

Universidad de Matanzas



“Camilo Cienfuegos”

Facultad de Agronomía.

*Tesis en Opción al Título Académico de Master en
Ciencias Agrícolas.*

*Ataque de lepidópteros en agroecosistemas de soya (*Glycine
max. (L.) Merrill*): etología del complejo plaga y pesquizaje de
caracteres de resistencia genotípica.*

*Autor: Ing. Alién Borges Álvarez
Tutor: Dr. C Leonel Marrero Artabe*

Matanzas, 2011.

PENSAMIENTO.

*“La tierra no se recibe heredada de nuestros padres,
sino prestada de nuestros hijos”*

José Martí.



NOTA DE ACEPTACIÓN.

Presidente del Tribunal: _____

Miembro del Tribunal: _____

Miembro del Tribunal: _____

Miembro del Tribunal: _____

Miembro del Tribunal: _____

Evaluación: _____

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Yo, Alién Borges Álvarez, hago constar que soy autor único del presente trabajo, razón por la cual autorizo a La Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” y por consiguiente a la Facultad de Agronomía, a hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Firma del graduado: _____
Ing. Alién Borges Álvarez

DEDICATORIA.

 *Dedico este trabajo de Tesis en Opción al título Académico de Master en Ciencias Agrícolas a mis padres, a Marciano Borges Medina por ser mi ejemplo y guía desde que nací, y a mi madre Marta Álvarez Sosa, los que con tanto esfuerzo, amor y apoyo me han sabido encaminar para que salga adelante en la vida.*

 *A mi hermana Leidys y a su niña Marcia.*

 *A La Revolución cubana que me ha dado la posibilidad de alcanzar el logro de ser un profesional.*

AGRADECIMIENTOS.

- ✿ *A mi tutor, el DrC Leonel Marrero Artabe por las sugerencias dadas, por sus enseñanzas y oportunos señalamientos.*

- ✿ *A todos los profesores que durante el transcurso de la Maestría contribuyeron a mi formación profesional con sus enseñanzas.*

- ✿ *Al personal de los laboratorios del Centro de Tecnología Enzimática (CETENZ) de la Facultad de Agronomía.*

- ✿ *A las compañeras del laboratorio de Botánica, Lenia y Amalia.*

- ✿ *A los compañeros Dany, Roberto y Jose de los laboratorios de la Facultad de Química por la ayuda prestada durante el proceso del trabajo.*

- ✿ *A los trabajadores de la Unidad Docente Investigativa Productiva (UDIP) de la Universidad de Matanzas.*

- ✿ *A todos los que de una forma u otra colaboraron en la realización de este trabajo.*

RESUMEN.

La evaluación de genotipos cubanos y brasileños de soya (Incasoy (IS-1), IS-27 e IS-36), (Conquista), y la adopción de Programas Manejo Integrado de Plagas (MIP) constituyen prioridades para la biodiversificación del MINAZ y tributan a la sustitución de importaciones en la Agricultura Cubana. Se desarrollaron prospecciones de la lepidóptero fauna asociada a estos genotipos en la Empresa Provincial de Semillas del MINAZ y la EPICA Jovellanos. Se procedió a la identificación taxonómica, evaluación etológica de las especies detectadas y la confección de una clave de reconocimiento según Alayo (1987); Marrero (2007) y Capinera (2009). Mediante estudios histológicos, morfométricos y de screening bioquímico (Rodríguez *et al.*, 2004; INCA, 2009) se evaluaron por primera vez ante el ataque de lepidópteros plagas caracteres de resistencia genotípica.

Se encontraron seis especies de lepidópteros y se informa por primera vez a *Estigmene acrea* (Drury.) (Lepidoptera: Actiidae) como nueva plaga de importancia económica, confeccionándose una clave pictórica para el reconocimiento de la plaga y comportamiento en campo, permitiendo socializar la capacitación participativa de productores. Causó elevadas defoliaciones diarias (1 817 mm²). La variedad cubana IS-27 mostró resistencia ante el ataque observándose menores tasas de consumo foliar (1 198 mm²) con diferencias estadísticas significativas respecto a la IS-36 (1 988 mm²) lo que evidenció el hallazgo de mecanismos de fagorrepelencia y antixenosis del fitófago ante el genotipo IS-27, condicionados por una mayor densidad y longitud de los tricomas, superior dimensión de las células epidérmicas y elevados contenidos foliares de triterpenos, fenoles, saponinas, lactonas y lignina (31 %), estudios que demuestran por primera vez la existencia de caracteres de resistencia genética ante el ataque de lepidópteros plagas.

Los resultados obtenidos aportan información novedosa que fundamenta la relación plaga-resistencia de la planta hospedante, elementos de primer orden para los Programas de Mejoramiento Genético de la soya, la biodiversificación de áreas cañeras del MINAZ, y el sistema Estatal de Sanidad Vegetal en Cuba.

Índice

Capítulo I. Introducción	1
Problema.....	2
Hipótesis.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Capítulo II. Revisión bibliográfica	4
2.1 Importancia económica del cultivo de la soya.....	4
2.2 Situación mundial del cultivo. Principales países productores.....	6
2.3 Germoplasma genético de soya y Organismos Modificados Genéticamente.....	7
2.4 Desarrollo de la soya en Cuba. Perspectivas.....	8
2.5 Fenología del cultivo de la soya (<i>Glycine max. L</i>) y su relación con el Manejo Integrado de Plagas (MIP).....	10
2.5.1 Fisiología y Fitotecnia del cultivo.....	11
2.5.1.1 Etapa vegetativa.....	11
2.5.1.2 Etapa reproductiva. Inducción Floral.....	11
2.6 Acciones básicas para el implementar un Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en soya.....	11
2.7 Genotipos de soya en Cuba: características.....	13
2.8 Variedades de soya de primavera: características genotípicas.....	14
2.8.1 Principales atributos de variedades de soya de primavera.....	14
2.9 Descripción de genotipos cubanos de soya.....	15
2.9.1 Variedad Incasoy - 1.....	15
2.9.2 Variedad Incasoy - 27.....	15
2.9.3 Variedad Incasoy - 36.....	16
2.10 Entomofauna asociada al cultivo. Fitófagos principales en el cultivo de la soya en el mundo y en Cuba.....	16
2.11 Muestreo de orugas defoliadoras (Lepidoptera: Noctuidae) y etapas críticas del cultivo ante el ataque.....	17

2.12	Lepidópteros plagas asociados al cultivo de la soya. Descripción de las principales especies (Lepidoptera: Noctuidae).....	18
2.12.1	<i>Anticarsia gemmatalis</i> (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae): Descripción y etología.....	19
2.12.2	<i>Spodoptera</i> spp. (Lepidoptera: Noctuidae): Descripción y etología.....	20
2.12.3	<i>Estigmene acrea</i> Drury (Lepidoptera: Arctiidae): Descripción y etología.....	21
2.13	Época de ataque de los principales lepidópteros plagas del cultivo de la soya.....	23
2.14	Daños ocasionados por larvas de lepidópteros: principales especies.....	23
2.15	Estudios de nocividad: tasas de herbivoría y conducta alimentaria de larvas noctuidas.....	25
2.16	Umbral de daño económico en el muestreo de orugas desfoliadoras.....	27
2.17	Alternativas de Manejo.....	28
2.17.1	Control químico.....	29
2.17.2	Control genético: Caracteres genotípicos y mecanismos de resistencia intrínseca del cultivo ante el ataque de insectos.....	29
2.18	Mecanismos de resistencia de las plantas al ataque de insectos.....	30
2.18.1	Caracteres de resistencia física, caracteres morfológicos.....	31
2.18.2	Mecanismos de resistencia físico-química: Antixenosis y Antibiosis.....	33
2.18.2.1	Metabolitos repelentes y deterrentes (terpenos, alcaloides, lactonas y fenoles).....	33
2.18.3	Mecanismo de Antibiosis.....	34
2.18.4	Otros mecanismos de tolerancia - resistencia.....	35
2.18.5	Expresión de otros metabolitos vegetales: factores de resistencia genotípica ante el ataque insectil.....	36
	Desarrollo.....	37
	Capítulo III. Métodos y Procedimientos.....	37
3.1	Inventario de la lepidopterofauna asociada al cultivo de la soya. Listado de especies.....	37
3.1.1	Agroecosistemas, localidades y variedades en estudio.....	37
3.2	Colecta y toma de muestras.....	38

3.3 Descripción y diagnóstico de las especies detectadas.....	38
3.4 Confección de clave pictórica de reconocimiento de nuevos registros de insectos plagas.....	39
3.5 Nocividad del complejo de lepidópteros: estudios etológicos de las principales especies.....	39
3.5.1 Determinación del consumo foliar diario de las principales especies de lepidópteros: comportamiento de la defoliación según genotipos de soya.....	40
3.6 Evaluación de mecanismos naturales de resistencia del cultivo ante el ataque del complejo plaga.....	41
3.6.1 Búsqueda de caracteres genotípicos de resistencia física: Descripción de tricomas y células epidérmicas, estudios histológicos.....	41
3.6.2 Determinación de caracteres de resistencia química: screening bioquímico foliar de los genotipos muestreados.....	42
3.6.2.1 Evaluación de metabolitos: contenidos de fenoles, saponinas, lactonas y terpenos.....	42
3.6.2.2 Determinación del contenido foliar de N, P, K.....	44
3.7 Cuantificación de lignina foliar.....	44
Capítulo IV. Resultados y discusión.....	46
4.1 Inventario de la lepidopterofauna asociada al cultivo de la soya. Listado de especies detectadas.....	46
4.1.1 Descripción y diagnóstico de las principales especies detectadas.....	46
4.2 Confección de clave pictórica de reconocimiento de nuevos registros de insectos plagas: identificación en campo de <i>Estigmene acrea</i> Drury (Lepidoptera: Actiidae).....	49
4.3 Nocividad del complejo de lepidópteros: estudios etológicos de las principales especies.....	53
4.3.1 Etología de <i>E. acrea</i> en condiciones de campo.....	53
4.3.2 Determinación del Consumo foliar diario de las larvas de <i>A. gemmatalis</i> , <i>Spodoptera</i> spp. y <i>E. acrea</i> en condiciones de laboratorio.....	55

4.4 Evaluación de mecanismos naturales de resistencia del cultivo ante el ataque del complejo plaga.....	59
4.4.1 Búsqueda de caracteres genotípicos de resistencia física: Descripción de tricomas y células epidémicas, estudios histológicos.....	59
4.4.2 Determinación de caracteres de resistencia química: screening bioquímico foliar de los genotipos muestreados.....	63
4.4.2.1 Determinación del contenido foliar de N, P, K.....	63
4.4.2.2 Evaluación de metabolitos: contenidos de fenoles, saponinas, lactonas y terpenos.....	66
4.4.3 Cuantificación de lignina foliar.....	68
4.5 Novedad científica.....	69
4.6 Impacto económico, social y medio ambiental.....	69
Conclusiones	72
Recomendaciones	73
Referencias bibliográficas	
Anexos	

Capítulo I. Introducción.

La soya (*Glycine max.* (L.) Merrill) se encuentra entre los diez cultivos de mayor importancia en el mundo, especialmente por su alto contenido de proteínas (30 a 50 %) y 20 % de grasas. A escala mundial, el cultivo ha presentado serios problemas con organismos nocivos y se estiman las pérdidas económicas al 29 %; de estas afectaciones el 15 % son provocadas por el ataque de insectos nocivos.

El ataque del complejo Lepidoptera representado por orugas como *Anticarsia gemmatalis* (Hubn.), *Spodoptera* spp. y *Pseudoplusia includens* (Walker) representa una limitante altamente amenazante para la sostenibilidad del cultivo; además se informa la detección de insecto resistencia a plaguicidas químicos en varias de estas especies insectiles. Las hembras tienen hábitos desfoliadores devastadores, son polípagas pudiendo alimentarse de legumbres.

La agricultura cubana y el Programa Nacional de granos recaba de la generalización de variedades autóctonas de soya adaptadas a condiciones de primavera y que muestren resistencia al ataque de plagas. Se obtienen bajos rendimientos en el cultivo debido al ataque de insectos plagas de importancia económica, lo que ha condicionado que se destinen cuantiosas derogaciones en divisas para satisfacer la demanda del grano, incluyendo Organismos Modificados Genéticamente (OMG). La obtención y validación de nuevos genotipos cubanos permitiría disminuir importaciones y diversificar las áreas del MINAZ, prioridad económica contenida en la Tarea Álvaro Reynoso, por lo que se comenzó la siembra de 5 000 ha de soya en la Finca Madam de la Empresa Provincial de Semillas de Matanzas (Niebieskikwiat, 2007).

El inventario de especies plagas constituye la piedra angular del Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Martínez *et al.*, 2007). En nuestro país, dentro de los principales insectos plagas de importancia económica para la soya solo se

enumeran a los lepidópteros *Anticarsia gemmatalis* Hubn., *Trichoplusia ni* (Walk), y *Helicoverpa zea* (Boddie).

Sin embargo, Marrero (2007) informó la identificación de 11 especies de lepidópteros asociados al cultivo en las provincias de Matanzas y La Habana, incluyendo nuevas especies como *Vanesa cardui* (Seba) (Lepidoptera: Nymphalidae) y se estima la resurgencia de otros desfoliadores que no han sido observados por la Comisión Nacional del Cultivo.

Ante el incremento del ataque de lepidópteros plagas, los agricultores intensifican el uso de insecticidas, induciendo la posibilidad de resistencia de plagas, lo que se convierte en una práctica antieconómica, aumentando los costos de producción del pequeño agricultor, además de generar un severo peligro ambiental y para la salud humana. En la actualidad aún resulta insuficiente el conocimiento científico sobre la fauna de lepidópteros y el daño que ocasionan sobre nuevas variedades cubanas de soya (Incasoy-1, Incasoy-27, Incasoy-36) obtenidas recientemente por el Programa Nacional de Mejoramiento Genético y difundidas recientemente por el MINAZ en nuestro país. Por ello constituye una prioridad evaluar su comportamiento fitosanitario, así como la búsqueda de defensas naturales del cultivo ante el ataque de insectos plagas, dado que aún no se vislumbran muchas posibilidades de control empleando genotipos resistentes.

Sobre la base de estos antecedentes se formula el siguiente problema científico:

Problema:

Los lepidópteros constituyen plagas insectiles claves del cultivo de la soya en Cuba, se informan nuevos reportes de especies nocivas y aún resulta insuficiente el conocimiento científico sobre su etología, daños, así como la respuesta de genotipos autóctonos ante el ataque.

Con vistas a dar respuesta a la problemática anterior, se desarrolló la siguiente hipótesis de trabajo:

Hipótesis.

El diagnóstico de la lepidopterofauna asociada a variedades de soya, la descripción de la etología y tasas de consumo foliar de las principales especies; así como el pesquizaje de caracteres de resistencia genotípica del hospedante ante el ataque del complejo plaga, permitirán aportar valiosos elementos decisivos para el Programa de Manejo Integrado del Cultivo.

Objetivo general.

- 🐛 Evaluar la etología de lepidópteros plagas asociados a nuevas variedades de soya disponibles en el país.

Objetivos específicos.

1. Identificar las especies de lepidópteros plagas presentes en ecosistemas de soya del MINAZ en la provincia de Matanzas.
2. Determinar bajo condiciones de laboratorio las tasas de defoliación de las principales especies de lepidópteros sobre los genotipos cubanos (Incasoy-1, Incasoy-27 e Incasoy-36).
3. Evaluar caracteres genotípicos de resistencia y antixenosis del cultivo ante el ataque del complejo plaga.

Capítulo II. Revisión bibliográfica.

2.1 Importancia económica del cultivo de la soya.

La soya (*Glycine max* L. Merrill) es una oleaginosa de alto valor nutritivo con múltiples usos tanto para el consumo humano como animal y tiene una demanda importante en Cuba, siendo el sector de la avicultura el mayor consumidor debido a que la torta de soya representa alrededor del 15 % al 20 % de la composición de los alimentos balanceados.

En la actualidad, más de 500 millones de personas, que viven sobre todo en países tropicales, sufren desnutrición grave y se estima que su número alcanzará 628 millones. La soya se caracteriza por ser la leguminosa tropical con mayor aporte proteico-energético, atributo que permitiría solucionar los problemas alimentarios de estos países (Díaz *et al.*, 2003). Una hectárea de soja puede producir suficiente proteína para alimentar a una persona por 5 500 días, mientras que la carne producida en la misma área lo hace por no más de 300 a 600 días”.

El grano de soya tiene un alto contenido de proteína (42 %) y aceites (18 %) utilizado para la alimentación humana y animal. El consumo de aceite se relaciona directamente con la dieta humana, en la que las grasas son un componente esencial por su valor energético - dinámico; el de harinas con la formulación de alimentos balanceados para la producción de carnes rojas y blancas, que sigue siendo la aplicación dominante y finalmente, la utilización de la harina o de las proteínas de soya en la alimentación humana permite el enriquecimiento de otros alimentos (MINAL, 2004). El cultivo hoy representa un alto porcentaje en la composición de las ocho materias primas más importantes del mundo (Ecuaquímica, 2009).

En nuestro país, esta oleaginosa posee gran relevancia económica por sus múltiples usos; en la industria alimenticia se utiliza en el 60 % de los alimentos manufacturados, es empleada como complemento dietético, derivados lácteos y forma parte de la elaboración de carnes, margarinas, mantequillas, aceites de

aderezos y productos industriales (cosméticos, pinturas, tintas, jabones, lacas) (Agricultural Statistics Borrada, 2008). Estas producciones requieren del suministro estable de la soya nacional H-20 y en forma texturizada (GENCA, 2003). En general el cultivo de soya ha sustituido ventajosamente a diferentes productos proteicos, contribuyendo en la solución de problemas nutritivos en las regiones tropicales (Zamora y Abdou, 2007).

Reys (2009) considera que también presenta aplicaciones lácteas, que aportan óptimos beneficios nutricionales y funcionales, como la obtención de bebidas sin colesterol, sin lactosa, bajas en grasa, postres, congelados y productos como el yogurt. Representa además una importante fuente de lecitina, rubro que junto a los aspectos dietéticos mencionados anteriormente, condicionan que el país demande actualmente más de 1 500 TM, la cual se satisface casi íntegramente por importación, para ello se destinan cuantiosos recursos en divisas por concepto de importación que alcanzan 500 - 600 USD/t de granos de primera calidad y 180 - 300 USD/t para la elaboración de concentrados, incluyendo granos modificados genéticamente (OMG) (Esquivel, 2003; Marrero, 2005).

Desde el punto de vista agrícola esta especie juega un papel importante en los sistemas de producción con enfoques sostenibles y competitivo, por su potencialidad para formar asociaciones simbióticas capaces de fijar biológicamente más de 125 kg de nitrógeno/ha, aunque puede alcanzar de 200 - 300 kg/ha (Zamora y Abdou, 2007). Es un cultivo altamente benéfico para el suelo porque en vez de extraer el nitrógeno como sucede con la mayoría de las plantas lo incorpora al mismo, por lo tanto depende mucho menos de los fertilizantes nitrogenados sintéticos que la mayoría de los cultivos (Díaz, 2001; citado por Marrero, 2007).

Labrada (2005), plantea que esta propiedad permite aumentar la capacidad total de reciclaje y almacenamiento de nutrientes en el agroecosistema, convirtiéndose en una excelente alternativa de rotación de cultivos que abarca en nuestros días su

inclusión en extensiones agrícolas liberadas de caña con un impacto agronómico positivo para el proceso de biodiversificación de las producciones del MINAZ.

Penichet (2008), argumenta que la producción mundial de granos, se ha proporcionado fundamentalmente por: su alta capacidad de rendimiento por unidad de área y tiempo; la composición química de las semillas; su valor nutritivo; su empleo como plantas forrajeras, con un amplio porvenir en una intensificación ganadera ineludible. En Cuba el beneficio y procesamiento del frijol de soya para la obtención de múltiples alimentos para diferentes programas sociales se realiza en dos plantas industriales de Ciudad de La Habana y Santiago de Cuba (Sierra, 2007).

2.2 Situación mundial del cultivo. Principales países productores.

En el 2002 la producción mundial llegó aproximadamente a las 190 millones de toneladas, concentrándose las mayores producciones en Estados Unidos (74 millones de toneladas) con rendimientos de 2.8 t/ha (Agricultural Statistics Board, 2008; Viteri, 2008); Brasil (51 millones de toneladas) y Argentina (35 millones de toneladas) con el 84 % del volumen total de la producción; sin embargo los países tropicales a pesar de ser los más necesitados se encuentran más rezagados (Ortiz *et al.*, 2004; Oilseed, 2008).

Las perspectivas mundiales de esta oleaginosa son alentadoras y se estima superar una producción de 600 millones de toneladas (Feed Tech, 2004). El cultivo adquiere relevancia económica en América Latina, a mediados del Siglo XX con la introducción de variedades desde los Estados Unidos (Imazaki *et al.*, 2006; Viteri, 2008).

Brasil ha utilizado el aceite vegetal en la producción de biodiesel para la industria, lo cual además de su impacto energético ha permitido reducir las importaciones de Diesel, el uso de esta alternativa contribuye a la disminución de la contaminación ambiental (Feed Tech, 2004).

2.3 Germoplasma genético de soya y Organismos Modificados Genéticamente.

Según Martínez y Rodríguez (2003), la superficie mundial de la siembra de soya en la campaña 2007/2008 con respecto a la campaña anterior disminuyó de 93.3 millones de (ha) a 91.3 millones de ha; descenso que ocurrió debido a la disminución en Estados Unidos de la superficie de soya a favor del maíz con mayores beneficios económicos para los agricultores estadounidenses. Del total de esta superficie 57.5 millones de ha corresponden a soya OMG (Organismo Modificado Genéticamente), ocupando 56.8 millones de ha en la campaña 2007/2008. En los principales países productores del mundo como E.U la soya OMG representa el 91 % de la superficie cultivada y en Argentina el 99 %. De la producción total, el 73 % se destina a la elaboración de concentrado y aproximadamente el 17 % para la obtención de aceites (Maluenda, 2009).

A partir de evaluaciones multidisciplinarias se han obtenido genotipos con resistencia al ataque de insectos plagas, estos cultivares se deben reevaluar nuevamente en campo y en condiciones de laboratorio, para caracterizar su resistencia. Estudios realizados en cultivos como la yuca han incrementado el número de genotipos promisorios que pueden usarse como parentales en futuros cruzamientos, o ser liberados directamente a los agricultores como variedades resistentes a la mosca blanca *A. sociales* (Arias, 2000).

La resistencia planta hospedera (RPH) a insectos plagas en plantas cultivadas es rara, debido principalmente a la poca investigación, al reducido número de materiales mejorados y a la escasa selección de híbridos y especies silvestres o cultivadas con niveles de resistencia (De Ponti *et al.* 1990).

Para el complejo de *Bemisia tabaci*, la literatura reporta varios cultivos con genotipos “resistentes”, en la mayoría de los casos no son cultivares desarrollados si no, líneas mejoradas que se espera tengan resistencia. Otros estudios de (RPH) se han llevado a cabo con especies de mosca blanca como por ejemplo: *Trialeurodes abutilonea* sobre la soya (McPherson, 1996).

Los mecanismos que están operando parecen ser de antixenosis (no preferencia para alimentación y oviposición) o de tolerancia (Herrera *et al.*, 2001). De igual manera se vincula con la resistencia a la pubescencia de las plantas, la densidad de tricomas, los tenores de acylazúcares.

Las defensas naturales en varios cultivos parecen afectar particularmente el establecimiento o la alimentación sostenida (fagorrepulsiva) de la plaga en la planta por mecanismos de defensa física tales como (pilosidad, producción de callo) o factores de naturaleza química (ácido cianhídrico (HCN); rutina) (Calatayud y Múnera, 2002).

2.4 Desarrollo de la soya en Cuba. Perspectivas.

En Cuba desde el año 1962 ya se avizoraba el desarrollo de los cultivos de granos. La soya llegó a nuestro país en una etapa muy difícil, con el comienzo de la década de los 90 y el inicio del Período Especial. En la medida que se ha ido introduciendo en la dieta de los cubanos ha ido ganando adeptos (González, 2006). La creación de los centros de investigaciones agropecuarias ha sido un paso firme en el camino hacia la adopción de un modelo alternativo de desarrollo en la agricultura cubana, desarrollando semillas de variedades más resistentes a las plagas y enfermedades, con una mayor adaptabilidad a las condiciones climáticas del país y altos rendimientos, elementos imprescindibles para lograr mejores resultados productivos.

El cultivo es poco conocido aún por los agricultores cubanos; de ahí que se plantee la necesidad de realizar acciones para promover la cultura científica de la soya. Desde inicios de los 90 se desarrollaron grandes esfuerzos por incrementar la producción con el fin de reforzar la alimentación animal, realizándose varios ensayos por el MINAZ sobre la forma de utilización de la soya (Pérez *et al.*, 2002).

Varias Organizaciones No Gubernamentales (ONG) de Alemania, España, Estados Unidos y Francia financiaron proyectos que promovían el desarrollo del cultivo, y es con la colaboración de este último país que se obtuvieron experiencias en la provincia de Matanzas, donde se alcanzaron rendimientos superiores a 1.2 t/ha (PROGRAN, 2002). En la mayoría de los casos los rendimientos han sido muy bajos oscilando solamente entre 0.6 - 0.7 t/ha (Martínez, 2001); no obstante investigaciones recientes bajo condiciones tropicales indican la obtención de rendimientos varietales de 2.8 - 4.6 t/ha (Souza y Oliveira, 2002; citado por Marrero, 2007).

Los resultados en ocasiones han sido desalentadores, debido entre otras limitantes, a la falta de variedades apropiadas para la época, la exposición del cultivo al ataque de insectos plagas y malezas prácticamente durante todo su ciclo biológico, lo que causa pérdidas económicas en los rendimientos (Avilés *et al.*, 2007). El análisis insuficiente de éstas problemática tecnológicas, abrió un período de desestimación del cultivo, donde el país desarrolla acciones muy importantes para introducir y desarrollar el cultivo de la soya a todos los niveles, con énfasis fundamental en la búsqueda de variedades y tecnologías apropiadas para la primavera, verano e invierno (Monseley, 2003).

El éxito de la producción de soya en las regiones tropicales se ha debido en gran medida a la obtención de variedades muy productivas, adaptadas a las condiciones tropicales. La búsqueda de variedades con mayor adaptación a las condiciones agroclimáticas de Cuba ha estado muy estrechamente vinculada a la introducción y evaluación de variedades foráneas (Ortiz, 2008).

2.5 Fenología del cultivo de la soya (*Glycine max. L*) y su relación con el Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Antes de comprender el MIP en el cultivo de la soya, viene la necesidad de conocer el cultivo de la planta y su crecimiento durante la estación. Muchas de las decisiones que deben tomar el productor o el asesor agrícola del Programa de Manejo Integrado de Plagas dependen del tipo de soya y del estado de crecimiento de la planta. Para propósitos de MIP, el estado de crecimiento es el criterio más importante porque la relación entre el daño causado por el insecto y el daño al cultivo, depende del estado del cultivo en el cual ocurren el ataque. Los investigadores han determinado que el daño durante los estados vegetativos usualmente no es tan perjudicial para la planta como durante los estados reproductivos. El índice preferido se basa en si la planta está en un estado vegetativo o reproductivo. Según Hammond (2001), la fenología actualmente utilizada, se caracteriza por los estados vegetativos (V) y estados reproductivos (R):

Estados Vegetativos	Estados Reproductivos
VE emergencia	R1 comienzo de la floración
VC cotiledón + unifolio desenrollando	R2 floración plena
V1 trifolio del primer nudo	R3 comienzo de las vainas
V2 trifolio del segundo nudo	R4 plenitud de vainas
V3 trifolio de 3 ^{er} nudo	R5 comienzo de la semilla
V4 trifolio del 4 ^{to} nudo	R6 plenitud de la semilla
V5 trifolio del 5 ^{to} nudo	R7 comienzo de la maduración
Vn trifolio del nudo N	R8 maduración plena

2.5.1 Fisiología y Fitotecnia del cultivo.

2.5.1.1 Etapa vegetativa.

El desarrollo de las plantas de soya es muy sensible al foto periodo (EMBRAPA, 2003). Desde que las plantas se autoabastecen con la expansión de la primera hoja trifoliada, y hasta la floración se desarrolla la etapa vegetativa en la que se construye la fábrica fotosintética, que luego servirá para formar y alimentar las vainas y los granos. La magnitud del crecimiento vegetativo resulta fundamental para la producción de granos.

Cuando el cultivo alcanza índice de área foliar (superficie foliar / superficie del suelo) entre cinco a ocho, se estabiliza el rendimiento en granos sin sufrir nuevos incrementos. Esto es debido a que las hojas superiores sombrean a las inferiores en una magnitud tal, que el proceso fotosintético es insuficiente para compensar la respiración de mantenimiento; por lo cual se desencadenan los procesos de envejecimientos que conducen al amarillamiento y finalmente caída de la hoja. Igualmente incide en la aparición de frutos no desarrollados, e insuficientemente abastecidos manifestando decaimiento y aborto (EMBRAPA, 2003).

2.5.1.2 Etapa reproductiva. Inducción Floral.

Al aparecer las primeras flores del cultivo, comienza la etapa reproductiva. Para que esto pueda ocurrir debe haberse producido previamente el proceso de inducción floral, estímulo fisiológico que induce a la planta a producir órganos reproductivos y que está condicionada previamente por una adecuada área fotosintéticamente activa.

2.6 Acciones básicas para implementar un Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en soya.

Desde la década del noventa, los agricultores retomaron la filosofía del Control Integrado de Plagas, más recientemente se introdujo el término “manejo” en reemplazo de “control”, y así hoy estamos hablando de Programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

En la actualidad está orientado hacia la convivencia con las plagas y no a su erradicación, y hacia el manejo de poblaciones en general y no a infestaciones localizadas (Pérez, 2004; Altieri y Nicholls 2009). Para desarrollar el MIP, hay que conocer el comportamiento histórico de las plagas, sus niveles poblacionales, distribución y grado de incidencia dentro del territorio, así como los factores que influyen en su comportamiento.

Roca (2007) recomienda que para el desarrollo del MIP se debe seguir el siguiente procedimiento: monitoreo permanente del campo; identificación adecuada de la plaga; cuantificación oportuna del nivel poblacional presente de la plaga; identificación de daños causados por esta para determinar el momento de acción; determinación del ciclo en el cual se halla la plaga (huevos, orugas, tamaño de la oruga, etc.); identificación de la presencia de insectos benéficos en el campo y su población; determinación de las herramientas que puedan ser utilizadas; uso de agroquímicos, preferentemente fisiológicos o de baja toxicidad.

La base del MIP es el monitoreo, ya que a partir de este podrá obtenerse toda la información necesaria y conocer la descripción del insecto plaga, es como haber conseguido el 50 % de su control, de esta forma se podrán encontrar las medidas correctas de manejo y control (Roca, 2007). Varios investigadores han determinado que el daño por el ataque de plagas durante los estados vegetativos usualmente no es tan perjudicial para la planta como durante los estados reproductivos de ahí que la respuesta de la soya al ataque de los insectos depende del estado de crecimiento y los umbrales económicos los que varían con el estado vegetativo de la planta. Es importante que los productores y asesores de MIP reconozcan estos estados de desarrollo (Marrero, 2005),

Las tácticas preventivas harán más uso de cultivos de cobertura, cultivos trampa, cultivares resistentes, y otras prácticas culturales que los productores pueden emplear específicamente para manejo de plagas. Su uso exige una comprensión mucho mejor de la biología y de la historia de vida de los insectos plagas.

Actualmente se están desarrollando investigaciones sobre la respuesta de la planta ante la defoliación (Hammond, 2001).

2.7 Genotipos de soya en Cuba: características.

En Cuba la producción nacional de granos es insuficiente y ha estado afectada por problemas tecnológicos y organizativos, por la escasez de insumos, el manejo inapropiado, además de la incidencia desfavorable de factores socioeconómicos, tales como: motivación, calificación y capacitación apropiada de los productores.

Penichet (2008), plantea que en las condiciones actuales de la agricultura cubana se debe trabajar en la producción de la semilla básica de granos, asignándosele un lugar destacado por el novedoso interés que despierta este tipo de semilla. Para ello es indispensable la obtención, distribución y utilización de semillas de calidad a partir de variedades mejoradas. Varias instituciones desarrollan investigación científica entorno al mejoramiento genético del cultivo, se destaca el papel protagónico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) donde se obtienen semillas de variedades más resistentes a las plagas, con un mayor grado de adaptabilidad a las condiciones climáticas del país y de altos rendimientos, requerimientos imprescindibles para lograr mejores resultados productivos. La caracterización y evaluación de las colecciones de soya disponibles en Cuba, es uno de los pasos iniciales en la potenciación del germoplasma de esta especie, con vistas a su utilización en programas de desarrollo y/o mejoramiento (Fundora *et al.*, 2003).

Dentro del Listado Oficial de Variedades Comerciales de la República de Cuba (2005) se encuentran registrados los genotipos de soya: Incasoy-24, IS-27, IS-35, G7R-315 y Conquista (Alemán *et al.*, 2005). Nuestro país realiza grandes esfuerzos para aumentar la producción de este grano y se evalúa para la época de primavera las variedades Cubasoy 23, CS-42, Williams y Duocrop (Valdés y Cárdenas, 2007).

El método de mejora por hibridación y selección ha sido el más utilizado en el mundo, para el mejoramiento genético de la soya con resultados satisfactorios; existen además muchos genotipos seleccionados de variaciones o cruzamientos naturales (Zamora y Abdau, 2007). Las principales variedades en estudio tienen un patrón de crecimiento indeterminado; la yema terminal continúa en actividad vegetativa durante toda la estación y la planta continúa añadiendo material foliar después de la floración y generalmente tienen la habilidad de compensar la pérdida de hojas mediante la continua adición de follaje durante la estación (Ponce *et al.*, 2002).

2.8 Variedades de soya de primavera: características genotípicas.

La siembra de la soya en la época de primavera ofrece múltiples ventajas; se menciona que en la extensión del cultivo de la soya se hace necesario obtener, introducir y posteriormente evaluar diversos genotipos en localidades y ambientes donde estos se puedan generalizar (Ortiz y de la Fé, 2002).

2.8.1 Principales atributos de variedades de soya de primavera.

Pueden alcanzar rendimientos de 2 a 3.5 t/ha en siembra de primavera y verano; posibilita ser utilizado como cultivo en rotación, con caña, tabaco, cultivo varios, etc. dado su ciclo corto; la planta alcanza una altura mayor a 80 cm. con varias ramas en primavera lo que permite cubrir el campo y protegerlo de la fuerte acción del clima y controlar los fuertes enyerbamientos; es tolerante a las principales plagas y enfermedades y en especial resisten el ataque de los nemátodos. En la época adversa de primavera las semillas han mostrado tolerancia al deterioro; gran capacidad de garantizar altas producciones con bajos insumos, por lo que resulta factible para el productor. Se considera que el rendimiento en este cultivo está relacionado con la época de siembra y la variedad a cultivar, teniendo en cuenta la existencia de numerosas variedades adaptadas a diferentes épocas de siembra, otras con diferentes ciclo de desarrollo, así como diferente comportamiento en dependencia de la localidad (Hernández *et al.*, 2004).

2.9 Descripción de genotipos cubanos de soya.

2.9.1 Variedad Incasoy - 1.

Incasoy-1 representa una nueva variedad autóctona de soya; posee granos de coloración negra, fue obtenida por selección de la variedad Willians-82 en las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Está inscrita en la Lista Oficial de Variedades Comerciales de Cuba desde el año 2008 (Ortiz, 2008).

Resulta significativo destacar que las semillas negras en frijol común y de soya proceden de flores lilas o violetas. Sin embargo la variedad Incasoy-1 mantiene sus flores blancas, a pesar del color negro de la testa de la semilla. Esto indica que probablemente fue debido a una mutación natural. Esta variedad se adapta muy bien a las condiciones climáticas de Cuba, con posibilidades de sembrarse en primavera, verano e invierno (todo el año) lo que permite disponer siempre de semilla fresca muy apropiada para producción sostenible por presentar caracteres agronómicos promisorios como su ciclo precoz (95 - 100 días)

2.9.2 Variedad Incasoy - 27.

La variedad Incasoy-27 fue obtenida por selección a partir de la variedad brasileña BR-32 en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Puede cultivarse en las tres épocas establecidas. Como características botánicas se menciona que el color de los pelos en toda la planta es carmelita, el color de la semilla es amarillo verdoso y el hillum de la semilla es carmelita (INCA, 2000).

Esta variedad tiene un 38.5 % de contenido de fibra bruta y 12.5 % de lignina (Díaz *et al.*, 2003; citado por Marrero, 2007).

Ponce *et al.*, (2002) argumenta que la variedad Incasoy-27 es recomendable para la producción en pequeñas áreas y con cosecha manual.

2.9.3 Variedad Incasoy - 36.

La variedad IS-36 fue obtenida a partir de la irradiación de semillas de la variedad Incasoy-15 con dosis de 240 Gy de rayos gamma y 60 Co. Esta variedad se adapta a siembras de verano e invierno y puede utilizarse en primavera. Tolerancia a las principales plagas y enfermedades, en especial, resiste el ataque de nematodos como *Meloidogyne incognita*. En la época adversa de primavera, las semillas han mostrado tolerancia al deterioro. Tiene un ciclo de 120 a 136 días para siembras de invierno, verano o primavera; las hojas son ovaladas y de color verde oscuro, con pubescencia de color gris. Se clasifica en el grupo de maduración media (Zamora y Abdau, 2007).

2.10 Entomofauna asociada al cultivo. Fitófagos principales en el cultivo de la soya en el mundo y en Cuba.

A escala mundial casi medio centenar de insectos han sido encontrados atacando el cultivo; aunque algunos no son específicos, producen diversos niveles de daños que pueden tener importancia económica por las pérdidas ocasionadas al infestar desde el mismo momento en que se deposita la semilla en el suelo y hasta su almacenamiento (Aragón y Vázquez, 2001).

Son numerosas las plagas que atacan el cultivo, algunas especies son más constantes entre campañas tales como los complejos de chinches, curculiónidos y las orugas (Salas y Ávila, 2006). Se informan sobre el follaje los lepidópteros *Agrotis spp*; *Elasmopalpus lignosus* (Zell), *Heliothis zea* (Boddie) y *Spodoptera spp*. (Martínez y Rodríguez, 2003).

En Cuba el inventario de las principales plagas de importancia económica observadas por la Comisión Nacional del cultivo de la Soya (1996) solo enumera ocho individuos, entre los que se encuentran *Anticarsia gemmatilis* Hubn., *Trichoplusia ni* (W), *Helicoverpa zea*, *Diabrotica balteata* (Lec.), *Empoasca sp*, *Andrector ruficornis* (Oliv), *Nezara viridula* (L.) y *Bemisia tabaci* (Gen.).

2.11 Muestreo de orugas desfoliadoras (Lepidoptera: Noctuidae) y etapas críticas del cultivo ante el ataque.

Desde hace muchos años en el control de insectos plagas de la soya se dispone, de criterios para decidir el uso de insecticidas, determinados a través de la experimentación y su validación en campo, es lo que llamamos Umbrales de Tratamiento (UT). Los UT establecidos posibilitan el aprovechamiento de la tolerancia a los daños. En el cultivo de soya esta capacidad es muy elevada, especialmente durante la etapa vegetativa y la floración. Además, la espera del avance de la plaga hasta alcanzar el UT permite la acción de "factores represivos" como son los enemigos naturales de la plaga.

Para el muestreo de larvas se recomienda el uso del método del paño horizontal que fue descubierto en Estados Unidos (Massaro y Gamundi, 2003). El grado de ataque de las orugas desfoliadoras se evalúa en base al número de insectos presentes en un metro de surco y según el porcentaje de defoliación que presenta el área muestreada. Para tomar la muestra se puede emplear el método del paño horizontal con un plástico o cartón de 0.80 m de ancho x 1 m de largo, que se coloca entre dos surcos y se sacuden las plantas sobre dicho dispositivo, colectando los insectos caídos.

Si bien hay diferentes variedades de soya, y las mismas poseen diferencias sustanciales en cuanto a la dinámica de su población, podemos mencionar una serie de generalidades o fines a cualquier genotipo. La soya es una especie con gran tolerancia a la defoliación en ciertas etapas de desarrollo, si a esto le sumamos las posibilidades de mortalidad natural de la plaga (aspecto importante en el MIP), llegamos a la conclusión, que solo se deben tener en cuenta las orugas mayores de 10 - 15 mm de largo, ya que a partir de ese tamaño provocan el mayor porcentaje de daño. La soya es sensible a la defoliación en inicio de floración y llenado del grano, a partir de grano lleno la tolerancia vuelve a incrementarse (Aragón, 2005).

El aumento en la eficiencia fotosintética de las hojas inferiores y la aparición de nuevas hojas, son mecanismos que permiten compensar el daño sufrido.

2.12 Lepidópteros plagas asociados al cultivo de la soya. Descripción de las principales especies (Lepidoptera: Noctuidae).

Dentro del Orden Lepidoptera, la Familia Noctuidae, abarca un total de 20 000 especies y se caracterizan por el vuelo nocturno de los adultos; son de colores grisáceos u oscuros. Las especies de esta familia tienen características que las significan como plagas de importancia económica en los cultivos, entre estos peligros potenciales se encuentran: son especies plagas muy polífagas, atacan a cualquier tipo de cultivo herbáceo; presentan una tendencia al comportamiento gregario, los estados inmaduros tienen tendencia a vivir en gran número sobre la misma planta; existen bastantes especies migratorias, emigran en determinadas épocas del año y aparecen de forma masiva en el cultivo, causando daños mayores que inciden de forma escalonada.

Aragón (2005) plantea que en el cultivo de la soya las condiciones de sequía favorecen el incremento de la aparición de plagas como *Anticarsia*, la oruga bolillera, los trips y las arañuelas. La oruga medidora, *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae) ataca a la alfalfa, lino y otros cultivos; en estados de desarrollo avanzado consumen todo el parénquima sin dañar las nervaduras. Las orugas de último estadio son las que provocan los mayores daños, ya que consumen el 80 - 85 % de lo ingerido en el total de su desarrollo. Por otra parte la gata peluda (*Spilosoma virginica*) muestra densidades crecientes de larvas especialmente en borduras de los cultivos de soya sembrados principalmente a fines de Noviembre, Diciembre y principios de Enero (Aragón, 2006).

Marrero (2007) informó la identificación de 11 especies de lepidópteros asociados al cultivo de la soya en las provincias de Matanzas y La Habana; se destacan las especies *Omiodes indicata* (L.), *Anticarsia gemmatalis* (Hubner.), *Spodoptera latisfacia* (Walker), *Spodoptera ornithogali* (Gueen), *Spodoptera frugiperda* (Smith),

Spodoptera eridania (Cramer), *Pseudoplusia includens* (Walker), *Goniurus proteus* (L.), *Epinotia aporema* (W) y *Vanesa cardui* (Seba). Además, plantea que en Cuba el cultivo se ve afectado fundamentalmente por la chinche verde hedionda *Nezara viridula* (L.), la chinche de la alfalfa *Piezodorus guildii* (West.); gusano de terciopelo *Anticarsia gemmatalis* (Hubner) y el pega pega *Omiodes indicata* (L.).

2.12.1 *Anticarsia gemmatalis* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae): Descripción y etología.

A. gemmatalis representa una de las plagas más voraces de la soya a escala mundial; potencialmente el insecto puede alcanzar tasas de defoliación hasta un 100 %, siendo considerada como una de las principales orugas consumidoras de follaje en el cultivo (Hoffman, 2002). Rovesti *et al.*, (2007) describe morfológicamente al gusano de terciopelo de la soya. *Anticarsia gemmatalis* (Hubner), conocida también como oruga de las leguminosas y/o desfoliador de la soya. Este insecto posee una metamorfosis holometábola y es considerada la especie desfoliadora más importante de la soya en el hemisferio occidental provocando ataques intensos en el cultivo.

En el trópico de México, constituye el 80 % de la población larvaria que ataca a la soya incluye además los falsos medidores, *P. includens*, cuyo daño puede ser muy alto llegando a reducir hasta el 40 % el rendimiento del cultivo si no se aplica un control eficiente (Ávila, 2009). Aragón (2005), considera a *A. gemmatalis* como el desfoliador más importante del cultivo, al encontrarse en todas las regiones productoras de soya; bajo condiciones favorables puede causar defoliaciones totales. En Estados Unidos tiene importancia económica en un área restringida (norte de Florida y Georgia), mientras que en Brasil, es también la principal plaga desfoliadora donde tiene nivel “clave”, o sea, la más importante de todos los insectos dañinos del cultivo. Este fitófago ocasiona grandes daños en estado larval que va desde la defoliación hasta la destrucción completa de la planta, al disminuir el área foliar responsable de la fotosíntesis, proceso que al ser afectado posteriormente

condiciona la reducción de los granos (Botelho *et al.*, 2006). Para el control se requiere casi el 80 % de los insecticidas usados en soya.

El ataque de *A. gemmatalis* está registrando un alto incremento en Argentina debido a la sequía y se observa un aumento en la captura de adultos, fundamentalmente en localidades como Villa María del Río Seco, Chalacea, y Río Primero (Iannone, 2005).

Como umbral de acción podemos mencionar para el período vegetativo y de floración, 35 % de defoliación y 20 orugas grandes (mayor a 1.5 centímetros de largo) por metro de surco; mientras que si la soya posee vainas de 5 mm de largo hasta el amarillamiento de la hoja, el umbral pasa a ser de 15 a 20 % de defoliación y 20 orugas grandes por metro lineal de surco (Fava, 2009).

Según Rovesti *et al* (2007), cita que las larvas de *A. gemmatalis* son muy voraces, pudiendo consumir en sus dos últimos estadios entre 100 y 110 cm³ de hoja de soya, también pueden dañar total o parcialmente vainas tiernas. Durante las horas de mayor actividad solo se encuentran energicamente en el envés. El insecto puede tener de tres a cuatro generaciones en un año; tiene gran capacidad de vuelo y migran de las áreas tropicales a las zonas templadas en el verano.

2.12.2 *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae): Descripción y etología.

Entre las principales especies de *Spodoptera* que inciden en la soya se encuentran *Spodoptera frugiperda* (Smith.) y *Spodoptera latifascia* (Walker) reportándose las mayores capturas entre los meses de Enero a Junio coincidiendo con el desarrollo de los cultivos de maíz tardío; soya, algodón y sorgo. Según Gallego (2005), el número máximo de capturas de insectos se registró en Febrero con 70 adultos, disminuyendo el número de individuos hacia el mes de Julio. Entre Agosto y Octubre se registró 1 individuo por mes, luego se produjo un bajo incremento en Noviembre y Diciembre.

2.12.3 *Estigmene acrea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae): Descripción y etología.

Esta plaga se puede encontrar desde Estados Unidos hasta Costa Rica. Sus huevos son amarillos y pueden ser puestos en grandes grupos en el haz o envés de las hojas. Según Wilkerson *et al.*, (2005) las larvas de *E. acrea*, posee cinco instares larvales, el primero posee una envergadura de aproximadamente 2 mm de longitud, y es de color bronceado. Durante esta fase, y el instar subsiguiente las larvas presentan hábitos gregarios, la larva llega a medir 10 mm durante los primeros instares.

En el segundo instar aparecen rayas longitudinales, normalmente de color castaño, amarillento y blanco; los pelos del cuerpo se vuelven más oscuros, el individuo alcanza una longitud de aproximadamente 15 mm (Capinera, 2005). Durante el tercer instar, la larva se vuelve más oscura, pero con un patrón que no es consistente y llega a tener una longitud de aproximadamente 30 mm. En el cuarto y quinto instar, la larva mantiene la misma apariencia general que las fases más tempranas, pero crece alcanzando una longitud de aproximadamente 45 y 55 mm, respectivamente. Normalmente son oscuras, pero a veces se tornan de color castaño amarillento, marcadas por los vellos largos del cuerpo, y éstos también varían en color desde crema o grisáceo, al amarillento o castaño oscuro. El último instar larval alcanza una envergadura de 48 mm y muestra elevada movilidad.

La duración del desarrollo larval tiene un periodo entre 24 a 37 días. Sin embargo, Capinera *et al.*, (1987) informan seis instares larvales para esta especie en el Estado de Colorado. El tiempo de desarrollo de los seis instares era aproximadamente de tres, dos, dos, dos, tres y ocho 8 días, respectivamente, para un periodo larval de 20 a 22 días, dependiendo de la dieta. Sin embargo, algunos estudios han informado periodo larvales más largos, de aproximadamente 45 días.

Las larvas causan daño al alimentarse de hojas, flores y vainas, se ha observado que poblaciones numerosas pueden desfoliar partes importantes de la plantación, aún cuando los ataques puedan ser esporádicos y llegar a tener importancia sólo a nivel local.

Otros autores observaron que las larvas generalmente se encuentran dispersas y son muy activas, un hábito que es relativamente raro en esta oruga. La mayoría se observan normalmente, en la superficie del terreno y migran buscando el alimento conveniente (Capinera, 2005). También se refiere que el daño ocurre inicialmente en los bordes de los campos de soya, aspecto que deviene en un importante elemento para el rastreo de la plaga y su manejo. Son abundantes en zonas bajas y secas. Proliferan en áreas enmalezadas (importante control de hospederos alternos) o cultivos descuidados, pudiendo movilizarse hacia plantaciones establecidas y causar daños importantes. Capinera (2009) cita que las larvas jóvenes caen ligeramente de las plantas cuando están perturbadas, hilan una cuerda de seda, y vuelan distancias considerables por el viento, aunque la frecuencia de distribución por el viento es desconocida.

Esta especie desarrolla la pupa sobre el suelo, cubriéndose con residuos vegetales. Las pupas son de color negro brillante, dentro de un capullo de seda.

Los adultos son polillas bastante grandes, que llegan a medir de 3.5 a 4.5 cm de expansión alar. Son predominantemente de color blanco, aunque generalmente las alas llevan numerosas, pequeñas e irregulares manchas negras. Las alas posteriores del macho son amarillas; y las de la hembra son blancas. La parte inferior de las alas delanteras del macho también pueden aparecer amarillentas.

2.13 Época de ataque de los principales lepidópteros plagas del cultivo de la soya.

En áreas tropicales, *Anticarsia gemmatalis* está en actividad durante todo el año. En Bolivia, ya se han registrado ataques severos en soya de invierno en septiembre, y en el sur de Brasil las infestaciones mayores ocurren en Diciembre y Enero, al igual que en el norte de Argentina. Durante el inicio de la primavera y finales del verano, existen condiciones climáticas muy favorables para el desarrollo de las larvas desfoliadoras, en este período se incrementa el apareamiento y la cópula de diversas especies (Lariviere, 1995).

Se plantea que la mayor actividad alimentaria de *A. gemmatalis* en la soya comprende el período de Enero – Mayo; se describen fluctuaciones poblacionales con incidencias de 76 individuos/m² en Enero, 312 individuos en Febrero, 128 en Marzo, en Abril 11/m² y 1 insecto/m² en Mayo. Durante el resto del año no se registró presencia de esta especie. La evolución de las poblaciones de esta plaga sigue un comportamiento lineal al desarrollo de los cultivos de soya según la época de siembra (Gallego, 2005).

2.14 Daños ocasionados por larvas de lepidópteros: principales especies.

A. gemmatalis se concentra principalmente en los bordes del campo, por lo cual su control en forma localizada es una táctica recomendable cuando se presentan infestaciones de ese tipo. Su gran capacidad de consumo la hacen muy peligrosa para los cultivos tardíos. En los cultivos de siembra temprana, en etapas avanzadas de maduración, su presencia tiene un menor impacto. Su mayor resistencia a los insecticidas respecto a otras desfoliadoras de soya obliga a usar mayores dosis que las normalmente usadas para el control de las demás especies (Aragón, 2006). Además de ocasionar defoliación también se alimenta de las legumbres, se encontró en legumbres de 3 cm de largo (R4) hasta la fase de máximo tamaño de semillas. En condiciones de crecimientos normales, el Umbral de Tratamiento fue de un 5 % de vainas dañadas, 10 % de defoliación y de 10 orugas grandes por metro lineal de surco.

Existen diversas especies de noctuidos que atacan además a los distintos cultivos hortícolas, entre otras especies se destacan: *Spodoptera exigua*, que es la más importante en pimiento y sandía, mientras que las especies de *Heliothis* y *Pseudoplusia* son plagas claves en tomate y pimiento (Salas y Ávila, 2006). *Heliothis zea* y *H. virescens*, son conocidos como el gusano del maíz y el gusano del tabaco, respectivamente. Estos lepidópteros pertenecen a la Familia Noctuidae y se encuentran distribuidos en el hemisferio Occidental, incluyendo varios países del Norte, Centro y Sudamérica. El rango de hospederos es amplio y las dos especies pueden estar causando daños al algodón, tabaco, maíz, tomate, sorgo, maní y vegetales (Viteri, 2008).

El cambio en las poblaciones del complejo de orugas se debe al manejo realizado con insecticidas convencionales, lo que favoreció el incremento de plagas como *Rachiplusia* spp. que por su hábito alimenticio se ubican de la mitad de la planta hacia abajo, por este motivo los productos convencionales no funcionan bien actualmente en estadios fenológicos avanzados de la soya (fin del período vegetativo - período reproductivo) o cuando el cultivo alcanza el cierre total. Esta situación condiciona al empleo de nuevas técnicas de aplicación con productos específicos, tales como los reguladores de crecimiento (IGR), inhibidores de quitina o sustancias similares para un mejor control (Devani, 2007).

La eficiencia del control químico del complejo de lepidópteros plagas en Argentina ha sido buena hasta el presente, tanto con insecticidas piretroides como con mezclas con otros insecticidas. Es común que el control demore varios días porque las orugas grandes presentan mayor tolerancia a este tipo de productos. Los ataques de plagas claves como *Anticarsia gemmatalis* a nivel local han sido muy severos en las últimas campañas, en lotes donde los niveles de ataques han alcanzado de 20 - 30 orugas por metro de surco. Se informan serias dificultades en el control químico con los insecticidas comúnmente utilizados (Aragón, 2005).

En Cuba estos insectos nocivos producen intensas infestaciones durante el verano, estación en la que puede devastar completamente las plantas de un campo en pocos días (Martínez, 1963). *A. gemmatalis* y *Spodoptera spp.* pueden aparecer de forma masiva en el cultivo causando serios daños; en Cuba se informan como individuos de importancia económica (Comisión Nacional del cultivo de la Soya, 1996).

Las principales producciones de soya obtenidas en siembra de primavera en nuestro país se pueden ver limitadas por el ataque de orugas desfoliadoras, durante esta época las poblaciones de este complejo tienden a incrementarse, sobresaliendo el ataque de *A. gemmatalis*; esta especie es de amplia distribución geográfica y marcada polifagia, caracterizada además por el ataque a otras leguminosas hospedantes como el frijol y el maní. Cuando aparecen de forma masiva en el cultivo, producen infestaciones severas y serios daños económicos (Marrero, 2007).

Las especies difieren en su capacidad de daño y la susceptibilidad a insecticidas, excepto *Spodoptera* que suele atacar a la soya en Enero, las demás pueden presentarse desde Enero hasta Abril, y todas estas especies pueden ser monitoreadas en estado adulto con trampas de luz, con cuya información se pueden predecir sus ataques con varios días de anticipación (Aragón, 2002). En la localidad de Juana Díaz en Puerto Rico, se observó que una larva de *Spodoptera sp.* por planta, podía ocasionar una reducción del área foliar en un rango de un 50 a 80 %, afectando el proceso fotosintético que se encuentra ligado en forma directa al rendimiento del cultivo (Viteri, 2008).

2.15 Estudios de nocividad: tasas de herbivoria y conducta alimentaria de larvas noctuidas.

El estudio del comportamiento alimentario de estos organismos es aún insuficiente, resulta de interés abordar bajo condiciones de laboratorio la determinación del coeficiente de utilización del alimento y el consumo de área foliar entre otros aspectos relativos a su etología, los cuales constituyen un importante parámetro que

unido a estudios bioecológicos en condiciones de campo, permitirán conocer el efecto nocivo de estas orugas defoliadoras en el cultivo.

Massaro y Gamundi (2003) señalan que la planta de soya tiene una extraordinaria capacidad para compensar la defoliación provocada por gran diversidad de insectos. Las larvas de lepidópteros que están presentes en el cultivo de la soya poseen un consumo diferencial comparados con las “orugas defoliadoras” consideradas plagas claves: “oruga medidora” *Rachiplusia nu* y “oruga de las leguminosas” *Anticarsia gemmatalis* (Gamundi *et al.*, 2003; Saluzo, 2006).

Saluzo (2006) en estudios de nocividad sobre el complejo de larvas de lepidópteros en soya desarrollados en Argentina encontró diferencias estadísticas en cuanto al consumo foliar de las larvas noctuidas; informa que *Spodoptera ornithogalli* con 299 cm², *Spodoptera frugiperda* con 170 cm², la “oruga de la leguminosa” *Anticarsia gemmatalis* con 117 cm² y *Rachiplusia nu* con 102 cm² consumieron en todo su ciclo biológico.

Estudios realizados en Estados Unidos indicaron que defoliaciones de 1/3 del área foliar en estado vegetativo y floración (R2) no provocaban mermas significativas del rendimiento y que tasas del 15 a 17 % de defoliación no causaban daño en ningún estado de desarrollo de la planta. Las pérdidas en los rendimientos pueden ocurrir con defoliaciones mayores, principalmente a partir de la etapa de floración y del inicio del llenado de los granos (R4).

Se ha demostrado que una larva llega a consumir entre 100 y 110 cm² de hoja de soya. El insecto también puede consumir total o parcialmente las vainas que aún no formaron granos (Aragón, 2006). Al respecto, Marrero (2007) en estudios de nocividad conducidos con los noctuidos *A. gemmatalis* y *P. includens* observó un consumo foliar diario de 17.33 y 6.29 cm² respectivamente.

2.16 Umbral de daño económico en el muestreo de orugas defoliadoras.

En los principales países productores de soya aún prevalecen criterios divergentes para la definición de los umbrales de daño, no ha sido definido con claridad este indicador y deben realizarse ensayos visuales que constituyen un complemento para el conocimiento real de las poblaciones (Hammond, 2001).

Con los cálculos de los Niveles de Daño Económico (NDE) realizados a comienzos de los años 1970, basados en el conocimiento del desarrollo y la alimentación del insecto; la respuesta de la planta a la defoliación, el estimado de los costos económicos asociados a las aplicaciones de insecticidas y el precio de la soya, permitieron que los productores adquirieran el conocimiento de que poblaciones moderadas de insectos defoliadores podían ser toleradas sin necesidad de aplicar insecticidas Trumper (2005).

Un aspecto de importancia agronómica entre la relación del daño del insecto y la respuesta del cultivo es que la soya tiene una tremenda habilidad para compensar bajos niveles de defoliación o de reducción de la población de plantas. Esta tolerancia natural permite a los productores aceptar algo de daño sabiendo que no habrá pérdida de rendimiento. Generalmente, los tratamientos con insecticidas no son necesarios hasta que la defoliación por plagas supera el 50 % en los estados vegetativos, del 10 - 15 % durante la floración (R1 - R2), desarrollo de las vainas (R3 - R4) y llenado de las vainas, (R5), y mayor al 25 % desde el llenado de las vainas (R6) hasta la cosecha (R8). Algunos autores usan información sobre el consumo de tejido foliar por los insectos y presentan los Umbrales de Daño (UDE) como el número de insectos por unidad conocida; tales como la determinación del número de insectos por metro lineal o por número de pases de red (Hammond, 2001).

Infestaciones naturales de *A. gemmatalis*, en los estados de desarrollo R3 - R5, pueden provocar pérdidas de 0.4 a 0.5 t/ha. Actualmente, los Umbrales de Daño recomendados para insectos desfoliadores están basados en dos parámetros: el porcentaje de área foliar consumida y el número de larvas por metro de surco (Perotti y Gamundi, 2008). El segundo parámetro estima la pérdida adicional de superficie foliar en función del consumo por larvas, que ocurriría de no mediar una medida de control. Con respecto a este último criterio la bibliografía reporta desfoliaciones entre 84 y 152 cm²/larva en estudios realizados en condiciones de laboratorio.

La aplicación de los modelos clásicos de Umbral Económico y Nivel de Daño Económico se basa en la estimación de la densidad de la plaga por medio de una técnica de muestreo debidamente probada y de acuerdo a un protocolo o programa de muestreo establecido específicamente para la especie en cuestión Trumper (2005).

Para el muestreo se recomienda emplear el método del paño, plástico o cartón de 0.80 m de ancho x 1 m de largo, que se coloca entre dos surcos. Teniendo en cuenta el daño mínimo que causan las orugas desfoliadoras en los primeros días de su desarrollo y la alta posibilidad de su destrucción por diversos factores de mortalidad, se indica tener en cuenta sólo orugas mayores de 10 - 15 mm. El porcentaje de desfoliación se estima directamente en cada estación de muestreo, en categorías de 5 a 10 % (Aragón, 2002). Dicho autor sugiere que más del 15 - 20 % de daño por *A. gemmatalis* es causada cuando hay 10 orugas mayores de 10 mm por metro de surco.

2.17 Alternativas de Manejo.

Para controlar las plagas del cultivo de la soya, normalmente se utiliza un sistema de control integrado o Programa de manejo de plagas, que generalmente implica el control químico y en ocasiones el uso del control biológico (Rocha, 2005).

2.17.1 Control químico.

Ante el incremento del ataque de insectos plagas, los agricultores intensifican el uso de insecticidas, induciendo la posibilidad de resistencia de la plaga e incrementan el problema. La aplicación de insecticidas se convierte en una práctica antieconómica, aumentando los costos de producción del pequeño agricultor, además de generar un severo peligro ambiental, para la salud humana y animal (Holguín y Bellotti, 2002).

El control químico solo deberá ser efectuado cuando las plagas sobrepasen el nivel de daño económico. Los insecticidas recomendados son seleccionados de acuerdo con los resultados de testes realizados por las instituciones de pesticida. La recomendación es específica para cada especie de insecto considerado como plaga de importancia económica. Cuando la ocurrencia es simultánea de dos o más especies, se debe adoptar solo el control de la especie predominante, si esa representa más de 75 % del total. En caso contrario, se recomienda utilizar insecticidas y dosis que sean eficientes para ambas especies insectiles (INTA, 2004).

2.17.2 Control genético: Caracteres genotípicos y mecanismos de resistencia intrínseca del cultivo ante el ataque de insectos.

La resistencia a plagas es una tecnología que puede brindar control a gran diversidad de insectos que suelen afectar a los cultivos pero su utilización debe ser efectuada dentro de un programa de lucha integrada, lo que permite fomentar el control biológico y reducir el uso de productos insecticidas. Entre las ventajas de las plantas resistentes a plagas de insectos se destacan su especificidad, persistencia, compatibilidad con otras tácticas de manejo integrado y el medio ambiente (Castiglioni, 2007).

La resistencia a insectos permite a una planta evitar, tolerar o recuperarse de los daños provocados por las poblaciones de insectos u otros organismos dañinos. Esta característica puede provenir de aspectos morfológicos y/o bioquímicos que afectan el comportamiento y metabolismo de las plagas; en general caracteres inducidos

provenientes de cultivares comerciales y de plantas silvestres vinculadas al cultivo (Castiglioni, 2007).

2.18 Mecanismos de resistencia de las plantas al ataque de insectos.

El primer reporte sobre este tema fue publicado por Painter (1951), donde se define a la resistencia como la suma relativa de las cualidades heredables de una planta y que influyen sobre el daño causado por los insectos.

Kogan (1982), define a la resistencia, como la propiedad que le permite a una planta evitar, tolerar o recuperarse de las lesiones por poblaciones de insectos que podrían causar daños más grandes a otras plantas de la misma especie bajo condiciones ambientales similares. Esta propiedad deriva generalmente de ciertas características bioquímicas y/o morfológicas de las plantas, las cuales afectan el comportamiento y el metabolismo de los insectos. Este autor cita las siguientes ventajas de la resistencia varietal: especificidad a una plaga, efecto acumulativo en generaciones sucesivas, persistencia por muchos años, armonía con el medio ambiente, facilidad de adopción por su bajo costo, compatibilidad con otros métodos de control. Como desventajas considera el tiempo de desarrollo largo para identificar las fuentes de resistencia, limitaciones genéticas por la ausencia de los genes preadaptativos; biotipos que pueden quebrar la resistencia y características genéticas en conflicto, las cuales pueden inducir susceptibilidad a otros insectos.

Al respecto, Cardona (1998), define a la resistencia como la cantidad relativa de caracteres heredables que tiene una planta y que puede influir en el daño causado por un insecto, encaja perfectamente dentro del concepto de método preventivo, es decir, aquel que ejerce una acción duradera sobre las poblaciones de insectos, previniendo o evitando que éstas sobrepasen los umbrales económicos. Kogan (1989) y Cardona (1998), señalan a la antibiosis, antixenosis y a la tolerancia como los principales mecanismos de resistencia de plantas al ataque de insectos.

2.18.1 Caracteres de resistencia física, caracteres morfológicos.

Los compuestos botánicos presentes en algunas especies de plantas constituyen una antigua alternativa para el control de insectos plagas (Silva *et al.*, 2002); ya que tienen la ventaja de degradarse rápidamente en el ambiente de ellas se han aislado metabolitos secundarios del tipo limonoide con efectos negativos sobre insectos plagas y otros artrópodos (Carpinella *et al.*, 2003).

En el caso de la soya no se disponen de suficientes antecedentes morfoagronómicos que expliquen el comportamiento tolerable de la variedad IS-27 ante el ataque de insectos desfoliadores, aunque se informa que la composición bromatológica foliar pudiera justificar este resultado; en esta variedad Díaz *et al.*, (2003) encontró un mayor % de fibra bruta y de lignina, caracteres que condicionan una mayor tolerancia a la defoliación, por cuanto estos componentes físico - químicos están estrechamente relacionados con la dureza de la epidermis. La lignina es un polímero tridimensional compuesto de unidades de tipo fenólico, que es prácticamente insoluble en medio ácido. Tras la hidrólisis ácida la lignina queda como un residuo sólido.

Es de destacar que en la soya existen algunos caracteres morfofisiológicos de interés productivo y entomológico abordados por diferentes autores. Estudios realizados por Iglesias (1985) estiman que existen características varietales tales como: el color de las flores, de la pubescencia de las vainas, del tegumento y el hilo del grano, que podrían tener implicación sobre el comportamiento de los genotipos ante el ataque de insectos nocivos. El tipo y la densidad de los tricomas constituyen una importante barrera física; en ocasiones estos liberan sustancias bioquímicas complejas responsables de la disuasión de la actividad de los herbívoros. Se informa también que la densidad de tricomas de la soya disminuye drásticamente en las hojas de mayor edad, al igual que su longitud y distribución foliar separación aumentan. Estudios de correlación indican que a mayor pubescencia de las hojas hay menor grado de daño por insectos plagas (Lampkin, 2001).

En Cuba, hasta el momento no se disponen de investigaciones sobre el comportamiento de las variedades IS-1, IS-27 e IS-36 ante el ataque de plagas insectiles, tampoco se han validado elementos fenogenotípicos que expliquen posible relación con la tolerancia y/o resistencia ante organismos nocivos (Ortiz *et al.*, 2004).

Por otra parte, observaciones de campo realizados por algunos productores y especialistas cubanos del cultivo, conjeturan que características anatómicas foliares como el grosor de la cutícula y la constitución de la epidermis están relacionados con la dureza del tejido y disminuyen la incidencia de insectos plagas (Marrero, 2007).

No obstante varios autores coinciden en referir que el grosor de la cutícula y de la pared celular pueden actuar como un factor de resistencia a patógenos, de manera que dificultan la penetración directa a través de ellas (Díaz *et al.*, 2003).

Se informa además que la cera cuticular es el primer mecanismo de defensa de las plantas a los fitopatógenos e insectos; esta sustancia actúa como una superficie repelente y previene la formación sobre el tejido de la hoja de una película de agua en la cual los patógenos pueden multiplicarse. Al respecto, se estima que también constituyen caracteres de resistencia la dureza seminal y el color del grano, demostrándose una fuerte correlación positiva entre las variedades de semillas pequeñas con testa negra y la resistencia al ataque de nemátodos como *Heterodera glycine*.

Varias investigaciones entomológicas desarrolladas en el cultivo del fríjol revelan el hallazgo de antixenosis o resistencia del tipo no preferencia, incapacidad de una planta para servir de hospedero a un insecto, y de antibiosis. Además se ha corroborado la susceptibilidad que muestra el color del grano a un grupo de insectos fitófagos (Murguido, 2000).

2.18.2 Mecanismos de resistencia físico-química: Antixenosis y Antibiosis.

2.18.2.1 Metabolitos repelentes y deterrentes (terpenos, alcaloides, lactonas y fenoles).

Smith (1989), define la antixenosis como la incapacidad de una planta para servir de hospedero a un insecto; también se le conoce como no preferencia. Por su parte Cardona (1998), la define como el conjunto de características de una planta que interfieren en la conducta del insecto, afectando la cópula, oviposición, alimentación y/o ingestión del alimento. La antixenosis quiebra la cadena de respuestas que deben existir para que el insecto se alimente u oviposite. Por ello se informa la existencia de antixenosis para la alimentación y para la oviposición.

Se estima que la antixenosis se debe a la presencia en la planta de factores morfológicos o químicos que afectan la conducta del insecto. Entre los factores físicos, se mencionan aquellos que actúan como verdaderas barreras tales como: epidermis o tejidos más duros, capas de cera, presencia de tricomas, etc. Los metabolitos químicos son los que repelen o retardan los procesos normales de alimentación u oviposición: actúan como repelentes (terpenos, aceites) o deterrentes (alcaloides, flavonoides, lactonas, fenoles, taninos).

La principal propiedad atribuida a estos compuestos es la actividad antialimentaria (Breuer y De Loof, 2000; Valladares *et al.*, 2003), aunque también se han mencionado otros efectos sobre la duración de los estadios larvales, su crecimiento, conducta, así como sobre los parámetros reproductivos de los lepidópteros (Brunheroto y Vendramim, 2001).

En tal sentido se argumenta la teoría de defensas químicas de las plantas, la cual se fundamenta sobre la “apariencia” de un cultivo que puede ser aumentada o disminuida según la densidad de la plantación. Parece ser que una densidad de plantación desarrolla plantas “no aparentes o impredecibles” para insectos plagas lo cual se ha demostrado ante el ataque del lepidóptero *Delia* spp.

Entre los factores que condicionan la antixenosis, se mencionan: que la planta no sirva como refugio, que las estructuras de las hojas no favorezcan la oviposición o que haya repelencia hacia los adultos; se acepta que la antixenosis da lugar a niveles de resistencia (Cardona, 1998). Las dos formas en que la antixenosis puede dar lugar a niveles aceptables de resistencia son: que la variedad antixenótica carezca de una o más de las cualidades que la harían atractiva si fuera susceptible, o que posea factores que causan no preferencia (las que tienen tolerancia al daño y aquellas que provocan antibiosis).

2.18.3 Mecanismos de antibiosis.

Por su parte, la antibiosis implica un efecto fisiológico adverso de tipo transitorio o permanente al desarrollo de un insecto, lo que ocurre como resultado de la ingestión de tejidos o productos de una planta por el insecto, (Kogan, 1982). Este efecto puede ser provocado por la presencia de metabolitos tóxicos (glucósidos, quinonas), plantas que presentan un desbalance de nutrientes para el organismo plaga y la presencia de enzimas inhibidoras de la digestión.

Smith (1989), define la antibiosis como la categoría o mecanismo de resistencia a los insectos, dado en los efectos negativos que una planta resistente induce en la biología de un insecto plaga. Dependiendo de la magnitud del efecto antibiótico, el insecto puede sobreponerse y recuperarse; sin embargo, en muchos casos los efectos son irreversibles y entonces el nivel de resistencia es muy alto.

La antibiosis además se manifiesta por: mortalidad de los estados inmaduros (ínstares tempranos); fallas en la acumulación de reservas alimenticias; tasas de crecimiento anormales y generalmente prolongación del ciclo de vida del insecto; conversión anormal del alimento, interrupción en el proceso de empupamiento y emergencia de los adultos; fecundidad y fertilidad reducidas; adultos mal formados o muy pequeños y con una conducta anormal.

Según Cardona (1998), la ocurrencia de antibiosis también se debe a factores presentes en las plantas, expresados en características morfológicas o físicas (crecimiento hipersensitivo, tricomas, deposiciones de sílice, etc.); presencia de factores químicos, como proteínas, toxinas (alcaloides, glucósidos, quetonas), inhibidores (de alpha amilasa, de tripsina, de proteasas), ausencia o insuficiencia de nutrientes esenciales y desbalance de nutrientes que hacen que la dieta para el insecto sea deficiente.

Las principales formas que corroboran la expresión de antibiosis son mayor mortalidad de primeros instares, mayor prolongación del ciclo de vida de la plaga; menor duración del periodo de oviposición; menor longevidad de los adultos; a menor tamaño y peso de los insectos; y menor fecundidad de las hembras.

2.18.4 Otros mecanismos de tolerancia - resistencia.

Tanto la antibiosis como la antixenosis se cuantifican de acuerdo a la respuesta o el comportamiento del insecto. Contrariamente, la tolerancia es una respuesta de la planta a la infestación de fitófagos. Este es un mecanismo adaptativo de supervivencia de la planta contra la presión de un herbívoro (Kogan y Ortman, 1978).

Smith (1989), define a la tolerancia como la habilidad genética de una planta para soportar una infestación de plaga o para recuperarse y producir nuevos tejidos después de la destrucción por alimentación de un insecto.

Cardona (1998), la conceptualiza como la capacidad de la planta para soportar o tolerar el daño de un organismo nocivo para rendir más que otras a un mismo nivel de infestación de la plaga. Las formas en que se manifiesta tolerancia pueden ser mediante reemplazo, rebrote o reparación de tejidos afectados, recuperación de raíces afectadas, proliferación de nuevas yemas de crecimiento, producción acelerada de hormonas de crecimiento o formación de callos para curar heridas ocasionadas por insectos.

2.18.5 Expresión de otros metabolitos vegetales: factores de resistencia genotípica ante el ataque insectil.

Los mecanismos inducibles de resistencia vegetal están principalmente asociados con la epidermis y el estado nutricional (mineral) de la planta. El contenido fenólico (fitoalexinas) es también frecuentemente alto en plantas deficientes en nitrógeno (Pérez, 2004).

Gómez (2007) informa que las plantas que poseen contenidos de almidón, lignina y celulosa óptimos, así como un balance adecuado en los contenidos de nitrógeno, calcio y potasio, cuentan con una defensa natural contra el ataque de plagas y enfermedades. Sin embargo, los tejidos vegetales con contenidos altos de proteínas son resistentes al ataque de patógenos y esto solo es posible si hay un equilibrio nutricional. Al haber carencia de elementos nutricionales solubles en las plantas, prácticamente los patógenos mueren de inanición. Todas las investigaciones adelantadas en torno a la teoría de la trofobiosis dan cuenta de que el mejoramiento genético no es la única estrategia para lograr resistencia en plantas.

Por su parte, Restrepo (2009) cita que "en una planta equilibrada, durante su síntesis de proteínas no hay acumulación de nutrimentos y los patógenos no tienen qué comer, de manera que no pueden explotar poblacionalmente y la plaga muere de hambre".

Desarrollo.

Capítulo III. Métodos y procedimientos.

3.1 Inventario de la lepidopterofauna asociada al cultivo de la soya. Listado de especies.

3.1.1 Agroecosistemas, localidades y variedades en estudio.

La investigación se realizó durante el período comprendido entre Mayo del 2009 y Marzo del 2011; se monitorearon plantaciones de soya cultivadas en la Estación Provincial de Investigación de la Caña de Azúcar (EPICA) Antonio Mesa Hernández de Jovellanos y de la Empresa Provincial de Semillas “Finca Madam”, insertados en ecosistemas del MINAZ, provincia de Matanzas. Se desarrollaron monitoreos semanales en las variedades (Incasoy-1, IS-27 y IS-36) genotipos cubanos promisorios para la época de primavera, obtenidos por el Departamento de Mejoramiento Genético del INCA.

Además, bajo un Diseño Totalmente Aleatorizado se establecieron parcelas experimentales de cuatro surcos de 5 m de longitud por cada variedad en estudio, en la Unidad Docente Investigativa Productiva (UDIP) de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” (UMCC).

Se muestrearon semanalmente el genotipo brasileño Conquista y las variedades cubanas Incasoy IS-1, IS-27 e IS-36 (Ortiz *et al.*, 2004), cultivados sobre un Suelo Ferralítico Rojo (Ponce *et al.*, 1997).

En todos los casos se mantuvieron sistemáticamente las atenciones culturales recomendadas para el cultivo según el instructivo técnico (Comisión Nacional del Cultivo de la soya, 1996), y no se realizaron aplicaciones de fertilizantes, ni de plaguicidas. Las observaciones entomológicas se condujeron siguiendo las diagonales de los campos (Hammond, 2001; Rovesti *et al.*, 2007).

3.2 Colecta y toma de muestras.

Se tomaron muestras según el órgano de la planta infestado por los insectos y se anotó la fenofase del cultivo. Se realizaron colectas con el auxilio de la red entomológica aérea (Hammond, 2001), el paño horizontal (Massaro y Pluis, 2006) y mediante observación directa sobre la planta (Viteri, 2008).

3.3 Descripción y diagnóstico de las especies detectadas.

Las especies capturadas se depositaron en una microjaula entomológica; las muestras de insectos se codificaron y se depositaron en tubos de ensayo con alcohol al 70 %. Posteriormente se trasladaron al laboratorio de Entomología de la Universidad de Matanzas, donde se describieron las especies con el auxilio de un estereo-microscopio Novel y se obtuvieron imágenes digitales.

Los insectos además se describieron morfométricamente con la ayuda de un estéreo microscopio Stemi y se obtuvieron imágenes digitales de los apéndices y del cuerpo con el auxilio de una cámara digital Sony 7.2 Megapixels acoplada a una lente 40 X.

Para conocer la identidad taxonómica de las especies de nueva aparición en el territorio, larvas de *Arctiidae*, se criaron las mismas en el laboratorio sobre plantas cultivadas en macetas hasta lograr la emergencia del adulto. El diagnóstico de las mariposas se realizó mediante las claves dicotómicas de Lepidoptera disponibles (Alayo y Hernández ,1987; Zayas, 1988; Capinera, 2005); así como la consulta de las descripciones pictóricas de especies (Capinera, 2009).

Además la identidad taxonómica de los nuevos registros se confirmó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad Central de las Villas (CIAP), según los criterios taxonómicos y descripciones entomológicas de Grillo (2009).

Se confeccionó un inventario en correspondencia con las categorías, grupos taxonómicos detectados y se actualizó el listado de informes de insectos asociados al cultivo de la soya a partir de los registros disponibles en el país; según los informes de la Comisión Nacional del Cultivo de la Soya (1996) y los registros de Martínez (2001), Marrero (2005) y Rovesti *et al.*, (2007).

3.4 Confección de clave pictórica de reconocimiento de nuevos registros de insectos plagas.

Se procedió a la cría artificial de diferentes instares larvales de gusanos peludos (*Arctiidae*) observados en la Finca Madam; se trasladaron en microjaulas las larvas colectadas en campo y bajo condiciones de laboratorio se alimentaron con folíolos sanos de soya (variedad Conquista). Se tomaron fotos digitales de los instares larvales bajo un Estereo microscopio Novel acoplado a una cámara CANON Power Chot A 630, se realizaron observaciones diarias de la envergadura del cuerpo, cambio de coloración de las setas y cutícula del insecto; así como de la muda del casquete cefálico. Las pupas se depositaron cuidadosamente en cajas petri con suelo estéril hasta lograr la emergencia del adulto; posteriormente se realizó la descripción morfológica y se puntualizaron aspectos conductuales de interés como su movilidad y alimentación.

3.5 Nocividad del complejo de lepidópteros: estudios etológicos de las principales especies.

Se realizó la observación y descripción de la conducta de las larvas en el campo, para ello se hicieron muestreos en diferentes áreas de soya, según lo descrito en el epígrafe 3.1. Por otra parte, se revisaron las plantas arvenses presentes para determinar la posible presencia de larvas de lepidópteros. Con el uso de herramientas de Agricultura de precisión como los digitalizadores, se procedió a determinar la elevada voracidad de *E. acrea* sobre el cultivo de soya.

3.5.1 Determinación del consumo foliar diario de las principales especies de lepidópteros: comportamiento de la defoliación según genotipos de soya.

Teniendo como antecedente las características informadas del ataque de defoliadores en forma de complejo (Hoffmann, 2002; Vietari, 2008) se seleccionaron las especies de mayor frecuencia de aparición en los muestreos de campo. Las larvas se obtuvieron a partir de una cría artificial establecida en el laboratorio, separándose según la muda del casquete cefálico aquellas pertenecientes al cuarto y quinto instar, fases de mayor nocividad y agresividad en el cultivo (Marrero, 2007).

En el laboratorio de Agricultura Sostenible de la UMCC, bajo un diseño totalmente aleatorizado, las larvas de las diferentes especies observadas en campo se confinaron individualmente a condiciones obligatorias de alimentación durante 24 horas; para ello se colocaron en el interior de cajas Petri de 10 cm de diámetro, dentro de las cuales se colocó diariamente una hoja fresca de soya (fase V4) conocida previamente su área foliar.

Transcurridas 24 horas de la alimentación insectil se retiró la hoja trifoliada y se obtuvo la impresión del área foliar con las lesiones ocasionadas por el insecto sobre un papel sulfito cuadriculado. Se visualizó el área foliar consumida (AFC) según la metodología de Wilcken (1998) realizando las mediciones de cada hoja trifoliada con la ayuda del digitalizador manual de imágenes marca Kurta Model AC, acoplado a un microcomputador IBM AT 486, calculándose posteriormente sus áreas mediante el Software Ilwis 2.2. Se compararon las áreas foliares antes (AFI) y después del consumo alimentario del insecto (AFF) obteniéndose por diferencia el tejido consumido por la alimentación de la larva.

Para el análisis estadístico, los resultados obtenidos se procesaron mediante un Análisis de Varianza y las medias del área foliar consumida por las larvas se docimaron mediante el Test de Rangos Múltiples de Duncan al 5 %, análisis disponibles en el paquete Statgraphic versión 5.0.

Teniendo en cuenta la observación de tasas de defoliación diferentes entre las variedades en estudio, se procedió a discernir los posibles factores de resistencia y/o tolerancia genotípica ante el ataque o preferencia alimentaria (Díaz *et al.*, 2003; Castiglioni, 2007).

3.6 Evaluación de mecanismos naturales de resistencia del cultivo ante el ataque del complejo plaga.

3.6.1 Búsqueda de caracteres genotípicos de resistencia física: Descripción de tricomas y células epidérmicas, estudios histológicos.

Para comprobar la preferencia alimentaria de la plaga sobre los genotipos de soya defoliados, se evaluaron posibles caracteres de resistencia física; para ello se tomaron cinco folíolos en fase V4 y se enviaron al Departamento de Botánica de la UMCC y del INCA, donde se obtuvieron cortes histológicos longitudinales de la epidermis foliar y de los pelos o tricomas presentes tanto en el haz como en el envés de las hojas; así como cortes transversales del pecíolo. Se facilitó la conservación temporal del tejido mediante la adición de “gelatina glicerizada” y se obtuvieron preparaciones temporales en portaobjetos (Johansen, 1940). Seguidamente se realizaron observaciones microscópicas con la ayuda de un microscopio CARLZEISS “JENA” T=125, 12 VA 50/60 HZ y se tomaron fotografías digitales con el auxilio de una cámara CANON Power Shot A 630 acoplada al microscopio.

Posteriormente se desarrollaron estudios citomorfométricos, evaluándose bajo microscopio la densidad y longitud de los tricomas por variedad, así como mediciones de las células epidérmicas y oclusivas (Johansen, 1940). Las mediciones de las células epidérmicas, las células oclusivas y de los tricomas se realizaron con la utilización del micrómetro acoplado al microscopio Carlzeiss.

Las observaciones se realizaron con el lente objetivo de 40 aumentos (40 X) y el lente ocular de 15 X para las células epidérmicas y células oclusivas respectivamente; para los pecíolos se utilizó el lente objetivo de 3.2 X y el lente ocular de 15 X. La calibración de los lentes se realizó de la siguiente manera:

I. Lente objetivo = 3,2 x Lente ocular = 15 x

División del micrómetro de platina (objetivo) = 30.

División del micrómetro ocular = 10; Entonces:

Calibración: $\frac{30 \times 10}{10x} = 30 \mu\text{m}$

Para tricomas

II. Lente objetivo = 40x Lente ocular = 15x

División del micrómetro de platina = 20

División del micrómetro ocular = 40; Entonces:

Calibración $\frac{20 \times 10}{40x} = 5 \mu\text{m}$.

Para células

3.6.2 Determinación de caracteres de resistencia química: screening bioquímico foliar de los genotipos muestreados.

3.6.2.1 Evaluación de metabolitos: contenidos de fenoles, saponinas, lactonas y terpenos.

Se procedió a la extracción foliar de sustancias bioactivas en los cuatro genotipos; para ello con la ayuda de un equipo de maceración MLW modelo KM-1 se obtuvieron extractos n-hexánico y etanólicos de las diferentes variedades evaluadas en el Centro de Tecnología Enzimática de la UMCC. Para la preparación de los extractos, se condujeron extracciones a partir de 10 g de material vegetal con 50 mL de n-hexano, 50 mL de etanol y 50 mL de agua, respectivamente, mediante maceración por 7 a 14 días o reflujo en baño de agua de 60 minutos.

Se realizó la determinación cualitativa de los contenidos de fenoles, saponina, triterpenos y lactonas según métodos clásicos referidos por Rodríguez *et al.*, 2004 y Cazaña *et al.*, 2010. Para ello cada extracto foliar se estudió por reacciones colorimétricas específicas.

Para la evaluación de Triterpenos y esteroides se condujo el ensayo de Liebermann-Burchard; el cual presupone las siguientes condiciones de trabajo: se realiza en los extractos n-hexánico y etanólico. La fracción n-hexánica (2 mL) concentrada a sequedad se disuelve en 1 mL de cloroformo y se le añade igual volumen de anhídrido acético. Por la pared del tubo de ensayo se dejan caer de 3 - 4 gotas de ácido sulfúrico concentrado.

El residuo obtenido a partir de la fracción etanólica para realizar el ensayo de alcaloides se redisuelve en 4 mL de cloroformo, de estos, se toma 1 mL y se le añade el mismo volumen de anhídrido acético. Por la pared del tubo de ensayo se dejan caer de 3 - 4 gotas de ácido sulfúrico concentrado. El criterio para clasificar la expresión colorimétrica de este metabolito se supeditó sobre la base de la aparición de una coloración verde - verde oscuro indicando la presencia de triterpenos y esteroides.

De igual forma se desarrollaron las determinaciones de los agrupamientos lactónicos mediante el ensayo de Baljet para el cual la aparición de un color o precipitado rojo - naranja indica la presencia de agrupamientos lactónicos (cumarinas).

La expresión de saponina se determinó por reacción diferencial, verificada por la aparición de una espuma jabonosa de más de 2 mm de altura en la superficie del líquido la cual persiste por más de dos minutos.

Para el estudio de fenoles y/o taninos se evaluó la fracción etanólica (1 mL), a la cual se le añadieron 0.5 mL de una disolución de cloruro férrico al 5 % en disolución salina. A la fracción acuosa, se le añadió acetato de sodio previo al ensayo. La aparición de un color o precipitado verde oscuro indica la presencia de fenoles y/o taninos.

3.6.2.2 Determinación del contenido foliar de N, P, K.

Posterior a la descripción de los caracteres botánicos foliares de las variedades en estudio, se enviaron de manera simultánea las muestras de cada genotipo al Departamento de Fisiología Vegetal del INCA y se determinó el contenido foliar de N, P, K según las metodologías de la AOAC (1995).

3.7 Cuantificación de lignina foliar.

Se determinó la lignina por el método de hidrólisis ácida cuantitativa (HAC), según Sluiter *et al.*, 1998. Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ingeniería Química de la UMCC, para lo cual se realizaron las determinaciones cuantitativas correspondientes, siguiendo los protocolos del Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos (NREL).

Para ello se determinó el % de humedad histológica (H), previa maceración del follaje, hasta obtener mediante tamizaje partículas de 1 mm de diámetro. La humedad se cuantificó mediante la fórmula de Rodríguez *et al.*, 2004:

$$H = \frac{PRMH - PRMS}{PRMH - PRS}$$

Donde:

H = humedad

PRMH = peso del recipiente de la muestra húmeda

PRMS = peso del recipiente de la muestra seca

PRS = peso del recipiente seco

Se realizó el secado de las muestras en una estufa modelo WS a 75 °C; se pesaron 0.5 g de material en una balanza analítica; se añadieron a las muestras 5 mL de H₂SO₄ al 72 %; se colocaron las muestras en baño de María a 30 °C por una hora y posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Después se depositaron las muestras en frascos estériles de 250 mL y se completó la cantidad con agua destilada; se colocaron los frascos durante una hora en la autoclave a 2 atm (1.02 atm de sobrepresión), posteriormente se secaron y se dejaron enfriar en un baño de agua, determinándose las pérdidas en gramos originadas durante la segunda etapa. Se filtró todo el contenido de cada frasco a través de un crisol Gooch de peso; para determinar la concentración de lignina se procedió según la fórmula de Klason, (citado por Sluiter *et al.*, 1998).

$$\% \text{ Lignina} = \frac{\text{MRS}}{\text{MM}} \times 100$$

Donde:

MRS = masa del residuo sólido

MM = masa de la muestra

Capítulo IV. Resultados y discusión.

4.1 Inventario de la lepidopterofauna asociada al cultivo de la soya. Listado de especies.

4.1.1 Descripción y diagnóstico de las principales especies detectadas.

Se encontraron seis especies de lepidópteros desfoliadores, se observó mayor incidencia de noctuidos, con superior ataque de *A. gemmatalis* (Hubn). También se encontraron ataques severos de *Omiodes indicata* (L.) (Piralidae), ambos insectos se detectaron en todas las variedades y en las dos localidades monitoreadas (Tabla 1).

Tabla 1. Detección de lepidópteros plagas de la soya en ecosistemas del MINAZ en Matanzas.

Especies	Familia	Variedad	Fenofase	Localidad
<i>Spodoptera latisfacia</i> (Walker)	Noctuidae	Incasoy 1	V6-R4	EPICA
<i>Spodoptera ornitogalli</i> (Gueen)		IS-27, IS-36,		
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)		Conquista		
<i>Omiodes indicata</i> (L.)	Pyralidae	Incasoy 1 IS-27, IS-36, Conquista	V3-R7	EPICA Finca Madam, Jovellanos
<i>Anticarsia gemmatalis</i> (Hubn.)	Noctuidae	Incasoy 1 IS-27, IS-36, Conquista	V6-R4	Finca Madam, Jovellanos
** <i>Estigmene acrea</i> (Drury)	Arctiidae	Conquista	R6	Finca Madam, Jovellanos

** Nuevo reporte de lepidóptero plaga en la provincia Matanzas.

Las dos primeras especies mencionadas muestran coincidencia con el registro de las principales especies de lepidópteros en la soya reportadas a nivel mundial, en Cuba *A. gemmatalis* y *O. indicata* también se informan entre las que se alimentan de semillas, hojas y vainas del cultivo.

Varios autores refieren infestaciones de *Anticarsia gemmatalis* (Hubner), *Spodoptera exigua* (Hubner), *Spodoptera eridania* (Cramer), *Spodoptera ornitogalli* (Gueen), *Omiodes indicata* Lin. y *Heliothis zea* Boddie (Cabrerá *et al.*, 2006; Viteri, 2008). Al respecto, Hoffman (2002) coincide en referir que *A. gemmatalis* constituye una plaga clave de la soya en Brasil; mientras que *O. indicata*, se considera como plaga secundaria y generalmente ocurre a final del ciclo del cultivo.

Es de significar que bajo nuestras condiciones *O. indicata* mostró un comportamiento diferente a lo informado por Hoffman (2002), pues se observó como plaga primaria dada su abundante infestación durante todo el ciclo del cultivo y se encontró su ataque desde la formación de las primeras hojas trifoliadas (V3).

Al respecto, Marrero (2007), también encontró abundantes poblaciones de *O. indicata* durante todo el ciclo del cultivo. Esta plaga está distribuida en todo el territorio nacional. Puede causarle daños al cultivo, ya que al alimentarse de las hojas reduce drásticamente la actividad fotosintética de las plantas; no obstante, los niveles de infestación se pueden mantener bajos por la cantidad de enemigos naturales que presenta este pirálido en nuestro país (Rovesti *et al.*, 2007). Aunque en Cuba, esta especie es mencionada como una plaga secundaria (Comisión Nacional del cultivo de la Soya, 1996), estudios entomológicos desarrollados en agroecosistemas cubanos de soya confirman su abundante incidencia y se agrega que ha provocado trastornos fisiológicos que atentan contra la maduración de variedades evaluadas en el Instituto de Investigaciones Fundamentales en la Agricultura Tropical (INIFAT), entre ellas la variedad William-82 (Monseley, 2003).

Varias investigaciones coinciden en informar que el principal grupo de plagas que invade a la soya, está representado por las orugas desfoliadoras (principalmente por

la oruga de las leguminosas *Anticarsia gemmatalis* (Hubner), la oruga medidora *Pseudoplusia includens* (Walker) y la gata peluda norteamericana *Spilosoma* sp. (Fava, 2009). Además, en estas ecorregiones no se observó infección por *N. rileyi*, factor de mortalidad natural de la plaga a diferencia de lo reportado por Marrero 2007. El incremento del ataque de *A. gemmatalis* puede estar condicionado por las escasas precipitaciones predominantes, similar comportamiento de esta plaga fue observado en Argentina debido a la sequía (Iannone, 2005).

Anticarsia gemmatalis (Hubner) y *Spodoptera* spp. pueden aparecer de forma masiva en el cultivo causando serios daños, en Cuba se informan como individuos de importancia económica (Comisión Nacional del cultivo de la Soya, 1996; Rovesti *et al.*, 2007). Las principales producciones de soya obtenidas en siembra de primavera en Cuba se pueden ver limitadas por el ataque de orugas desfoliadoras, durante esta época la incidencia de este complejo plaga tiende a incrementarse, sobresaliendo el ataque de *A. gemmatalis* (Marrero, 2007). Esta especie es de amplia distribución geográfica y marcada polifagia, caracterizada además por el ataque a otras leguminosas hospedantes como el frijol y el maní.

En relación al género *Spodoptera*, se señala que la especie *S. ornitogalli* se encuentra ampliamente distribuida; posee un amplio rango de hospederos que incluye especies vegetales, sorgo, maíz, tabaco, flores y malezas. Además posee un corto ciclo de vida (40 días), las hembras depositan de 200 a 500 huevos y su estado larval dura de 14 a 20 días, atributos que le confieren elevada nocividad (Viteri, 2008).

Por su parte, el hallazgo de *Estigmene acrea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) constituye un nuevo registro de fitófago plaga para la variedad Conquista y el ecosistema de la Empresa de Semillas Finca Madam, en el municipio Jovellanos.

Se observó por primera vez en los bordes del campo durante la fenofase R6 del genotipo Conquista, lo que demuestra su alimentación sobre legumbres tiernas.

Teniendo en consideración los resultados de una encuesta nacional aplicada a productores de frijol y soya en la Escuela Gerencial de Capacitación de la EPICA de Jovellanos del MINAZ, donde se constató escaso conocimiento de los insectos plagas, se brinda una guía ilustrada que permita la identificación y reconocimiento en campo de los estados de vida y daños de la plaga por parte de los campesinos y técnicos vinculados con la producción de granos.

4.2 Confección de clave pictórica de reconocimiento de nuevos registros de insectos plagas: identificación en campo de *Estigmene acrea* Drury (Lepidoptera: Actiidae).

El adulto de *Estigmene acrea* es una polilla blanca de aproximadamente 17 mm de envergadura. La hembra deposita pequeños huevos amarillos, colocados en grandes grupos tanto en el haz como en el envés de las hojas por lo que se debe tener presente este hábito de oviposición para la detección temprana de la plaga (Figura 1 A). Posteriormente emergen las larvas que son muy variables en color, desde amarillo pálido hasta carmelita oscuro y presentan el cuerpo cubierto por largos pelos y setas, razón por la cual se conocen vulgarmente como gusanos peludos (Arctiidae) cuya cutícula difiere desde amarillo, gris a carmelita oscuro.

La cría artificial del insecto en laboratorio permitió constatar que generalmente en el ciclo de vida transcurren cinco instares larvales, el primer instar posee setas de color bronceado y presenta hábitos gregarios, con una envergadura de aproximadamente 2 mm, aunque puede alcanzar hasta 10 mm (Figura 1 B). En el segundo instar aparecen rayas longitudinales, normalmente de color castaño, amarillento y blanco; los pelos del cuerpo se vuelven más oscuros y el individuo alcanza una longitud de aproximadamente 15 mm y es notorio el desarrollo del aparato bucal masticador con fuertes mandíbulas que favorecen su alimentación sobre el follaje (Figura 1 C).

Las larvas del tercer instar, muestran setas más negras, con un patrón que no es consistente y llegan a medir aproximadamente 30 mm, incrementando su voracidad (Figura 1 D).

El cuarto y quinto instares larvales mantienen similar apariencia, con una longitud entre 45 y 55 mm, respectivamente y muestran elevada movilidad, carácter que favorece la migración de la plaga y su polifagia.

El desarrollo larval ocurre aproximadamente entre 20 y 35 días, dependiendo de la dieta consumida. Posterior a este período, se desarrolla una pupa de color negro, que crece sobre el suelo dentro de un capullo o cocón de seda cubierto con residuos vegetales (Figura 1 E). Es precisamente durante este estadio (30 - 35 días) de observarse en campo la aparición del ataque larval en que se recomiendan alternativas de control, labores de cultivo que eliminen la presencia de pupas en el suelo así como las malezas hospedantes donde se aloja la plaga.

De la pupa emergen grandes polillas blancas, con una expansión alar entre 35 y 45 mm; poseen la cabeza y el tórax blancos; el abdomen es amarillo - naranja con una hilera de grandes manchas negras en la parte dorsal. Generalmente el macho es más pequeño que la hembra; ambos sexos presentan 3 o 4 manchas negras en sus alas posteriores, que son de color amarillo en los machos y blancas en las hembras con una línea tenue cerca del margen. Las alas anteriores se diferencian de las posteriores por ser blancas aunque pueden variar entre gris ceniciento y marrón claro (Figura 1 F, G).

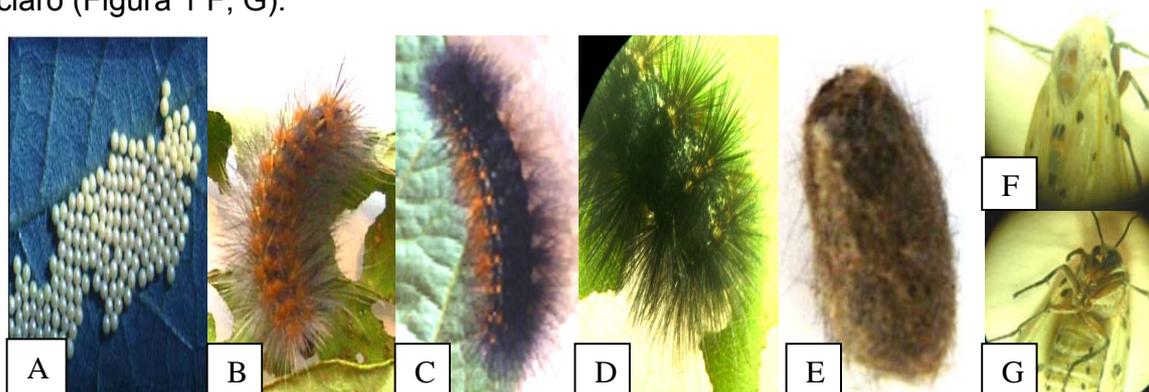


Figura 1. (40 X) Guía para el reconocimiento de *Estigmene acrea* Drury (Lepidoptera: Actiidae) y sus estados de vida: (A) huevos; (B) segundo instar larval L2; (C) tercer instar larval L3; (D) cuarto instar L4; (E) pupa; (F) vista dorsal y (G) vista ventral del adulto.

La obtención por vez primera de una clave pictórica larval deviene en elemento entomológico de primer orden para manejar las poblaciones de esta plaga, por cuanto es precisamente este estado de vida el de importancia económica por los daños que realiza tanto al follaje como sobre las legumbres.

Los resultados visualizados en la figura 1 permiten corroborar los cambios que presentan los instares larvales en cada muda, con diferencias de color y aspecto general (Figura 1 B; C; D), tienden a crear confusión entre los campesinos, quienes en la mayoría de los casos erradamente consideran que están en presencia de diferentes especies plagas, por lo que recomendamos generalizar el uso de la guía de reconocimiento de la plaga entre los campesinos y dar respuesta a las necesidades de capacitación de productores y directivos, en torno a los problemas fitosanitarios del cultivo y en particular entorno a la forma de lepidópteros que incluye a *Estigmene acrea* como plaga nociva.

Este resultado adquiere mayor connotación ya que hasta el momento en Cuba, Alayo y Hernández (1987) refieren el ataque de lepidópteros de la familia Arctiidae conocidos vulgarmente como “gusanos peludos” en varias plantas cultivadas, aunque no citan a la soya como este hospedante afectado por *E. acrea*.

En la provincia, los estudios entomológicos sobre la soya realizados por LAPROSAV (2004); Marrero (2003) y Rovesti *et al.*, 2007 tampoco observaron la aparición de esta plaga; no obstante la Comisión Nacional del Cultivo de la Soya (1996) informó la incidencia esporádica de este lepidóptero en otros ecosistemas del país.

La presente investigación constituye la primera ocasión en que se monitorea entomológicamente la variedad Conquista, genotipo brasilero de reciente difusión en nuestro país, lo que resulta de importancia agronómica y fitosanitaria, ya que el éxito de las producciones de soya en las regiones tropicales se ha debido en gran medida a la obtención de variedades muy productivas, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas y de adecuado comportamiento ante el ataque de plagas.

La búsqueda de variedades con mayor adaptación a las condiciones agroclimáticas de Cuba ha estado muy estrechamente vinculada con la introducción y evaluación de variedades foráneas en siembras de verano (Julio - Agosto); en esta época la mayoría de los genotipos foráneos evaluados que suman ya varios cientos, producen granos eficientemente, sin embargo, existen áreas de consideración que podrían utilizarse para la producción de este cultivo en siembras de primavera (Abril - Mayo) y se recaba de su evaluación fitosanitaria (Ortiz *et al.*, 2004).

La detección de *E. acrea* en el cultivo y la descripción del ciclo larval informado en el presente estudio coinciden con reportes internacionales en los que se informa la incidencia de este insecto en la Florida y se destaca el desarrollo de cinco instares larvales (Capinera, 2005).

El hallazgo de *E. acrea* en la Finca Madam de Jovellanos indica además un importante elemento para el manejo etológico de la plaga dada la biodiversificación de este agroecosistema. Este criterio coincide con David (2005), quien reporta infestaciones de *E. acrea* sobre diferentes cultivos como hortalizas; otros cultivos que pueden estar amenazados son la col, algodón, manzana, tabaco, pera, papa y maíz, donde se inserta la Empresa de Cultivos Varios "Lenin", en la cual predominan plantas de gran interés económico para la Provincia y que también se registran como hospedantes.

Posteriormente a la confección de la clave de reconocimiento de los diferentes estados de vida de *E. acrea* y la descripción de sus particularidades se procedió a describir la conducta.

4.3 Nocividad del complejo de lepidópteros: estudios etológicos de las principales especies.

4.3.1 Etología de *E. acrea* en condiciones de campo.

Monitoreos entomológicos conducidos en horas tempranas de la mañana permitieron constatar que el 20 de Abril del 2010 se detectaron severas desfoliaciones de *E. acrea* y daños en legumbres tiernas en plantaciones de soya (variedad Conquista) cultivadas en la Finca Madam de la Empresa Provincial de Semillas en Jovellanos, elementos que unido al comportamiento del ciclo de vida del insecto mostrado bajo nuestras condiciones, denotan su importancia como organismo plaga en el cultivo.

En cuanto al comportamiento del insecto, es de significar que apareció durante la fenofase R6 correspondiendo con la plenitud de las semillas, ocurriendo mayores desfoliaciones en los bordes del campo. Inicialmente se observaron 4 larvas del segundo instar / m lineal; aunque posteriormente predominaron los cuarto y quinto instares larvales con gran voracidad sobre el follaje y legumbres tiernas.

Este resultado difiere de lo informado hasta el momento en nuestro país, ya que *E. acrea* se informó en 1996 sobre la soya, aunque sin causar daños de importancia económica (Comisión Nacional del Cultivo Soya, 1996).

Capinera (2005) coincide en referir la aparición de esta plaga en los bordes de la plantación y hábitos de ovoposición nocturna; resultado que coincide con nuestras observaciones y sugiere el establecimiento de metodologías de monitoreo en el borde de la plantación para la detección de larvas en horas tempranas de la mañana.

Los daños económicos que puede ocasionar esta plaga se acentúan por el amplio carácter polifágico, Capinera (2005) señala que aunque *E. acrea* es nativa de Estados Unidos; su distribución se extiende a América Central atacando al frijol, la soya, maíz, tabaco, varias hortalizas como zanahoria, col, lechuga, cebolla, tomate, remolacha, ajo.

Estos antecedentes indican que para Cuba el insecto puede representar una seria amenaza para la obtención de semillas en la Finca Madam así como el desarrollo del Programa Nacional de Granos, los Cultivos Varios, casas de tapado y otras producciones agrícolas colindantes con la Empresa Provincial de Semilla en el Municipio de Jovellanos, ecosistema en que apareció esta plaga.

Al respecto, la Universidad de la Florida (2009) coincide en argumentar como hospedantes a *Amaranthus spp.*, *Acacia spp.* y *Physalis spp.*, malezas de gran abundancia en agroecosistemas cubanos y de soya que también propician la reinfestación de *E. acrea* y otros Arctiididos.

Teniendo en cuenta la mayor aparición de larvas de Noctuidae (Tabla 1) y que las especies de Noctuidos tienen características peculiares que determinan su importancia económica en los cultivos: por ser especies plagas muy polífagas que atacan a cualquier tipo de cultivo herbáceo; presentar una tendencia al comportamiento gregario y que los estados inmaduros tienden a vivir en gran número poblacional sobre la misma planta; se decidió determinar el consumo foliar las principales especies de esta familia y de Arctiidae.

Como umbral de acción ante el ataque de lepidópteros defoliadores podemos mencionar que para el período vegetativo y floración de la soya, se informa un 35 % de defoliación y/o 20 orugas grandes (mayor a 1.5 centímetros de largo) por metro de surco; mientras que si la planta posee vainas de 5 mm de largo hasta la maduración fisiológica (R5-8), el umbral de daño económico se estima de 15-20 % de defoliación y/o 20 orugas grandes por metro lineal de surco (Fava, 2009).

La descripción morfológica y etológica de *E. acrea* facilitada por primera vez en los epígrafes 4.2 y 4.3 deviene en elementos decisivos para la detección, monitoreo y manejo agroecológico de la plaga por parte de productores vinculados al cultivo de la soya en nuestro país y permiten socializar estos resultados ante la solicitud de capacitación técnica y asesoría fitosanitaria.

4.3.2 Determinación del Consumo foliar diario de las larvas de *A. gemmatalis*, *Spodoptera* spp. y *E. acrea* en condiciones de laboratorio.

Se determinó por primera vez las tasas de defoliación de *Spodoptera* sp. y de *Estigmene acrea* en el cultivo de la soya; bajo nuestras condiciones experimentales todas las especies mostraron elevados consumos foliares diarios, los que oscilaron entre 1 395.27 y 1 613.60 mm². Es de denotar que no se observaron diferencias estadísticas significativas entre el consumo foliar diario de las especies. No obstante, el área foliar consumida por *A. gemmatalis* fue discretamente superior al consumo de *Spodoptera* sp. y de *E. acrea* (Tabla 2).

Tabla 2. Estudio de nocividad: consumo foliar diario del complejo de lepidópteros en condiciones de laboratorio.

Espece	Consumo foliar diario x (mm ²)	Consumo foliar mínimo x (mm ²)	Consumo foliar máximo x (mm ²)
<i>A. gemmatalis</i>	1 613.60 a	1 191.05 a	2 036.50 a
<i>Spodoptera</i> sp.	1 491.29 a	1 018.80 a	1 963.00 b
<i>E. acrea</i>	1 395.27 a	972.00 b	1 817.00 c
X ± ES	212.00		

Medias con letras desiguales dentro de una misma columna difieren para P < 0.05

E. acrea mostró gran voracidad al promediar defoliaciones diarias de 1 395.27 mm² con tasas de consumo máximo de 1 817.80 mm² (Tabla 2), sus daños no mostraron diferencias estadísticas respecto a la defoliación de *A. gemmatalis* y *Spodoptera* sp., insectos plagas de importancia económica de la soya a nivel mundial y en Cuba por lo que se demuestra el potencial de sus daños y permiten predecir por primera vez los descriptores de UDE para la especie.

Los resultados obtenidos en este ensayo, difieren de lo observado por Marrero (2005), por cuanto, este autor encontró diferencias significativas entre el ataque de larvas de *A. gemmatalis* en relación a otras especies noctuidas.

Sin embargo, los estudios de nocividad realizados sobre variedades cubanas de soya coinciden en señalar que la oruga de las leguminosas *A. gemmatalis* presentó un consumo foliar diario de 1 733 mm², defoliación muy similar a lo observado bajo nuestro experimento (1 613 mm²).

Saluzo (2006), halló resultados desiguales a los alcanzados en nuestra investigación, ya que en tasas de herviboría evaluadas durante el ciclo larval de especies noctuidas, encontró mayor defoliación ocasionada por las especies *Spodoptera ornitogalli* y *Spodoptera frugiperda* con consumos de 29 900 y 17 000 mm², respectivamente. Este autor observó que las larvas de *Spodoptera* sp de manera contraria a los resultados de nuestro ensayo, presentaron gran superioridad al daño ocasionado por *A. gemmatalis*, especie que produjo defoliaciones de solo 11 700 mm².

De igual forma los resultados de nocividad descritos en la Tabla 2 muestran diferencias notorias con las tasas de defoliación determinadas para otras especies cubanas de lepidópteros plagas y evidencian mayor voracidad en relación al consumo de alimento por larvas de *Diaphania hyalinata* (L.), que aunque sobre otros hospedantes, solo consumieron 924 mm² (Pozo, 2003). Dicho resultado es muy inferior a la voracidad de *E. acrea* detectada en el presente estudio (Tabla 2).

Se constataron severas tasas de herviboría en las tres variedades cubanas evaluadas, dado que los patrones de defoliación diarios de las larvas alcanzaron entre 1 198.39 y 1 988.83 mm²; encontrándose en este complejo plaga, diferencias estadísticas significativas entre el consumo del genotipo IS-36 que sufrió los mayores daños (1 988.83 mm²) respecto a los genotipos IS-1 con un consumo que osciló entre 865.14 mm² y 1 289.85 mm², seguido de la IS-27 que mostró la menor defoliación diaria (781.34 mm² - 1 198.39 mm²), demostrándose por primera vez el comportamiento varietal ante el ataque foliar de *E. acrea* (Tabla 3), información que sugiere la existencia de posibles mecanismos de resistencia genotípica ante la defoliación de lepidópteros.

Tabla 3. Comportamiento de tres variedades cubanas de soya ante el consumo foliar diario de *E. acrea*.

Variedad	Consumo foliar diario x (mm ²)	Consumo foliar mínimo x (mm ²)	Consumo foliar máximo x (mm ²)
IS-36	1 988.83 ^a	1 579.03 ^a	2 398.62 ^a
IS-1	1 289.85 ^b	865.14 ^b	1 714.56 ^b
IS-27	1 198.39 ^c	781.34 ^c	1 615.44 ^c
X ± ES	209.60		

Medias con letras desiguales dentro de una misma columna difieren para P < 0.05

Los remanentes de la alimentación larval ilustrada en la Figura 2 evidencian con claridad que la variedad IS-36 sufrió la mayor desfoliación ocasionada por el ataque de las especies de lepidópteros evaluados, seguido por la IS-1 y la IS-27 respectivamente, lo que presupone posibles mecanismos de preferencia alimentaria de las larvas por el follaje de la variedad IS-36. La variedad IS-27 mostró menores índices de desfoliación que la variedad IS-36, donde transcurridas solo 24 horas del ataque, un individuo llegó a consumir casi en su totalidad folíolos con áreas de 10 313 mm² quedando en ocasiones solo el nervio central de la hoja (Figura 2D) reflejando la elevada voracidad de la larva sobre el follaje.

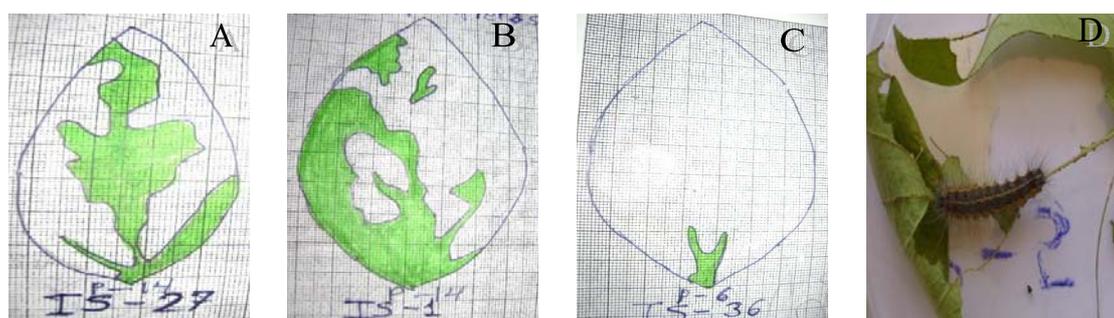


Figura 2. Comportamiento del consumo diario de *E. acrea* ante diferentes genotipos de soya (IS-1, IS-27 e IS-36): área foliar no sombreada indica el tejido consumido.

Las defoliaciones potenciales ocasionadas por este insecto en condiciones de laboratorio y su voracidad (Tabla 3 y Figura 2) coincidieron con daños fisiológicos irreversibles, corroborados al inocular artificialmente plantas de soya con una larva de *E. acrea* (Anexo 1).

En Cuba, hasta el momento no se disponen de suficientes investigaciones sobre el comportamiento de las variedades cubanas de soya, IS-1, IS-27 e IS-36 ante el ataque de lepidópteros plagas, tampoco se han validado elementos fenogenotípicos que expliquen una posible relación con la tolerancia y/o resistencia ante insectos plagas (Marrero, 2007). Sin embargo, existen estudios preliminares que muestran cierta resistencia de las variedades IS-24 e IS-27 ante el ataque de nemátodos.

Esta misma problemática persiste en los genotipos IS-1 e IS-36, de reciente obtención en Cuba por Programas de Mejoramiento Genético; aunque en la literatura científica consultada no se disponen de antecedentes morfoagronómicos que expliquen el comportamiento tolerable o resistente de la variedad IS-27, la composición bromatológica foliar pudiera justificar este resultado.

En tal sentido, Díaz *et al.*, (2003), citado por Marrero (2007) encontraron mayor % de fibra bruta y de lignina en esta variedad, carácter que podría permitir una mayor tolerancia a la defoliación, por cuanto estos componentes están estrechamente relacionados con la dureza del tejido foliar y en particular de su epidermis.

Varios autores confirman elementos de fagorrepelencia en el cultivo de la soya. En experimentos realizados por Montero (2006), se observó que la variedad 'IAC-8' mostró una mayor tolerancia al ataque de las plagas defoliadoras, especialmente a larvas de lepidópteros.

Para fundamentar las diferencias del comportamiento varietal observado ante el ataque de las larvas se procedió a determinar posibles caracteres de tolerancia o mecanismos intrínsecos de resistencia genotípica, tales como la descripción de los

tricomos, la variabilidad en su longitud; la búsqueda de características morfoestructurales de las células epidérmicas, el análisis bromatológico foliar y posibles caracteres de resistencia bioquímica.

4.4 Evaluación de mecanismos naturales de resistencia del cultivo ante el ataque del complejo plaga.

4.4.1 Búsqueda de caracteres genotípicos de resistencia física: Descripción de tricomas y células epidérmicas, estudios histológicos.

La presencia de tolerancia o resistencia ante el ataque de lepidópteros en la variedad IS-27 es de relevancia por cuanto justifican científicamente la resistencia ante la defoliación de insectos.

Los estudios histológicos permitieron demostrar que la menor defoliación observada en la variedad IS-27 está relacionada con la mayor densidad y longitud de los tricomas foliares, los cortes tisulares realizados en la epidermis foliar de esta variedad confirmaron la detección de tricomas de mayor largo con 1 170 μm (Figura 3A) en comparación con los del genotipos IS-36 que presenta una envergadura de 870 μm de longitud (Figura 3B), la cual mostró mayor defoliación diaria (Tabla 3).

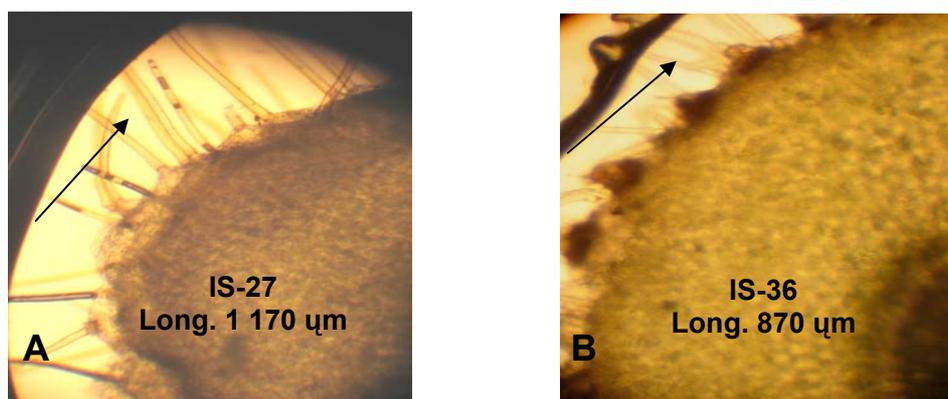


Figura 3. (15 X). Cortes Histológicos: densidad y longitud de tricomas foliares de soya (A) IS-27; (B) IS-36.

Varios autores señalan que la resistencia ante el ataque de insectos plagas puede estar influenciada porque los tricomas constituyen una barrera física de la planta ante la alimentación insectil. Son revestimientos del estrato epidérmico, con transformaciones secundarias en el dermatógeno y que favorece que en la epidermis se formen membranas calcificadas y silicificadas (Esau, 1979). Además, anatómicamente los tricomas se consideran elementos de defensa ante plagas insectiles por su elevado contenido de formiato sódico, acetilcolina, histaminas y ácido fórmico (Sandoval, 1989).

En tal sentido, se informa que la habilidad de la planta de soya para resistir el ataque de insectos puede estar directamente relacionada con los tricomas que poseen funciones variadas, favorecer o realentar la transpiración, atraer o repeler insectos.

Al respecto Heinz, 2000, informa que anatómicamente existen varios tipos de tricomas: protectores y glandulares, que expelen mucílagos que inmovilizan a los insectos; además estas estructuras secretan fenoles que actúan como metabolitos antialimentarios y repelentes de las plagas insectiles.

También se refiere la existencia en los tricomas de membranas con sílice y carbonato de calcio, componentes que imprimen dureza a la epidermis (Lampkin, 2001) y pueden corroborar la lignificación y el contenido de fibra determinado para la variedad IS-27 en Cuba.

Por su parte, Bellotti y Bohorquez (2002) coinciden en referir que los tricomas irrumpen el establecimiento foliar de los insectos y causan la no preferencia alimentaria que conlleva a una baja oviposición en variedades resistentes.

Otros estudios de resistencia se han llevado a cabo con especies de mosca blanca como por ejemplo: *T. abutilonea* sobre soya (McPherson, 1996; Lambert *et al.*, 1997).

Para el complejo de *Bemisia tabaci*, la literatura reporta varios cultivos con genotipos “resistentes”, en la mayoría de los casos no son cultivares desarrollados si no, líneas mejoradas que se espera tengan resistencia.

En varios de estos casos, los mecanismos que están operando parecen ser de antixenosis (no preferencia para alimentación y oviposición) o de tolerancia (Bellotti y Arias, 2001).

De igual manera se vincula con la resistencia a la pubescencia (Lambert *et al.*, 1995; Wilson *et al.*, 1998;); y con la densidad de tricomas (Heinz y Zalom, 2000; Meagher *et al.*, 2001; McAuslane *et al.*, 2003).

Investigaciones realizadas en variedades de papa citan que los pelos glandulares al contacto con los vectores de virus liberan sustancias mucilaginosas que inmovilizan a los insectos (Jiménez, 1992; Cruz *et al.*, 2006). Progenies de soya con diferentes densidades de tricomas en las vainas fueron evaluadas para conocer su resistencia al ataque de *Etiella zinckenella* (Tret.), cultivares con legumbres grandes y altas densidades de tricomas fueron más susceptibles al daño insectil. Esto sugiere que cultivares resistentes al ataque de este lepidóptero deben ser glabros con pequeñas legumbres (Kogan, 1989).

La mayor pubescencia en IS-27, coincidió con el hallazgo de superior envergadura de las células epidérmicas - oclusivas en este genotipo (Figura 4 A) (92.5 - 43.3 μm) con diferencias estadísticas respecto a la variedad IS-36 (Figura 4 B) (83.7 - 41.2 μm), resultado que también permite explicar la resistencia física del genotipo IS-27 ante la defoliación de *E. acraea*.

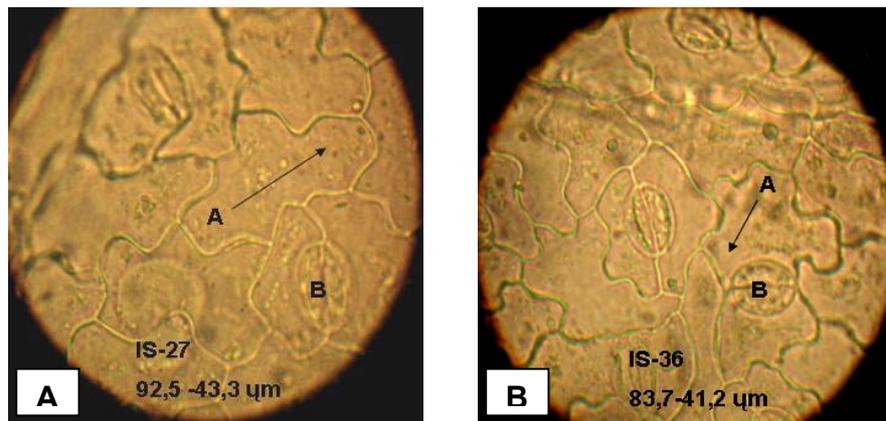


Figura 4. (15 X) Corte histológico de epidermis foliar: envergadura de células epidérmicas (A) y oclusivas (B) en los genotipos IS-27 e IS-36.

Se refiere que una mayor área de las células epidérmicas (Figura 4A) condiciona la dimensión de la cutícula y la peridermis, estructuras que además de reducir la pérdida de agua, constituyen una barrera a la entrada de fitopatógenos y el ataque de insectos. La cutícula está formada por una capa fuerte de cera externa; una capa media gruesa que contiene cutina embebida en cera y una capa inferior de cutina y cera mezclada con las sustancias de la pared celular (pectina y celulosa).

Las células epidérmicas de las hojas, tallos y raíces de soja también se caracterizan por poseer contenidos mucho mayores de compuestos fenólicos y flavonoides, sustancias con notables propiedades fungistáticas y antialimentaria.

Se coincide en reportar que una mayor área celular de la epidermis condiciona la dimensión de la cutícula y peridermis, favoreciendo que ambas actúen como barrera al ataque de insectos; los tenores de cera cuticular actúan como defensa y fagorrepelente. El grosor de la cutícula y de la pared celular puede actuar como un factor importante en la resistencia a patógenos de manera que dificultan la penetración directamente a través de ellas (Herrera *et al.*, 1987; Cruz *et al.*, 2006)

Las características botánicas y descripciones foliares observadas en la variedad IS-27 parecen fundamentar su posible tolerancia ante la defoliación, contrariamente a los mayores daños constatados en la IS-36 (Tabla 3, Figura 2).

Seguidamente se analizó el contenido bromatológico foliar para fundamentar el comportamiento varietal y estimar la posible calidad nutricional del follaje como alimento o la preferencia alimentaria de la plaga insectil.

4.4.2 Determinación de caracteres de resistencia química: screening bioquímico foliar de los genotipos muestreados.

4.4.2.1 Determinación del contenido foliar de N, P, K.

Además de los caracteres anatómicos de resistencia física de la variedad IS-27 descritos en el epígrafe anterior, también se halló que este genotipo mostró los menores contenidos nutricionales de N, P, K foliar (2.3; 0.7 y 0.3 % respectivamente), lo cual pudo disminuir la preferencia alimentaria del insecto por el hospedante, a diferencia de la variedad IS-36 que mantuvo tasas superiores de defoliación diaria (Figura 5).

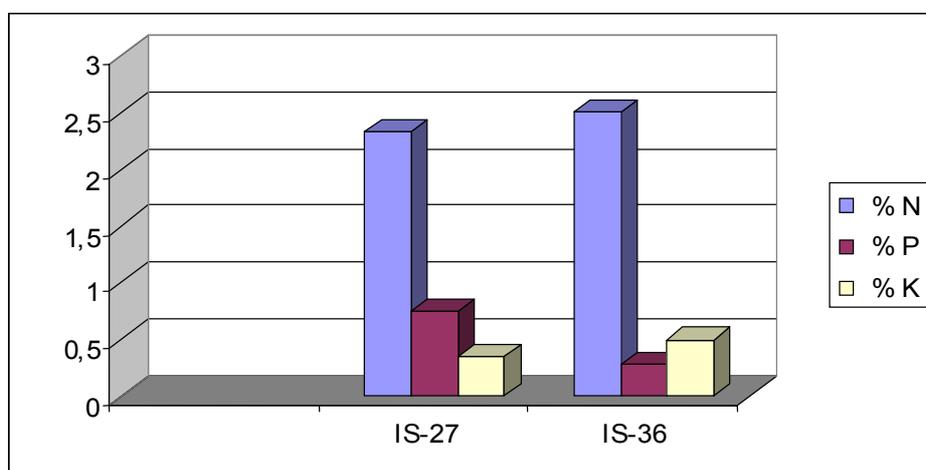


Figura 5. Contenido foliar de N, P, K en genotipos de soya (INCA, 2009)

Resultados similares a los descritos en la Figura 3 son argumentados por Chaboussou (2009), al exponer mecanismos inducibles de resistencia en la epidermis foliar y el estado nutricional de las plantas y fundamentar que menores tenores nitrogenados en los tejidos condiciona una escasa acumulación foliar de aminoácidos libres, biosíntesis proteica y azúcares reductores; lo que deprime la herbivoría de los insectos y constituyen mecanismos de antixenosis alimentaria del tipo no preferencia.

Los insectos herbívoros relacionan el contenido de nitrógeno de las plantas con su calidad. En la literatura científica aparece ampliamente documentado el hecho de que el contenido de nitrógeno de la planta hospedante influye marcadamente en la supervivencia, desarrollo y reproducción de ácaros y de insectos de diferentes órdenes, pero en particular, sobre homópteros (Nichols, 2008).

El efecto de los fertilizantes nitrogenados sobre los organismos nocivos está determinado por la naturaleza de éstos más que por la cantidad. Se ha demostrado que hay un comportamiento diferenciado de las plagas ante los nitratos y el nitrógeno amoniacal. Las hojas de las plantas fertilizadas con nitrógeno amoniacal presentan en sus tejidos y exudados concentraciones tres o cuatro veces más elevadas en aminoácidos.

El contenido de nitrógeno de las plantas está directamente relacionado con el nivel de fertilización nitrogenada y éste afecta la distribución de los adultos de *T. vaporariorum* entre y dentro de las plantas de tomate. El incremento en la fertilización nitrogenada aplicada en tomate estimula su desarrollo. Este estímulo se manifiesta en una frecuencia de oviposición más alta, en una menor mortalidad de los huevos y en un tamaño mayor de ninfas y adultos (Nichols, 2008).

Es de relevancia puntualizar el contenido de Nitrógeno foliar, ya que este elemento posee gran relación con los tenores proteicos y de aminoácidos del tejido vegetal; en tal sentido el mayor contenido de Nitrógeno reflejado por la variedad IS-36 (Figura 5)

condiciona una óptima disponibilidad de proteína bruta, mejor calidad nutricional por la superior preferencia alimentaria y consumo foliar; aspectos demostrados por primera vez durante el presente estudio de las larvas de *E. acrea* constatada (Tabla 3 y Figura 2).

Al respecto, Lampkin (2001) coincide en debatir que la habilidad de la planta de soya para resistir el ataque de insectos puede estar directamente relacionada con la síntesis de proteínas; cualquier perturbación en la biosíntesis proteica provocaría una acumulación de azúcares, compuestos nitrogenados solubles en agua, así como aminoácidos libres en el tejido vegetal que incrementan la herbivoría de insectos plagas.

Similares resultados a los observados en nuestro experimento son mencionados por Altieri y Nicholls (2009), quienes durante un estudio a largo plazo compararon los efectos del contenido nutricional de cuatro hortalizas: espinaca, papa, zanahoria, col y encontraron que las hortalizas orgánicas comparadas con cultivos convencionales, contenían, consistentemente bajos niveles de nitratos y altos niveles de fósforo, potasio y hierro, resultados que se relacionaban con una menor incidencia de plagas.

Gómez (2007) informa que las plantas que poseen óptimos contenidos de almidón, lignina y celulosa, así como un balance adecuado en los tenores de nitrógeno, calcio y potasio; cuentan con una defensa natural contra el ataque de plagas y enfermedades.

Los resultados discutidos en los epígrafes anteriores aportan por vez primera la caracterización anatómica, histológica y bioquímica del follaje de variedades autóctonas de soya. De igual forma se demuestran importantes elementos de antixenosis en el genotipo IS-27, los cuales se fundamentaron además con la determinación de los metabolitos secundarios (fenoles, saponinas, lactonas, triterpenos).

4.4.2.2 Evaluación de metabolitos: contenidos de fenoles, saponinas, lactonas y terpenos.

Los menores contenidos de N en la variedad IS-27 representados en la Figura 5 mostraron correspondencia además con una mayor expresión de fenoles, saponinas, triterpenos y lactonas foliar en comparación con la variedad susceptible IS-36 obtenidos en el tamizaje fitoquímico realizado al follaje (Tabla 4).

Tabla 4. Tamizaje fitoquímico foliar: determinación de fenoles, saponinas, lactonas y triterpenos según variedad.

Variedad	Fenoles	Saponina	Lactona	Triterpenos
IS-1	+	+	+++	+
IS-27	++++	+++	++++	++++
IS-36	++	++	++	+++
Conquista	+++	++++	+	++

Leyenda: ++++ expresión intensa; +++ expresión alta; ++ media; + ligera

El hallazgo de expresión intensa de estos metabolitos en la variedad IS-27 (Tabla 4) coincidió con la observación de elevadas concentraciones de estas sustancias, lo cual fue corroborado por el método colorimétrico (Figura 6) y nuestra correspondencia con lo reportado por Rodrigues 2003; este resultado también justifica las menores tasas de defoliación por lepidópteros encontrado en IS-27 y fundamenta posibles mecanismos de fagorrepelencia en el cultivo.

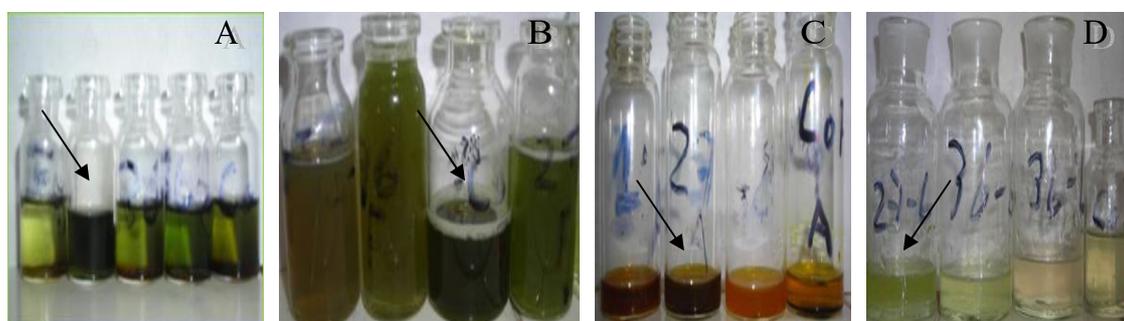


Figura 6. Tamizaje Fitoquímico y expresión colorimétrica de caracteres bioquímicos. (A) Fenoles, (B) Saponina, (C) Lactona, (D) Triterpenos.

Leyenda:

(A) color verde intenso mayor expresión de fenoles; **(B)** mayor lámina de espuma jabonosa indica expresión alta de saponina; **(C)** se muestra un precipitado rojo - naranja intenso; **(D)** coloración verde claro mayor expresión de terpenos.

Resultados similares al obtenido en este experimento son informados por Chaboussou (2009), al señalar que un alto contenido fenólico (fitoalexinas) es también frecuentemente alto en plantas deficientes en nitrógeno; esta característica es muy evidente en plantas de soya, existiendo mecanismos inducibles de resistencia vegetal que están principalmente asociados con la epidermis y el estado nutricional (mineral) de la planta.

Varios autores han demostrado que el mayor contenido de fenoles refleja mecanismos de antixenosis no preferencial y estímulos fagorrepulsantes de la plaga; provoca interrupción de los procesos normales de alimentación y oviposición de los insectos (Cazaña *et al.*, 2010).

La antibiosis puede ocurrir por la presencia de alomonas (sustancias que afectan negativamente al insecto y favorecen a la planta) o por la ausencia de queromonas o kairomonas (sustancias que favorecen al insecto).

Al respecto, Davenport (2003) cita que existe relación entre el desarrollo de la genitalia, las tasas de ovoposición de adultos de *E. acrea* alimentados con dietas ricas en alcaloides, metabolitos abundantes en las plantas de soya.

De igual manera, Gómez (2007) reporta que elevados contenidos de terpenos foliares actúan como fagorrepelentes de insectos, mientras que un incremento de los agrupamientos lactónicos (cumarinas) constituyen sustancias deterrentes para los insectos; estos elementos son explícitamente visualizados en la Figura 6 y aportan resultados valiosos por cuanto corroboran la resistencia varietal de IS-27 ante el

ataque de *E. acrea* y fundamentan sobre sólidas bases científicas elementos para los Programas MIP de la soya en el país.

La evaluación agronómica y fitosanitaria de variedades cubanas de soya (Incasoy (IS)-1, IS-27 e IS-36) y de genotipos foráneos devienen prioridades para el Programa Nacional de Producción de Granos, la sustitución de importaciones y la diversificación de ecosistemas cañeros, retos en los que se encuentran insertados campesinos, técnicos agrícolas e investigadores de la Provincia de Matanzas (Ortiz *et al.*, 2004).

4.4.3 Cuantificación de lignina foliar.

Bajo nuestras condiciones experimentales, en la variedad IS-27 también se halló un elevado contenido de lignina foliar (31 %), resultado que de manera holística fundamenta la tolerancia a la defoliación observada en la presente investigación, dada la dureza que esta sustancia le confiere al tejido foliar y en particular a la epidermis.

Es de significar en Cuba, importantes antecedentes científicos entorno a estudios bromatológicos para el uso de soya como forraje integral conducidos en el ICA por Díaz *et al.*, (2003), donde se compararon los genotipos Incasoy 24 e Incasoy 27 y se encontró también en este último las mayores expresiones de fibra bruta y de lignina, con 38.50 y 12.50 %, respectivamente.

Los valores son discretamente superiores a los reportados por Díaz *et al.*, 2003, lo cual se debe a las diferencias de las ecorregiones, edad del cultivo, atenciones fitotécnicas, ciclo, fenología, etc.

Ortiz *et al.*, 2004 encontraron menor duración del ciclo agrícola de la variedad IS-27 (97 - 100 días) en la provincia de Matanzas, lo que sugiere cierta precocidad genotípica en comparación con las variedades IS-1 e IS-36.

4.5 Novedad científica.

Se brinda por primera vez una clave pictórica para el reconocimiento y manejo en campo de *E. acrea* que constituye un nuevo registro de plaga, aportando elementos de manejo etológico y estimados de UDE.

El método de control genético aporta consideraciones para validar desde el punto de vista fitosanitario un genotipo cubano de soya con atributos de tolerancia, resistencia varietal, y/o antixenosis ante la plaga *E. acrea*.

Mediante el estudio de nuevos genotipos de soya (*Glycine max.* (L.) Merrill) con el fin de determinar posibles caracteres de resistencia sobre plagas defoliadoras, se hace alusión al carácter multidisciplinario que se encierra en el presente trabajo, ya que se usaron herramientas de agricultura de precisión y materias aplicadas en la búsqueda de los resultados.

Constituyen aspectos novedosos de la presente investigación la determinación holística de mecanismos de resistencia genotípica en variedades de soya ante el ataque de lepidópteros plagas. Podemos mencionar el uso de la computación como herramienta fundamental para el procesamiento de los datos (digitalizador, Software Ilwis), la Bioquímica mediante ensayos cualitativos y cuantitativos de metabolitos, uso de Cromatografía de alta eficiencia (Klason), histología Botánica, elementos de Taxonomía y Entomología que fueron imprescindibles para la clasificación de la especie detectada *Estigmene acrea* (Drury) hallada en agrosistemas de soya, afectando plantaciones establecidas para la obtención de semillas. Dichos estudios son realizados por primera vez lo que denota la novedad científica en los objetivos alcanzados.

4.6 Impacto económico, social y medio ambiental.

Aunque en la presente investigación no predominan tratamientos experimentales que justifiquen la determinación de indicadores económicos, sobresalen ensayos que tributan a una investigación entomológica de carácter multidisciplinario, es oportuno

destacar que a escala mundial y en Cuba el cultivo de la soya presenta cuantiosas pérdidas económicas (15 - 29 %) por el ataque de nuevas especies de lepidópteros plagas (*E. acrea*) detectadas en el presente estudio, las cuales son factores limitantes de la sostenibilidad del cultivo y condicionan muy bajos rendimientos (0.7 - 0.9 t/ha).

Por otra parte, los estudios de campo conducidos en la Empresa Provincial de Semillas de Matanzas permitieron monitorear el comportamiento fitosanitario de la variedad Conquista, (genotipo foráneo de reciente difusión en nuestro país) y de nuevos genotipos cubanos de soya, obteniéndose una clave pictórica de reconocimiento de los instares larvales y estados de vida de un nuevo registro de insecto plaga, lo que deviene en herramienta metodológica de gran importancia económica para el diagnóstico taxonómico que ejecutan las Estaciones Territoriales de Protección de Plantas (ETPP) y el Sistema Estatal de Sanidad Vegetal.

La medición del consumo foliar por insectos fitófagos es una metodología básica en varias áreas de la Entomología Económica; se arriba a importantes resultados que permitieron la determinación por primera vez del consumo foliar diario de varias especies de lepidópteros y el hallazgo de tasas de herbivoría superior al 50 % del área foliar en todas las variedades, lo cual afecta el proceso fotosintético que se encuentra relacionado de forma directa con el rendimiento del cultivo y aportan valiosos elementos descriptores de los Umbrales de Daño Económico demostrando que el comportamiento alimentario sostenido ($1\ 395.27 - 1\ 817.00\ \text{mm}^2$) de una larva de *Estigmene acrea*, ocasiona pérdidas al cultivo y alcanza el status de insectos plagas de importancia económica para la soya en Cuba.

Además, los resultados sobre la evaluación etológica, la disposición espacial de las infestaciones (bordes del campo) de *E. acrea* permiten mayor eficiencia en el monitoreo, por cuanto viabilizan, acortan el tiempo de muestreo, favorecen el ahorro de recursos humanos y el establecimiento de estrategias de control etológico y otras decisiones de rastreo y señalización de plagas.

Por otra parte es oportuno considerar que la búsqueda de múltiples caracteres genotípicos de resistencia en nuevas variedades cubanas IS-1, IS-27 e IS-36 ante el ataque de lepidópteros y el hallazgo de mecanismos de defensa natural, antixenosis y caracteres de Resistencia Planta Hospedante en la variedad IS-27 devienen en impacto económico para el Programa de Mejoramiento Genético y el Programa MIP de la soya en el país.

Además, los resultados alcanzados aportan elementos de primer orden para el manejo agroecológico de las plantas y contribuyen al fomento de un banco de germoplasma de semillas autóctonas que permitan la sustitución de OMG y de importaciones de semillas, rubros en los cuales el país aún deroga 291.00 - 500.00 USD / t. En adición a este análisis es significativo denotar que el fomento de variedades con resistencia potencial ante el ataque de las plagas insectiles, es una alternativa de control de Agentes Causales de Plagas (ACP) y permite minimizar el uso de insecticidas convencionales como *Recio 600 SC* (Metamidofos 1.5 L/ha) aún empleados mundialmente para el control químico de *E. acrea*, plaguicida de Categoría Toxicológica II (Altamente Tóxico) y con elevados precios en el Mercado Internacional.

Es de interés exponer que la determinación de los metabolitos y el screening bioquímico conducido constituye un aporte de primer orden para caracterizar bromatológicamente las variedades evaluadas y posibles factores antinutricionales para usar la soya como forraje en la alimentación animal, lo que de manera colateral también demuestra la sostenibilidad de nuestra investigación agrícola.

Conclusiones.

- ✿ Se encontraron a *Anticarsia gemmatalis*, *Spodoptera* spp., *Omiodes indicata* y *Estigmene acrea*, esta última especie constituye un nuevo reporte de plaga de importancia económica y se aporta una clave pictórica para su reconocimiento en campo y la capacitación de los productores.

- ✿ *E. acrea* mostró poblaciones de 4 larvas / m ocasionando severas defoliaciones diarias sobre los genotipos de soya (IS-1, IS-27, IS-36), con un consumo alimentario de 1 817.80 mm² de tejido foliar por lo que constituye un descriptor de UDE de la plaga.

- ✿ La variedad IS-36 resultó la de mayor defoliación (1 988.83 mm²) con diferencias estadísticas significativas respecto a IS-27 que mostró la menor afectación (1 198.39 mm²) ante el ataque de lepidópteros evidenciándose caracteres genotípicos de defensa y/o resistencia.

- ✿ La mayor densidad y longitud de los tricomas; los altos contenidos de lactona, saponina, fenoles, triterpenos, lignina foliar y menor tenor de nitrógeno en la variedad IS-27 demuestran mecanismos de resistencia genotípica y aportan decisiones de manejo agroecológico de plagas de la soya en el país.

Recomendaciones.

1. Incluir el reporte de *E. acraea* en la lista de insectos plagas de importancia económica de la soya en Cuba y utilizar la clave de reconocimiento en Programas de Extensionismo y Capacitación fitosanitaria.
2. Profundizar en el screening cuantitativo de los metabolitos evaluados en las variedades monitoreadas y determinar posible antibiosis.
3. Incorporar las características de resistencia planta hospedante a los Programas de Manejo agroecológico de Plagas (MAP) y de Mejoramiento Genético e introducir la variedad IS-27 en agroecosistemas del MINAZ evaluando las interacciones genotipo-ambiente.

Referencias Bibliográficas.

1. Agricultural Statistics Board. Soybean grain official prices. United States Department of Agriculture USDA. [en línea] Julio, 2008. Disponible en: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/CropProd/CropProd-02-082008.pdf>. [Consulta: Abril 20 2009].
2. Alayo, P. y Hernández, L. 1987: Atlas de las mariposas diurnas de Cuba: Editorial Científico-Técnica. La Habana. Cuba: 150 pp.
3. Alemán, R.; Chacón, A.; Barreda, A.; Fleites, A.; Quiñones, R.; Rodríguez, R.; Rodríguez, G.; Estudió de nuevas variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill en siembras de invierno en suelos pardos con carbonatos. [en línea] 2005. Disponible en: <http://74.125.95.132:biblioteca.idict.villaclara.cu> [Consulta: Mayo 10 2009].
4. Altieri, M; Nichols, Clara 2009: Control biológico en agroecosistemas mediante el manejo de insectos entomófagos. Universidad de California: p 15-25.
5. Aragón, J. y Vázquez, J. 2001: Sistemas de alarmas de plagas agrícolas con trampas de Luz y observaciones de campo. (INTA) Estación Experimental Marcos Juárez. Edición Comunicaciones Sección Entomología. Informe No. 4; 5 pp.
6. Aragón, J. 2002: Insectos perjudiciales de la soya y su manejo integrado en la Región Pampaneana Central (INTA). Estación Experimental Marcos Juárez. Edición comunicaciones Sección Entomología. Informe No. 8; 25 pp.
7. Aragón, J. La falta de lluvias puede incrementar la amenaza de plagas de la soya: (INTA) [en línea] Enero 2005. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com> [Consulta: Abril 20 2009].
8. Aragón, J. Las recientes lluvias alejaron la posibilidad de ataques generalizados de plagas pero igual se espera un incremento de su amenaza en soya en Febrero y Marzo: (INTA) [en línea] Enero 2006. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/> [Consulta: abril 20 2009].

9. Arias, B. y Guerrero, J. M. 2000. Control de plagas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) por resistencia varietal. *In: Simposio Avances en el Manejo de Plagas. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (27, 2000, Medellín Colombia). Memorias. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), Bogotá, CO. p. 243-259.*
10. Association of Oficial Analytical Chemists (AOAC). 1995. 16th ed. Arlington, UA. 684 pp.
11. Ávila Valdez, Joel. Control biológico del gusano terciopelo con el nucleopoliedrovirus de *Anticarsia gemmatalis* (AgNPV) en soja. [en línea] Marzo 2009. Disponible en: <http://www.oleaginosas.org> [Consulta: Mayo 10 2009].
12. Avilés, R 2007: Comunicación personal. Jefe del Departamento de Entomología del INIFAT. La Habana.
13. Bellotti, A.C. y Arias, B. (2001): Host plant resistance to whiteflies with emphasis on cassava as a case study. *Crop Prot.* 20: p.813-823.
14. Bellotti, A.C. y Bohorquez, A. (2002): Identification of Genomic Regions Responsible for Conferring Resistance to Whitefly in Cassava. *In: Bellotti, A. C., Tohme, J., Tocker, P., Timmerman-Vanhan, G.M. Sustainable Integrated Management of Whiteflies through Host Plant Resistance. Progress Report 2002-2003. Funding Agency: NZAID, New Zealand. CIAT, Cali, Colombia. p. 46-53.*
15. Botelho, L.; Silva, S.; Gomes, R. *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1918 (Lepidoptera: Noctuidae) Biología, Amostragem e métodos de controle. [en línea] Enero 2006. Disponible en: <http://www.cenargen.embrapa.br/publica/trabalhos/doc196.pdf> [Consulta: Abril 15 2010].
16. Breuer, M.; De Loof, A. 2000: Efficacy of an enriched *Melia azedarach* L. fruit extract for insect control. *En: Kleeberg, H. y P. W. Zebitz. (eds.) Practice Oriented Results on Use and Production of Neem Ingredients and Pheromones VI, Druck y Graphic, Germany: pp 173-183.*

17. Brunherotto, R. y Vendramim J. D. 2001: Bioactividade de extratos aquosos de *Melia azedarach* L. sobre o desenvolvimento de *Tuta absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera: Gelechiidae*) em tomateiro: *Neotrop. Entomol.* 30 (3): p. 455-459.
18. Cabrera, I.; Estévez, C.; Vélez, A; Morales, R. y Viteri, D. 2006: Insectos presentes y su incidencia en soya (*Glycine max*) y habichuela (*Phaseolus vulgaris*) en 3 localidades en Puerto Rico. Memorias de la SOPCA Arroyo, Puerto Rico. p. 35-47.
19. Capinera, J. L; Horton, D. R; Epsky, N. D. y Chapman, P. L. 1987: Effects of plant density and late-season defoliation on yield of field beans *Environmental Entomology. Bulletin No. 5 of University of Florida*: 25-35.
20. Capinera, J. L. 2005. Description of *Estigmene acrea*. Publication Number EENY-218, University of Florida institute of food agricultural sciences: 10 pp.
21. Capinera, J. L. 2009 Saltmarsh Caterpillar, *Estigmene acrea* (Drury) (Insecta: Lepidoptera: Arctiidae) University of Florida. IFAS extension. Bulletin EENY 218:5 pp.
22. Cardona, C., 1998: *Resistencia varietal de insectos*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, CO. 86 pp.
23. Carpinella, M. C.; Defagó, M. T; Valladares, G.; Palacios, J. 2003: Antifeedant and insecticide properties of a limonoid from *Melia azedarach* (*Meliaceae*) with potential use for pest management, *J. Agric. Food Chem.* 51: 369-374.
24. Castiglioni, E. 2007: Mesa Tecnológica de cultivos Oleaginosos. Grupo de Trabajo: Manejo de Plagas. Ensayos de Eemac. Facultad de Agronomía: 50 pp.
25. Calatayud, P-A y Múnera, D. F. 2002. Defensas naturales de la yuca a las plagas de artrópodos. *In*: Ospina, B.; Ceballos, H. (eds.). La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 250-254.

26. Cazaña, Maykelis D.; Valdivia A., Prieto M., Wencom H., Lugo., Pérez Y. 2010: Evaluación cualitativa de metabolitos secundarios con actividad antioxidante en extractos de 10 variedades de *Morus alba*. *Revista de Pastos y Forraje*. Vol. No. 7. Cuba. pp 23.
27. Chaboussou, F. (2009): Plants doentes pelo uso de agrotóxico (A teoria da trofobiose). Ed. L y PM. Porto Alegre, Brasil: 256 pp.
28. Comisión Nacional del Cultivo de la Soya (1996): Principales tipos de insectos que afectan al cultivo: Manual Técnico "El cultivo y utilización de la soya en Cuba". Cuba. 89 pp.
29. Davenport JW and Conner WE. 2003: Dietary alkaloids and the development of androconial organs in *Estigmene acrea*. 6 pp. *Journal of Insect Science*, 3:3, Available online: insectscience.org/3.3
30. David L. Wagner 2005: Caterpillars of Eastern North America. Princeton University Press, Princeton, NJ. ISBN 0-91-12144-3.
31. De Ponti, O.M.B.; Romanow, L.R. and Berlinger, M.J. 1990. Whitefly plant relationships: plant resistance. In: Gerling, D. (Ed.), Whiteflies: Their Bionomics. Pest Status and Management. Intercept Ltd., Andover, Reino Unido. 348 p.
32. Devani, M. Evolución y Estado Actual de la Producción de Soya en el Noroeste Argentino: Estación Experimental Agroindustrial "Obispo cumbres" (EEAOC). [en línea] Noviembre 2007. Disponible en. http://www.eeaoc.org.ar/economia/Gsoja_Agromercado_07.pdf. [Consulta: Abril 19 2009].
33. Díaz, María Felicia, 2001: Utilización de leguminosas como alternativa en la alimentación animal. Tesis presentada en opción al Grado Científico Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal (ICA). Cuba. p. 45-60.
34. Díaz, María Felicia; Padilla, C. y Torres, Acela, 2003: Caracterización bromatológica de variedades de soya (*Glycine max*) en producción de forrajes integrales y granos en siembras de verano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Vol. No. 5. Cuba. 84 pp.
35. Duncan, D. B. 1955: "Multiple range and multiple F." *Test. Biometrics*. (1): 11.

36. Ecuaquímica, 2009: El cultivo de la soya. Editorial Erodato S.A. Ecuador. 55 pp.
37. EMBRAPA 2003: Recomendaciones técnicas para el cultivo de la soya en la región central de Brasil: manejo de plagas. p 158-221.
38. Esau, Katherine 1979: Anatomía Vegetal. Editorial Revolucionaria. La Habana: 750 pp.
39. Esquivel, M. 2003: La soya en la alimentación animal. *Revista ACPA Vol.3.* Cuba (1): 15-19.
40. Fava. Control de plagas en soya. [en línea] Febrero 2009. Disponible en: <http://agroactual.com> [Consulta: Mayo 10, 2010].
41. Feed Tech 2004: Soybeans biodiesel plans a solution for stagment crushing industry. Brazilian soybean targeted for biodiesel .Vol. 8 (4) p12-15. Brasil.
42. Fundora, Z.; López, R.; Hernández, M.; Ravelo, I.; López, J.; Sánchez, A. Evaluación Agronómica de Germoplasma de Soya (*Glycine max L. Merr.*) En Cuba. [en línea] 2003. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v14n01_079.pdf [Consulta: Mayo 12, 2010].
43. Gallego M. F. Resultados de los Monitoreos de Plagas de Cultivos en Trampas de Luz (trabajo conjunto con el Ministerio de la Producción de la Provincia. del Chaco). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) [en línea] julio 2005. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/lasbrenas/info/documentos/pv/algodon1.pdf> [Consulta: septiembre 8, 2010].
44. Gamundi, J.C. M. Andrián; D. Bacigaluppo; M. Lago; L. Lenzi; P. Randazzo y M. Borrero, 2003: Incidencia del complejo de chinches en el cultivo de soja con diferentes espaciamientos entre líneas. En: Soja. Para Mejorar la Producción N° 24, pp.79-86.
45. GENCA 2003: XV Forum Municipal de Ciencia y Técnica. Grupo 02. Producción de Alimentos. Matanzas.

46. Gómez, S. Teoría de la Trofobiosis: Un concepto holístico de la salud vegetal. Escuela de Ciencias Agrarias. [en línea] Mayo 2007. Disponible en: <http://medellin.unad.edu.co/ver2007/images/Documentos/SIUNAD/Pereira/trofobiosos.pdf> [Consulta: Mayo 10 2009].
47. Gonzáles, Maria Ofelia. Diagnostico de las especies invasoras de fauna invertebrada y sus efectos sobre ecosistemas en el salvador. Reportes y daños de *Estigmene acrea*. [en línea] 2006. Disponible en: <http://74.125.155.132.iabin.net/documents/progress/elsalvador/invertebrates/report.doc> [Consulta: Abril 14 2009].
48. Grillo, H. 2009: Identificación de especies de lepidópteros (Lepidoptera: Arctiidae). Comunicación personal Jefe Laboratorio de Entomología. CIAP. Universidad Central de las Villas "Marta Abreu".
49. Hammond, B. R. MIP de Insectos de la Soya. Centro de Desarrollo e Investigación Agrícola de Ohio. Universidad del Estado de Ohio, Wooster, OH. [en línea] Julio 2001. Disponible en: <http://www.libro.ipm.radcliffe/IPMsoya.htm> [Consulta: Mayo 10 2009].
50. Heinz, K.M.; Zalom, F.G. 2000: Variation in trichome-based resistance to *Bemisia argentifolli* (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition on tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 88: 1494-1502.
51. Hernández, Marlén; F Cuevas, M. Gonzáles, L. Guzmán. Comportamiento de dos variedades de soya CS 23 e IS 27 (*Glycine max.* (L.) Merrill) en diferentes épocas. CITMA Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente-CIGET Pinar del Río Vol. 6, No.3. [en línea] Junio 2004. Disponible en: <http://www.citma.pinar.cu> [Consulta: Mayo 10 2009].
52. Herrera, L.; S. Mayea y D. Seidel. 1987: Fitopatología General. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana: 150 pp.
53. Herrera C. J., Caicedo A.M. y Bellotti A.C. Herrera C.J., Caicedo A.M. y Bellotti A.C. 2001. Asistentes de Investigación y Entomólogo PhD. Unidad de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. Proyecto Yuca. CIAT, Cali, Colombia.
54. Hoffmann, C. B 2002. Pragas da soja no Brasil e seu Manejo Integrado, EMBRAPA. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Brasil p 7- 63.

55. Holguín, C. y Bellotti, A.C. 2002. Efecto de la aplicación de insecticidas químicos en el control de la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis* Bondar en el cultivo de yuca *Manihot esculenta* Crantz. In: Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (29, 2002, Montería). Resúmenes Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), Bogotá, CO. P 79
56. Iannone, N. Alerta Plagas de Soya y *Diatraea* en Maíces Tardíos: Servicio Técnico Plagas del Maíz Protección Vegetal (INTA). [en línea] Agosto 2005. Disponible en: <http://www.perent@pergamino.inta.gov.ar> [Consulta: Abril 20 2009].
57. Iglesias, L. 1985. Estudio de la variabilidad Morfoagronómica y Bioquímica en Soya (*Glycine max* L. Merrill).
58. Imazaki, I; Y. Homma; M. Kato; S. Vallote; J. T. Yorimori; A. A. Henning; H. Izumi y S. Koizumi, 2006: Genetic relationships between *Cercospora kikuchii* populations in South America and Japan. *Phytopathology* 96:1000-1008.
59. INCA, 2000: Variedad Incasoy-27. Departamento de genética. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Cuba: 4 pp.
60. INTA 2004: Sistema de alarma de plagas agrícolas con trampa de luz y observaciones de campo. Comunicaciones INTA EEA Marcos Juárez. Informe al 24/1/2002 - Nº 02/2002. Disponible en: <http://mjuarez.inta.gov.ar.htm> [Consulta: septiembre 19 2009].
61. Jiménez R. M. 1992: Conceptos Actuales Sobre la Resistencia a las Enfermedades de las plantas. *Phytoma*. (38): 51-54.
62. Johansen, D.A. 1940: Plant Microtechnique. McGraw-Hill Book Company. New York: 523 p.
63. Kogan, M. y Ortman, E.F. 1978: Antixenosis. A new term proposed to define partners "non Preference". Modality of Resistense. Bull. Entom. Soc. AMER. 24: 175-176.
64. Kogan, M., 1982: Plant resistance in Pest management. In: Introduction to insect Pest management (Metcalf, R. y Luckmann, w., eds). 2ª ed. John Wiley & sons, New York p. 93 – 134.

65. Kogan, M., 1989: Plant resistance in soybean insect control, pp. 1519-1525. In *World Soybean Research Conference TV: Proceedings*. A. J. Pascale, ed. Orientation Grafica, Edit., Buenos Aires, Argentina.
66. Labrada N. 2005: Conferencia Magistral. Retos y perspectivas del cultivo de la soya en el MINAZ. Dictado por el Viceministro del MINAZ. UMCC, Matanzas, Octubre 15 de 2005. depositado en CDICT.
67. Lambert, A. L.; McPherson, R. M. y Herzog, G. A. 1997: Field evaluations of fourteen genotypes for resistance to whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) infestations. *J. Econ. Entomol.* 90: 658-662.
68. Lampkin, N., Measures, M., Padel, S. *Organic farm management handbook*. A range of new arable protein crops. Institute of Rural Studies, University of Wales. [en línea] Abril 2001. Disponible en: <http://www.cababstractsplus.org> [Consulta: Abril 20 2009].
69. LAPROSAV 2004: Programa de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en el cultivo de la soya en la provincia de Matanzas. Departamento Provincial de Sanidad Vegetal. Cuba. p 1-6.
70. Larievieri, M; Panizzi, A. 1995: Pentatomidae (Insecta: Heteroptera). Systematic, geographical distribution and bioecology. *Fauna of New Zeland. Manaaki Whenua Landscare Research*. No. 35, 112 pp.
71. Maluenda, José. Situación Mundial Del Mercado De La Soya. [en línea] Febrero 2009. Disponible en: <http://www.agrodigital.com/images/soja.pdf> [Consultado mayo 2 2010].
72. Marrero, L.; Martínez, M. 2003. Ocurrencia de Heterópteros en Agroecosistemas Cubanos de Soya (*Glycine max* (L.) Merrill). *Revista Protección Vegetal*. Vol. No. 18: p 98-103.
73. Marrero, L; Nuñez, R. 2005: *Vanesa cardui* Poey (Lepidoptera: Nymphalidae) a new report for soybeans in Cuba. *Protección Vegetal*. Vol 20 (1). p 60-62.
74. Marrero, L. 2007: Entomofauna associated to soybean varieties: Harmfulness, Population fluctuation y Natural Enemies of the Phytophage Complexes of Greater Agricultura Interest. Resumen de Tesis Doctoral. Universidad Central de la Villas: *Rev. Protección Vegetal*. Vol. 22 No. 2 Cuba: p 67.

75. Martínez, A. 1963: Plagas agrícolas de Cuba. Departamento de Enseñanza y Divulgación. INRA. Cuba. p 83.
76. Martínez, I. 2001: Validación de un Programa de Manejo Integrado para el control de plagas en el cultivo de la soya. ETPP Jaruco. Tesis en opción al Grado Académico de Master en Sanidad Vegetal. La Habana. Cuba: 80 pp.
77. Martínez, R. y Rodríguez. E. 2003: Cultivos varios (material complementario para el proceso de redimensionamiento del MINAZ). Cuba. Depositado en Delegación Provincial MINAZ Matanzas: 15 pp.
78. Martínez, E; Barrios, G; Robesti, L; Santos, R. 2007. Manejo Integrado de Plagas; Manual practico: Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV) La Habana, Cuba. 60 pp.
79. Massaro R. A. y Gamundi J. C. Control de Insectos Plaga en Soya: Del Ojímetro al Paño Vertical: (INTA) EEA Oliveros. [en línea] Febrero 2003. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com> [Consulta: Abril 20 2009].
80. Massaro, R.; Pluis, E. ¡Que la soya no se "enchinche"! [en línea] marzo del 2006. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com> [Consulta: Abril 10 2010].
81. Meagher Jr, R.L.; Smith, C.W. y Smith, W.J. 2001: Preference of *Gossypium* genotypes to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 90: 1046-1052.
82. McAuslane, H. J.; Weeb, S. E. y Elmstrom, G. W. 2003: Resistance in germplasm of *Cucurbita pepo* to silverleaf, a disorder associated with *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). Fla. Entomol. 79: 206-221.
83. McPherson, R.M. 1996: Rating soybean germplasm for whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) infestations. J. Agric. Entomol. 13: 65-71.
84. MINAL (2004): Primer Simposio Internacional sobre el empleo de la soya en la alimentación humana. Ciencia de los alimentos. La Habana. Cuba.
85. Monseley, E. 2003: Conferencia Científica Productiva de la Empresa Nacional de Semillas Varias del MINAGRI. La Habana. Cuba.
86. Montero, A. 2006: Variedad 'IAC-8' de Soya (*Glycine max*): Una Alternativa para el Litoral Pacífico de Costa Rica 1. Agronomía Costarricense 12(1): 101-111.

87. Murguido, C. 2000. Manual sobre Manejo Integrado de Plagas en Frijol; Proyecto Profrijol. (INISAV). 2.42 p
88. Nicholls, Clara 2008: Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. *Ciencia y Tecnología*. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín .Colombia: 294 pp.
89. Niebieskikwiat, Natasha 2007: Como Venezuela y Cuba recibirá tecnología argentina para soya [en línea]. Disponible en: <http://www.clarin.com/diario/2007/03/11/elpais/p-00601.htm> [Consulta: Febrero 5 2011].
90. Oilseeds. Grain and oil seeds, area and yields. Published 16, Statistics Norway, [en línea] December 2008. Disponible en: <http://www.ssb.no/korn.en> [Consulta: Marzo 10 2009].
91. Ortiz, R; de la Fé, C. 2002: Obtención de genotipos de soya para siembras de primavera. En: Taller de Mejoramiento Genético de los Cultivos. Resúmenes XIII Congreso Científico del INCA. p 89.
92. Ortiz, R.; Gonzáles, R.; Ponce, M.; Fernández, C.; Martínez, J.; Batista S.; Creach, I. Importancia de la localidad en el comportamiento de variedades de soya durante siembras de primavera en Cuba, [en línea] 2004. Disponible en: http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/pdf/2004/3/CT25310.pdf [Consultado 15 de febrero].
93. Ortiz R. Informe de nuevas variedades de soya. Variedades Incasoy-36: variedad de soya obtenida en Cuba a partir de la inducción de mutaciones con los rayos gamma de 60 co Cultivos Tropicales, vol. 29, No. 3, p. [en línea] marzo 14 2008. Disponible en: http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/pdf/2008/3/CT29308.pdf. [Consulta: mayo 10 2009].
94. Painter, R.H. 1951: Resistance of plants to insects Ann. Rev. Entomol. 3: 267-290.

95. Penichet, M. La Producción de granos: estrategia de diversificación en la agricultura cubana actual. [en línea] 2008. Disponible en: <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/cu/2008/mpc.pdf> [Consulta mayo 2 2010].
96. Pérez Vicente, Isabel; Blanco, E. 2002: Especies de *Frankliniella Karny* en Cuba: Resultados de la encuesta nacional entre 1996-2000. En: Resúmenes IV Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal Revista Protección Vegetal Vol.17 (3).p168.
97. Pérez, Nilda 2004. Manejo Ecológico de Plagas. CEDAR. Universidad Agraria de La Habana, Cuba.
98. Perrotti, E.; Gamundi, J. Evaluación del daño provocado por lepidópteros defoliadores en cultivares de soja determinados e indeterminados (GMIII, IV, V) con diferentes espaciamientos entre líneas de siembra. [en línea] 2008. Disponible en: <http://200.32.3.22/trabajos/trabajos800.php> [Consulta mayo 10 2009].
99. Ponce, M; Ortiz, R y De la Fé, C. 1997: La siembra de soja en primavera un viejo reto que debemos activar. Plegable. Grupo de Granos. Instituto Nacional de Ciencias agrícolas (INCA). Cuba.
100. Ponce, M; Ortiz, R; Moya, C. 2002: Caracterización de dos nuevas variedades de soja para las condiciones climáticas de Cuba. En: Taller de Mejoramiento Genético de los Cultivos. Resúmenes XIII Congreso Científico del INCA. Cuba. p 89.
101. Pozo E. 2003: Consumo de alimento por larvas de *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera; Pyralidae) *Rev. Protección Veg. Vol. 18 No. 2: 104-107.*
102. PROGRAM. 2002: Proyecto mixto de producción de granos. Cuba-Francia. Informe Producción de soja en UBPC. 10 de Octubre Agramonte, Delegación provincial MINAGRI, Matanzas. Cuba.
103. Reys, Clara. ¿Por qué la soja es importante? [en línea] octubre 2009. Disponible en: <http://www.adital.org.br/site/noticia.asp> [Consulta febrero 26 2010].

- 104.** Restrepo, J. Teoría de la Trofobiosis. Preparado con base en los textos de Francis Chaboussou (Dependencia entre la calidad nutricional de las plantas y sus parásitos) [en línea] Enero 2009. Disponible en: <http://www.cedeco.or.cr/documentos/Teoria/trofobiosis.pdf> [Consulta: mayo 15 2009].
- 105.** Roca, Jorge. Manejo Integrado de Plagas Insectiles. [en línea] 2007. Disponible en: <http://www.fundacruz.org.bo/downloads/boletin/ManejoIntegradodelInsectos.pdf> [Consulta febrero 4 2011].
- 106.** Rocha, S; Godoy, Maria 2005: Pragas da soja. [http // www agrobyte. Com. Br / Soja httpm.](http://www.agrobyte.com.br/Soya.htm) (Consultada 05.03.2005).
- 107.** Rodríguez Aida T.; Nápoles María C.; Ramirez M. A.; Guiteras Yamile; Costales Daimy, 2004: Caracterización del grano molido y la torta de soja desgrasada (*Glycine max*, Merr; Var Incasoy-24) que se emplean en el medio de cultivo para *Bradyrhizobium elkanni*. Cultivos tropicales, vol. 25, no. 2, p 87-90.
- 108.** Rovesti, L.; Martínez, E.; Barrios; G.; Santos, R.; 2007: Manejo Integrado de Plagas. Manual Técnico. Ediciones CNSV. La Habana. Cuba. 297p.
- 109.** Salas, H. y Ávila, R. 2006: Los insectos en el cultivo de soja en el noroeste argentino; Producción de Soja en el Noroeste Argentino p: 111-127.
- 110.** Saluzo, A. Intensos ataques de orugas en soja y gramíneas forrajeras Grupo Factores Bióticos y Protección Vegetal INTA-EEA Paraná [en línea] Febrero 2006. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/plagas/ataqueOrugas.asp>. [Consulta: mayo 10 2009].
- 111.** Sandoval P. Eduardo, 1989: Biología. Pelos o tricomas. Editorial Don Basco. Cuenca – Ecuador. p 92.

112. Sierra, Raquel. 2007: Tribuna de La Habana. Edición Digital. Director: Jesús Álvarez Ferrer, J' de Información: Víctor Joaquín Ortega Redacción: Territorial y General Suárez, Plaza de la Revolución, Teléfono:881-8021. INFOCOM. <http://www.tribuna.co.cu>. El periódico de la capital de Cuba. Garantía para producciones de soya. Consulta: Febrero 3 2009.
113. Silva, G. A., Lagunes, A. T; Rodríguez, J. M. C. y Rodríguez, D. L. 2002: Foro: Insecticidas vegetales: una nueva y vieja alternativa para el manejo de plagas. *Man. Int. Plagas Agroecol.* Vol. 66. p 4-12.
114. Sluiter, A; Homer, B; Ruiz, R; Scarlata, C; Templeton, D; Crocker, D. 1998. Determination of structural carbohydrates and lignine in biomase. Laboratory Analytical Procedure (LAP). Technical Report. NREL P-510-42618. National Renewable Energy Laboratory, Golden Colorado.
115. Smith, C.M. 1989: Plant resistance to insects. A fundamental approach. John Wiley y Sons, Nwe York. 286 p.
116. Souza, P; Oliveira, A. 2002: Conferencia magistral: Proyecto de Transferencia Tecnológica para la Soya en EPICA José A. Mesa, Matanzas, Cuba.
117. Trumper, E. 2005: Bases para el diseño de planes de muestreo de plagas. Información Técnica Vol. 1 .No. 2. Sección Entomología.
118. University of Florida. Department of Entomology and Nematology. [en línea] Febrero 2009. Disponible en: <http://creatures.ifas.ufl.edu> [Consulta: mayo 10 2010].
119. Valdés, R. y Cárdenas, J. Propuesta de complejo tecnológico para granos. [en línea] 2007. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/932/93216106.pdf> [Consulta febrero 8 2011].
120. Valladares, G; Garbin, L. M; Defagó, T; Carpinella C. y Palacios, S. 2003: Actividad antialimentaria e insecticida de un extracto de hojas senescentes de *Melia azedarach* (Meliaceae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* Vol. 62 No. 1-2: p. 53-61.

121. Viteri, D. 2008: Artrópodos plaga y enfermedades que afectan el cultivo de la soya [*Glycine max* L. (Merr.)] en Puerto Rico: Monitoreo e Identificación. En la Universidad De Puerto Rico Recinto Universitario De Mayagüez. Wikimedia Foundation, Inc. 102 pp.
122. Wilkerson JL, Webb SE, Capinera JL. 2005. Vegetable Pest III: Lepidoptera. UF/IFAS CD-ROM. SW 182.
123. Wilson, D. F.; Flint, H. M.; Stapp, B. R. y Parks, N.J. 1998. Evaluation of cultivars, germplasm lines, and species of *Gossypium* for resistance to biotype "B" of sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 86: 1857-1862.
124. Zamora, A. y Abdou, S. 2007: Evaluación de variedades de soya en época de frío en dos tipos de suelos de la provincia Granma. *Revista Electrónica Granma Ciencia*. Vol.11, No.3, Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Cuba. p 68.
125. Zayas, F. 1988: *Entomofauna cubana*. Tópicos entomológicos a nivel medio para uso didáctico. Tomo VIII. 111 pp. Editorial Científico –Técnica. Cuba.

Anexos.

Anexo 1. Plantas de soya: (A) sanas; (B) dañadas por *E. acrea*.

