas y manejo de las plantaciones de caña de azúcar en El Salvador, el estudio constituirá un insumo para futuras investigaciones en este campo.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.2 GENERAL

- Identificar enemigos naturales de *Diatraea saccharalis* presentes en las plantaciones de caña de azúcar del Departamento de Sonsonate en la zona occidental de El Salvador.

3.2 ESPECIFICOS

- Cuantificar la incidencia de parasitoides de *Diatraea saccharalis* en la zona de estudio y su importancia en el manejo de esta plaga.
- Evaluar a nivel de laboratorio alternativas de control microbiano para el manejo de *Diatraea saccharalis* en caña de azúcar.
- Elaborar una propuesta de Manejo de *Diatraea saccharalis* en las condiciones de la zona occidental del país.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar, de acuerdo a Lagos (1986), se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Orden: Glumifloras

Clase: Monocotiledóneas

Familia: Gramíneas

Género: *Saccharum*

Especie: *officinarum*

Nombre común: Caña de azúcar

Nombre científico: *Saccharum officinarum* L.

4.2 ORIGENES DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar es una planta tropical que pertenece a la familia de las gramíneas y es de

la tribu Andropogoneae. La que actualmente se cultiva, es un híbrido muy complejo de dos o más de las cinco especies del género *Saccharum*: *S. barben*, *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. smense* y *S. spontaneum*. Muchas de estas especies sufrieron cruzamientos naturales, originando un género muy diverso (Lagos, 1986).

Estudios realizados por investigadores sobre el origen de la Caña de azúcar, reportan y concuerdan que *Saccharum spontaneum*, *S. sinense* y *S. barben* se desarrollaron en el área de Birmania e India en el Asia meridional. Las formas relativamente jugosas de las dos últimas especies, fueron utilizadas en los comienzos del cultivo y procesamiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la India y China. Cuando dichas especies se extendieron a otras regiones sufrieron de alguna forma diversos cruzamientos con otras gramíneas, apareciendo las especies *robustum* y *officinarum* en las islas del sureste de Indonesia, y en el área de Nueva Guinea respectivamente (MAG, 2003).

El Sánscrito (antiguo idioma hindú), designó a la azúcar con la palabra “Sacra”, en griego “Saccharum”, en persa “Xacar” y en árabe “Sukkar” de donde se originó la palabra Azúcar.

La introducción de la caña de azúcar en El Salvador se menciona en el documento publicado por el Ingeniero José Manuel Henríquez y por Miguel Ángel Gallardo, llegó desde México; pero nadie mostró interés por la fabricación de azúcar (Blanco, 1990).

4.3 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS

La temperatura, humedad y luminosidad son los principales factores del clima que controlan el desarrollo de la caña. Se adapta a una amplia gama de condiciones climáticas considerado como un cultivo tropical, se siembra como un cultivo tropical, se siembra en zonas sub. Tropicales y también se adapta en condiciones cálidas y soleadas. (Díaz et al.2004).

Las condiciones óptimas para el desarrollo de la caña de azúcar son temperatura media de 25 a 28 °C y la mínima de 20 °C, pudiendo variar según la variedad y el manejo (Ingenio La Cabaña, 1999). Cuando prevalecen temperaturas altas la caña de azúcar alcanza un gran crecimiento vegetativo y bajo estas condiciones, la fotosíntesis se desplaza hacia la producción de carbohidratos de alto peso molecular, como la celulosa y otras materias que constituyen el follaje y el soporte fibroso del tallo. Se tienen reportes que a bajas temperaturas todas las variedades tienen una menor eficiencia y más baja proporción de desarrollo. (MAG, 2003).

Es indispensable también proporcionar una adecuada cantidad de agua a la caña durante su desarrollo vegetativo, para que permita absorción, transporte y asimilación de nutrientes. El requerimiento total de agua para el cultivo de Caña de Azúcar, durante un período de siembra a cosecha varía de 1500 a 2000 m. m. por año. La luz juega un papel muy importante como fuente de energía de la caña de azúcar en el almacenamiento de la sacarosa (MAG, 2003).

La caña de azúcar se cultiva con éxito en la mayoría de los suelos; preferentemente deben contener muy buena cantidad de materia orgánica, buen drenaje interno y externo, y que su pH oscile entre 5.5 y 7.8 (Ingenio La Cabaña 1999).

4.4 ESTADO DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL SALVADOR

Según Julio César Arroyo; presidente de la Asociación Azucarera de El Salvador, publicado en la revista. En la zafra 2007 – 2008, se produjeron 12.198.713 quintales de azúcar, que representa un incremento del 5.9% respecto los 11.519.133 quintales de la zafra 2006-2007. De ello, se estima que el 45% del azúcar se destinará al consumo interno y el resto será exportado a otros países, principalmente a Estados Unidos, a donde ya se han enviado más de 50.00 toneladas. (El ECONOMISTA, 2009).

4.5 ÁREAS DE SIEMBRA EN EL SALVADOR

En la actualidad la caña de azúcar se cultiva en 408 cantones de los Departamentos de El Salvador, con excepción de Morazán y La Unión, donde no se cultiva debido a la gran distancia de los Ingenios y existe menor cantidad de tierras mecanizables. Las zonas central y occidental son las responsables de más del 60% de la superficie cultivada y aportan casi el 80% de la producción total de caña debido a que sus rendimientos agrícolas son superiores a los del promedio nacional. La Paz es el departamento con más área cultivada con caña de azúcar seguido de Sonsonate, La Libertad, Usulután, San Salvador y San Vicente (Días *et al*, 2004).

4.6 VARIETADES DE CAÑA QUE SE CULTIVAN EN EL SALVADOR

Comercialmente existe una diversidad de variedades de caña de azúcar, dentro de las cuales existen variedades: Tempranas, Medianas, y Tardías; el problema en la actualidad es que existen mezclas entre dichos materiales lo que afecta los programas de manejo en términos de maduración y cosecha (MAG. 2003).

Las condiciones específicas de cada parcela cultivada con caña de azúcar determinan el grado de adaptación de las variedades, a nivel nacional existen 87 variedades, de las cuales 4 poseen la mayor área en manzanas cultivadas, estas son: CP72-2086, MEZCLA, PR1013 y PINDAR, estas representan el 68% del total de área cultivada a nivel nacional (Díaz et al.2004).

En El Salvador existen alrededor de 7,000 productores de caña de azúcar. Dentro de sus parcelas aglutinan en muchos casos un conglomerado de variedades que no están clasificadas adecuadamente, pero que sin embargo; responden más a la capacidad de adaptación de dichas variedades a las condiciones edafo-climáticas de las zonas productoras (MAG. 2006).

4.7 PROBLEMAS FITOSANITARIOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La palabra “fitosanitario” es un compuesto de la raíz griega “fito”, que significa planta o vegetal, y la latina “sanitas” que significa salud (Cañizares *et al.* 2010).

Las enfermedades de la caña de azúcar constituyen uno de los principales factores negativos para la producción azucarera mundial, causado principalmente por hongos, virus o bacterias; las cuales en las últimas décadas han crecido considerablemente el número de organismos patógenos y agentes etiológicos detectados sobre este cultivo y se han extendido, de forma notable, los que existían con anterioridad. Algunas enfermedades de mayor importancia fitosanitaria se mencionan a continuación (Badilla 2003).

4.7.1 ENFERMEDADES VIRALES

Las enfermedades virales son las más letales para las plantas por la imposibilidad de erradicarlas, ya que son micro-partículas de ADN que se incrustan en el genoma de las plantas; por lo tanto, el único mecanismo de control es a través de los agentes vectoriales. Algunas enfermedades causadas por virus, se mencionan a continuación (Morales 2008).

4.7.1.1 MOSAICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Agente causal: Virus del tipo Potyvirus.

El mosaico fue descubierto por primera vez en Java, Indonesia, en 1882 como una anomalía de la caña de azúcar; pero por naturaleza del virus sobre la enfermedad, su transmisibilidad por áfidos y por inoculación del jugo, no fue demostrada sino hasta 1919. Puede ocasionar pérdidas superiores al 30 % de la cosecha. En la actualidad se encuentra en 72 países

productores de caña y se han reportado 14 razas y varias sub razas del agente causal. (Legón 1999).

Transmisión:

Se transmite por insectos vectores de nueve especies de áfidos y la semilla infectada es importante para el establecimiento del mosaico en el campo, y la transmisión por inoculación mecánica al campo es insignificante. (Legón 1999).

4.7.1.2 RAYA CLORÓTICA

Agente causal: Virus no identificado

Fue descrita por primera vez en Java, Indonesia en el año de 1929, en la actualidad, se encuentra presente en 35 países cañeros, en algunos de los cuales han causado pérdidas significativas al afectar la germinación y retoñamiento, así como la disminución del ahijamiento y el crecimiento de las variedades susceptibles, han llegado, en algunos casos, a perderse entre 30 a 35 % de la cosecha en condiciones experimentales. (Legón 1999).

Transmisión:

La semilla agámica es un medio de transmisión y el salta hojas (*Draeculacephala portola* Ball), ha mostrado ser un vector de ésta; sin embargo, el agente causal no ha sido transmitido, mecánicamente, por extracto de plantas infectadas (Humbert, 1974).

4.7.2 ENFERMEDADES BACTERIANAS

Las enfermedades bacterianas, son diseminadas a través de material vegetativo contaminado, mediante procedimientos de cortes de material vegetativo con herramientas contaminadas, y a través de agentes vectoriales; también son mecanismos de propagación el agua lluvia, el viento y el ser humano (Ventura 2007).

Algunas enfermedades causadas por bacterias se mencionan a continuación:

4.7.2.1 ESCALDADURA FOLIAR

Organismo causal: *Xanthomonas albilineans*

La escaldadura de la hoja fue identificada como una enfermedad bacteriana fibra vascular de la caña de azúcar en los años 1920 en Australia y en Java. Fue descubierta poco después en otros países. Ocasionó serias pérdidas durante los primeros años en las cañas nobles pero su control fue gradualmente asegurado por su reemplazamiento por variedades híbridas

resistentes. Actualmente está presente en 42 países pero ya no es tan seria. Sin embargo se le considera todavía como una enfermedad potencialmente peligrosa. En muchos de los cuales se ha mantenido bajo control por medio del mejoramiento genético, causa pérdidas en el rendimiento agrícola, lo que afecta a su vez el contenido de sacarosa en el Jugo (Menjívar, 1985).

4.7.2.2 RAQUITISMO DE LA SOCA

Organismo causal: *Clavibacter xyli*

Fue observado, por primera vez, en Australia en el año de 1944 -1945, y actualmente se encuentra en 47 países. Dicha enfermedad es prácticamente responsable de elevadas pérdidas de rendimiento en todas las áreas cañeras del mundo, por lo cual se la considera como una de las de mayor importancia económica en este cultivo. Diferentes autores reportan pérdidas de un 10 a 35%. Cuando está acompañado con (SCMV) el efecto aditivo potencia las pérdidas hasta un 60%, según la variedad y el grado de infección por mosaico. La bacteria es coryneforme, muy pequeña, predominantemente unicelular y pleomórfico. Son comunes las formas arqueadas e hinchadas de un tamaño de 0.25 x 1.3 μ micrómetros. Dicha bacteria se encuentra en los vasos de la mela xilema y protoxilema de los haces vasculares del hospedero, crece en los orificios de las paredes secundarias de las células del xilema y puede inducir a la formación del gel vascular pectináceo en los vasos del xilema. La enfermedad al desarrollarse en los vasos conductores, afecta la habilidad de la planta para absorber y transpirar agua, por lo tanto esta enfermedad se potencia bajo condiciones adversas de humedad. Estos efectos por sí solos son los que conducen a una reducción del crecimiento (Menjívar, 1985).

Transmisión:

Su diseminación ocurre principalmente por el uso del machete en el corte de semilla o por las herramientas y máquinas usadas en la cosecha comercial y por semilla agámica procedente de plantas enfermas (Menjívar, 1985)

4.7.2.3 RAYA ROJA

Organismo causal: *Pseudomonas rubrilineans*.

Fue descubierta por primera vez en el año de 1922, en Hawaii, y actualmente se encuentra en 52 países cañeros, y produce pérdidas que oscilan entre el 20 al 30 % de la cosecha (Ortiz, 1990).

Transmisión:

Es por medio de la lluvia, el viento, los insectos y el hombre. La transmisión por semilla no ha sido confirmada, pero se deben eliminar del material de siembra los tallos que presentan los síntomas agudos de la enfermedad (Ortiz, 1990).

4.7.3 ENFERMEDADES FUNGOSAS

Los Hongos son los causantes de la mayoría de las enfermedades en las plantas, pues existe una gran diversidad de especies. Debe resaltarse que tienen una gran capacidad para resistir en el tiempo ya que se protegen formando cápsulas que les permiten sobrevivir en forma latente (Morales 2008).

En la caña de azúcar, Morales (2008), menciona las siguientes enfermedades fungosas:

4.7.3.1 CARBON

Organismo causal: *Ustilago scitaminea*

Se reportó en 1877 en África del sur, actualmente está presente en 64 países cañeros, causando pérdidas entre 17 a más del 50% en variedades susceptibles además de originar disminución en el tonelaje, también ocasiona reducciones en la calidad de la caña. (Morales 2008).

Transmisión:

La inoculación diseminada por el viento es el medio de transmisión más importante. La infección puede alcanzar proporciones epidémicas en uno o dos años en una variedad susceptible. La plantación de material infectado como la siembra de esquejes sanos en un suelo contaminado, favorece el desarrollo y la propagación de la enfermedad a los campos comerciales de caña de azúcar. Sin embargo, las esporas al no sobrevivir por más de 2 meses en el suelo, su transmisión por medio del suelo no es probablemente muy importante en la epidemiología de la enfermedad. (Tocagni, 1981).

4.7.3.2 ROYA

Organismo causal: *Puccinia melanocephala*

Se conoce desde hace 100 años, en América fue observada por primera vez en 1978, donde causo pérdidas del 50% de la cosecha en variedades susceptibles, y ha sido reportada en 64 de los países cañeros. (Morales 2008).

Transmisión:

El patógeno de la roya es diseminado principalmente por el viento y el agua. (Morales 2008)

4.7.4 PLAGAS INSECTILES DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN LA CAÑA DE AZÚCAR

En El Salvador, no se reportan datos estadísticos que sistematicen las principales plagas insectiles de la caña de azúcar, y su impacto económico. Sin embargo, se sabe que las plantaciones son afectadas por diversas plagas como: Salivazo (*Aneolamia postica*), coralillo (*Elasmopalpus lignosellus*), los taladradores de la caña, entre otros.

4.7.4.1 PICUDO DE LA SEMILLA

Las hembras de estos insectos ovipositan el material vegetativo que se corta para la siembra y permanece a la intemperie por algún tiempo. De esta forma los trozos se siembran infestados y las larvas de estos destruyen gran parte de la semilla, debilitando los brotes en formación. (Lastras, 1984).

4.7.4.2 TERMITAS O COMEJENES

Son insectos sociales que se alimentan de tejidos leñosos, su preferencia por el estado de descomposición de estos tejidos varía de acuerdo a la especie, hasta el punto que es posible encontrar especies que se alimentan de tejido vegetal vivo (Harris, 1969).

El daño de termitas en la germinación puede obligar a la resiembra total del lote, en cultivos desarrollados, estos insectos destruyen el sistema radical y perforan completamente los tallos, ocasionando una disminución significativa de la producción (Gomez *et al.*, 1995).

4.7.4.3 INSECTOS CHUPADORES

Se refiere principalmente a insectos de los órdenes Hemiptera y Homoptera, sin embargo, son pocas las especies del primer grupo que se alimentan en forma persistente de este cultivo. Muchas especies de Homoptera atacan la caña de azúcar ocasionando pérdidas en forma directa e indirecta.

Entre los especímenes del orden Homoptera que causan daño directo a la caña de azúcar se encuentran los de la familia Cercopidae, del género *Aeneolamia* spp. Este grupo incluye muchas de las principales plagas que atacan la caña de azúcar desde el sur de México hasta Guyana y Sur América, así como serias plagas de pastizales. Existen cuatro especies consideradas como las más importantes *Aeneolamia albofasciata*, *Aeneolamia lepidior*,

Aeneolamia reducta y *Aeneolamia contigua* (Walker) (= *A. postica*); esta última es la que más afecta al cultivo de caña de azúcar. (Thompson, 2005).

Las ninfas de este insecto se encuentran cubiertas por un material espumoso cuya función es, probablemente, protegerlas contra la desecación. Las ninfas del género *Aeneolamia* crecen dentro del suelo y chupan los nutrimentos desde el Xilema de las raíces. Los adultos del insecto se desarrollan en el follaje y las hembras ponen sus huevos en el suelo cerca de la cepa de la planta. En este estado se presenta Diapausa, aunque no se conoce con certeza los mecanismos que inducen su iniciación o su terminación, si se sabe que la humedad relativa influye en la eclosión de los huevos y la sequía incrementa su mortalidad.

Las ninfas de Cercopidae no causan daño considerable a la caña, aunque hay evidencia que retardan el crecimiento, el adulto se alimenta de las células del parénquima que rodean los haces vasculares, lo cual causa la quemazón característica de las hojas, esta quemazón puede estar asociada con la presencia en la saliva del insecto de enzimas del tipo amilasas, invertasas o lipasas, o bien de toxinas que podrían ser de tipo hormonal (Salazar, 1989).

4.7.4.4 ESPECIES DEL ORDEN LEPIDOPTERA QUE ATACAN AL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

4.7.4.4.1 DEFOLIADORES

En este grupo se incluyen especímenes de la familia Noctuidae del Orden Lepidoptera. Aunque las especies de *Spodoptera* son plagas de importancia económica en cultivos semestrales, su presencia en caña de azúcar es solo facultativa, ya que en condiciones normales se hospedan y prefieren malezas gramíneas que crecen en los campos durante los tres meses posteriores a la germinación de la caña, su cambio de hospedero ocurre en la gran mayoría de los casos, en lotes enmalezados en los cuales la aplicación de herbicidas ha sido tardía. Cuando la planta hospedera muere, las larvas de estos insectos se desplazan hacia la caña en busca de alimento. Si la población es alta, puede destruir el 100% de la lamina foliar. En ocasiones como resultado de la escasez de follaje, las larvas de este grupo

alcanzaran a barrenar el material vegetativo del tallo y destruir las yemas que están germinando (Vargas 1992).

4.7.4.4.2 BARRENADORES

Según Guagliumi (1962), se reportan las siguientes:

CASTNIIDAE

Castnia licoides: comúnmente conocido como Taladrador Gigante de la caña de azúcar, Taladrador mayor de la caña de azúcar, Oruga barrenadora de la caña.

Descripción:

Larva de color blanco – amarillo, es cuneiforme, con cabeza y pronoto color caoba, y mide 70 – 75 mm. De largo; el adulto es una mariposa grande, diurna, con expansión alar de 70-80 mm, de color marrón oscuro, y con dos alas transversales oblicuas y blancas sobre ambas alas, y unas manchitas blancas marginales en las superiores.

Ciclo Biológico:

La hembra pone sus huevos generalmente aislados, o en pequeños grupos de hasta 50 unidades, en las cepas de la caña entre los detritos vegetales, o más a menudo en la base del tallo. Las larvas emergen a los 7 a 14 días, y penetran en el rizoma para luego pasar a los tallos de la caña, de cuyos tejidos se alimentan, excavando largos túneles hacia la parte superior de la planta. El desarrollo de la larva se completa a los 60 a 90 días, en condiciones ambientalmente favorables. Sin embargo; el ciclo larval tarda varios meses y hasta un año, si las larvas carecen de alimento o en clima adverso.

La pupa se encierra en un capullo hecho de la misma fibra del tallo, quedando generalmente en la parte inferior o en la cepa de la planta; el adulto sale a los 30 – 45 días. De esta manera pueden tener dos o tres generaciones al año, a pesar que es común que el ciclo dure un año.

Daño e importancia económica:

Los grandes túneles que cavan en la cepa y el tallo de la planta, dañan seriamente el desarrollo de la planta, y ocasionan un amarillamiento general o putrefacción de la misma

(por la invasión de hongos patógenos, especialmente *Physalospora* y *Caratostomella*); es común que las cañas atacadas caigan al suelo producto de las lesiones. Después del corte de la caña, generalmente las larvas se mantienen en las cepas y atacan los nuevos brotes.

PYRALIDAE

Elasmopalpus lignoscellus Z. (Coralillo)

Barrenador menor: (*Elasmopalpus lignoscellus*) Lepidoptera, Pyralidae.

La larva de esta polilla está registrada como una importante plaga de la caña de azúcar, aparece en condiciones de sequía prolongada y con frecuencia en el primer mes siguiente al corte. Las larvas penetran el tallo para alimentarse y salen inmediatamente, lo que hace difícil su localización en el tallo afectado. Estas se pueden encontrar generalmente dentro del suelo en las cercanías de los tallos que muestran daño, y se reconocen fácilmente por su comportamiento nervioso. (Pantoja *et al.*, 1993).

Descripción:

La larva es de color verde gris o verde azulado, con cabeza negra y varias líneas longitudinales sobre el dorso (a veces los segmentos se tiñen de color rojizo, dando al gusano la semejanza de un pequeño coral); a su desarrollo completo mide un centímetro y medio de largo. El adulto es una mariposa pequeña de 18 a 20mm de expansión alar.

Ciclo biológico:

Los huevos son puestos aisladamente en la base de los retoños, las larvitas emergen a los 5 o 7 días, el período larval varía según condiciones de 15 a 40 días, los adultos salen a los 9 ó 10 días.

Daño e importancia económica:

El perjuicio más característico que ocasiona en el cultivo se manifiesta por numerosos cogollos muertos en los retoños recién nacidos, sean ellos de semilla o rebrote.

Complejo *Diatraea* spp.

La presencia de *Diatraea* ocurre generalmente un poco más tarde que la de *E. lignocellus*, es decir, un mes después de haber realizado el corte, esto hace que el punto de entrada este muy

cerca de la yema Terminal, y por lo tanto, los “corazones muertos” que ocasiona generalmente ocasionan la muerte del tallo. Las larvas de *Diatraea* se pueden encontrar dentro del tallo perforado (Pantoja *et al.*, 1993).

Especie: *Diatraea buskella* (Taladrador de la caña de azúcar)

Ciclo biológico:

La hembra pone sus huevos sobre o en el envés de las hojas de las caña de azúcar o de otras gramíneas, individualmente o en grupos de hasta 30 – 35 en pequeñas líneas en forma de tejados. Las larvas emergen a los 6 – 10 días, su primer alimento es la epidermis de la hoja o de la vena principal que queda agujereada; luego las larvas salen de las hojas y buscan los tallos a los que perforan para completar su ciclo dentro del mismo en un tiempo de 35 días y hasta tres meses.

Antes de transformarse en pupa, la larva prolonga su túnel hasta la superficie del tallo dejando un opérculo en la salida del orificio. El estado pupal dura unos 9 – 12 días hasta dos o tres semanas en climas fríos.

Ciclo biológico:

El ciclo total del insecto es más o menos 100 días, calculándose unas 3-4 generaciones de las plaga por año.

Daño e importancia económica:

La oruga de este Pyralidae es una de las principales plagas ya que la larva es un taladrador casi exclusivo de la caña de azúcar, y perfora sus túneles en el tallo, alimentándose de las fibras. A parte del daño mecánico, la larva daña los brotes jóvenes y a la caña madura la vuelve vulnerable a patógenos.

Diatraea impersonatella: se conoce como el “Taladrador de la caña de azúcar”

Descripción:

Cabeza es amarillo intenso. El adulto es de color paja pálida, con las venas alares superiores infuscadas.

Ciclo Biológico:

El periodo de maduración oscila entre unos 6 a 7 días, con un total de 56 a 75 días desde la postura hasta la salida de la mariposa.

Daño e Importancia Económica:

En ocasiones su importancia económicamente es inferior a la anterior, ya que generalmente no llega a ser tan abundante como las otras plagas de las caña, sin embargo; los daños que causa son similares a los de otros taladradores Pirálidos (perforaciones de los tallos, destrucción de cogollos, pudrición, proliferación etc)

Diatraea pittieri.**Descripción:**

La larva es de color claro, con dos bandas oscuras dorsales, y mide 15 mm. De largo; la mariposa es de color marrón claro, con bandas oblicuas de color caoba en las alas superiores, y mide unos 20 – 25 mm. De expansión alar.

Ciclo Biológico:

No estudiado con suficiente, los pocos ejemplares de larvas coleccionadas, han presentado un ciclo pupal de 7-8 días, parecido el de las otras especies de *Diatraea*.

Importancia Económica:

La larvas han sido encontradas algunas veces en tallos de Caña de Uba (*Saccharum sinense*). Este taladrador es sin embargo, más bien un insecto de gramíneas silvestres, especialmente *Paspalum* y *Setaria*, por tanto no tiene importancia económica para la Caña de azúcar sino como plaga potencial.

Endiatraea centrella:**Descripción:**

La larva es de color blanco-amarillento, con series de anchos puntos dorsales y laterales en los segmentos torácicos y abdominales, que a veces la hacen parecer como si fuese negra la cabeza y el pronoto son de color caoba claro, el tamaño de la larva criada en caña de azúcar

alcanza los 30-35 mm., mientras que las que se encuentran en otras gramíneas rara vez exceden los 25mm.

Ciclo biológico:

Las hembras adultos ovipositan sobre la base de los retoños de la caña de azúcar, al cabo de 7 días salen las larvitas que penetran dentro del cogollo y en el se crían. El período larval dura un mes y medio, los adultos salen de las pupas a los 8 a 12 días.

Daño e importancia económica:

Este taladrador prefiere atacar los cogollos de la caña de azúcar de pocos meses de edad, perfora el punto de crecimiento causando muerte a la planta y por consecuencia un notable retraso en la uniformidad de la plantación.

***Diatraea saccharalis* L.**

Esta especie, será tratada en forma particular en la siguiente sección, puesto que es el insecto objeto de estudio en la presente investigación.

4.8 GENERALIDADES DEL BARRENADOR MAYOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Diatraea saccharalis*)

4.8.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Animalia

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Pyralidae

Subfamilia: Crambinae

Género: *Diatraea*

Especies: *saccharalis*, *buskella*, *pittieri*, *impersonatella*, *lineolata*, *rosa*.

En la actualidad, los barrenadores pertenecientes al género *Diatraea* se consideran de las principales plagas de cultivos como caña de azúcar en el continente americano. Se reportan

21 especies siendo las más importantes *saccharalis* (Fabricius), *buskella*, *pittieri*, *impersonatella*, *lineolata* y *rosa*. (O'Relly et al 1997).

De las anteriores, se considera plaga de importancia en El Salvador a

Diatraea saccharalis F., que es una plaga de suma importancia por los perjuicios que ocasiona al cultivo y al rendimiento industrial. Generalmente existe un buen control natural; sin embargo, los desequilibrios biológicos causados por factores ambientales o prácticas agronómicas inadecuadas favorecen el incremento de esta plaga, alcanzando niveles de infestación y de daño muy altos (Miguel Paniagua *).

4.8.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

El adulto es una mariposa pequeña (de 20 a 25 mm de expansión alar), de color amarillo pálido. Los huevos son de forma ovalada y aplanada, recién puestos son de color blanco cremoso y cuando están próximos a la eclosión se tornan rojizos o anaranjados, con una puntuación negra. El periodo de incubación tarda de 4 a 5 cinco días. La fase larval comprende cinco instares, con una duración total de 18 a 25 días. Su coloración es blanca cremosa, con numerosas puntuaciones de color castaño a lo largo del cuerpo y la cabeza marrón oscuro. La pupa o crisálida presenta una coloración marrón o castaño oscuro. En este periodo permanece de 10 a 14 días, al final del cual emerge la mariposa. (Aday, 2003)

4.8.3 HABITOS

Los adultos son de hábitos nocturnos. Las hembras colocan los huevos sobre las hojas o adheridos al tallo, en grupos de 5 a 50 huevos, colocados en forma imbricada (semejante a escamas de peces). Las larvas en sus primeros instares se alimentan de los tejidos tiernos en el cogollo y posteriormente descienden hacia las axilas de las hojas para convertirse en barrenador del tallo. (Aday 2003).

Las larvas alcanzan su completo desarrollo, en más o menos 40 días, miden cerca de 22 a 25 mm de longitud siendo de coloración amarillo pálida y cabeza marrón. Entonces hacen un orificio hacia el exterior, y cerrando hilos de seda el serrín, pasan a pupa, de coloración castaña. Las mayores infestaciones se presentan en caña planta, siembras tardías y en cultivos enmalezados. Otros cultivos como maíz, arroz y sorgo y, varias malezas gramíneas son hospederos de esta plaga. Según los mismos autores, se quedan en este estado por 9 a 14 días, cuando emergen, el adulto que sale del orificio hecho anteriormente por la oruga. El ciclo evolutivo completo es de 53 días a 60 días, generalmente pueden dar hasta cuatro

generaciones anuales y en casos excepcionales, hasta cinco, dependiendo de las condiciones climáticas. El número de generaciones es distribuido de la siguiente forma: en octubre a Noviembre, después de la emergencia de los adultos, estos procuran las cañas recién nacidas y efectuando la postura, dan la primera generación. La segunda generación se verifica entre Diciembre a febrero; la tercera se efectúa entre Febrero para abril, y en mayo a junio tenemos la cuarta generación, que se prolonga por 5 a 6 meses. Esas generaciones pueden desarrollarse, tanto en los colmos de la caña como en los del maíz (Gallo *et al.*, 1988)

4.8.4 CICLO BIOLÓGICO

D. saccharalis pasa por los siguientes estadios según Bonzi (2008):

Huevo

Las hembras depositan cerca de 300 huevos, en posturas con 5 a 50 huevos amarillentos dispuestos de forma imbricada, generalmente en el limbo foliar y con mayor frecuencia en la parte dorsal de la hoja. La duración de esta fase es muy variable (en función principalmente de la temperatura), promediando entre 1 y 2 semanas.

Larva

Después de la eclosión, las orugas bien pequeñas se mueven de una hoja a otra, colgando de un fino hilo de seda; caminan por las hojas y pasan a alimentarse del parénquima foliar, y hacen galerías en la nervadura central alimentándose de la parte interna de la vaina. Después de hacer las primeras galerías penetran en el tallo, buscando siempre la parte más blanda (en la base del cartucho o vaina y en la región de las yemas). La oruga presenta el cuerpo de color amarillento con pequeñas puntuaciones o manchas marrones, que asemejan dos líneas dorsales. Normalmente cuando el ataque se produce en las proximidades de la región de crecimiento de la planta, muere la yema apical. Se reconoce fácilmente por el amarillamiento de las hojas más nuevas “corazón muerto” (Bonzi, 2008).

Pupa

Generalmente son de color marrón, se encuentran en el interior de las galerías abiertas por las orugas en el tallo. Próxima a esta fase, la oruga abre un orificio en la cáscara y lo cierra parcialmente con hilos de seda y restos de su alimentación; así protegida ingresa a este estadio. La pupa libre es inicialmente de color marrón claro, oscureciendo a medida que se aproxima al estado adulto. Esta fase dura aproximadamente diez días. (Bonzi, 2008)

Adulto

Dura un promedio de 7 días. Los adultos de *Diatraea saccharalis* son de color amarillo paja, con cerca de 25 mm de largo; las alas anteriores forman líneas diagonales en forma de W invertida, más nítidamente observables en los machos. Es un insecto que presenta desarrollo holometabólico (pasa por las fases de huevo, larva, pupa y adulto). Las hembras son más grandes que los machos. (Bonzi, 2008)

4.8.5 IMPACTO DE *D. saccharalis* EN LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR

Cualquier porcentaje de daños debido a esta plaga, por pequeño que sea, equivale a grandes pérdidas económicas e impide elevar los rendimientos, mantener zafras altas y estables y por lo tanto, influye de una forma directa en todo el proceso productivo. Se estima que por cada 1 % de incremento de la intensidad de la plaga se pierden 5,8 kg. de azúcar por hectárea, lo que significa una disminución de 1,6 % del rendimiento que producen las cañas sanas. (Aday *et al*; 2003).

En la fase larval, *Diatraea saccharalis* puede causar daños directos e indirectos. Los daños directos se dan por la alimentación del insecto; causan pérdida de peso (por la abertura de galerías en el entrenudo), muerte de la yema apical de la planta (“corazón muerto”), acortamiento del entrenudo, rotura de tallos, enraizamiento aéreo y germinación de las yemas laterales. (Aday *et al*; 2003)

Los daños ocurren aisladamente o asociados, lo que puede agravar los perjuicios. Los daños indirectos son causados por patógenos que invaden el entrenudo a través del orificio abierto en los tallos por la oruga. Son predominantemente hongos (*Fusarium moniliforme* y *Colletotricum falcatum*) e invierten la sacarosa almacenada en la planta; provocando pérdidas por el consumo de energía en el metabolismo de inversión, y por causa de los azúcares resultantes de ese desdoblamiento no se cristalizan en el proceso industrial. (Victoria *et al* 2005).

Los niveles y coeficientes de infestación ocasionados por la *Diatraea saccharalis* en la caña de azúcar de acuerdo al grado de infestación proporcionan datos relevantes del estado productivo en que encuentra en ese momento la capacidad productiva de la caña de azúcar y brinda resultados aproximados que se espera al final de su producción, como también expresa los daños y perjuicios en pérdidas económicas. Los daños producidos por la broca se miden en porcentaje (%) de intensidad de infestación (II), que determinada en campo, en

donde los valores de 1% de II se pierden, en caña azúcar 0.77%, para la producción de azúcar la pérdida es de 0.25% más las pérdidas indirectas causadas por el ataque de microorganismos que penetran en las galerías que dejan las especies de *Diatraea*. (Bonzi, 2008)

Según Gallo (2002) el índice de intensidad de infestación (III) está expresado en rangos de acuerdo al grado de infestación de los daños, de 0 – 5% se denomina bajo infestación (B), de 6 – 10% moderado (M); de 11 – 15% regular (R), de 16 a 25% elevado (E) y por ultimo mayor que 25% tiene un rango de muy elevado (ME).

4.8.6 MÉTODOS DE CONTROL DE *D. saccharalis*

Para el control de *D. saccharalis* pueden utilizarse diferentes métodos, como por ejemplo: control cultural, control biológico y control químico. Sin embargo para alcanzar mejores resultados se recomienda una combinación de estos: El manejo integrado de plagas está basado en la conjunción de todas las técnicas disponibles en un programa para manejar poblaciones de organismos perjudiciales, de modo tal de evitar las pérdidas económicas y minimizar los efectos secundarios sobre el ambiente y sus consecuencias sobre la salud humana, (Metcalf y Luckman, 1994).

4.8.6.1 TECNICAS CULTURALES

El combate de muchos insectos plagas de la caña de azúcar con exclusión del taladrador menor (*E. lignoscellus*), se basa prácticamente en los principios culturales y profilácticos de una adecuada y cuidadosa preparación del terreno antes de la siembra, es pues claro que la mayoría de insectos plagas (larvas o adultos), no resisten mucho tiempo sin alimento, ni pueden sobrevivir a repetidas operaciones de arado y rastreado que los lleven a la superficie y los expongan a la acción destructiva de los factores climáticos o biológicos (Guagliumi, 1962).

En nuestro país, las prácticas más recomendadas son entresaques de canutos que presentan cogollo seco, siembra de variedades que tienen un buen comportamiento frente al ataque de las larvas y la destrucción del rastrojo que contiene larvas invernantes, mediante laboreo del suelo (Leucona 1998).

4.8.6.2 CONTROL QUÍMICO

Como su nombre lo indica consiste en el uso de productos sintéticos o químicos, y que se recomienda sólo para los casos en que la plaga o enfermedad ha alcanzado mayores niveles

de gravedad. Cabe señalar que estos productos, entre los que se encuentran los insecticidas, fungicidas, bactericidas, han evolucionado notablemente haciéndose más específicos para el insecto, hongo o bacteria que buscan combatir. (CATIE 1990). El criterio de decisión para el manejo de *D. saccharalis* mediante control químico se basa en la identificación de picos de más de 100 adultos capturados con trampa de luz y la postura de huevos en plantas. El monitoreo de adultos, sólo debe ser tomado como un indicador de la presencia de la plaga en el ambiente, pero no puede utilizarse para la toma de decisión de un control químico, ya que la captura esta influida por factores climáticos y la distancia de la trampa. Esto genera que en algunas ocasiones no se capturen adultos pero se encuentren oviposturas en el campo. El umbral económico sugerido es de una ovipostura color naranja cada 5 metros lineales o de dos o más oviposturas cada 5 metros. El muestreo de las oviposturas debe realizarse revisando toda la planta, aunque existe una preferencia de las hembras por depositar los huevos en las hojas situadas en el estrato medio del hospedante. Si bien el control químico puede ser efectivo, tiene dificultades de orden práctico ya que una vez que las larvas han penetrado en el tallo, quedan fuera del alcance de los insecticidas (Alonso, 1984).

4.8.6.3 CONTROL BIOLÓGICO

"El control biológico es el uso de parasitoides, depredadores, patógenos, antagonistas y poblaciones competidoras para suprimir una población de plagas, haciendo esta menos abundante y por tanto menos dañina que en ausencia de éstos", considerando esta definición bastante amplia y que incluye todos los [grupos](#) de organismos con capacidad para mantener y regular densidades poblacionales de organismos plaga a un nivel bajo, por lo tanto todos pueden considerarse agentes de control biológico y estar incluidos en la categoría de enemigo natural.(Van Driesche y Bellows 1996).

La premisa del control biológico descansa en que bajo ciertas circunstancias muchas poblaciones son llevadas a bajas densidades por sus enemigos naturales. Este efecto se origina de la interacción de ambas poblaciones (plaga y enemigo natural), lo cual implica una supresión del tipo denso-dependiente que se traduce como el mantenimiento de ambas poblaciones en equilibrio. Bajo este concepto la población del enemigo natural depende a su vez de la población de la plaga, es decir, la interacción de poblaciones significa una regulación y no un control (Summy, 1988).

Existen tres técnicas generales de Control biológico; importación o control biológico clásico, incremento y conservación. Cada una de estas técnicas se puede usar bien sea sola o

en combinación en un programa de control biológico. En el control biológico clásico, los enemigos naturales son deliberadamente importados de una región a otra con el propósito de suprimir una plaga de origen exótico. En el control biológico aumentativo, la eficacia de aquellos enemigos naturales que se encuentran en el lugar es realzada por liberaciones de individuos criados en insectario. (Ehler, 1990)

La técnica de incremento involucra la producción masiva y colonización periódica de enemigos naturales por lo que este tipo de control biológico se ha prestado para el desarrollo comercial. Hay cientos de productos de control biológico disponibles comercialmente para el control de plagas de invertebrados, malezas y fitopatógenos (Anónimo, 1995)

En cualquier esfuerzo de control biológico, la conservación de enemigos naturales es un componente crítico. Esto implica identificar el (los) factor (es) que pueden limitar la efectividad de los enemigos naturales y modificarlos para incrementar la efectividad de las especies benéficas. En general la conservación involucra bien sea, reducir los factores que interfieren con los enemigos naturales o suministrar los recursos que necesitan los enemigos naturales en su medio ambiente, y estos requerimientos pueden ser acceso a hospederos alternativos, recursos alimentarios para los adultos, refugios o microclimas adecuados. (Anónimo 1990).

4.8.6.3.1 PARASITOIDES

Los parasitoides son considerados los especímenes más eficaces para el control biológico de *D. saccharalis*, ya que atacan los diversos estadios, con bastante especificidad. La mayoría corresponden al orden Diptera e Hymenoptera

HYMENOPTERA

Familia: Braconidae.

Algunas especies que se mencionan mas frecuentemente son: *Agathis sacchari*, *A.stigmatera*, *Ipobracon granadensis*.

Familia: Ichneumonidae.

Spilocryptus diatraeae,

Familia: Trichogrammatidae.

Las especies del género *Trichogramma* Westwood han sido ampliamente utilizadas por varias décadas en el control biológico de una gran variedad de lepidópteros plagas. No obstante, se han realizado pocos muestreos en algunos continentes como Sur América, África y parte de Asia. El número de especies encontradas está altamente correlacionado con los niveles de muestreo efectuados y la utilización de las especies de *Trichogramma* para el control biológico de Lepidoptera plagas. Así el mayor número de ellas ocurre en Norte y Centro América y la región Paleártica. Un número menor de especies se encuentra en el Oriente, Sur América, África Tropical, Australia y Nueva Zelanda. El género *Trichogramma* ha sido dividido en tres subgéneros, el nominal *Trichogramma* cosmopolita, *Trichogrammanza* Carver que forma un pequeño grupo restringido a Australia y Nueva Zelanda y *Vanlisus* Pinto con cuatro especies de distribución Pantropical. (Velásquez, 2003).

DIPTERA

Las especies parasitoides pertenecen a diferentes familias, de las cuales la de mayor importancia es Tachinidae. Su apariencia es muy similar a la mosca común. Son casi siempre endoparasitoides solitarios, aunque el superparasitoidismo puede ocurrir en ciertas especies. No así el hiperparasitoidismo, que no ocurre nunca. Los adultos necesitan néctar o excreción de áfidos para completar su alimentación (Metcalf, 1985).

El hospedero muere al completarse el desarrollo de la larva de Tachinidae. Generalmente esta emerge de la larva del hospedero para empupar en el suelo, o en la vegetación. Ciertas especies empupan dentro de la pupa del hospedero emergiendo de ésta en estado adulto (Mendoca 1996).

Los hospederos más comunes son larvas de Lepidóptera (especialmente taladradores) y Coleóptera. (Mendoca 1996).

El comportamiento de búsqueda es variable para las diferentes especies, de Díptera Tachinidae, se distinguen los siguientes tipos::

1. El adulto busca al hospedero y oviposita el huevo o larvas directamente en el cuerpo de este.
2. El adulto oviposita los huevos o larvas en el follaje o en el suelo, luego las larvas buscan activamente el hospedero.

3. El adulto oviposita los huevos en el follaje y estos eclosionan después de ser ingeridos por el hospedero.

Familia: Tachínidae.

Son los Diptera entomófagos más importantes que parasitan larvas de los barrenadores en América, comprende varias especies catalogadas como parasitoides, las cuales, por sus hábitos naturales de alimentación, se han usado para el control biológico de insectos dañinos, como el barrenador del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.). Los más conocidos en el continente americano son *Lixophaga diatraeae*, *Metagonistylum minense* (*Lydella minense*) y *Paratheresia claripalpis* (Ferrer, 1977).

***Paratheresia Claripalpis*, Mosca mexicana.**

Este insecto fue clasificado por Van Der Wulp en 1896, con el nombre de *Sarcophaga claripalpis*, a base de varios ejemplares colectados por Smith, en Chilpancingo, durante la expedición de Godman & Salvin en 1879-1888. Luego Townsend, en 1939, describió el género *Paratheresia* de un ejemplar colectado cerca del río Ushpayuco, Perú, y lo designó *P. signifera*. En 1930, Aldrich hizo una revisión en la que incluía individuos de Tucumán, Argentina y finalmente se le nombró *Paratheresia claripalpis* (Flores 1976).

La Mosca Nativa es específico para el control de *Diatraea* sp. y pueden ser liberadas en todos los cultivos de gramíneas donde el barreno sea plaga. El habito que exhibe *Diatraea* de permanecer dentro de los tallos de caña de azúcar, maíz, sorgo y arroz, dificulta cualquier otro tipo de control y solamente el control biológico puede llegar a causar muerte de las larvas (Flores 1976).

Modo de acción:

Las moscas adultas al liberarse en el campo, buscan los orificios de los tallos dejados por larvas de *Diatraea* y colocan en el estas galerías las larvas que se dirigen al interior del tallo para localizar las larvas de la plaga entrando en su cuerpo, donde se desarrollan. Posteriormente se transforman en pupas originándose nuevos adultos de las moscas parasitoides, evitando así la formación de adultos de *Diatraea* (Van Drieshe, 1996)

4.8.6.3.2 IMPACTO DE ENEMIGOS NATURALES

Numerosos enemigos naturales atacan los diferentes estados de desarrollo del barrenador del tallo. El estado de huevo es parasitado por *Trichogramma* sp., alcanzando en algunas

campañas entre 70 % y 95 % de parasitismo. Los estadios larvales son parasitados por *Apanteles* sp., *Ipobracon amabilis*, *Agathis stigmaterus*, *Paratheresia claripalpis*. (ImwinKelried et al, 2004).

4.8.6.4 CONTROL MICROBIANO

El uso de microorganismos ha resultado una alternativa viable para el control de plagas, siendo los bioinsecticidas a base de la bacteria *Bacillus thuringiensis* los mayormente utilizados para controlar insectos del orden Lepidoptera. Esta bacteria es aeróbica, Gram positiva y se caracteriza por la producción de un cristal proteico durante su fase de esporulación, el cual contiene las proteínas insecticidas dicho cristal, al ser ingerido por el insecto, se convierte en una toxina activa (d-endotoxina) en el intestino, formando en él canales iónicos que permiten el libre flujo de iones, lo cual produce un desbalance osmótico en las células afectadas y la destrucción del epitelio intestinal, causando finalmente la muerte del insecto (Maagd *et al.*, 2003).

4.8.6.4.1 BACTERIAS

Existe una gran diversidad de bacterias que ocasionan enfermedades infecciosas en los insectos, que se denominan bacteriosis. Las bacterias patógenas, según Ibarra (1998), normalmente causan algún tipo de septicemia en los insectos. Invaden el hemocele, con una consecuente reproducción y daño de la homeostasis del individuo infectado. La sola presencia de bacterias en la hemolinfa se le conoce como bacteremia; sin embargo, cabe hacer la aclaración que existen bacteremias no patogénicas (Vergara, 2005).

Este grupo a nivel mundial es el de mayor presencia en el mercado de plaguicidas, el 95% de las ventas de insecticidas microbiales está representado por productos basados en diferentes cepas de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. De ellas las más conocidas son la *B. thuringiensis* var. *israeliensis* para el control de zancudos y las mas utilizadas para el control de Lepidóptera son las formulaciones de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* que se vende con los nombres de Dipel® (Abbott), Thuricide (Sandoz), Bactospeine (Rhone-Poulanc) y M-One (Mycogen). (Ramos *et a.l* 2004).

La gran mayoría de las bacterias entomopatógenas invaden a sus hospederos al ser ingeridas causando inicialmente la destrucción parcial del intestino medio (mesenterón) y sobreviniendo una septicemia consecuente. Estas bacterias son patógenas extracelulares (con excepción de las Rickettsias) y sus primeros efectos se reflejan en una pérdida de apetito, diarrea, vómito, para después invadir totalmente al hospedero y aniquilarlo. El cadáver del

insecto, se torna oscuro por la oxidación de la hemolinfa y crecen gran cantidad de bacterias saprófitas, provenientes tanto de su propio tracto digestivo (flora intestinal y acompañante del alimento) como del medio que lo rodea. El cadáver adquiere un olor fétido y el cuerpo se descompone en forma floculenta, con excepción del integumento (exoesqueleto), para posteriormente secarse y endurecerse. (Ramos *et al.* 2004).

4.8.6.4.2 HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

Los hongos entomopatógenos pueden ocasionar enfermedad y propagarse en la población insectil, dependiendo de las interacciones y factores relacionados con: 1) El patógeno (patogenicidad, virulencia, dispersión y persistencia), 2) el hospedero (susceptibilidad, densidad y distribución, comportamiento); y 3) el medio ambiente (abióticos: temperatura, humedad, viento, lluvias; y bióticos: parásitos, depredadores, planta huésped). Los hongos entomopatógenos pueden manejarse mediante tres estrategias: a) inundación, liberación de grandes cantidades del agente biológico sobre poblaciones del insecto-plaga; b) inoculación, del patógeno en cantidades mínimas en insectos capturados y dispersándolos para contaminar la población plaga; c) conservación de recursos, evitando la destrucción de la biodiversidad de hongos presentes de forma natural en los agroecosistemas. Esto se puede conseguir racionalizando el empleo de plaguicidas, en especial fungicidas de amplio espectro. (Vergara, 2005)

Los hongos que ocasionan enfermedades están incluidos en cuatro clases a saber: *Phycomycetes*, *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* y *Deuteromycetes*.

El empleo de hongos entomopatógenos puede hacerse mediante dos estrategias. En primer lugar se pueden introducir cepas exóticas de hongos de gran virulencia o una nueva especie, desde un área geográfica a otra. En segundo lugar, se puede emplear como un producto químico, con el hongo producido en cantidad y formulado, para que produzca una epizootia.

Son diversos los géneros de hongos que podrían servir para elaborar productos comerciales en diversos países. Con algunos ya existen ofertas, pero pueden mencionarse: *Culicinomyces*, *Lagenidium*, *Entomophthora*, *Aschersonia*, *Beauveria*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Nomuraea* y *Lecanicillium*. (Vergara, 2005)

El hongo *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin, es un eficaz entomopatógeno. Los insectos afectados presentan infección a través del integumento, donde el hongo produce

enzimas extracelulares las cuales influyen en la penetración y posterior infección (Hegedus, 1988).

El mecanismo de infección de *B. bassiana* se inicia cuando la conidia se adhiere a la cutícula del insecto huésped susceptible. La conidia germina en la superficie del cuerpo del insecto y de modo mecánico penetra el integumento a través del tubo germinativo. Durante este proceso intervienen enzimas extracelulares relacionadas con la patogénesis tales como: proteasas, lipasas, ureasas y quitinasas entre otras, que hidrolizan los componentes cuticulares (Smith, 1981).

4.8.6.4.3 BIORRACIONALES

Los insecticidas Biorracionales son sustancias que se derivan de microorganismos, plantas o minerales. También pueden ser sustancias sintéticas similares o idénticas a otras que se encuentran en la naturaleza. Estos insecticidas se caracterizan por tener una toxicidad muy baja para los humanos y otros vertebrados, descomponerse en pocas horas después de aplicados y ser específicos para las plagas que deseamos controlar. Por estas razones se consideran ambientalmente benignos. Su efecto en la vida silvestre y el ambiente es menos perjudicial que los insecticidas convencionales. (O´Farril, . 2005).

4.8.6.4.4 INSECTICIDAS MICROBIALES

Estos contienen como ingredientes activos bacterias, hongos, nemátodos, protozoarios o virus. Se incluyen en este grupo los insecticidas derivados de sustancias producidas por microorganismos. La mayoría de estos insecticidas son específicos para las plagas y representan muy pocos riesgos para humanos las mascotas y la vida silvestre. Tienen la desventaja de deteriorarse rápidamente con el calor, la sequía y la radiación ultravioleta.

Existe una amplia gama de insecticidas microbiales pero los más utilizados en la industria son las bacterias *Streptomyces avermitilis* y *Bacillus thuringiensis* y los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. (O´Farril,, 2005).

Avamectina (Avamectin): este insecticida lo produce la bacteria *Streptomyces avermitilis* que habita en el suelo. Esta sustancia pertenece al grupo de las avermectinas, avamectina es el nombre común de una mezcla de avermectinas, consta de 80% de avermectinas B_{1a} y 20% de avermectina B_{1b}. Es eficaz contra insectos y ácaros, afecta su sistema nervioso y les causa parálisis. Este insecticida se degrada rápidamente cuando llega al suelo. (O´Farril, 2005)

4.9 BIOENSAYOS

Se denominan bioensayos o pruebas de patogenicidad a las pruebas que se realizan con microorganismos vivos con el objeto de determinar algunos parámetros como: rango de hospedantes, virulencia, competencia ecológica, condiciones que incrementan o disminuyen la formación de epizootias y las barreras de infección. El desarrollo de un bioensayo requiere del conocimiento tanto del patógeno como del hospedante, de lo contrario se pueden producir resultados inconsistentes. Otros factores que pueden influenciar la viabilidad, y virulencia de los microorganismos son los métodos de formulación y aplicación del producto a evaluar. (Gonzales *et al.* 2001).

Los bioensayos de toxicidad permiten evaluar el grado de afectación que una sustancia química tiene en organismos vivos y éstos pueden ser agudos o crónicos. Las pruebas agudas cuantifican las concentraciones letales de un xenobiótico a una especie en particular. El valor calculado se denomina Concentración Letal Media (CL50) y corresponde a la concentración de un xenobiótico que causa la muerte al 50 % de la población experimental al cabo de un tiempo determinado, generalmente en 48 o 96 horas. En contraste, las pruebas crónicas estiman la concentración – efecto media (CE50) de la sustancia de prueba que causa un efecto al 50 % de la población experimental, al cabo de un tiempo determinado (Rodríguez *et al* 2003).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 DURACIÓN Y UBICACIÓN DE LOS MUESTREOS

La fase de campo se desarrolló en el período comprendido entre el 31 julio y el 2 de octubre de 2009, en las siguientes haciendas del departamento de Sonsonate:

Hda. Zapotitan: 13° 47' N; 89° 25' O; 450 msnm

Hda. El Morro: 13° 34' N; 89° 46' O; 31 msnm

Hda. Sta Emilia: 13° 34' N; 89° 47' O; 80 msnm

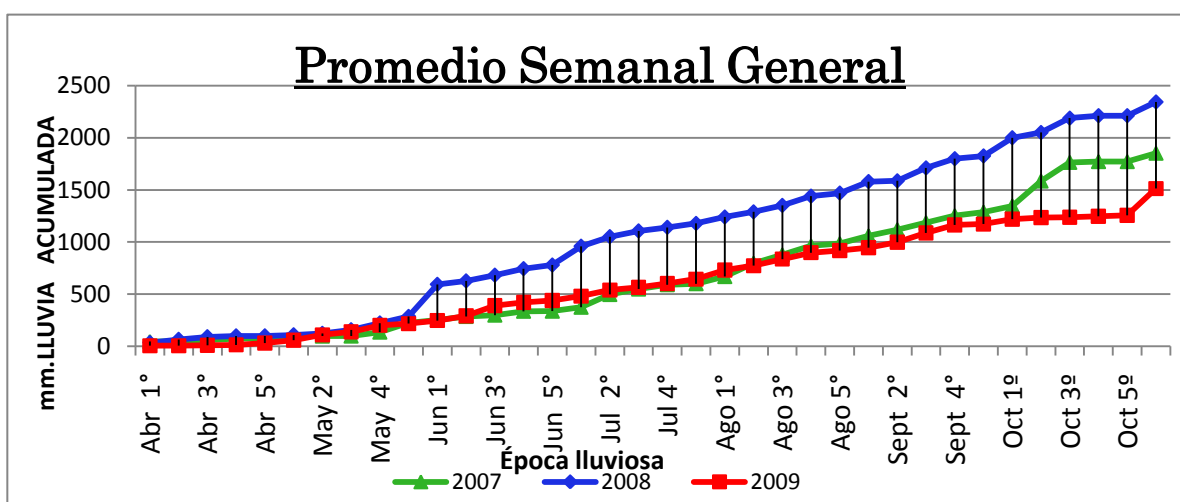
Hda. Miramar: 13° 43' N; 89° 42' O; 240 msnm

Hda. San José: 13° 42' N; 89° 42' O; 221 msnm

Hda. Buena Vista: 13° 42' N; 89° 47' O; 170 msnm

Las temperaturas en las zonas de estudio oscilan desde 22°C mínimas hasta 28 °C máximas. Las precipitaciones de lluvia acumulada para el año 2009, fue de 1,500 milímetros. Un promedio inferior a los años anteriores, ya que en el año 2007 fue de 1900, en el 2008 de 2400 mm.

Figura 1. Acumulado semanal de lluvias en zona de estudio



Fuente: Ingenio Izalco

5.1.1 FASE DE CAMPO

Se eligieron 8 parcelas por área de estudio, ubicadas todas en el departamento de Sonsonate (Ver anexo 1, Mapa de zona de estudio. Pág, 49) las que según técnicos del departamento de control de plagas de CASSA (Compañía Azucarera Salvadoreña S.A.), presentaban antecedentes de infestación del barrenador. En cada parcela se tomaron de 5 a 10 puntos de muestreo, siguiendo las sugerencias de los técnicos de CASSA. Los muestreos se realizaron en los lotes determinados, en áreas no menores a 5 manzanas, procediendo de la siguiente manera:



Búsqueda de ovipositoras: se definieron en forma azarizada de 5 a 10 surcos por parcela, midiendo en cada surco 10 mts lineales, usando para ello una cinta de 20 mts. Una vez definida la unidad de muestreo, se procedió a contar los tallos de cañas presentes en la unidad de muestreo,

es decir en los 10 mts lineales. Las oviposturas se buscaron examinando minuciosamente el haz y el envés de las hojas ubicadas en el tercio superior de las plantas.

Figura 2. Colecta de larvas y pupas, búsqueda minuciosa de especímenes.

Para la búsqueda de larvas y pupas se utilizó la misma unidad de muestreo que para la búsqueda de oviposturas. Se examinó cada tallo presente en la unidad de muestreo; los tallos que mostraban signos de haber sido barrenados, se cortaron en trozos de 15 cm de largo y luego se cortaron en forma longitudinal y se revisaron en busca de larvas o pupas de *D saccharalis*. En cada tallo barrenado, se tomó registro de los entrenudos afectados. Las larvas y pupas de *Diatraea saccharalis* encontradas, se colocaron en bolsas plásticas, las cuales fueron rotuladas con la ubicación, número de muestra y número de lote correspondiente, y depositadas en hieleras para luego ser trasladadas al laboratorio.

5.1.2 FASE DE LABORATORIO

Los especímenes recolectados en campo fueron trasladados al laboratorio, en donde se colocaron de manera individual en cajas de Petri plásticas debidamente rotuladas con los siguientes datos: fecha de recolección, lote de procedencia y número de muestra; las cajas de Petri contenían trozos de caña como fuente de alimento que provenía del mismo lote que la muestra. Los trozos de caña se cortaban en porciones de 3 a 5 cm de largo y se partía longitudinalmente en 4 partes que se renovaban dos veces por semana.

Figura 3. Desarrollo larval en laboratorio, larva alimentándose con trozos de caña.



La revisión de las cajas se efectuó 2 veces por semana para evaluar sobrevivencia de las larvas y monitorear la posible presencia de parasitoides que generalmente se observaban moviéndose bajo el integumento de las larvas de *D. saccharalis*, alimentándose

de la hemolinfa y demás tejidos del insecto. Identificadas tales larvas, se separaban de las no parasitadas y se les permitía empupar dentro de cajas Petri para permitir la eclosión del adulto del parasitoide. El parasitoide adulto se identificaba haciendo uso de claves

taxonómicas y con asesoría de los técnicos especialistas de la Compañía Azucarera Salvadoreña (CASSA).

BIOENSAYO

5.1.3 RECOLECTA Y PREPARACIÓN DE LARVAS PARA EL BIOENSAYO

Las larvas de *Diatraea saccharalis* fueron colectadas en lotes que tuvieran síntomas de infestación en los alrededores del Ingenio Central Izalco; para colectar las larvas se hicieron búsquedas selectivas en plantas que presentaran amarillamiento del cogollo, estas plantas se revisaban y si estaban barrenadas se cortaba y se partía en forma longitudinal para obtener la larva. Estas fueron transportadas al laboratorio del Programa de Manejo Integrado de Plagas del Grupo CASSA en las instalaciones del Ingenio.

Figura 4. Colecta de larvas para bioensayo, larva de tercer estadio de edad.



Se recolectaron en total 90 larvas, las cuales fueron colocadas individualmente en cajas de petri plásticas; como alimento se les colocó trozos de caña previamente desinfectadas. Luego, se seleccionaron las larvas de acuerdo a

los criterios de edad (aproximadamente 3 estadio larval), que no mostraran síntomas de parasitismo o enfermedad, y que no estuvieran próximas a empupar. Las larvas seleccionadas (45 individuos) fueron numeradas para posteriormente ser asignadas aleatoriamente a los tratamientos. Los tratamientos utilizados fueron: DIPEL® (*Bacillus turigiencis* Var Kurstaki), B3® (*Beauveria bassiana*) y agua destilada.

5.1.4 PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Para la aplicación de los tratamientos la concentración utilizada corresponden a las recomendaciones de los productores y distribuidores de estos productos, utilizando un volumen de 200 lt/mz. Cada tratamiento fue preparado con agua desmineralizada y se aplicaron sobre las larvas y su alimento (discos de caña) con una aspersora manual. Se asperjó 1 ml de solución en cada caja de Petri. Los datos de fueron tomados a las 24 h, 48h y 6 días después de aplicados los tratamientos, tomando la mortalidad como variable respuesta.

5.2 ANALISIS ESTADÍSTICO

5.2.1 TRATAMIENTO DE DATOS DE MUESTREOS Y PARASITOIDISMO

Se calculó el Porcentaje de Infestación, la Intensidad de Infestación del barrenador en las haciendas muestreadas, y el Porcentaje de Parasitoidismo en *Diatraea saccharalis* con el fin de determinar el estado actual de las poblaciones de los parasitoides encontrados.

ANALISIS DE BIOENSAYO

5.2.1.1 Determinación de TL50 de bioplaguicidas

El tiempo letal medio (TL50) de los bioplaguicidas evaluados en condición de laboratorio, fue calculado utilizando el programa EPA Probit Analysis v 1.5.

5.2.1.2 Comparación de bioplaguicidas

El efecto de mortalidad inducida por los bioplaguicidas fue comparado utilizando un Análisis de Varianza de doble vía; la comparación entre tratamientos y la interacción de Tratamientos x Días después de aplicación se realizó mediante la prueba HSD de Tukey. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el programa STATISTICA® v8

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 MUESTREOS DE CAMPO

6.1.1 MUESTREO DE CAMPO DE PARASITISMO SOBRE *Diatraea saccharalis*.

Las unidades de muestreo fueron iguales, aunque, la densidad de plantas de caña variaba de acuerdo a características propias del lugar de muestreo. Sin embargo; dado que los indicadores medidos se calcularon en términos proporcionales, nos permite tener una apreciación fidedigna de las variables evaluadas. El rango porcentual de infestación de *D. sacharalis* de acuerdo a (Gallo, 2002), va desde moderado (6-10%) hasta Muy Elevado (mayor del 25%). Para los lotes muestreados los resultados son variables respecto a la distribución territorial con datos mínimos del 12.5% y máximos del 119.23%, lo que indica que en algunos de los lotes muestreados se sobrepasa por mucho, los rangos definidos por autores como el citado anteriormente, además, manifiesta que en el dato superior había más de una larva por tallo barrenado; esto refleja un impacto considerable ya que según Bonzi, 2008 “Por cada 1% de intensidad de infestación, se pierde el 0.25% en la producción final de azúcar” , es decir, en el menor de los casos se tendrían pérdidas de 6.8 kg hasta un máximo de 32.5kg por tonelada métrica.

El cien por ciento del parasitoidismo encontrado corresponde a *Paratheresia claripalpis* Wulf; Díptera, Tachinidae, presente en niveles porcentuales que oscilan entre 50% y 77.22 %, en la zona de estudio. Lo cual indica una adaptación de este espécimen a las condiciones naturales de la zona, pero su supervivencia está más relacionada con la secuenciación del ciclo reproductivo de *D. saccharalis*, unido a esto, la existencia de cultivos alternativos como cereales y pastos en los que *D. saccharalis* es plaga, con especificidad en maíz, sorgo, arroz, pastos de corte y otras plantas arvenses que proveen néctares al adulto.

Los indicadores calculados demuestran que, aunque, los porcentajes de infestación sean altos, no necesariamente indica que el daño sea igualmente alto, ya que el daño es medido por la intensidad de infestación, lo cual no es necesariamente proporcional con los porcentajes de infestación; es decir el porcentaje de infestación mide la presencia de la plaga en las plantas, y la intensidad de infestación mide el daño que la plaga ocasiona, por otra parte, el índice de infestación mide la potencial manifestación de nuevos daños en el cultivo producto del crecimiento o decrecimiento poblacional de la plaga. Otra particularidad importante respecto a la relación entre el porcentaje de infestación y la intensidad de infestación es la preferencia de *D. saccharalis* a ciertas variedades de caña, por ejemplo: la incidencia de *D. saccharalis*, sobre la variedad Mexicana 79431, es más severa que sobre la CP722086, falta analizar si esa preferencia se debe a diferencias respecto a la concentración de azúcares de las variedades o a la textura de la corteza.

Cuadro 1. RESULTADOS DE MUESTREOS DE CAMPO

Datos de muestreos realizados en siete lotes de haciendas productoras de caña de azúcar del departamento de Sonsonate. Se realizó un muestreo por hacienda con excepción de la hacienda San José, que debido a su extensión se definieron tres puntos de muestreo realizados en diferentes fechas. Se calcularon los porcentajes de infestación, intensidad de infestación, e índice de infestación. Así mismo; se describen los resultados de porcentaje de parasitoidismo encontrado en *D. saccharalis* a nivel de laboratorio.

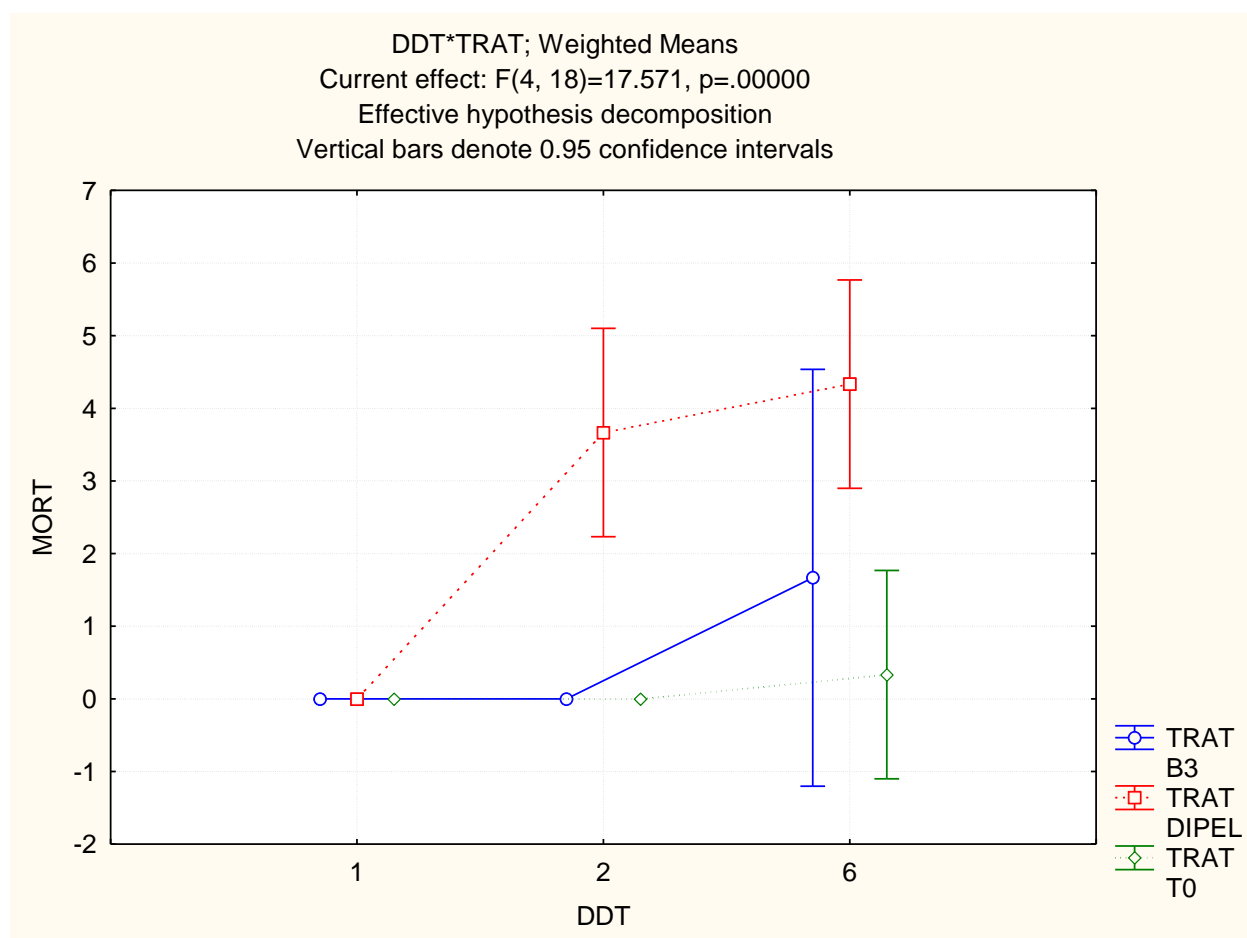
Haciendas	N° Muestreo	Variiedad	Cañas revisadas por muestreo	Cañas barrenadas/ Totales	N° larvas encontradas	Entrenudos dañados/ caña	N° Pupas encontradas en campo	% de infestación	% Intensidad de infestación	% Índice de infestación	Parasitoides/ muestreo.	% de parasitismo/ <i>Paratheresia claripalpis</i>
Zapotitán	1	CP 72 2086	1100	32	4	3	1	12.50	2.91	0.36	3	75.00
Santa Emilia	2	CP 72 2086	780	18	4	2	0	22.22	2.31	0.51	2	50.00
El Morro	3	Mex 79431	105	53	28	4	12	52.83	50.48	26.67	16	57.14
Buena Vista	4	CP 72 2086	770	26	31	3	4	119.23	3.38	4.03	21	67.74
Miramar	6	CP72 2086	400	35	8	3	4	22.86	8.75	2.00	5	62.50
San José	7	CP 72 2086	468	28	19	3	0	67.86	5.98	4.06	14	73.68
San José	8	CP 72 2086	400	50	22	2	5	44.00	12.50	5.50	17	77.27
San José	9	CP 72 2086	440	77	24	2	5	31.17	17.50	5.45	16	66.67

6.2 BIOENSAYOS

6.2.1 ESTIMACIÓN DE TL 50 (TIEMPO LETAL MEDIO) DE LOS BIOPLAGUICIDAS UTILIZADOS

El TL 50 para Dipel, fue de 2.088 días, mientras que el TL 90 de 4.938. Esto quiere decir, que cerca de 5 días después de la aplicación de Dipel se lograría la máxima mortalidad esperada. Sin embargo, estos son datos obtenidos en pruebas de laboratorio, en aplicaciones a campo abierto la efectividad depende en gran medida de la calidad de la aplicación y la sincronía entre la fenología de *Diatraea saccharalis* y la fecha de aplicación.

Figura 5. Gráfico del TL 50 (Tiempo Letal Medio), de los bioplaguicidas utilizados.



6.2.2 COMPARACIÓN ENTRE PRODUCTOS

En condiciones de laboratorio, tanto en el tiempo necesario para tener efecto (TL 50) como en la mortalidad lograda; Dipel® (*Bacillus subtilis* var. Kurstaki) supera a B3® (*Beauveria bassiana*) ($p < 0.001$).

Cuadro 2. Tabla de análisis de varianza.

Univariate Tests of Significance for MORT (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	33.33333	1	33.33333	128.5714	0.000000
DDT	20.22222	2	10.11111	39.0000	0.000000
TRAT	33.55556	2	16.77778	64.7143	0.000000
DDT*TRAT	18.22222	4	4.55556	17.5714	0.000005
Error	4.66667	18	0.25926		

La diferencia en cuanto a efectividad entre Dipel y B3 se observa a los dos ($p < 0.001$) y a los seis ($p < 0.001$) días después de aplicados los tratamientos. También existe diferencia significativa entre la mortalidad obtenida con Dipel a los dos y seis días después de la aplicación ($p < 0.001$).

Cuadro 3. Tabla de resultados de los tratamientos aplicados en bioensayos.

Tukey HSD test; variable MORT (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .25926, df = 18.000											
Cell No.	DDT	TRAT	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
1	1	B3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.6667	0.0000	1.6667	4.3333	.3333
2	1	DIPEL	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000174	1.000000	0.018256	0.000173	0.995366
3	1	T0	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000174	1.000000	0.018256	0.000173	0.995366
4	2	B3	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000174	1.000000	0.018256	0.000173	0.995366
5	2	DIPEL	0.000174	0.000174	0.000174	0.000174	0.000174	0.000174	0.003577	0.791389	0.000176
6	2	T0	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000174	1.000000	0.018256	0.000173	0.995366
7	6	B3	0.018256	0.018256	0.018256	0.018256	0.003577	0.018256	0.000290	0.000290	0.088272
8	6	DIPEL	0.000173	0.000173	0.000173	0.000173	0.791389	0.000173	0.000290	0.000290	0.000173
9	6	T0	0.995366	0.995366	0.995366	0.995366	0.000176	0.995366	0.088272	0.000173	0.000173

En resumen, según la prueba realizada, el bioplaguicida más efectivo para el control de *Diatraea saccharalis* es Dipel (*Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki), el cual alcanza un 90% de mortalidad sobre los especímenes tratados a proxímadamente a los 5 días después de aplicación.

6.2.2.1 Uso de formulados comerciales para el control microbiano de *Diatraea saccharalis* en el cultivo de caña de azúcar.

Ambos bioplaguicidas evaluados han sido utilizados para el control de plagas del orden Lepidoptera. En el caso de Dipel®, (*Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki), es recomendada como herramienta dentro del Manejo Integrado de Plagas de vegetales y cultivos extensivos. En el caso de B3®, (*Beauveria bassiana*), existen reportes que hablan de la efectividad sobre

larvas de Lepidoptera. Los resultados obtenidos confirman la utilidad de bioplaguicidas como Dipel, como componente de un Programa de Manejo Integrado del Barrenador Mayor de la Caña de Azúcar. Por otra parte, la poca efectividad de B3 (*Beauveris bassiana*), puede deberse a la especificidad de la cepa utilizada en el formulado comercial en cuanto a virulencia y patogenicidad en poblaciones de *Diatraea saccharalis*. Estudios de evaluación de aislados de *Beauveria bassiana* son fundamentales para contar con un preparado comercial, de producción local que pueda integrarse satisfactoriamente en el MIP del barrenador de la caña de azúcar.

Parte de la ventaja observada con el uso de *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki, es que tener una acción por ingestión, por lo cual debe ser ingerido por el mismo al alimentarse de las partes de la planta, esto lo hace inocuo para los demás organismos dentro del agroecosistema de los cultivos de caña de azúcar.

6.2.3 FUENTES DE VARIACIÓN EN APLICACIONES A CAMPO ABIERTO

Los resultados observados en laboratorio, pueden diferir de las experiencias en campo, principalmente debido a factores relacionados con la transferencia del producto bioplaguicida hacia los organismos blanco (*Diatraea saccharalis*), el hábito barrenador de *Diatraea*, las características propias del bioplaguicida y la sincronía entre el momento de aplicación y la ejecución de la aplicación.

6.2.3.1 Método de aplicación

Tomando en cuenta el hábito alimenticio de *Diatraea saccharalis* y el hecho de que los únicos estadios susceptibles de control son las larvas jóvenes, se hace imperativo una cobertura completa al área de los tallos y las vainas de las hojas. Esto permite que el producto se deposite cerca de las zonas de alimentación de las larvas y exista mayor probabilidad de ingestión.

6.2.3.2 Momento de aplicación

En general, se considera que en cultivos agrícolas, la mayor parte de la actividad de *Bacillus thuringiensis* Kurstaki, desaparece entre 3 y 4 días después de la aplicación, siendo esta baja persistencia una limitante en el uso efectivo para el control de plagas (Khetan, 2001). Por lo tanto, toma una mayor relevancia la oportuna toma de decisión para el uso de bioplaguicidas, en específico de *Bacillus thuringiensis* Kurstaki. El momento apropiado para esta medida de control, debe ser aquel en el cual existe una gran proporción de larvas activas en el cultivo.

6.3 PROPUESTA PARA EL MANEJO DEL BARRENADOR MAYOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Diatraea saccharalis*).

El Manejo de Plagas, es un sistema de Protección de cultivos orientado a mantener las plagas a niveles poblacionales que no ocasionen daño económico, mediante el uso preferencial de factores naturales o sus derivados, de manera que resulten en condiciones adversas para el desarrollo de las plagas (Cisneros, 1995). La idea central de este tipo de programas, es mover el enfoque de las estrategias, de centrarse en el uso de plaguicidas, hacia un enfoque sistémico basado principalmente en el conocimiento biológico de las plagas y de sus interacciones con el agroecosistema (Koul y Cuperus, 2007).

La siguiente propuesta está construida de manera que se combinen herramientas del manejo del cultivo (prácticas culturales, manejo de cosecha, etc.), conocimientos biológicos de la plaga, conocimiento de la zona de estudio (presencia de enemigos naturales nativos, presencia de hospederos alternos, etc.). Todo esto con el fin de alcanzar las metas económicas del cultivo sin consecuencias negativas para la sociedad y le medio ambiente.

6.3.1 SANIDAD DE SEMILLEROS COMERCIALES

6.3.1.1 SELECCIÓN DEL SITIO DE ESTABLECIMIENTO

El sitio para el establecimiento de semilleros comerciales, debe ubicarse fuera de zonas con alta prevalencia de de *Diatraea* spp. En caso de no ser posible, se debe prever un programa estricto de monitoreo y control (biológico, microbiológico o químico) de *Diatraea* spp. El objetivo de una buena selección de sitio es: 1. Reducir el riesgo de pérdidas en la plantación de semillas; 2. Disminuir el costo de las medidas de supresión de poblaciones de *Diatraea* spp.

6.3.1.2 EVALUACIÓN DE SANIDAD DE LA SEMILLA

La presencia de larvas o pupas de *Diatraea saccharalis* en los tallos de caña utilizados como semilla, constituyen una fuente de población inicial que afecta a las plantaciones nuevas. Por lo tanto es recomendable siempre realizar una evaluación de Sanidad de Semilla, con el fin de asegurar la calidad de la misma y de eliminar los tallos dañados.

6.3.2 RENOVACIONES O SIEMBRAS NUEVAS

6.3.2.1 AREAS A RENOVAR

En el caso de que un área vieja determinada presenta problemas serios de ataque de *Diatraea saccharalis*, es necesario una correcta delimitación de las áreas a renovar. Esto toma en cuenta el hecho de que la proximidad de lotes con altos índices de infestación de barrenador, pueden afectar de forma negativa a los lotes recién sembrados. Una recomendación es renovar lotes completos, o áreas de una hacienda, que presenten este problema; de esta manera se reduce la posibilidad de sobrevivencia de *Diatraea* en plantaciones más viejas.

6.3.2.2 PREPARACIÓN DEL SUELO

Es importante considerar el cultivo que se ha retirado del terreno en el que se plantará el cañal, pues *Diatraea saccharalis* también es plaga de algunas gramíneas como, maíz y maicillo, y en la fase de pupa puede quedarse en los rastrojos de estos cultivos y al emerger el adulto este puede convertirse en una plaga del nuevo cultivo. Por ello es recomendable, quemar o retirar todos los rastrojos de cultivos que se encuentren el terreno, romper el suelo con un paso de arado de discos y dejar el suelo expuesto al medio ambiente por una semana, luego dar 3 pasos de rastra y seguidamente ampliar y sembrar.

6.3.3 SELECCIÓN DE VARIEDADES

6.3.3.1 SANIDAD DE SEMILLA

Como se mencionó en la sección de semilleros comerciales, la sanidad del material de semilla es clave para el Manejo Integrado de *Diatraea saccharalis*. Para las renovaciones, es recomendable no utilizar semilla de la misma hacienda, pues esta tiene más probabilidad de estar contaminada con *Diatraea*, sin embargo si no se cuenta con semilla de otras partes, o esta no cumple del todo con los requerimientos de sanidad, puede realizarse un tratamiento químico previo a la siembra.

6.3.4 PRÁCTICAS CULTURALES

6.3.4.1 CULTIVOS ALEDAÑOS

Debido a que en nuestro país la tierra que tiene aptitud para ser cultivada es bien limitada permite que se de un fenómeno bien particular, en una pequeña área geográfica existen una diversidad de cultivos, esto, en muchos casos se vuelve un problema ya que, es difícil que

existan programas de control de plagas coordinados entre las personas que manejan los diferentes cultivos.

En el caso de la caña de azúcar sus cultivos vecinos comunes son: el maíz, el sorgo, el arroz y en muchos casos pastizales. Como se puede observar son cultivos que pertenecen a la misma familia taxonómica y por lo tanto tienen plagas en común, esto hace complicado el control ya que si se aplica algún producto para controlar una plaga esta tendrá un cultivo alternativo en el cual puede establecerse. Lo ideal debe ser que exista un plan de manejo de plagas coordinado con los productores aledaños.

6.3.4.2 MANEJO DE COSECHA

La cosecha debe realizarse de la manera competente y en el menor tiempo posible, de esta manera se rompe el ciclo de cualquier generación de insecto plaga que se encuentre. Las malas prácticas de cosecha son comunes en nuestro medio debido a la irregularidad con que trabajan algunos de los ingenios, esto conlleva a que la corta de la caña sea demasiado heterogénea, por ejemplo, se van cortando lotes pequeños y de manera escalonada esto ayuda a que cualquier plaga tenga siempre las condiciones ideales para desarrollarse. También, es importante el manejo post cosecha ya que los rastrojos pueden servir de refugio para larvas, pupas o adultos de insectos plagas o pueden albergar cepas o esporas de microorganismos fitopatógenos. Se recomienda colocar los rastrojos de caña al centro del surco y posteriormente quemarlos. Esto debe hacerse inmediatamente después que se ha cortado la caña.

6.3.4.3 CONTROL DE MALEZAS

En todo cultivo es importante el control de malezas ya que estas compiten por agua, luz, nutrientes y espacio, además muchas malezas segregan sustancias alelopáticas que pueden perjudicar el cultivo. También las malezas son hospederos alternativos de muchas plagas. Por ello es importante un control efectivo y a tiempo.

En caña de azúcar el control químico de malezas es una buena opción, puede realizarse de diferentes formas, por ejemplo pueden utilizarse herbicidas pre emergentes o herbicidas post emergentes, de contacto o sistémicos.

El control de malezas debe realizarse en los primeros meses de la época lluviosa para que el cultivo una vez estando en lo limpio desarrolle al máximo su potencial productivo. Para el control de malezas en caña de azúcar se pueden utilizar mezclas de Glifosatos con Aminas.

Es importante considerar las plantas con flores que sirven como refugio y fuente de alimento a los enemigos naturales (Compositae y otras con flores).

6.3.5 MONITOREO Y TOMA DE DECISIÓN DE ACCIONES DE MANEJO

6.3.5.1 MUESTREO

Para monitorear *D saccharalis* se propone lo siguiente. Muestrear en lotes determinados con informes previos de infestación, en áreas no menores a 5 manzanas, y proceder de la siguiente manera:

1. Para búsqueda de oviposturas: se recomienda definir en forma azarizada de 5 a 10 surcos por parcela, midiendo en cada surco 10 mts lineales, usando para ello una cinta de 20 mts. Una vez definida la unidad de muestro, se proceder a contar los tallos de cañas presentes en la unidad de muestreo, es decir en los 10 mts lineales. Las oviposturas se buscan examinando minuciosamente el haz y el envés de las hojas ubicadas en el tercio superior de las plantas.
2. Para la búsqueda de larvas y pupas se utilizar la misma unidad de muestreo que para búsqueda de oviposturas, examinar cada tallo presente en la unidad de muestreo, los tallos que se encuentren barrenados se cortan y se revisan en busca de larvas o pupas de *D saccharalis*. para ello se corta el tallo en trozos de 15 cm de largo luego se cortan en forma longitudinal. En cada tallo barrenado, se toma registro de los entrenudos afectados. Las larvas y pupas de *Diatraea saccharalis* encontradas, se colocan en bolsas plásticas, las cuales deben ser rotuladas con la ubicación, número de muestra y número de lote correspondiente, las cuales se confinan en hieleras, para luego ser trasladadas al laboratorio para su respectiva identificación.

6.3.5.2 TOMA DE DECISIÓN

La toma de decisión en el Manejo Integrado de Plagas, es un proceso complejo que se fundamenta en una metodología de muestreo estándar. El muestreo es la herramienta que brinda la información necesaria (tomando en cuenta las restricciones de tiempo y recursos) para seleccionar la o las prácticas de control a implementar. Los umbrales de acción también son variables dependiendo del destino de la cosecha, se puede ser más estricto en las plantaciones de semilla tomando en cuenta el valor del producto tanto como el riesgo de

contaminación; mientras que en plantaciones para ingenio se puede sopesar el costo/beneficio de la estrategia de control seleccionada.

Por otra parte, las distintas variedades utilizadas presentan diferentes respuestas a los niveles de ataque por *Diatraea saccharalis*.

En plantaciones viejas, un 2% de infestación es un umbral aceptable para tomar una decisión de control, y para plantaciones jóvenes, un 5% de corazones muertos (en este caso se deben eliminar los brotes dañados).

Plantaciones establecidas Cultivos aledaños: debido a que en nuestro país la tierra que tiene aptitud para ser cultivada es bien limitada permite que se de un fenómeno bien particular, en una pequeña área geográfica existen una diversidad de cultivos, esto, en muchos casos se vuelve un problema ya que, es difícil que existan programas de control de plagas coordinados entre las personas que manejan los diferentes cultivos.

En el caso de la caña de azúcar sus cultivos vecinos comunes son: el maíz, el sorgo, el arroz y en muchos casos pastizales. Como podemos observar son cultivos que pertenecen a la misma familia taxonómica y por lo tanto tienen plagas en común, esto hace complicado el control ya que si se aplica algún producto para controlar una plaga esta tendrá un cultivo alternativo en el cual puede establecerse. Lo ideal debe ser que exista un plan de manejo de plagas coordinado con los productores aledaños.

6.3.6 CONTROL BIOLÓGICO

6.3.6.1 CONTROL BIOLÓGICO DE CONSERVACIÓN

El control biológico de conservación, es el estudio y la manipulación de los factores que influyen el nivel en que los enemigos naturales pueden suprimir eficientemente a los insectos plaga dentro de un agroecosistema. (Van Driesche *et al.*, 2008). Este enfoque asume, que los enemigos naturales están previamente presentes y tienen la capacidad potencial de suprimir las plagas de interés, si se les brindan las condiciones apropiadas.

En general la conservación involucra bien sea, reducir los factores que interfieren con los enemigos naturales o suministrar los [recursos](#) que necesitan los enemigos naturales en su medio [ambiente](#), y estos requerimientos pueden ser acceso a hospederos alternativos, recursos alimentarios para los adultos, refugios o microclimas adecuados.

Dentro del programa de MIP que se propone este método de control es un componente importante, ya que, existe en campo un parasitoide nativo el cual es potencialmente eficiente en el control de *D saccharalis*, este es *Paratheresia claripalpis*, este espécimen llega a niveles de parasitoidismo superiores al 60% según nuestro estudio. Por tal razón se le debe proporcionar las condiciones mínimas para su supervivencia y reproducción; estas condiciones son: suprimir las aplicaciones de insecticidas de contacto, mantener pequeñas cortinas de malezas de hoja ancha que sirven como hospederos alternos y que proporcionan fuentes de alimento a *P. claripalpis* en estado adulto.

6.3.6.2 CONTROL BIOLÓGICO CLÁSICO

Los enemigos naturales son deliberadamente importados de una región a otra con el propósito de suprimir una plaga de origen exótico o nativo (nueva asociación) (Van Driesche *et al.*, 2008). En las condiciones de la zona de estudio, Se ha comprobado la poca eficiencia que tienen los parasitoides importados en el control de *D. saccharalis*. Debido a muchos factores que afectan negativamente la acción de estos, algunos de estos factores son: el rompimiento de la cadena de frío, liberaciones hechas de forma no adecuadas, coincidencia de liberación de parasitoide con aplicaciones de insecticidas de contacto y no se les provee ninguna fuente de alimento.

6.3.6.3 CONTROL MICROBIOLÓGICO

Según el estudio realizado el formulado comercial DIPEL® que esta elaborado a base de la bacteria *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* es muy eficiente en el control de *D saccharalis* y debe aplicarse a razón de ½ Kg (Mz), es necesario recalcar que la decisión de aplicar un producto para suprimir una plaga debe descansar en un monitoreo como el recomendado en este plan. Debido al modo de acción de DIPEL® el momento más oportuno para hacer la aplicación es cuando se tengan larvas del estadio 3, ya que en este momento es cuando estas más se alimentan, además, debido a la persistencia de DIPEL® en campo (3 a 4 días) y al habito de *D saccharalis* de salir a la entrada del túnel esporádicamente la hora de aplicación del producto es irrelevante. Sin embargo considerando las altas temperaturas que se presentan dentro de las plantaciones se recomienda hacer las aplicaciones en las primeras horas de la mañana.

7. CONCLUSIONES

Diatraea saccharalis es una plaga con presencia en plantaciones de caña de azúcar en el departamento de Sonsonate de la zona occidental de El Salvador, el nivel de infestación porcentual va desde 12.5% hasta 119.23%.

El cien por ciento del parasitoidismo encontrado corresponde a *Paratheresia claripalpis* Wulf; Díptera, Tachinidae, presente en niveles porcentuales que oscilan entre 50% y 77.22 %, en la zona de estudio.

El bioplaguicida más efectivo para el control de *Diatraea saccharalis* es Dipel (*Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki), el cual alcanza un 90% de mortalidad sobre los especímenes tratados a proxímadamente a los 5 días después de aplicación.

8. RECOMENDACIONES

Ejecutar un programa de Manejo de Barrenador que integre los componentes expuestos: Principalmente Monitoreo y toma de decisión y Control cultural.

Trabajar más en cuanto a la conservación de *Paratheresia claripalpis*, el cual está adaptado a la zona y proporciona un servicio importante en la regulación natural de las poblaciones de barrenador, (el control biológico de conservación debe ser la primera opción).

Limitar el uso de agroquímicos con efecto de contacto, esto favorecerá el desarrollo de enemigos naturales.

Evaluar cepas específicas otros entomopatógenos, que puedan complementarse como insecticidas microbianos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aday Díaz, O; Barroso Medina, F; Izquierdo Rojas, L. 2003. Estimación de pérdidas causadas por *D saccharalis* Fab. En la provincia de Villaclara. Cuba.
2. Alonso, SN; Miguez, FN; 1984. El barrenador del tallo del maíz. Crea 109: 20-30
3. Anónimo. 1995. Directory of least-toxic pest control products. IPM Practitioner 17 (11/12) pag 1-48.
4. Anónimo. 1990. [Manual](#) de [capacitación](#) en control biológico. CENICAFE/CIBC, [Colombia](#), 174 pags.

5. Blanco Gutiérrez F.C; Bonilla Bonilla J.D; Castro Girón E.R. 1998. Estudio de Metodologías para Evaluación de Variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) En El Salvador Tesis Ing. Agr. La Libertad, El Salvador, Universidad Técnica Latinoamericana. Pág 93.
6. Bleszynsky, S. 1969. The taxonomy of the crambinae moth borres of sugar cane. Pest of sugar cane. P 11-59.
7. BONZI, C. J. 2008. Boletín Técnico. Broca del tallo de la caña de la azúcar; *Diatraea saccharalis*: sistema de control en áreas de alta infestación. Azucarera Paraguaya. (AZPA): Ing. Agr. Jorge Aníbal Bonzi Campos. PARAGUAY
8. Cañizares Malagón J; Cervera López E; Lliso Laguarda J; 2010. Productos fitosanitarios: materias activas y preparados, U.E
9. Centro Agronómico para la Investigación y Enseñanza (CATIE); 1990 Guía para el Manejo Integrado de Plagas del cultivo de caña de azúcar. Informe Técnico No. 151. Turrialba. 138 p.
10. Díaz Ayala, SP; Gracias Serrano, F E; Romero Huevo, CM; 2004. Caracterización de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en El Salvador. SV: Tesis Ing. Agr. Universidad de El Salvador.
11. DIECA (Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, CR). 1991. Producción de parasitoides y entomopatógenos; control biológico de *Diatraea spp*: informe de labores 1990. San José, Costa Rica. p. 48-49.
12. Ehler, LE; 1990. Introduction Strategies in Biological Control of Insects. In: Critical Issues in Biological Control. Mackauer, M.; Ehler, L.E. and Roland, J. (eds). Intercept. Andover, Hants, 1990. Pp 111-134.
13. El Salvador logra aumentar la Producción de azúcar en un 5%. (En línea). Consultado: Viernes 13 de noviembre de 2009. Disponible en: <http://www.eleconomista.net/noticia.php?id=548CUER>
14. Ferrer F; Salazar J. 1977. Avances sobre la producción de parásitos a partir de huéspedes criados con dietas artificiales. Seminario Nacional sobre el problema de los

- Taladradores de la Caña de Azúcar (*Diatraea spp*) (1997 VE). Memorias Barquisimeto, VE, editorial. p. 123-132.
15. Flores S. 1976. Manual de caña de azúcar. Guatemala, INTECAP. 172 p.
 16. Gallo, et all; 1988. Manual de Modelo Espacial de Parasitismo en *D saccharalis*. Brasil.
 17. GALLO, D; Col. 2002. Entomología agrícola. FEALO. Vol. 10. Brasil. 920 pp.
 18. Gómez L; Lastra L; 1995. Insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. CENICAÑA. Colombia. P.250.
 19. González G, M; Valencia J, A; Bustillo P, A; 2001; Incremento de la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*, utilizando integumento del insecto en el medio de cultivo. CATIE. Costa Rica.
 20. Guagliumi, P; 1962. Las plagas de caña de azúcar en Venezuela; Tomos I y II. Centro de Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela.
 21. Harris, W.V; 1969; Termites as pest of sugar cane; Elsevier, Amsterdam; Holanda.
 22. Humbert, R P; 1974; El cultivo de la caña de azúcar, Continental, México.
 23. Ingenio La Cabaña 1999. Guía Técnica del cultivo de la caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) San Salvador, El Salvador. Pág, 10,24
 24. Imwinkelried JM, et all. Trabajo publicado en el Boletín N° 6 del INTA Manfredi, Argentina. 2004.
 25. Koul, O. y Cuperus, G.W. 2007. Ecologically Based Integrated Pest Management: Present CONcept and New Solutions. En: Koul, P y Cuperus, G.W. (eds.), Ecologically Based Pest Management, pp 1 - 17. CABI Publishing, Wallingford.
 26. Lagos, JA. 1986 Compendio de Botánica Sistemática 2 ed. Dirección de Publicaciones e Impresos San Salvador, El Salvador pág. 267
 27. Lastra B, LA; Gómez L, L A; 2006. La cría de *D saccharalis*, para la producción masiva de sus enemigos naturales. CENICAÑA. Cali. Colombia.

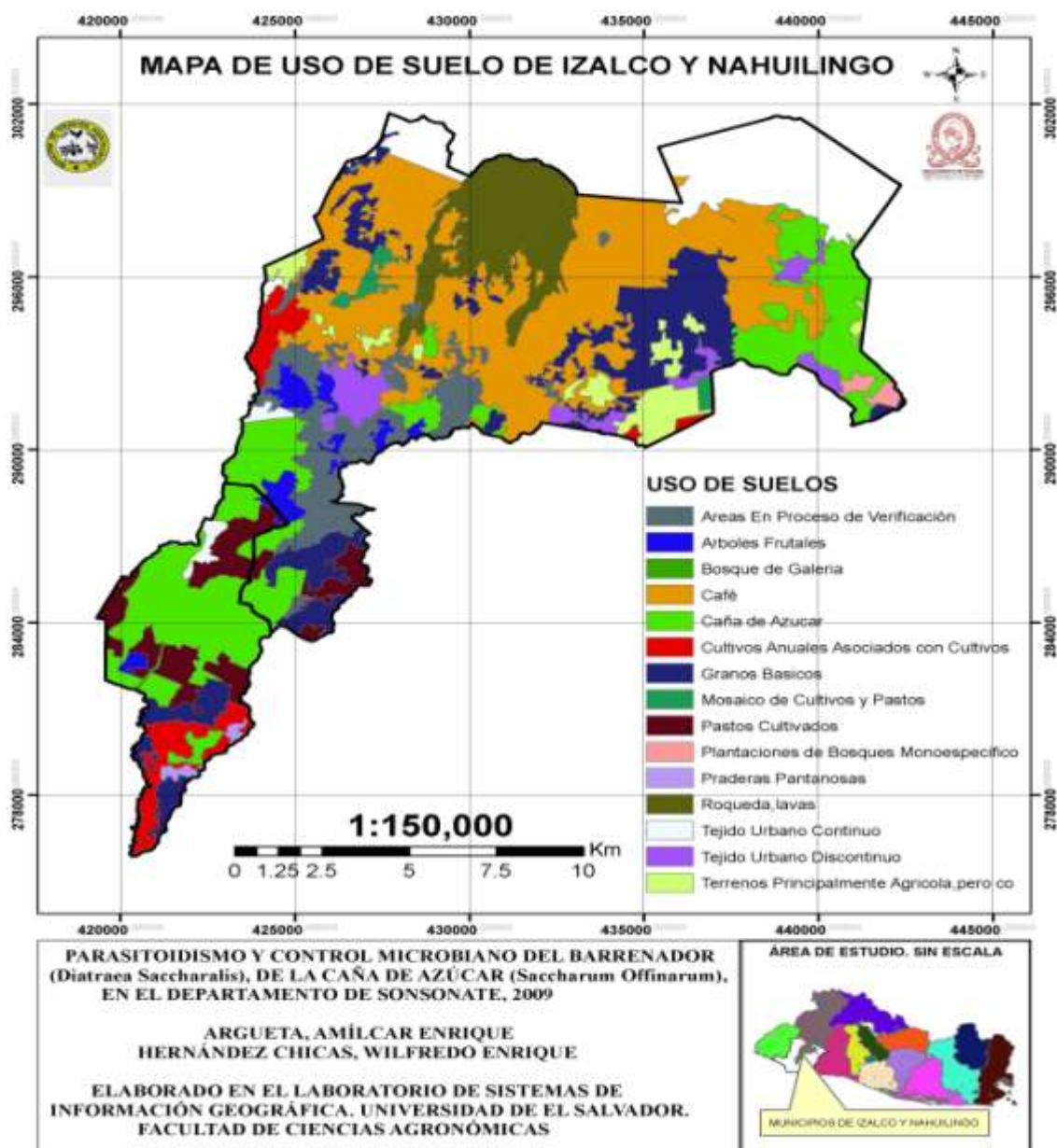
28. Legon J P; et all; 1999, avances de la lucha biológica en el control de *D saccharalis* Fab. En la caña de azúcar. Cuba
29. Lecuona R; 1998. Dinámica poblacional de *Diatraea saccharalis* (F) (Lepidoptera: Piralidae) e incidencia del daño en el cultivo. Carpeta de producción vegetal. Maíz. INTA, EEA Pergamino. Bs. As. Arg. IV (44). pp. 8.
30. Maagd R; Bravo C; Berry N; Crickmore; Schnepf H. 2003. Structure, diversity, and evolutions of proteins toxins from spore-forming entomopathogenic bacteria. University of Florida.
31. Menjivar R H; 1985. Enfermedades de la caña de azúcar en El Salvador. San Andrés, La Libertad. Boletín Técnico N° 9.
32. Mendoca, AF; 1996. Distribución de *Diatraea* (Lep.: Pyralidae) e de seus principias parasitoides larvais no continente Americano. Pragas de cana-dea-ucar. Brasil, p 51-82
33. Metcalf, R. L. y W. H. Luckman, 1994. Introduction to insect pest management. John Wiley y Sons, New York.
34. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2003. Guía Técnica del Cultivo de la Caña de azúcar (en línea) El Salvador. Consultado 25 de julio de 2009. Disponible en: <http://www.agronegocios.gob.sv/comoproducir/guias>.
35. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2000, Guía Técnica del Cultivo de Caña de Azúcar.
36. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2003. Anuario de Estadísticas Agropecuarias La Libertad, El Salvador.
37. Morales Molina, M.A, 2008. EVALUACIÓN de cuatro parasitoides para el control de dos especies de barrenadores *Diatraea saccharalis fabricius* *Diatraea crambidoides grote* en caña de azúcar a nivel de laboratorio, USAC, GUATEMALA, GUATEMALA.
38. O'Relli, J; et all. 1997. Empleo de la lucha integral para el combate de las plagas de caña de azúcar. Villa Clara. Cuba.

39. Pantoja J. E, Londoño F, Gomez L.A, 1993, “Corazones muertos” *Elasmopalpus lignuceilus* y otros barrenadores sobre la producción de caña de azúcar, Centro de Investigaciones de la Caña de Azucar en Colombia (CENNICAÑA), Cali, Colombia.
40. Ramos R; Carmona A; Béres M; Méndez N. 2004. Evaluación de aislamientos de *Bacillus turigiensis* tóxicos a *Diatraea saccharalis* (*Lepidoptera Piralidae*). Universidad Centro-Occidental, Lisandro Alvarado. Barquisimeto-Cabudare. Venezuela.
41. Rodríguez A; Alfaro D; Sáenz A; 2003. El uso de los hongos entomopatógenos para el control de plagas de insectos en el cultivo de la caña de azúcar: DIECA. pp. 147-152.
42. Summy, K.R; French J.V; 1988. Biological control of agricultural pest: concepts every producer should understand, J. Rio Grande Valley Hort. Soc, 41: 119-133
43. Tocagni, H. 1981. El cultivo de la caña de azúcar. Revista Técnica. Buenos Aires, Argentina.
44. Van Driesche, R G; and T. S. Bellows. 1996. Biological Control. Chapman & Hall, New York. 539 pp.
45. Velásquez, M; Terán, J; 2003. Los *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de la región noroccidental del estado Guárico, Venezuela. Entomotropica 18: 127-145.
- 37 Van Driesche, R., Hoddle, M. y Center, T. 2008. Control of pest and weeds by natural enemies, An introduction to biological control. Blackwell Publishing, Malden, MA. 473 pp.
- 38 Ventura Prera M. G; 2007. Identificación de bacterias fitopatógenas en cultivos de papaya (*carica papaya*) en las fincas El Pantanal y El Subín, ubicadas en el departamento del Petén, USAC, Guatemala.

- 39 Victoria J, I; Guzmán M, L; Ángel J, C; 1995. Enfermedades de la caña de azúcar. CENICAÑA. Cali. Colombia.

10. ANEXOS

ANEXO 1. MAPA DE ZONA DE ESTUDIO MUNICIPIOS DE IZALCO, NUHIULINGO, EN EL DEPARTAMENTO DE SONSONATE



Anexo 2. Fotografías de *Paratheresia claripalpis*

