

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO Y CAPACITACION

BIOLOGIA Y DISTRIBUCION TEMPORAL DE *Mliglthea  
melanoleuca* Hampson (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE),  
BARRENADOR DE LA CAPSULA DEL ACHIOTE  
(*Bixa orellana* L.) .

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico  
Académico del Programa de Estudios de Posgrado en  
Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro  
Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza para  
optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

por

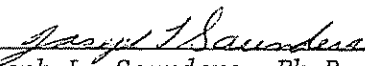
DANIEL COTO ALFARO


Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Turrialba, Costa Rica  
1992

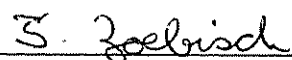
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE


COMITE ASESOR:

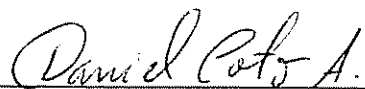
  
\_\_\_\_\_  
Joseph L. Saunders, Ph.D.  
Profesor Consejero

  
\_\_\_\_\_  
Luko Hilje, Ph.D.  
Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Tomás G. Zoebisch, Ph.D.  
Miembro del Comité

\_\_\_\_\_  
Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Assefaw Tewelde, Ph.D.  
Coordinador Programa de Maestría

  
\_\_\_\_\_  
Daniel Coto Alfaro  
Candidato

## DEDICATORIA

A: Luis Daniel, mi hijo querido.  
Ma. del Carmen, mi esposa, por  
haberme dado este hijo maravilloso.

A mis padres: Evelio y Ma. Teresa, por  
haberme dado la vida  
y haberme orientar.

A mis hermanos: Elias, Elkin, Oscar y Rafael,  
por su apoyo durante mis estudios.

A mi cuñado: Francisco Jamienson, por su actitud  
humanitaria y ayuda desinteresada,  
que me brindó durante mis estudios.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Joseph Saunders, por sus enseñanzas, orientación amistad y su gran gesto de humanismo que invade su persona.

Al Dr. Luko Hilje por sus sugerencias en la redacción y presentación de este estudio.

Al Dr. Tomás Zobisch por su colaboración como miembro del Comité Asesor.

Al Ing. Gustavo Calvo por su valiosa ayuda en el análisis estadístico de los datos.

Al Dr. Octavio Ramírez por su colaboración y sugerencias en el estudio.

A los Drs. N. Woodley, P. Marsh y M. Solís del USDA, por la identificación de los insectos involucrados en este estudio.

A las Sras. Yorlene Pérez y Ana Guerrero por su desinteresada y valiosa colaboración en parte de la digitación de este trabajo.

Al Sr. Francisco Jamienson quien en los momentos más difíciles de mi familia siempre estuvo atento a brindarme su ayuda y apoyo en forma desinteresada.

Al Sr. Gonzalo Valverde por su valiosa ayuda en la elaboración de figuras y digitación del texto.

A la institución con quien trabajo CATIE/MIP por la oportunidad que me brindo de realizar mis estudios como estudiante trabajador.

A mi esposa que a pesar de sus sufrimientos, supo llevar y soportar este largo camino de penas que al fin y al cabo se convirtieron en muchas alegrías.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo y que por ahora se me escapan, mi agradecimiento sincero.

## BIOGRAFIA

El autor nació en la provincia de Limón, el 22 de abril de 1958.

Sus estudios primarios los realizó de 1964 a 1970 en la Escuela de Santa Rosa, Turrialba, Cartago. Los secundarios los llevó a cabo en el Instituto Dr. Clodomiro Picado de 1970 a 1975, obteniendo el título de Bachiller en Ciencias y Letras, en la misma ciudad de Turrialba.

Realizó sus estudios superiores en el Centro Regional del Atlántico, de la Universidad de Costa Rica, en la ciudad de Turrialba, de 1976 a 1981, obteniendo el título de Lic. en Agronomía con énfasis en producción.

Desde 1982 hasta la fecha labora en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en el campo de entomología con énfasis en taxonomía de insectos.

En octubre de 1989 ingresó al Programa de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, obteniendo el grado de Magister Scientiae con especialidad en Manejo Integrado de Plagas en mayo de 1992.

## CONTENIDO

	Nº de página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
BIOGRAFIA	v
INDICE	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
LISTA DE CUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiv
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Aspectos del cultivo del achiote.	3
2.1.1 Origen y distribución geográfica.	3
2.1.2 Descripción de la planta.	3
2.1.3 Condiciones climáticas para el cultivo.	4
2.1.4 Aspectos fitosanitarios.	5
2.2 Aspectos biológicos y ecológicos de la familia Pyralidae.	6
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 Descripción del área de estudio.	14
3.2 Material experimental.	14
3.3 Estudio del ciclo de vida del insecto.	14
3.4 Evaluación del parasitismo en huevos y pupas.	15
3.5 Evaluación de la distribución temporal de la plaga.	16

3.5.1 Acondicionamiento del área experimental.	16
3.5.2 Diseño experimental.	16
3.5.3 Análisis estadístico.	17
3.6 Estimación del impacto de la plaga.	17
3.6.1 Frecuencia de ataque de la plaga.	17
3.6.2 Porcentaje de pérdida en el rendimiento.	19
3.6.3 Interpretación de los datos.	20
4. RESULTADOS Y DISCUSION	21
4.1 Ciclo de vida de <i>M. melanoleuca</i> .	21
4.2 Evaluación del parasitismo en huevos y pupas.	26
4.3 Evaluación de la distribución temporal de la plaga.	29
4.4 Frecuencia de ataque y porcentaje de pérdida de rendimiento en la cosecha.	39
5. CONCLUSIONES	43
6. RECOMENDACIONES	45
7. REFERENCIAS	46
8. ANEXOS	51

**Biología y distribución temporal de *Milgithea melanoleuca* Hampson (Lepidoptera: Pyralidae), barrenador de la cápsula del achiote (*Bixa orellana* L.)**

Palabras claves: Estudio biológico, distribución temporal, *Milgithea melanoleuca*, barrenador, cápsula, achiote.

**RESUMEN**

El achiote (*Bixa orellana*) es una planta de América tropical. De sus semillas se extrae la bixina, uno de los pocos colorantes naturales permitidos por la Organización Mundial de la Salud. El cultivo ha sido poco investigado a pesar de la importancia del mismo como una alternativa para diversificar la agricultura y desde el punto de vista económico como un recurso renovable capaz de generar empleo y divisas.

Desde hace 40 años aproximadamente las cápsulas del cultivo han sido atacadas por un gusano que las perfora, y barrena las semillas. En la actualidad ésta es una de las principales causas en la reducción del rendimiento del cultivo.

Con el objetivo de conocer su biología, la fluctuación poblacional y su impacto en la producción, así como su identificación, se realizó una investigación en el laboratorio y en la Finca Cabiria ubicados en el CATIE, durante julio a setiembre de 1991.

Se determinó que la plaga corresponde a la especie *Milgithea melanoleuca* Hampson (Lep.: Pyralidae), la cual completa su ciclo de vida en 61 días promedio. El estado de huevo dura 2.90 días, el larval que consta de cinco estadios 27.91 días, el de prepupa y pupa 22.19 días y el estado adulto 6.55 días.

El parasitismo en los huevos de *M. melanoleuca* por *Trichogramma* sp. fue de 64% en promedio, en las larvas el parasitismo por *Genea* sp. y *Chelonus* sp. fue de 6.25% promedio.

En ninguna de las introducciones se encontró relación directa entre la distribución temporal de la plaga y el patrón de lluvias.

El comportamiento de la plaga y la floración acrópeta del cultivo fueron los factores principales que influyeron en la distribución temporal de la plaga.



No se registró ninguna relación del color y el número de espinas de las cápsulas de cada introducción respecto al número de larvas y cápsulas dañadas.

La introducción que registró el mayor número de larvas fue la 5331-2-3-4 y el menor la 6195-2. La mayor cantidad de cápsulas dañadas se encontró en la introducción 6197-1 y la menor en la 6195-2. La semana de muestreo que registró el mayor número de larvas fue la 27 y el mayor número de cápsulas dañadas en términos absolutos la 29. Para la variable número de larvas, se encontró diferencias estadísticas significativas entre estratos de muestreo; siendo el estrato inferior, el que presentó diferencias significativas con respecto al intermedio y superior, pues fue en él donde se encontró el mayor número de larvas.

La mayor pérdida de rendimiento en la cosecha se registró en la introducción 6195-1 y la menor en la 12885-2. Por estrato la mayor pérdida en el rendimiento se registró en el inferior.

Biology and temporary distribution of *Milgithea melanoleuca* Hampson (Lepidoptera: Pyralidae), annato capsule borer (*Bixa orellana* L.)

Key words: Biological study, temporary distribution, *Milgithea melanoleuca*, borer, capsule, annato.

### Abstract

Annato (*Bixa orellana*) is a plant of tropical America. Bixine, one of the few natural colorings permitted by the World Health Organization, is extracted from its seeds. Very little research has been done about this crop even though it is an important alternative for agriculture diversification and a renewable resource capable of generating employment and income.

For approximately forty years, the crops' capsules have been attacked by a worm which perforates them and the seeds. Presently, this is one of the main causes of the crop's yield reduction.

Research was carried out from July to September, 1991 in the laboratory and at the Cabiria station in CATIE to learn the biology, populational fluctuation and its impact on production as well as its identification.

It was determined that the pest corresponds to the *Milgithea melanoleuca* Hampson (Lep.: Pyralidae) species, which has an average life cycle of sixty-one days. The egg stage lasts 2.90 days, the larval stage, which consists of five states, lasts 27.91 days, and the adult stage, 6.55 days.

Parasitism of *M. melanoleuca* in the egg stage by *Trichogramma* sp. was 64% on an average, while parasitism by *Genea* sp. and *Chelonus* sp. in the larvae was 6.25% on an average.

A direct relation between temporary distribution of the pest and rainfall pattern was not found in any of the introductions.

The pest's behavior and acropet flowering of the crop were the principal influencing factors of the pest's temporary distribution.

No relation was found between color and the number of spines in the capsules of each introduction with respect to number of larvae and damaged capsules.

The introduction which showed the greatest number of larvae was the 5331-2-3-4 and the least number was the 6195-2. The greatest number of damaged capsules was in the introduction 6197-1 and the least was in the 6195-2. Sample week 27 had the greatest number of larvae, and week 29 showed the greatest number of damaged capsules in absolute terms. Significant statistical differences were found for the variable number of larvae, where the lower stratum showed significant differences with respect to the intermediate and upper strata, since this is where the greatest number of larvae were found.

The greatest yield loss at harvest was registered in the introduction number 6195-1, and the least was in the 12885-2. The greatest yield loss by stratum was shown in the lower one.

## LISTA DE CUADROS

En el texto	NO página	
Número		
1.	Introducciones de achiote seleccionadas para ser evaluadas al daño causado por <i>M. melanoleuca</i> .	14
2.	Duración del ciclo de vida de <i>M. melanoleuca</i> bajo condiciones de laboratorio (T=21.50°C y HR=82.10%).	22
3.	Datos morfométricos de los estados de <i>M. melanoleuca</i> , bajo condiciones de laboratorio (T=21.50°C y HR=82.10%).	22
4.	Número de huevos de <i>M. melanoleuca</i> parasitados por <i>Trichogramma</i> sp.	28
5.	Sobrevivencia y mortalidad (por <i>Genea</i> sp, <i>Chelonus</i> sp y otras causas) de pupas de <i>M. melanoleuca</i> .	28
<b>En el anexo</b>		
1A	Fecundidad y duración de las etapas del ciclo de vida de varias especies de la familia Pyralidae.	52
2A	Análisis de varianza para la variable número de larvas de <i>M. melanoleuca</i> en el cultivo del achiote.	53
3A	Prueba de Tukey para el promedio de larvas de <i>M. melanoleuca</i> registradas por cápsula de achiote, para introducción, estrato de muestreo y muestreos.	54
4A	Análisis de varianza para la variable número de cápsulas de achiote dañadas por <i>M. melanoleuca</i> .	55
5A	Prueba de Tukey para el promedio de cápsulas de achiote dañadas por <i>M. melanoleuca</i> por introducción, estrato de muestreo y muestreos.	56

6A	Prueba de Tukey para el promedio de espinas por cápsula según introducción.	57
7A	Relación entre el porcentaje de cápsulas dañadas y el número de larvas según introducciones.	58
8A	Intervalos de confianza para el muestreo secuencial de cápsulas dañadas por introducción, su PCD y PPR.	59

## LISTA DE FIGURAS

En el texto	No página	
Número		
1.	Pupas de <i>Milgithea melanoleuca</i> mostrando las características ventrales de la hembra (izquierda) y el macho (derecha).	23
2.	Parasitismo de huevos de <i>M. melanoleuca</i> por <i>Trichogramma</i> sp.	26
3.	Precipitación durante el período de estudio.	30
4.	Total de larvas presentes según la introducción, durante el período de estudio, para árboles de achiote de ocho introducciones.	31
5.	Porcentaje total de cápsulas dañadas según introducción, durante el período de estudio, para árboles de achiote de ocho introducciones.	32
6A y 6B.	Total de larvas (A) y número de larvas por estrato (B) para las ocho introducciones estudiadas.	34
7A y 7B.	Total de cápsulas dañadas (A) y número de cápsulas dañadas por estrato (B) para las ocho introducciones estudiadas.	37
8A y 8B.	Porcentaje de cápsulas dañadas (A) y porcentaje de pérdida de rendimiento (B) para ocho introducciones, al momento de cosecha.	40
9A y 9B	Porcentaje de cápsulas dañadas por estrato (A) y pérdida de rendimiento por estrato (B) para ocho introducciones, al momento de cosecha.	41

## 1. INTRODUCCION

El achiote (*Bixa orellana* Linnaeus) es una planta de América tropical que se ha cultivado en forma rústica por muchos años. De la semilla se extrae el colorante natural denominado bixina, uno de los pocos permitidos por la Organización Mundial de la Salud porque además de no ser tóxico, no altera el sabor de los alimentos. En años recientes se ha cuestionado el uso de colorantes artificiales en los alimentos para consumo humano, razón por la cual en la actualidad este cultivo tiene excelentes perspectivas en los mercados internacionales (Morera 1983).

La bixina es usada para teñir quesos, mantequilla, refrescos, arroz y otros productos alimenticios, así como en la fabricación de cosméticos, betunes, jabones y otros productos. Además puede ser empleada en la alimentación de aves de corral, como fuente de caroteno para mejorar la coloración de los huevos (Barreto 1974, Cevallos 1978, Rivera 1973).

En Costa Rica surgió gran interés por el cultivo e industrialización del mismo, principalmente por la creciente demanda de colorantes naturales. A pesar de la importancia del cultivo como una alternativa para diversificar la agricultura y desde el punto de vista económico como un recurso renovable capaz de generar empleo y divisas, no se han elaborado planes de investigación para el desarrollo potencial del cultivo en América tropical. Así, la falta de asistencia técnica ha afectado a la mayoría de los productores y el cultivo se ha desarrollado sin orientación técnica, lo cual ha provocado que en la mayoría de las plantaciones existan problemas de insectos, hongos, bacterias y otros organismos que limitan la producción.

Desde hace 40 años, según una encuesta realizada por el autor, se ha observado el ataque de las cápsulas del cultivo

por parte de *Milgithea melanoleuca* Hampson, lepidóptero de la familia Pyralidae. No existen estimaciones acerca de su impacto económico.

Por ser el achiote un cultivo con valor potencial agronómico, por contar el CATIE con una de las colecciones más grandes de América, y dada la carencia de información sobre *M. melanoleuca* que permita en el futuro su manejo como plaga, se emprendió el presente estudio, que tuvo como objetivos:

- a- Estudiar aspectos biológicos básicos de la plaga.
- b- Determinar su distribución temporal durante el período de producción del achiote.
- c- Cuantificar su impacto económico en varias introducciones de achiote.



## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Aspectos del cultivo del achiote

#### 2.1.1 Origen y distribución geográfica

El achiote es nativo de la América tropical. Su lugar de origen probablemente sea la cuenca amazónica, ya que en ese lugar crecen en forma silvestre otras especies del género, como *B. excelsa* G. et K., *B. platycarpa* R. et P., *B. arborea* H. y *B. urucurana* W. (Baer 1977, Ingram y Francis 1969, Morton 1960, Rodríguez 1964).

Antes de la conquista de América por los españoles crecía desde México hasta Brasil. Fue una de las primeras plantas americanas en ser introducidas y naturalizadas en el sur de Asia y África tropical (Ingram y Francis 1969). Actualmente algunos países africanos se cuentan entre los grandes productores de achiote en el mundo (Morton 1960, Catalán 1974, Sánchez 1965).

En Costa Rica se encuentra principalmente en Nicoya y Filadelfia (Guanacaste), Sarapiquí (Heredia), San Carlos (Alajuela), Amubri y Talamanca (Limón), Quepos y Coto 59 (Puntarenas), Pérez Zeledón y San Marcos de Tarrazú (San José), creciendo especialmente en cercas de fincas y en plantaciones comerciales poco tecnificadas (Ocampo 1983).

#### 2.1.2 Descripción de la planta

El achiote es un arbusto que mide 2-5 m de altura, que en ocasiones puede superar los 10 m, dependiendo de las condiciones ecológicas (Ingram y Francis 1969). Su raíz es pivotante. El tallo presenta ramificación dicotómica desde su base y de su corteza brota un látex rojizo. Las ramas son delgadas y con el tiempo tienden a ser leñosas. Las hojas son simples, alternas, estipuladas, acorazonadas en la base y punteadas en el ápice, lisas por ambos lados,

caducifolias, especialmente durante la época seca (León 1968). Las flores son actinomorfas pentámeras, hermafroditas, con numerosos estambres y ovario infero; su producción se presenta en forma acrópeta, lo que garantiza la presencia de flores por un tiempo prolongado (Rivera y Flores 1988). Los frutos son cápsulas dehiscentes de formas, tamaños y colores muy variables, recubiertas con espinas de diferentes tamaños y dureza; existen también frutos sin espinas. Las semillas, entre 5 y 60 por cápsula, están unidas a la placenta por medio de apéndices de contextura dura. Están recubiertas por una membrana fina debajo de la cual se encuentra la bixina y otros carotenoides (Morton 1960, Arce 1986).

### 2.1.3 Condiciones climáticas para el cultivo

Las regiones óptimas para el cultivo son aquéllas que se encuentran entre 100 y 800 msnm, con temperaturas medias entre 20 y 25°C y un máximo de tres meses de época seca (Ocampo 1983). Dependiendo de las condiciones climáticas, el período de cosecha varía de acuerdo con la temperatura; a mayor temperatura el crecimiento es más rápido y vigoroso y la floración y cosecha ocurren más temprano.

Inmediatamente después de la cosecha, las yemas laterales de las ramillas productivas cosechadas inician la producción de nuevas células, lo cual abulta la yema. El crecimiento de estas primeras yemas brotadas continúa hasta junio, en Turrialba, Costa Rica, cuando se inician las primeras floraciones y fructificaciones. La cosecha más importante se presenta en agosto, seguida por otra pequeña en diciembre (Rodríguez y Enríquez 1983; Enríquez y Salazar 1983, Arce 1984).

#### 2.1.4 Aspectos fitosanitarios

Las plagas que con mayor frecuencia atacan el achiote (Barreto 1974, Rivera de León 1980, Rivera 1973, Morton 1960, Sánchez 1965, Catalán 1974, Lizano 1969, Morera 1983, Cevallos 1978) son:

- a- Las hormigas zompopas, *Atta* spp., las cuales destruyen las hojas tiernas, provocando la defoliación parcial o total de la planta.
- b- Las abejas jicote, *Trigona* spp., que cortan los brotes nuevos, provocando bifurcaciones del tallo o ramas, y las hojas tiernas, produciendo defoliación parcial.
- c- El hemíptero *Leptoglossus zonatus*, el cual perfora las cápsulas tiernas, provocando la pronta invasión de hongos.
- ch- El gusano de la cápsula, no identificado, que la perfora y destruye las semillas, provocando la pronta invasión de otros insectos.
- d- Otras plagas tales como el trips *Selenothrips rubrocinctus*, las cochinillas *Pseudococcus* spp. y los ácaros *Tetranychus* spp.

Arce (1984,1986) y Morera (1983) consideran que las plagas que producen mayor daño a las cápsulas son *L. zonatus* y la larva de un lepidóptero no identificado. Arce (1984) encontró que el 63% de las plantas establecidas presentaron daño en sus cápsulas por el primer insecto, y un 77% por el segundo. *L. zonatus* se encontró en grandes grupos de ninfas en varios estadios perforando una o más veces las cápsulas, permitiendo así la entrada de hongos que provocan la descomposición de las semillas. La larva del lepidóptero perfora las cápsulas y ataca las semillas, destruyéndolas; es móvil y aparentemente se traslada de una cápsula a otra

para atacar. Ocampo (1983) indica que la hembra del gusano barrenador del fruto oviposita encima de la cápsula; al eclosionar los huevos, las larvas perforan la cápsula y dañan sus semillas.

Arce (1984) observó que las cápsulas verdes y pardas producen más espinas, semillas y bixina; sin embargo, las cápsulas espinosas son las más atacadas por el gusano barrenador. También observó que las cápsulas amarillas no tienen espinas, producen buena cantidad de bixina y no son atacadas por esa plaga. Notó que las flores violetas producen cápsulas cónicas muy espinosas las cuales, comparadas con las formas ovoides y las hemisféricas, producen más semillas y bixina.

## 2.2 Aspectos biológicos y ecológicos de la familia Pyralidae

Los estudios completos sobre la biología y ecología de especies de la familia Pyralidae son pocos y limitados. Algunos autores (King y Saunders 1984, Andrews 1984, Bonnemaison 1975, Peairs y Saunders 1980, Hill 1975, Sinha y Watters 1985) citan que los miembros de la familia Pyralidae producen huevos en su mayoría de forma elongada, ovalada, aplanada o globular. Su periodo de incubación puede comprender un mínimo de 2 días en especies como *Plodia interpunctella*, *Maruca testulalis* y *Nymphula depunctalis* y un máximo de 17 días, como en la misma *P. interpunctella* (Anexo 1A). En especies como *Hypsipyla grandella*, *H. ferrealis*, *Etiella zinckenella*, *Fundella pellucens* y *M. testulalis*, que se alimentan de semillas, el periodo de incubación puede estar comprendido entre 2 y 10 días (Becker 1976, Holsten 1976, King y Saunders 1984).

El estado larval por lo general comprende un mínimo de 4 y un máximo de 7 estadios (King y Saunders 1984, Holland 1968, Hill 1975, Peairs y Saunders 1980, Bonnemaison 1975,

Holsten 1976). El número de días requerido para completar el estado larval es muy variable (Hill 1975, King y Saunders 1984, Bonnemaïson 1975, Holsten 1976, Peairs y Saunders 1980, Sinha y Watters 1985) pero comprende un ámbito de 8 días como mínimo en *M. testulalis* (King y Saunders 1984), y un máximo de 288 días en *P. interpunctella* (Sinha y Watters 1985). Las larvas de muchas especies de pirálidos entran en diapausa, como respuesta a condiciones adversas del ambiente como temperatura, humedad, luz y alimento razón por el cual el ciclo de vida puede durar más (Ross 1956, King y Saunders 1984, Becker 1976, Peairs y Saunders 1980).

Cuando la larva completa su desarrollo, cesa en parte sus movimientos y deja de alimentarse, para iniciar a construir la celda donde se convertirá en prepupa. En los pirálidos el estado de pupa comprende un ámbito de 4 días como mínimo y 15 como máximo (Hill 1975, King y Saunders 1984, Peairs y Saunders 1980, Bonnemaïson 1975, Holsten 1976, Becker 1976).

Los adultos, rara vez están maduros sexualmente al emerger, por lo cual ambos sexos requieren tiempo para que maduren sus órganos sexuales (Borrór et al. 1981, Ross 1956).

La fecundidad, al igual que otros procesos en la vida de los insectos, está directamente influida por la temperatura, humedad, luz y alimento (Ramírez y Sánchez 1976, Ross 1956). En los miembros de la familia Pyralidae la fecundidad es muy variable. *Diatraea lineolata* (Peairs y Saunders 1980) deposita un total de 377 huevos durante su vida, *H. ferrealis* 570 (Becker 1976), y *Antigastra catalaunalis* 20 (Hill 1975, Bonnemaïson 1975) (Anexo 1A).

Los adultos difieren en sus hábitos de oviposición. Los huevos por lo general son colocados en brotes, hojas, tallos, frutos y semillas. Algunos lo hacen en grupos de 40

a 200, como en *Rupela albinella*, pero otros en grupos más pequeños, de unos 25, como en *Diatraea saccharalis* (King y Saunders 1984), y en forma individual, como en *H. grandella* (Holsten 1976) (Anexo 1A).

La longevidad de los adultos en las especies de esta familia ha sido poco investigada. En *D. lineolata* e *H. grandella* los machos tienen una longevidad de 2.8 y 6.25 días, y las hembras de 3.9 y 7.88 días, respectivamente (Anexo 1A) (Peairs y Saunders 1980, Holsten 1976).

El comportamiento que exhiben los adultos y los estados inmaduros varía según la especie. En un estudio con larvas de *H. ferrealis* se observó que éstas pueden convivir en grupos dentro de los frutos o semillas, al contrario de su congénere *H. grandella*, que muestra canibalismo (Becker 1976).

En especies barrenadoras de frutos y semillas, como *H. ferrealis*, las larvas penetran al fruto por una lesión cercana al pedúnculo. En el interior del fruto hacen orificios de 2 a 3 mm de diámetro, quedando cubiertos por una fina película de la cáscara; posteriormente las larvas se introducen en las semillas, donde se desarrollan y empupan, emergiendo luego los adultos por los orificios (Becker 1976). En otras especies, al acercarse el estado de pupa las larvas suelen comportarse de diferente forma. Algunas salen de los frutos o semillas, empupando en la superficie del suelo, en las hojas muertas, como *H. grandella* (Becker 1976) otras, como *R. albinella*, empupan en el tallo; *Diaphania nitidalis* lo hace en el follaje o en la hojarasca en el suelo (King y Saunders 1984, Bonnemaïson 1975).

La emergencia de los adultos, en *H. grandella* se presenta más frecuentemente en la noche (Sliwa y Becker 1976). En *Diatraea* es nocturna o crepuscular, y después de

la emergencia las hembras emiten un atrayente sexual el cual declina después de la cópula (Novak 1967), citado por (Peairs y Saunders 1980). Ellos indican que el período de la cópula se puede distinguir en ambos sexos por el movimiento de las alas y la posición del abdomen.

Dentro de la familia, muchas de sus especies tienen diferentes hábitos alimentarios en su estado larval, tales como barrenadores de raíces (*Elasmopalpus*), perforadores de mazorcas (*Pococera*), barrenadores de frutos (*Etiella*, *Diaphania*), barrenadores de frutos, semillas y brotes de meliáceas (*Hypsipyla*), tejedores de hojas (*Herpetogramma*), barrenadores de granos almacenados (*Plodia*, *Anagasta*) y minadores de tubérculos (*Polygrammodes*) (King y Saunders 1984, Becker 1976).

Los datos concernientes a la respuesta de algunas especies de pirálidos a factores abióticos son relativamente escasos. En un estudio realizado en Trinidad con *D. saccharalis*, un 81.75% de las larvas jóvenes murieron, atribuyéndose que podría deberse a la dispersión por el viento de las larvas recién eclosionadas (Tucker 1936). En Louisiana (EE. UU), durante el invierno se presentó alta mortalidad de larvas debido a las bajas temperaturas y fuertes lluvias (Holloway 1928). En Barbados, hubo una alta mortalidad de larvas de *D. saccharalis* y un aumento en la oviposición cuando el clima fue seco (Tucker 1935). En una investigación sobre la cría masiva de *D. saccharalis* se requirió un 75% de humedad relativa para los 2 primeros estadios larvales y un 90% en estadios más avanzados. La aplicación de luz continua desplazó los primeros estadios larvales e inhibió la copulación de los adultos, al estimular la oviposición (Miskimen 1965). El aumento de la temperatura y la disminución de la humedad relativa redujo la copulación, fertilización y oviposición (Hrady et al., 1968), citado por (Peairs y Saunders 1980).

Los estudios sobre condiciones microclimáticas asociadas con el vuelo de adultos de *H. grandella* demostraron que no volaron cuando la temperatura fue inferior a 17°C (Grijpma y Gara 1976). Gara et al. (1976) indicaron que estos son voladores nocturnos, y su mayor actividad se presenta entre 17 - 21°C. El mayor número de individuos en vuelo se presentó poco después de una fuerte lluvia (Grijpma y Gara 1976, Gara et al 1976). Sin embargo precipitaciones menores a 11 mm no impidieron el vuelo (Grijpma y Gara 1976).

Los datos obtenidos hasta ahora demuestran que los pirálidos tienen una amplia gama de plantas cultivadas como hospedantes (King y Saunders 1980, Becker 1976, Hill 1975, Passoa 1985, CATIE, 1991) entre las cuales figuran las siguientes familias y especies:

**GRAMINEAE***Zea mays**Sorghum bicolor**Oryza sativa**Saccharum officinarum***LEGUMINOSAE***Phaseolus vulgaris**Vigna unguiculata**Glycine max**Cajanus cajan**Pisum sativum**Erythrina spp***CRUCIFERAE***Raphanus sativus**Brassica oleracea***CHENOPODIACEAE***Beta vulgaris***UMBELLIFERAE***Daucus carota*



**CONVOLVULACEAE***Ipomoea batatas***SOLANACEAE***Solanum melongena**Nicotiana tabacum**Lycopersicon esculentum***EUPHORBIACEAE***Ricinus communis***COMPOSITAE***Helianthus annuus***BIXACEAE***Bixa orellana***MELIACEAE***Swietenia mahagoni**Carapa guianensis***BOMBACACEAE***Bombacopsis quinatum***BIGNONIACEAE***Tabebuia rosea*

La fenología de las plantas es un aspecto importante a considerar, debido a que la planta no es atacada durante todo su ciclo de vida, sino que hay etapas fenológicas más susceptibles al daño.

En Costa Rica estudios con *H. grandella* indican que las larvas prefieren alimentarse de hospedantes con brotes producidos recientemente. Los individuos en vuelo son atraídos a las hojas nuevas (Gara et al. 1976, Grijpma y Gara 1976). Las larvas de *Elasmopalpus lignosellus* atacan las plántulas de pochote, eliminando sus raíces y cortándolas en la base; luego consumen progresivamente el tallo y las hojas (CATIE 1991). Las especies del género

*Dioryctria* son plagas específicas de coníferas en algunos países de América Central, atacando generalmente plantas de más de un año de edad (CATIE 1991).

El control de las plagas mediante enemigos naturales, como parasitoides, depredadores y organismos entomopatógenos, constituye una de las tácticas para el manejo de plagas.

King y Saunders (1984) reportaron una lista grande de parasitoides (himenópteros de las familias Braconidae, Eulophidae, Ichneumonidae, Chalcididae, Trichogrammatidae, Scelionidae, y dípteros de las familias Tachinidae y Sarcophagidae) que atacan varias especies de pirálidos que son plagas de cultivos agrícolas.

Negm y Hensley (1967) mencionan que en *D. saccharalis* las hormigas eran depredadoras de los huevos, larvas y pupas, siendo mayor su efecto al final de la estación seca y durante la noche. Núñez et al. (1968) indicaron que de este barrenador aislaron bacterias coliformes, *Streptococcus* y levaduras, pero no las consideraron patógenos importantes.

Las larvas del primer estadio de *H. grandella* inoculadas con los hongos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *B. tenella* y con la bacteria *Bacillus thuringiensis* resultaron fuertemente atacadas (Hidalgo 1976, Hidalgo y Palm 1976, Berrios e Hidalgo 1976).

Existen pocos datos sobre factores abióticos que intervengan con el manejo de las especies de la familia Pyralidae. Sin embargo, como se citó anteriormente, existen otras opciones explotables, como el uso de organismos benéficos, el control cultural y, en última instancia, el

control químico, las cuales deben ser usadas en lo posible acorde con la biología y ecología de las especies, para un mejor manejo de las mismas y de su habitat.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

El trabajo se realizó en el laboratorio y en la finca experimental Cabiria, en una sección dedicada a la producción comercial de semilla de achiote, la cual forma parte de las colecciones vivas de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica. El sitio se encuentra a 9°53'N y 83°39'E, a una altitud de 600 m. La temperatura promedio anual es de 22,3°C y la precipitación de 2673 mm. Está ubicado en la zona de vida de bosque muy húmedo de premontano (Holdridge, 1982).

#### 3.2 Material experimental

De 21 introducciones ya establecidas, cada una con ocho árboles por hilera, se seleccionaron ocho para ser evaluadas individualmente, con base en la susceptibilidad al ataque de la plaga, según observaciones de Arce (1984).

CUADRO 1. Introducciones de achiote seleccionadas para ser evaluadas al daño causado por *M. melanoleuca*.

Introducciones	Susceptibilidad	Color de cápsulas
6197-1	-	roja
6196-1	+	roja
6200-2	+	roja
5331-2-3-4	+	verde
6195-1	-	roja
10752-1	-	verde
12885-2	-	roja
6195-2	-	roja

#### 3.3 Estudio del ciclo de vida del insecto

El estudio biológico se realizó en el laboratorio, a una temperatura de 21.50°C y humedad relativa de 82.10%.

Para determinar el ciclo de vida, se crió la plaga sobre cápsulas y semillas de achiote en cajas plásticas de 19x16x9 cm. con papel toalla húmedo, para mantener la humedad relativa cerca de 100%.

Se colocaron 20 parejas de *M. melanoleuca* en frascos de vidrio de 9x8.5x8.5 cm con papel germinador húmedo, donde ovipositaron las hembras. Se registró la fecha de postura de los huevos para estudiar progresivamente, los siguientes aspectos:

**A-Huevos**

Descripción: forma, tamaño y coloración

Período de incubación (días)

**B-Larvas**

Descripción: forma, tamaño, coloración y textura del tegumento

Duración de estadios (días)

**C-Prepupa y pupa**

Descripción: forma, tamaño y coloración

Duración del período (días)

**CH-Adulto**

Período entre emergencia y oviposición (días)

Longevidad del macho y la hembra (días)

Fecundidad

Proporción de sexos

### 3.4 Evaluación del parasitismo en huevos y pupas

El parasitismo de los huevos se evaluó realizando 4 muestreos de 75 huevos, 1 cada 15 días. Estos fueron recolectados al azar de cápsulas recién cosechadas en el campo. En el laboratorio fueron examinados para determinar su estado (por ejemplo, si habían eclosionado larvas o emergido parasitoides, o si se encontraba el huevo sano). Los huevos que contenían larvas o parasitoides se incubaron en copas plásticas de 4x4x4 cm con papel toalla húmedo. El

parasitismo se evaluó por el cambio de color del huevo, de claro a oscuro, una vez parasitado.

El parasitismo en pupas se registró con base en 10 muestreos (1 por semana) de 8 larvas de 3<sup>o</sup> estadio. Las larvas fueron recolectadas en el campo en cápsulas de achiote. Se evaluaron bajo condiciones de laboratorio similares a las del ciclo de vida.

### 3.5 Evaluación de la distribución temporal de la plaga.

#### 3.5.1 Acondicionamiento del área experimental.

Un mes antes de iniciar la evaluación se realizaron labores de poda, de control de malezas con paraquat (Gramoxone), y de hongos del follaje (*Oidium* sp.) con azufre elemental (Azufral), y de fertilización del cultivo, con una dosis de 500 g por árbol, de abono 10-30-10.

Dos semanas después de haberse formado las primeras cápsulas (3-VII-91) se inició la evaluación de la población, efectuándose un total de 10 muestreos por introducción hasta el 4-IX-91. La evaluación se realizó al azar, cosechando semanalmente 12 cápsulas por estrato, para lo cual se definieron tres estratos: superior ( $\bar{X} = 3.16$  m), intermedio ( $\bar{X} = 2.45$  m) e inferior ( $\bar{X} = 1.44$  m) sumando un total de 36 cápsulas por introducción. La altura de cada estrato se definió con base en el promedio de altura de 32 árboles evaluados.

#### 3.5.2 Diseño experimental

Se usó un diseño experimental irrestricto al azar en arreglo factorial, siendo los factores los estratos, las introducciones y los muestreos. Las 12 cápsulas por estrato representaron las repeticiones, siendo la cápsula la unidad experimental. Las variables evaluadas fueron:

- a- Estrato de muestreo
- b- Número de cápsulas dañadas (NCD)
- c- Número de cápsulas sanas (NCS)
- ch- Número de larvas por cápsula (NLC)
- d- Edad de las cápsulas
- e- Coloración y número de espinas en las cápsulas: se evaluó con base en el número de espinas en un área de 2 cm<sup>2</sup> del fruto.

### 3.5.3 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para determinar el efecto de la plaga sobre las variables evaluadas. Posteriormente se realizó una matriz de correlación entre la precipitación y las variables estudiadas, así como entre el porcentaje de cápsulas dañadas y la densidad de población.

Se seleccionaron aquellas relaciones que presentaron mayor índice de correlación y se calcularon regresiones, seleccionando finalmente los modelos que mostraron mayor significancia estadística.

## 3.6 Estimación del impacto de la plaga.

### 3.6.1 Frecuencia de ataque de la plaga.

La evaluación del daño en cada introducción se obtuvo por medio de un muestreo secuencial, el cual se inició con una muestra de 36 cápsulas.

El número óptimo de cápsulas que se debió muestrear por introducción se determinó utilizando la fórmula matemática de la igualdad de Chebyshev (Mood et al. 1974), de la cual, por medio de una derivación, se obtiene la fórmula que permite calcular el número de cápsulas a muestrear, en donde:

$\theta$  = Probabilidad de obtener una cápsula dañada

$1-\theta$  = Probabilidad de obtener una cápsula sana

$$E [X_n] = n\theta \quad \text{Var} [X_n] = n\theta(1-\theta)$$

$\bar{X}_n = \frac{X_n}{n}$  = porcentaje de cápsulas dañadas en una muestra de  $n$  cápsulas

$$E [\bar{X}_n] = \theta \quad \text{Var} [\bar{X}_n] = \frac{\theta(1-\theta)}{n}$$

Por la igualdad de Chebyshev se sabe que:

$$P [M_x - rG_x < X < M_x + rG_x] \geq 1 - \frac{1}{r^2}$$

De donde:

$$P \left[ \theta - r \sqrt{\frac{\theta(1-\theta)}{n}} < \bar{X}_n < \theta + r \sqrt{\frac{\theta(1-\theta)}{n}} \right] > 1 - \frac{1}{r^2}$$

$$r \sqrt{\frac{\theta(1-\theta)}{n}} = R \theta$$

$R$  = error tolerable, como proporción de la verdadera probabilidad de obtener una cápsula dañada.

$$\frac{1}{r^2} = \text{Probabilidad con que se está dispuesto a tolerar este error}$$

Entonces:

$$r \left[ \sqrt{\frac{\theta(1-\theta)}{n}} \right] = R \theta \quad n = \left( \frac{r}{R} \right)^2 \left( \frac{1-\theta}{\theta} \right)$$

Con la fórmula desarrollada se fijó inicialmente para todas las introducciones un  $r = 1.825$ , que equivale a un 70% de probabilidad, así como un  $R = 0.5$  para estimar el intervalo de confianza.

Como se desconoce  $\hat{\theta}$ , se calculó de la forma siguiente:

$$\hat{\theta} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de cápsulas dañadas}}{\text{N}^\circ \text{ total de cápsulas}}$$



### 3.6.2 Porcentaje de pérdida en el rendimiento

El porcentaje de pérdida del rendimiento se estimó con base en el muestreo secuencial para cada introducción, aplicando las fórmulas siguientes:

$$\% \text{ pérdida por cápsula} = \frac{\text{PSFS} - \text{PSFD}}{\text{PSFS}}$$

PSFS = Peso de semilla de frutos sanos

PSFD = Peso de semilla de frutos dañados

$$\% \text{ pérdida en rendimiento} = (\text{PCD})(\text{PPC}).$$

PCD = Porcentaje de cápsulas dañadas

PPC = Porcentaje de pérdida por cápsula

Las variables evaluadas fueron:

- a- Número de cápsulas sanas
- b- Número de cápsulas dañadas
- c- Porcentaje de cápsulas dañadas
- ch- Peso de semilla sana
- d- Peso de semilla dañada
- e- Peso de semilla de cápsulas sanas
- f- Peso de semilla de cápsulas dañadas
- g- Porcentaje de pérdida por cápsula
- h- Porcentaje de pérdida en el rendimiento

### 3.6.3 Interpretación de los datos

No se realizó un análisis de varianza para las variables evaluadas, debido al bajo número de observaciones obtenidas.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 Ciclo de vida de *M. melanoleuca*.

El estado de huevo duró  $2.90 \pm 0.56$  días y alcanzó un tamaño de  $0.36 \pm 0.03$  mm de ancho y  $0.65 \pm 0.03$  mm de longitud.

Los huevos son globulares, con el corion poroso. Su color es blanco plateado recién depositados, pero conforme el embrión se desarrolla adquiere un color beige; si los huevos están parasitados son oscuros.

En el campo los huevos son depositados individualmente en las cápsulas, sobre las espinas o entre ellas.

El estado larval duró  $27.91 \pm 1.16$  días y comprendió 5 estadios (Cuadro 2). La larva de 5º estadio midió 20.02 mm de longitud y su cápsula cefálica 1.45 mm (Cuadro 3).

El 1º estadio muda y se alimenta del fruto en su exterior ocasionando el raspado del pericarpio. El 2º, 3º y 4º se alimentan de las semillas en el interior de la cápsula, donde mudan. El 5º estadio, al igual que los 3 anteriores, se alimenta de las semillas en el interior de la cápsula, pero alcanzado cierto peso y tamaño sale de la cápsula para empupar en el suelo, en condiciones de campo.

La larva de 5º estadio es pardo claro. Dorsalmente tiene 5 franjas anchas pardo oscuro que se extienden desde el protórax hasta el último segmento abdominal; en el protórax, 3 de las 5 franjas son más anchas y oscuras. Los segmentos abdominales dorsalmente muestran una serie de puntos pardo. El 8º segmento muestra una silueta en forma de antifaz, formada por estos puntos pardo. La cabeza es amarillenta, con reticulaciones pardo oscuro.

Los estadios larvales 4º y 5º son los más dañinos, por consumir mayor cantidad de alimento. El daño en las cápsulas

CUADRO 2. Duración del ciclo de vida de *M. melanoleuca* bajo condiciones de laboratorio (T = 21.50 °C. y HR = 82.10%).

Estado	N	Duración (días)	$\bar{X} \pm D.E.$ (días)
Huevo	19	2-4	2.90 ± 0.56
Larva			
L1	18	4-5	4.11 ± 0.32
L2	16	4-5	4.31 ± 0.47
L3	14	4-7	5.14 ± 0.94
L4	13	5-9	6.30 ± 1.49
L5	12	7-11	8.33 ± 1.07
Pupa	26	18-25	22.19 ± 2.07
Adulto			
Macho	20	3-9	5.50 ± 1.76
Hembra	20	2-9	6.55 ± 1.63

N = Tamaño de muestra.

CUADRO 3. Datos morfométricos de los estados de *M. melanoleuca*, bajo condiciones de laboratorio (T = 21.50 °C. y HR = 82.10%).

Estado	Longitud corporal (mm)		Cápsula cefálica (mm)	
	Ambito	$\bar{X} \pm D.E.$	Ambito	$\bar{X} \pm D.E.$
Larva				
L1	1.15 - 2.30	1.80 ± 0.33	0.18-0.21	0.21 ± 0.01
L2	3.74 - 5.04	4.43 ± 0.35	0.27-0.43	0.38 ± 0.04
L3	5.18 - 5.90	5.57 ± 0.24	0.40-0.68	0.54 ± 0.08
L4	9.93 -12.81	11.64 ± 0.93	0.62-0.93	0.82 ± 0.10
L5	18.72 -21.88	20.02 ± 0.96	1.30-1.55	1.45 ± 0.06
Pupa				
Macho	7.77 -10.22	8.91 ± 0.56	---	---
Hembra	7.92 -10.36	8.71 ± 0.57	---	---
Adulto*				
Macho	16.41 -20.30	17.99 ± 1.01	---	---
Hembra	18.86 -21.45	20.35 ± 0.81	---	---

\* Tamaño basado en la envergadura alar.

se caracteriza por la aparición de orificios en la fruta, lo que permite la entrada de insectos secundarios, como nitidúlidos, hormigas y míridos, así como del hongo *Fusarium* sp., que ataca las semillas. Otro síntoma característico del daño es la presencia interna en el fruto de mucha tela de seda que las mismas larvas producen, además de las excretas.

Las larvas son muy móviles y al tocarlas se contorsionan bruscamente. Estas se trasladan de una cápsula a otra por medio de la tela de seda que ellas producen. Ocasionalmente se encuentran frutos perforados, pero sin daño en sus semillas. Normalmente se encuentra una larva por cápsula en su interior.

Los frutos de 1x1.5 cm son los que comienzan a ser atacados, pero no necesariamente por larvas L1, ya que también pueden ser dañados por larvas L2, L3 y hasta L4; lo cual significa que no hay preferencia de los estadios larvales hacia ciertos tamaños de frutos, pues también en frutos de 7x4.5 cm se encontraron larvas desde L1 a L5. El traslado de la larva de un fruto a otro a través de la tela de seda favorece este comportamiento.

El estado de pupa duró 22.19 días, la pupa masculina midió 8.91 mm de longitud y la femenina 8.71 mm. Las pupas son obtectas, desnudas, de color pardo oscuro. Requieren cerca de 100% de humedad en el laboratorio para desarrollarse y emerger los adultos. En el campo aparecen alrededor de los árboles entre el mantillo.

La abertura genital de la hembra divide completamente el 8º segmento, extendiéndose desde el margen caudal del 7º segmento hasta más allá del margen caudal del 8º segmento pero sin dividir el 9º (Fig.1).

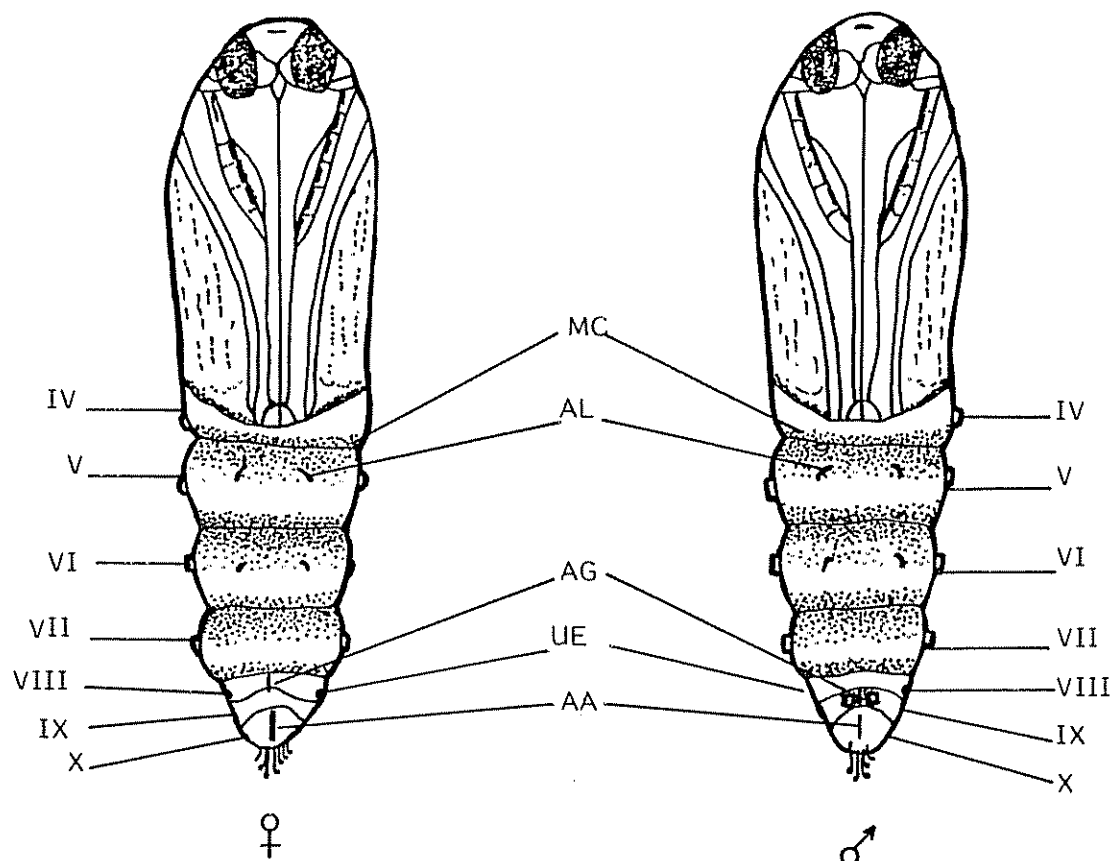


Figura 1. Pupas de *Milgitheia melanoleuca* mostrando las características ventrales de la hembra (izquierda) y el macho (derecha): AL, alvéolos; AA, abertura anal, AG, abertura genital; MC, margen caudal; UE, último espiráculo. Los números romanos indican los diferentes segmentos abdominales. (Adaptado de Maddox 1969).

La abertura genital del macho se encuentra en la línea media ventral del 9º segmento, mostrando a cada lado los pequeños y característicos abultamientos genitales. Esto hace que la abertura genital y la abertura anal se encuentren en mayor proximidad en el macho que en la hembra. El 8º segmento se localiza fácilmente por la presencia del último espiráculo.

El macho, alimentado con miel sobrevivió 5.5 días y midió 17.99 mm de envergadura alar, mientras que la hembra sobrevivió 6.55 días, y midió 20.35 mm. El ciclo de vida se completa en  $61 \pm 3.33$  días.

En el laboratorio la emergencia de los adultos se presenta entre las 16:00 y 18:30 h.

Las hembras, después de emerger, requirieron  $2.55 \pm 0.51$  días para depositar sus primeros huevos. La fecundidad aparentemente fue muy baja, de  $3 \pm 1.21$  huevos por hembra durante su vida. Quizá esto se deba a un error experimental durante la investigación, donde factores ambientales tales como la temperatura y la humedad no fueron los más propicios para la fecundación de las hembras.

Las alas delanteras de ambos sexos tienen escamas gris verdoso con una mancha blanca grande al centro, simulando la figura de una Y mayúscula; otra mancha blanca pequeña cerca de la base del ala simula una copa, la cual se une con la mancha grande del centro. Las alas traseras son gris claro desde la base hasta la mitad, y el resto gris oscuro. Ambos pares de alas presentan en sus márgenes, flecos de color beige con manchas negras. Las tégulas sobre el tórax son blancas.

El macho tiene las antenas plumosas y de su base se proyecta una estructura cubierta de escamas; en la hembra las antenas son filiformes, sin la presencia de esta

estructura. El macho es más pequeño que la hembra. La proporción de sexos, basada en 60 adultos, fue de 1:0.66 (♀:♂).

#### 4.2 Evaluación del parasitismo en huevos y pupas

La evaluación del parasitismo de huevos recolectados en cápsulas de achiote durante cuatro muestreos en la fase productiva del cultivo refleja el alto porcentaje de parasitismo que existe por avispa *Trichogramma* sp. (Trichogrammatidae) (Fig.2), las cuales parasitan los huevos. Conforme avanza el desarrollo embrionario de los parasitoides, los huevos se tornan de color oscuro. De cada huevo emergieron dos parasitoides. El parasitismo inicial (semana 28) fue de 68%, manteniéndose similar durante las semanas 30 y 32, sufriendo un pequeño descenso en la semana 34 (Cuadro 4).

La proporción de pupas parásitadas fue de 25% en la semana 27, descendiendo luego durante el resto de la fase productiva del cultivo (Cuadro 5). Los parasitoides fueron *Genea* sp. (Diptera:Tachinidae) y *Chelonus* sp. (Hymenoptera: Braconidae). El parasitismo en pupas fue bajo debido probablemente, al hábito de las larvas de 1º estadio, de sobrevivir en el exterior del fruto, entre las espinas, dificultando la labor de los parasitoides sobre las larvas de éste estadio, que son las parásitadas.

Obviamente, el parasitismo fue mayor en el estado de huevo que de pupa. Este parasitismo tan alto en los huevos hace pensar que las poblaciones posiblemente se encuentren en equilibrio, pues existe en promedio un 64% de parasitismo y un 36% de eclosión de huevos sanos en condiciones de laboratorio. Bajo condiciones de campo este porcentaje de parasitismo unido a otros factores de mortalidad, como el parasitismo de pupas y la depredación, quizás permita sólo el desarrollo de un pequeño porcentaje de adultos.



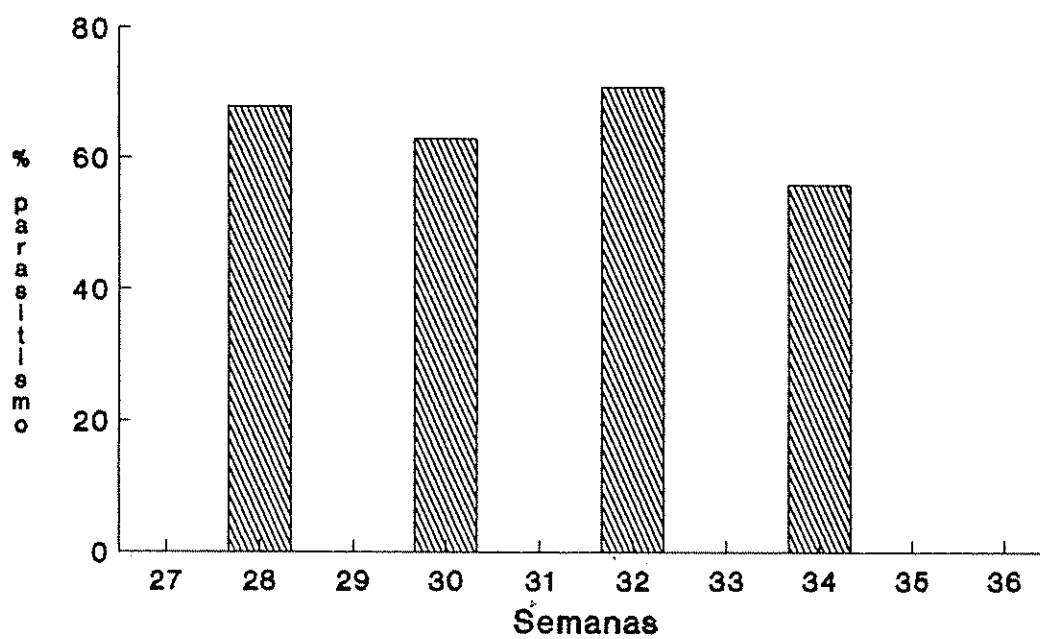


Figura 2. Parasitismo de huevos de *M. melanoleuca* por *Trichogramma* sp. CATIE, Turrialba. 1991.

CUADRO 4. Número de huevos de *M. melanoleuca* parasitados por *Trichogramma* sp. CATIE, Turrialba. 1991.

Semana	Huevos sanos (Nº)	Huevos parasitados (Nº)	Parasitismo (%)
28	24	51	68
30	28	47	62.66
32	22	53	70.66
34	33	42	56

CUADRO 5. Supervivencia y mortalidad (por *Genea* sp, *Chelonus* sp y otras causas) de pupas de *M. melanoleuca*. CATIE, Turrialba. 1991.

Semana	Pupas sanas (Nº)	Pupas parasitadas (Nº)	Mortalidad por otras causas (Nº)	Parasitismo (%)
27	4	2	2	25
28	2	0	6	0
29	7	0	1	0
30	5	0	3	0
31	6	1	1	12.5
32	8	0	0	0
33	7	0	1	0
34	7	1	0	12.5
35	7	0	1	0
36	7	1	0	12.5

#### 4.3 Evaluación de la distribución temporal de la plaga

En ninguna de las introducciones y sus estratos se detectaron relaciones directas entre el patron de lluvias y la distribución temporal de la plaga y su daño (Figs. 3, 4 y 5), según análisis de correlación. Esto, así como las bajas poblaciones encontradas, probablemente se debió al tamaño pequeño de la muestra y al porcentaje alto de parasitismo encontrado. Otro factor influyente es el efecto que pudieron haber tenido las introducciones y los estratos de muestreo, precisamente porque no todas las introducciones florecieron simultáneamente; además, su floración acrópeta propició poblaciones remanentes de larvas para las introducciones que florecieron tardíamente, resultando menor la población en las introducciones precoces.

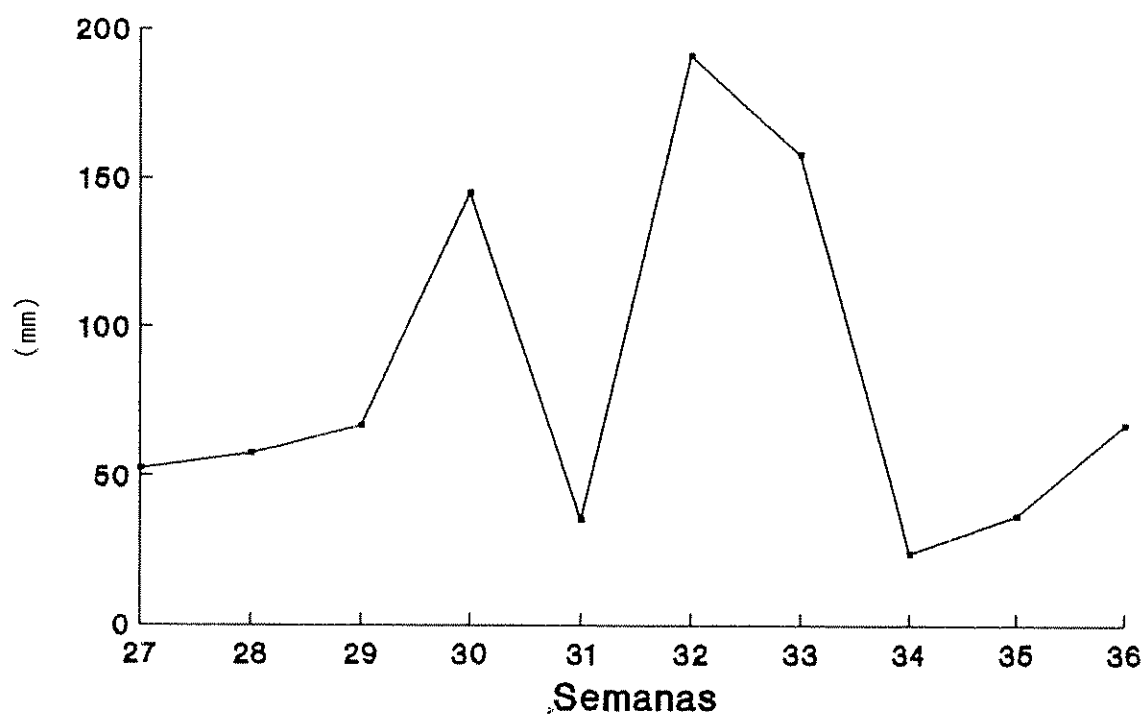


Figura 3. Precipitación durante el período de estudio. CATIE, Turrialba, 1991

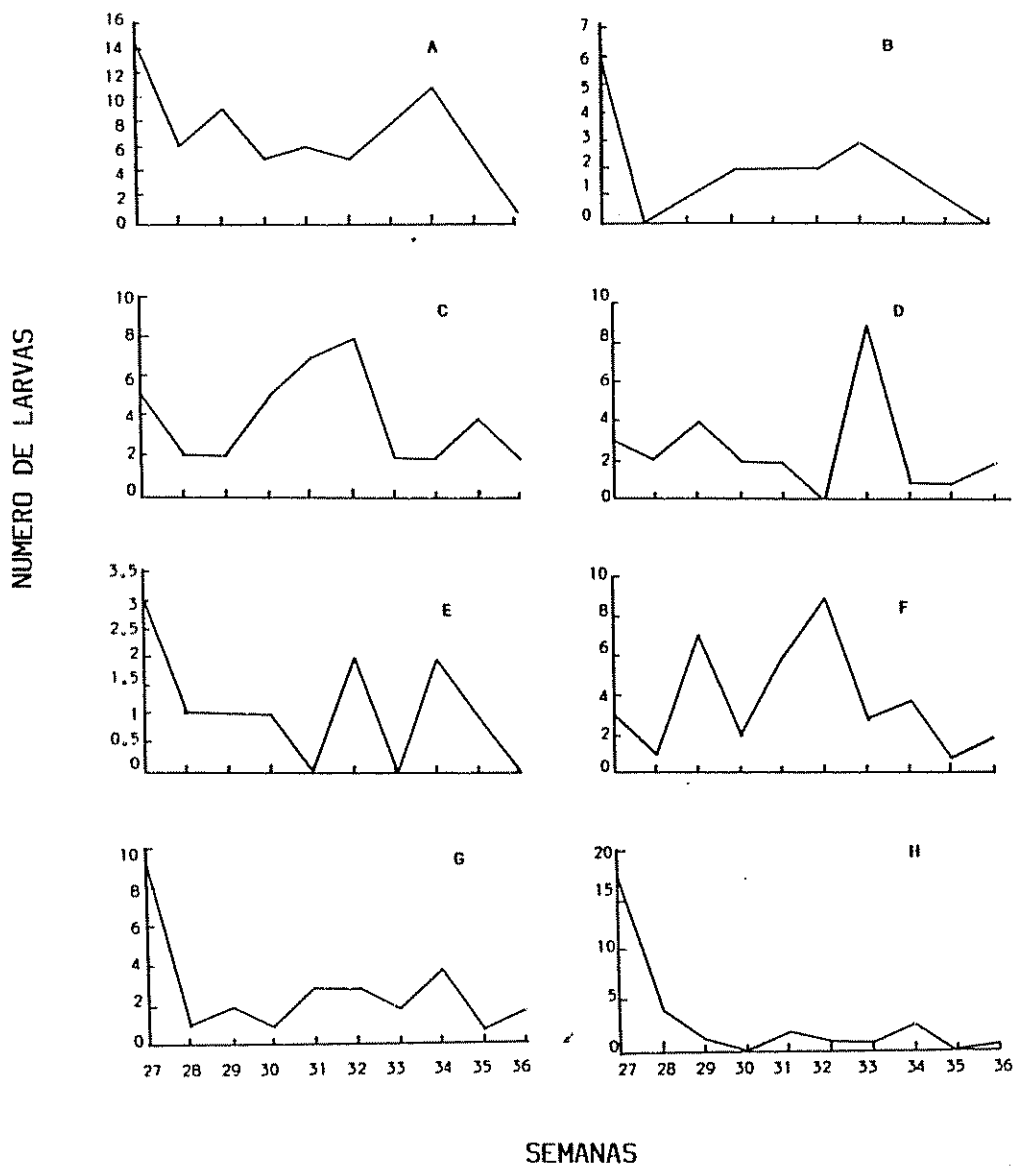


Figura 4. Total de larvas presentes según la introducción, durante el período de estudio, para árboles de achiote de ocho introducciones: 5331-2-3-4 (A), 6200 (B), 10752-1 (C), 6195-1 (D), 6195-2 (E), 12885-2 (F), 6196-1 (G) y 6197-1 (H). CATIE, Turrialba, 1991.

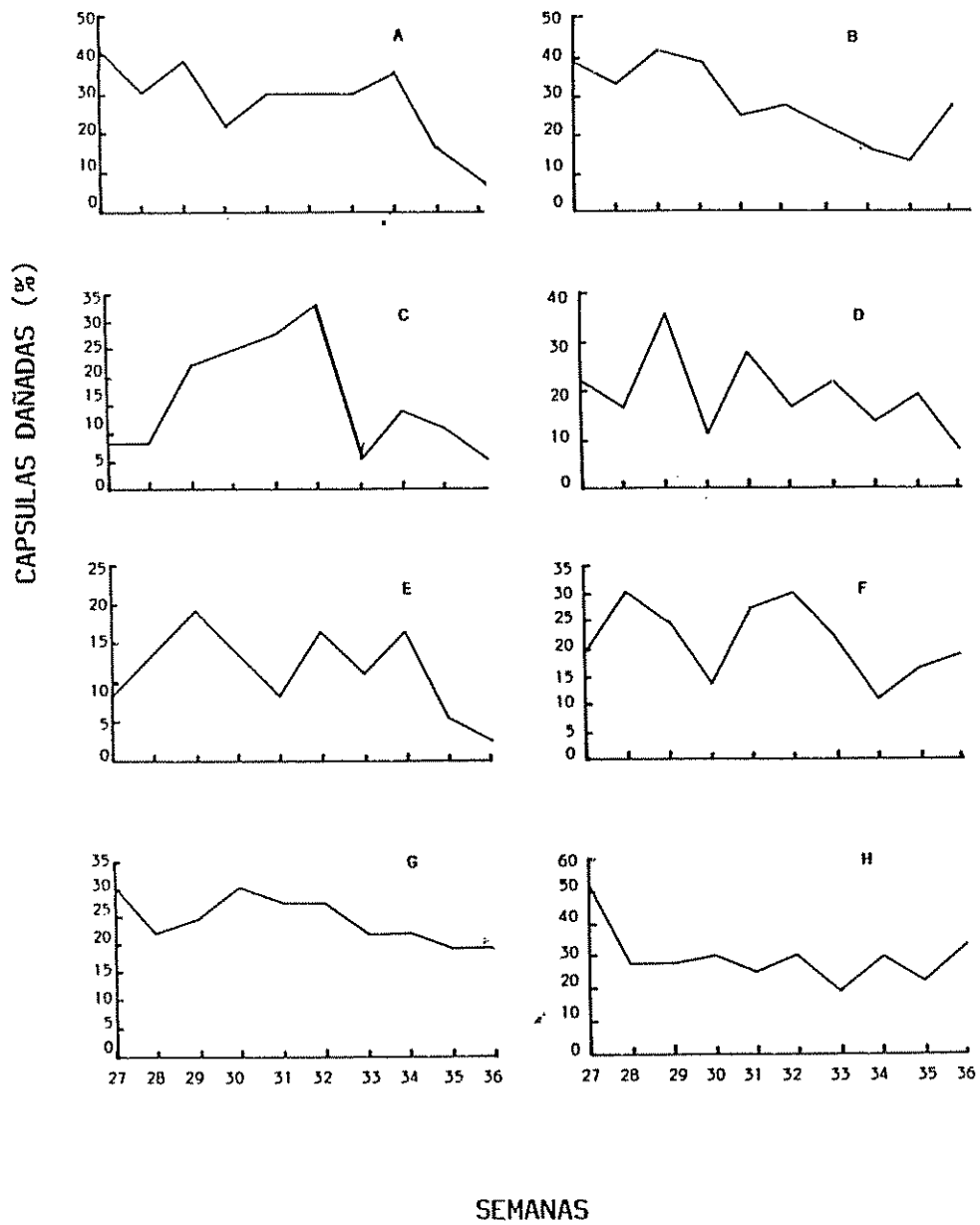


Figura 5. Porcentaje total de cápsulas dañadas según la introducción, durante el período de estudio, para árboles de achiote de ocho introducciones: 5331-2-3-4 (A), 6200-2 (B), 10752-1 (C), 6195 (D), 6195-2 (E), 12885-2 (F), 6196-1 (G) y 6197-1 (H). CATIE, Turrialba, 1991.

Se encontró diferencias significativas para el número de larvas entre introducciones, estratos de muestreo y fecha de muestreo (Anexo 2A).

Las diferencias entre introducciones se presentaron principalmente entre la introducción 5331-2-3-4 y la 6195-2; siendo la primera la que registró el mayor número de larvas y la segunda el menor (Anexo 3 y Fig. 6A). Esta significancia entre introducciones probablemente se debe a la preferencia que tiene la plaga, tanto adultos como larvas, hacia algunas introducciones. Tal preferencia no se debe al número de espinas ni al color de los frutos, pues no se encontraron diferencias significativas para las espinas y el color con respecto al ataque de las larvas a las cápsulas en las diferentes introducciones; estos datos no concuerdan con los reportados por Arce (1984). Deben existir otros factores que inducen a la plaga a alimentarse de ciertas introducciones, tales como la cantidad de bixina, aceite o carotenoides en las semillas o bien otras sustancias químicas en el pericarpio del fruto.

En relación con los estratos de muestreo las diferencias significativas encontradas se registraron solamente para el estrato inferior (Anexo 3A), siendo este estrato donde se concentró la mayor población. En los tres estratos se registró que la introducción 5331-2-3-4 presentó el mayor número de larvas (Fig. 6B). El haber encontrado un mayor número de larvas en el estrato inferior, probablemente se deba a alguna de las siguientes causas:

a- Las malezas existentes bajo el cultivo, así como el cultivo mismo, propician un microclima mejor en el estrato inferior que en los otros dos estratos, brindando así mejores condiciones de humedad y temperatura. Estos factores pueden ser claves en la fecundidad y, lugar de oviposición de las hembras.

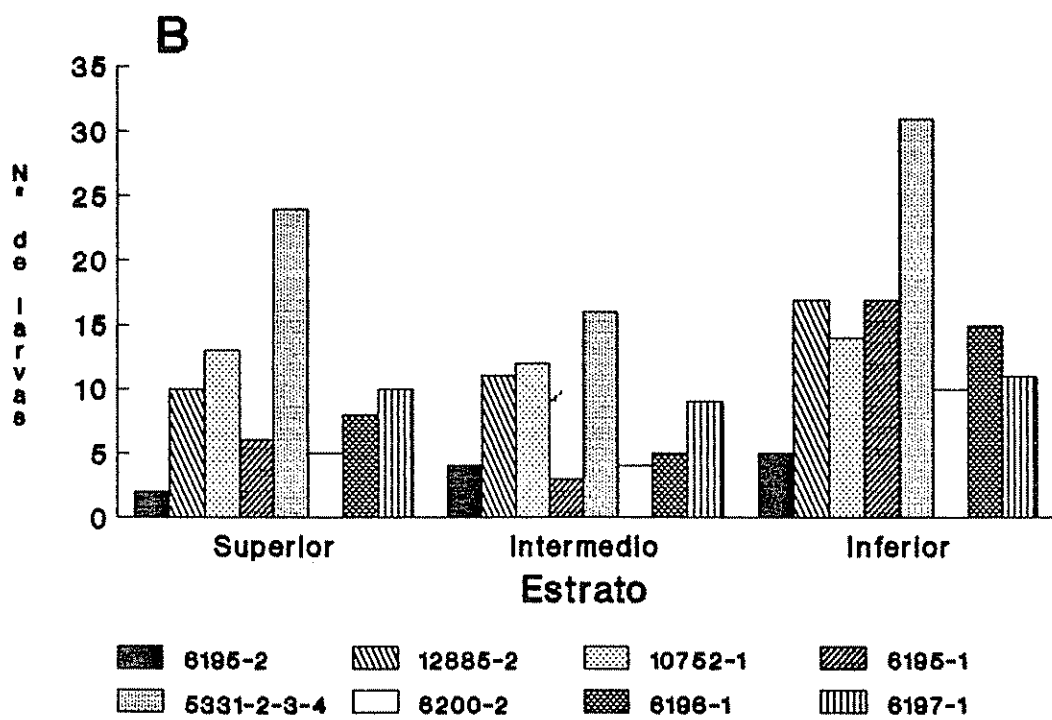
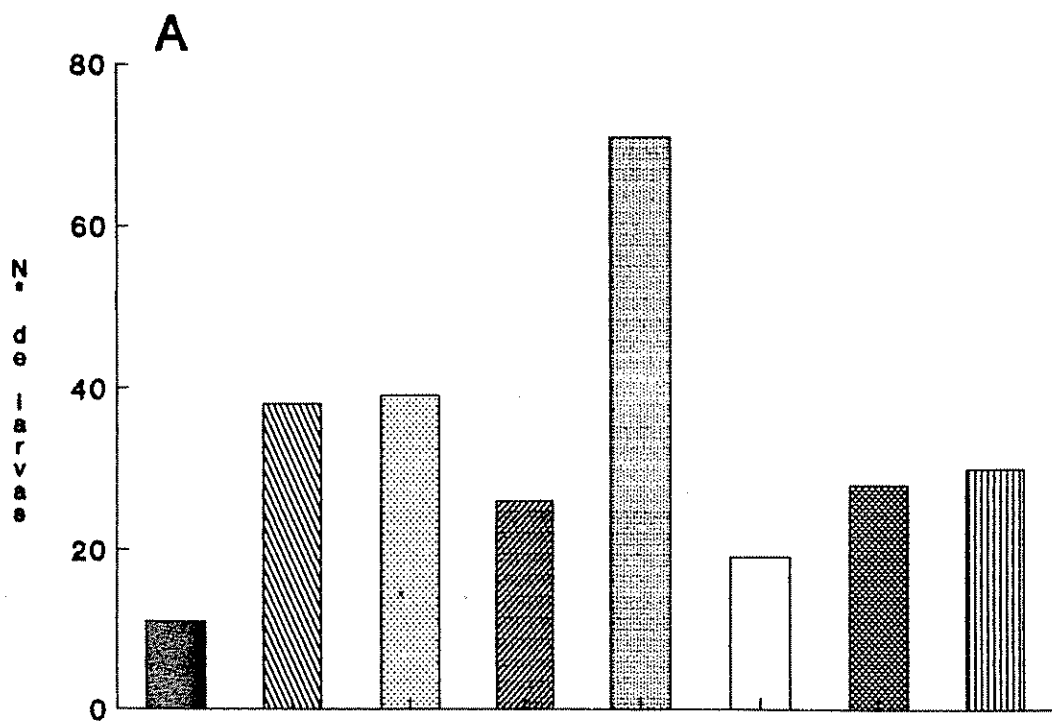


Figura 6. Total de larvas (A) y número de larvas por estrato (B) para las ocho introducciones estudiadas. CATIE, Turrialba. 1991.



b- Las hembras adultas ovipositan por igual en todos los estratos de la planta; después de la eclosión de los huevos, las larvas pueden tender a migrar (por hilos de seda) hacia el estrato inferior, y, si no se da migración hacia los estratos superiores, habrá una mayor acumulación de larvas en el estrato inferior. Registrándose así, un daño muy similar en los tres estratos; pero una mayor intensidad de ataque en el estrato inferior, por ser éste estrato donde se acumala el mayor número de larvas. Los datos obtenidos sobre pérdida de réndimiento en la cosecha, ayudan a corroborar la observación anterior; pues fue en el estrato inferior donde se registró la mayor pérdida de rendimiento en la cosecha.

c- Las hembras por conducta innata, ovipositan en el estrato inferior de la planta, para proteger los huevos y primeros estadios larvales, de agentes abióticos como el viento y la lluvia, que podrían dispersarlos en el suelo, si se encontraran más al descubierto como en el estrato superior e intermedio.

ch- El parasitismo de los huevos de la plaga por avispa *Trichogramma* sp., quizás es más eficaz en el estrato superior e intermedio, que en el inferior, encontrándose así, mayor número de larvas en éste estrato.

Las diferencias significativas encontradas entre fechas de muestreo, se dieron principalmente entre la semana 27 con respecto a las semanas 29, 33, 30, 28, 35 y 36 (Anexo 3A), siendo la semana 27 la que presentó el mayor número de larvas, debido posiblemente a un remanente de la plaga procedente de la cosecha anterior, a pesar de que al cultivo al inicio del experimento se le eliminaron todas sus cápsulas, las cuales se sacaron del campo experimental.

Hubo diferencias significativas para el número de cápsulas dañadas entre introducciones, semanas de muestreo y en la interacción estrato de muestreo por fecha de muestreo (Anexo 4A).

Entre introducciones las diferencias significativas se dieron principalmente entre la introducción 6197-1 con respecto a la 6195-1, 10752-1 y 6195-2, siendo la introducción 6197-1 la que presentó el mayor número de cápsulas dañadas y la 6195-2 el menor (Anexo 5A y Fig. 7A). La atracción que algunas introducciones puedan brindar a la plaga, permitiría supuestamente encontrar más larvas y por consiguiente más cápsulas dañadas; sin embargo, el desplazamiento de las larvas entre las cápsulas, los estratos y probablemente entre introducciones (al estar juntas en el campo experimental) no permite detectar un comportamiento uniforme de la plaga con respecto a las introducciones.

Entre estratos de muestreo no se encontraron diferencias significativas (Anexo 5A y Fig 7B); esto se debió probablemente al comportamiento del insecto de trasladarse de una cápsula a otra e inclusive de estrato a estrato; lo cual se ve favorecido por la floración ácropeta del cultivo, ya que siempre existiran cápsulas de todo tamaño en los tres estratos del árbol.

Con respecto a semanas de muestreo las diferencias significativas encontradas, se dieron fundamentalmente entre las semanas 29, 32, 27 y 31 con respecto a las semanas 35 y 36, siendo la semana 29 la que registró en términos absolutos el mayor número de cápsulas dañadas y la 36 el menor (Anexo 5A).

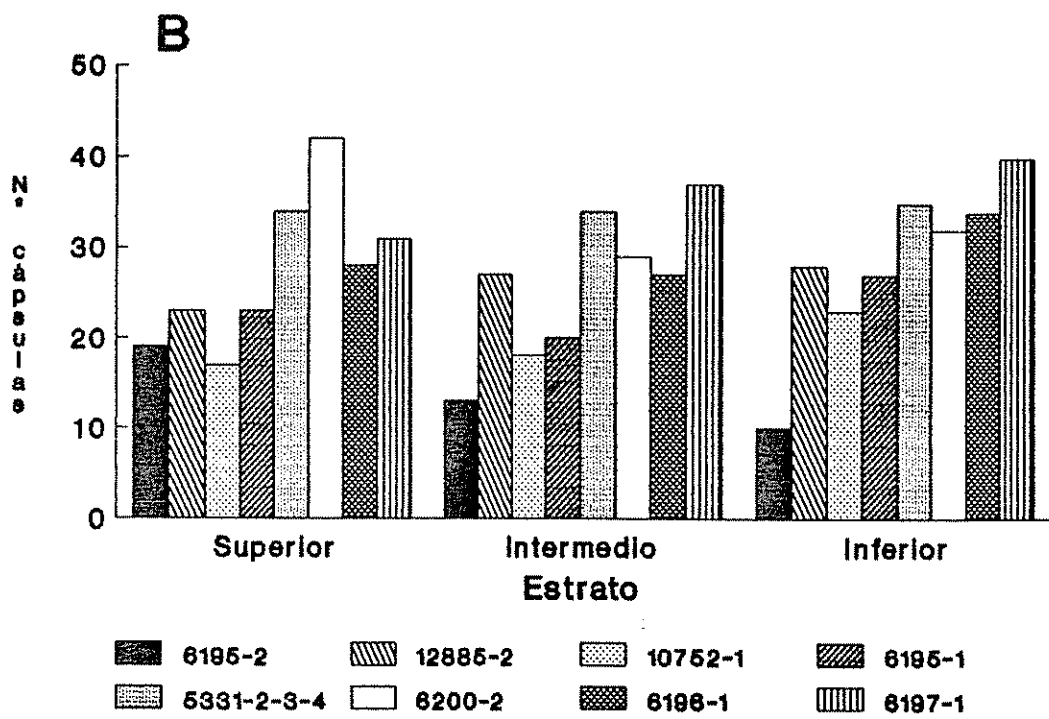
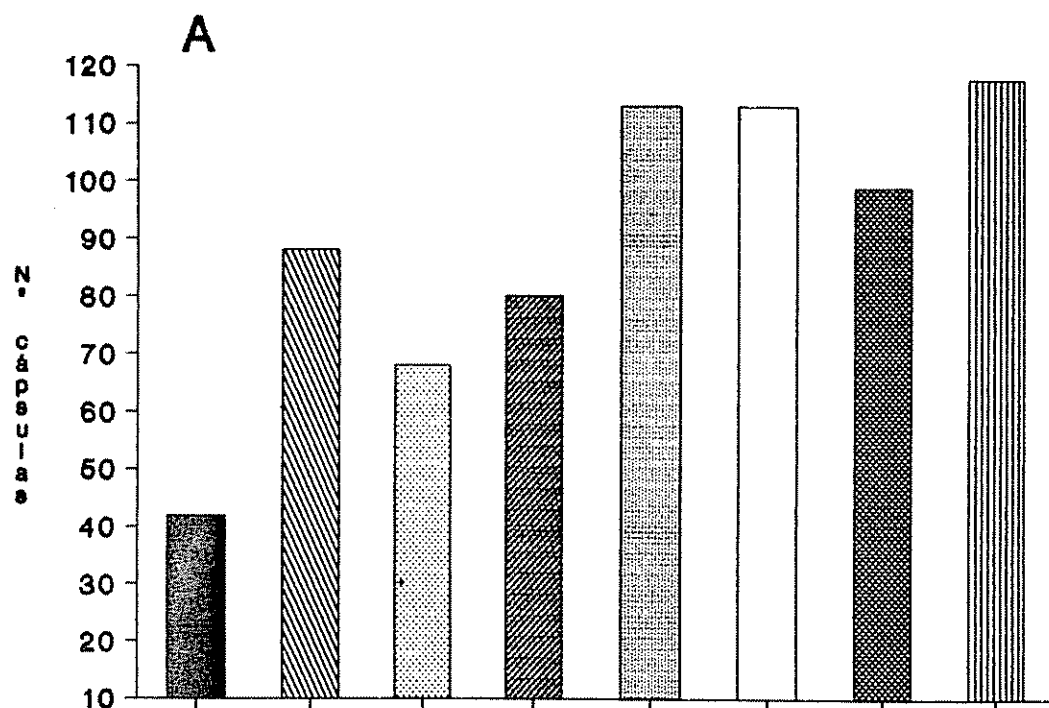


Figura. 7. Total de cápsulas dañadas (A) y número de cápsulas dañadas por estrato (B) para las ocho introducciones estudiadas. CATIE, Turrialba. 1991.

Posiblemente esto se deba, a que, en las semanas donde hubo mayor daño, había mayor número de larvas de estadios avanzados como L3 y L4, que causan mayor daño que los estadios L1 y L2.

La relación significativa entre la interacción estrato de muestreo por fecha de muestreo, se debió quizás, a la floración ácropeta del cultivo y al número de larvas presentes a la hora del muestreo, existiendo así, para ciertas semanas de muestreo mayor o menor número de cápsulas disponibles, para ser dañadas por las larvas presentes en ese momento.

El análisis de varianza para relacionar el color de las cápsulas de cada introducción, con el número de larvas por cápsula y el número de cápsulas dañadas, reveló que no se encontraron diferencias significativas.

De igual manera sucedió cuando se analizó el número de espinas en las cápsulas de cada introducción, no encontrándose diferencias significativas, entre las espinas y el número de larvas por cápsula y número de cápsulas dañadas. Si se encontraron diferencias significativas entre introducciones, con respecto al número de espinas (Anexo 6A), pero esto no influyó en el comportamiento de la plaga.

Hubo correlaciones significativas entre el número de larvas por cápsulas y el porcentaje de cápsulas dañadas, para las introducciones 6195-2, 12885-2, 10752-1, 5331-2-3-4, 6196-1 y la 6197-1. El análisis de regresión para estas introducciones, se ajustó a un modelo lineal (Anexo 7A). De estas introducciones, la 10752-1, 5331-2-3-4 y la 6197-1 mostraron una relación significativa ( $r^2 = 0.57, 0.52$  y  $0.49$ ) entre ambas variables; sus coeficientes de variación son altos debido probablemente al tamaño pequeño de muestra que se uso en el experimento.

Esta relación permite predecir, el porcentaje de cápsulas dañadas con base en el número de larvas encontradas en las cápsulas, pudiendo así establecer medidas de control con base en muestreos periódicos de las larvas.

Si se tuviera que hacer algún control de la plaga, éste debe ser dirigido principalmente al estrato inferior del árbol, pues fue ahí donde se encontró el mayor número de larvas.

#### 4.4 Frecuencia de ataque y porcentaje de pérdida de rendimiento en la cosecha

Se calculó un intervalo de confianza para el número de cápsulas dañadas por introducción (Anexo 8A); éste registra el porcentaje mínimo y máximo de cápsulas dañadas que se puede encontrar en una muestra, con la probabilidad que se indica para cada introducción. En las introducciones 6195-1, 6197-1 y 5331-2-3-4 se observó mayor frecuencia de ataque y porcentaje de pérdida en rendimiento (Figs. 8A y 8B). Las que registraron menor porcentaje de cápsulas dañadas fueron la 6196-1, 10752-1 y la 6195-2 y el menor porcentaje de pérdida en el rendimiento se observó en las introducciones 12885-2, 10752-1 y 6196-1.

En el estrato superior, el mayor porcentaje de cápsulas dañadas se registró en las introducciones 6195-2, 5331-2-3-4, y 6197-1, en el estrato intermedio en la 12885-2 y 6195-1 y en el inferior en la 6195-1, 6197-1 y 6200-2 (Fig. 9A).

Las introducciones 6195-2, 5331-2-3-4 y 6197-1 registraron el mayor porcentaje de pérdida en el rendimiento en el estrato superior; en el intermedio fue la 6195-1 y la 12885-2, y en el inferior la 6195-1, 6197-1 y 6200-2 (Fig. 9B).

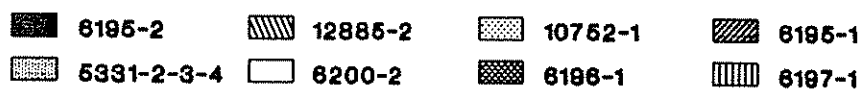
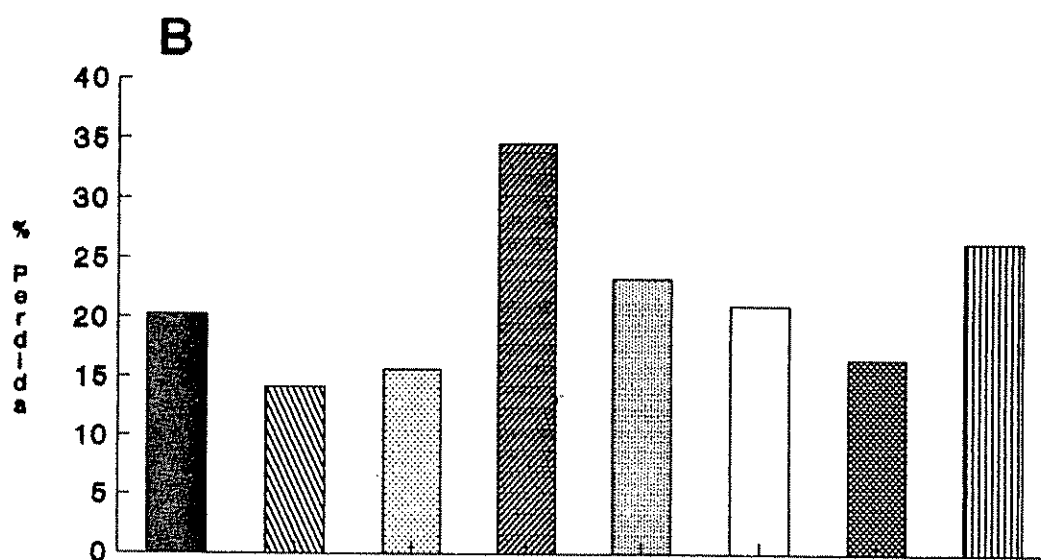
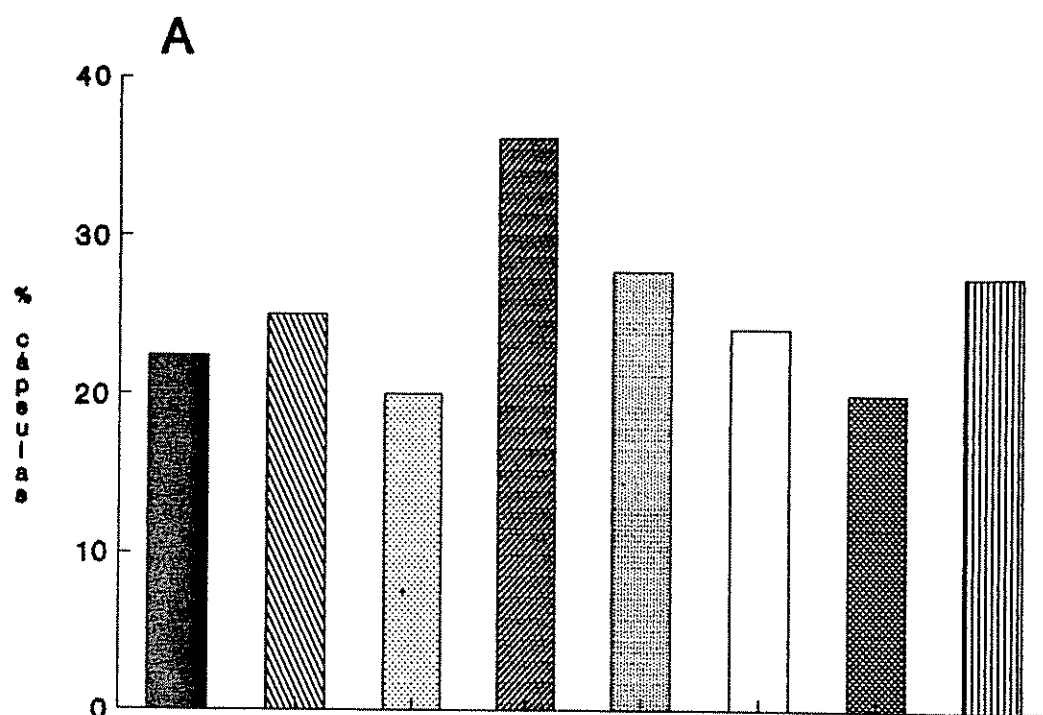


Figura 8. Porcentaje de cápsulas dañadas (A) y porcentaje de pérdida de rendimiento (B) para ocho introducciones, al momento de cosecha. CATIE. Turrialba. 1991.

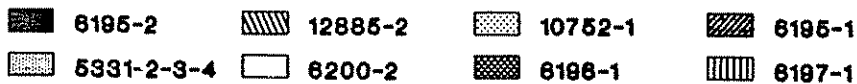
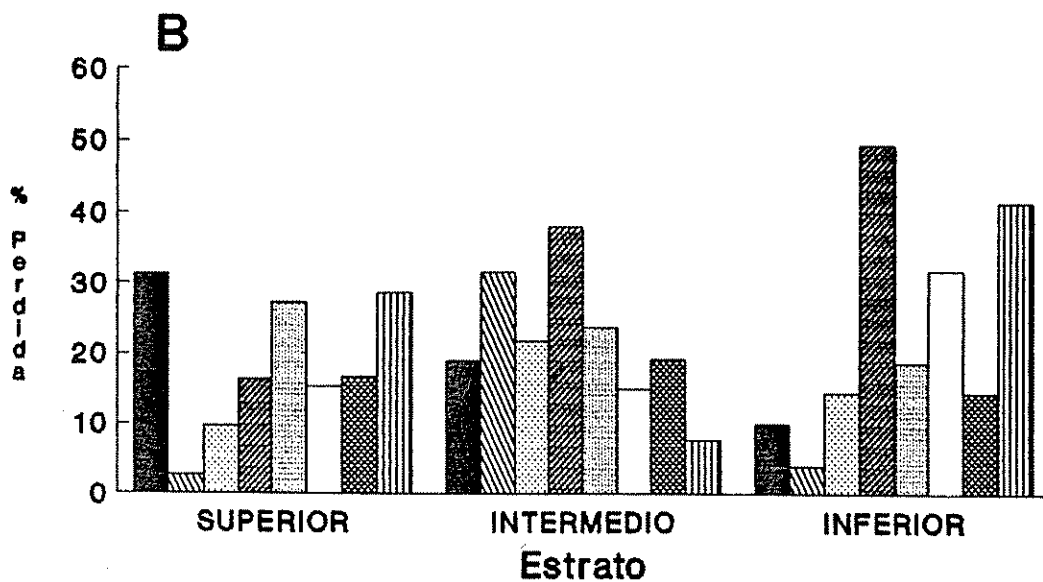
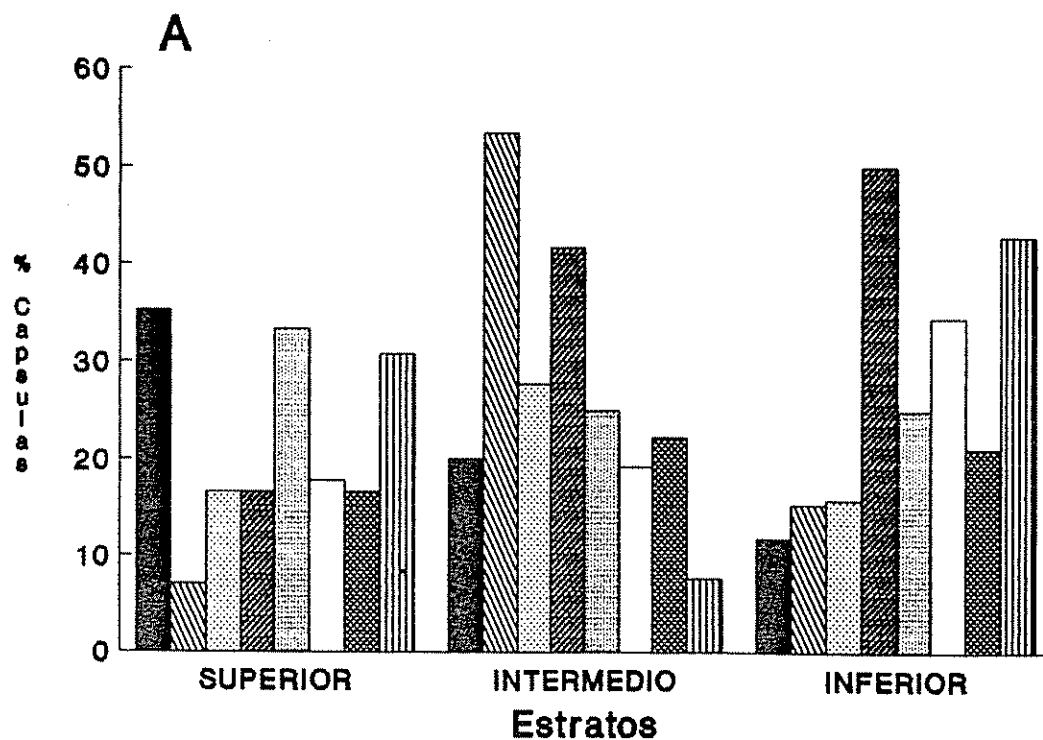


Figura 9. Porcentaje de cápsulas dañadas por estrato (A) y pérdida del rendimiento por estrato (B) para ocho introducciones, al momento de cosecha. CATIE, Turrialba. 1991.

Por estrato, el mayor porcentaje de cápsulas dañadas se registró en el estrato inferior e intermedio con un 27% de daño en ambos estratos. El mayor porcentaje de pérdida en el rendimiento se presentó en el estrato inferior con un 23% de daño

La discrepancia encontrada entre los datos de distribución poblacional (Figs.7A y 7B) y los de estimación de pérdidas, se debe al comportamiento de la plaga y a la floración acrópeta de la planta que la favorece. Además debe considerarse que para el muestreo de estimación de pérdidas, 15 días antes de éste, no se realizó ningún muestreo para evaluar la distribución poblacional; por lo tanto, durante estas dos semanas no se recogieron cápsulas sanas ni dañadas dentro del cultivo, aumentando así la probabilidad de encontrar más cápsulas sanas o dañadas en el muestreo secuencial para estimación de pérdidas.



## 5. CONCLUSIONES

1. El ciclo de vida de *M. melanoleuca* duró 61 días. El estado de huevo 2.90 días, el larval, que consta de cinco estadios 27.91 días, el de prepupa y pupa 22.19 días y el estado adulto 6.55 días.
2. El parasitismo natural encontrado en los huevos de *M. melanoleuca* por *Trichogramma* sp. fue de 64% en promedio; en las larvas el parasitismo por *Genea* sp. y *Chelonus* sp. fue de 6.25%. Esto significa que en el futuro se puede contar con enemigos naturales potenciales para el manejo de la plaga.
3. El comportamiento de la plaga y la floración acrópeta del cultivo fueron los factores principales que influyeron en la distribución temporal de la plaga.
4. No se registró ninguna relación del color y el número de espinas de las cápsulas de cada introducción respecto al número de larvas y cápsulas dañadas.
5. La introducción que registró el mayor número de larvas fue la 5331-2-3-4 y el menor la 6195-2. La mayor cantidad de cápsulas dañadas se encontró en la introducción 6197-1 y la menor en la 6195-2. La semana de muestreo que registró el mayor número de larvas fue la 27 y el mayor número de cápsulas dañadas en términos absolutos la 29. Para la variable número de larvas, se encontró diferencias estadísticas significativas entre estratos de muestreo; siendo el estrato inferior, el que presentó diferencias significativas con respecto al intermedio y al superior, pues fue en él donde se encontró el mayor número de larvas.

6. La mayor pérdida de rendimiento en la cosecha se registró en la introducción 6195-1 y la menor en la 12885-2. Por estrato la mayor pérdida en el rendimiento se registró en el inferior.

## 6. RECOMENDACIONES

Uno de los propósitos del presente estudio fue generar la información básica referente a la biología y distribución de la plaga, para su mejor manejo, por no existir investigación en general sobre ésta. Por tal motivo existen muchos campos para la experimentación. Con base en este estudio se proponen los siguientes temas de investigación:

1. Estudiar aspectos, relacionados con la flora y el microclima encontrado en el cultivo, tratando de relacionar el comportamiento de la plaga, con respecto a los diferentes estratos del árbol.
2. Profundizar en aspectos biológicos como oviposición y fecundidad de la hembra, bajo condiciones de ambiente controlado. Posteriormente llevar estos resultados al campo y compararlos con el comportamiento de la plaga bajo condiciones de campo.
3. Investigar más detalladamente el parasitismo natural encontrado sobre los huevos de *M. melanoleuca*, en los diferentes estratos del árbol.
4. Realizar estudios sobre el efecto de algunas tácticas culturales y químicas para el manejo de la plaga.

## 7. REFERENCIAS

- ANDREWS, K.L. 1984. El manejo integrado de plagas invertebradas en cultivos agronómicos, hortícolas y frutales en la Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras, EAP. 85 p.
- ARCE, P.J. 1984. Caracterización de 81 plantas de achiote (*Bixa orellana*) de la colección del CATIE procedentes de Honduras y Guatemala, y propagación vegetativa por estacas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Departamento de Producción Vegetal, Turrialba, Costa Rica. 149 p.
- ARCE, P.J. 1986. Avances en la evaluación con achiote (*Bixa orellana* L.) en distintos lugares de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, CATIE. Proyecto de Recursos Fitogenéticos. 9 p.
- BAER, D.F. 1977. Systematics of the genus *Bixa* and geography of the cultivated annatto tree. Dissertation Abstracts International B 37(10): 4846-B.
- BARRETO, C.T. 1974. El cultivo del onoto. *Acrive* (Venezuela) 2(20): 9-12 p.
- BECKER, V.O. 1976. Microlepidópteros asociados con *Carapa*, *Cedrela* y *Swietenia* en Costa Rica. In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por J. Whitmore L. IICA. Publicación miscelánea No.101. V. 2 p. 75-101.
- , 1976. Observaciones sobre la biología de *H. ferrealis* (Hampson), una especie afin. In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por J. Whitmore L. IICA. Publicación Miscelánea No.101. V. 2 p. 3-10.
- BERRIOS, F.; HIDALGO, S.O. 1976. Susceptibilidad de la larva a los hongos *Beauveria bassiana* (Bal.) y *Beauveria tenella* (Del.). In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por J. Whitmore L. IICA. Publicación Miscelánea No.101. V. 1 p. 68-70.
- BONNEMAISON, L. 1975. Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales. 2 ed. Barcelona, España, Ediciones Oikos - Tau. V.2. 605 p.
- BORROR, D.L.; DELONG, D.M.; TRIPLEHORN, C.A. 1981. An introduction to the study of insects. 5 ed. Philadelphia, Saunders College Publishing. 928 p.

- CATALAN, S. 1974. Achiote: resumen de la información disponible; información para técnicos. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 16 p.
- CATIE. 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central: Guía de campo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica. Manual técnico N° 4.
- CEVALLOS, M. 1978. Achiote. Lima, Perú, Ministerio de Agricultura y Alimentación. 16 p.
- ENRIQUEZ, G.; SALAZAR, L. 1983. Variabilidad genética del rendimiento y algunas otras características del achiote (*Bixa orellana* L.) In Aspectos sobre el Achiote y Perspectivas para Costa Rica. Trabajos presentados. Ed. por J. Arce P. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N° 47 p. 77-102.
- GARA, R.I.; ALLAN, G.G.; WILKINS, R.M.; WHITMORE, J.L. 1976. Comportamiento en vuelo y selección de hospedero del barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* Zeller (Lep:Phycitidae). In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por J. Whitmore L. IICA. Publicación miscelánea N° 101. V. 2 p. 116-121.
- GRIJPMA, P.; GARA, R.I. 1976. Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) L. Host selection behavior. In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por P. Grijpma. IICA. Publicación miscelánea N° 101. V. 1 p. 26-33.
- HIDALGO, S.O. 1976. Control de *Hypsipyla grandella* (Zeller) por métodos microbiológicos. In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por J. Whitmore L. IICA. Publicación Miscelánea N° 101. V. 3 p. 56.
- : PALM, D.J. 1976. Susceptibility of first instar larvae to *Bacillus thuringiensis*. In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por J. Whitmore L. IICA. Publicación Miscelánea N° 101. V. 1 p. 88.
- HILL, S.D. 1975. Agricultural insect pests of the tropics and their Control. London, Cambridge University. 516 p.
- HOLDRIDGE, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. p. 216.

- HOLSTEN, E.H. 1976. Life cycle of *Hypsipyla grandella* (Zeller). In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por J. Whitmore L. IICA. Publicación Miscelánea Nº.101. V 3 p. 112-116.
- HOLLAND, W.J. 1968. The moth book. New York. Dover. 479 p.
- HOLLOWAY, T.E.; HALEY, W. E.; LOFTIN, U.C. 1928. The sugarcane moth borer in the United States. USDA Technical Bulletin 41: 1-76.
- HRDY, I.; JASIC, J.; NOVAK, K.; RUZICKA, Z.; VALLO, V.; WEISMANN, L.; ZÉLENY, J. 1968. The sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Lep., Pyralidae), in Cuba: I. Bionomics and ecology. Acta Entomologica Bohemoslovaca 65: 436-457.
- INGRAM, J.S.; FRANCIS, B.J. 1969. The annatto tree (*Bixa orellana* L.): A guide to its occurrence, cultivation, preparation and uses. Tropical Science 11(2):97-102.
- KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. San José, Costa Rica, ODA IICA. 182 p.
- LEON, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica. IICA O E A. p.448-450.
- LIZANO, C.L. 1969. Estudio sobre el cultivo del achiote. San José, Costa Rica, Oficina del Café. 34 p.
- MADDOX, D.M. 1969. Sex determination of pupae of *Vogtia malloi* (Lepidoptera: Phycitidae). Annals of the Entomological Society of America 62: 1212-1213.
- MISKIMEN, G.W. 1965. Non aseptic laboratory rearing of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis*. Annals of the Entomological Society of America 58: 820-823.
- MOOD, A.M.; GRAYBILL, F.A.; BOES, D.C. 1974. Introduction to the theory of statistics. 3 ed. United States of América. 564 p.
- MORERA, A.J. 1983. Mantenimiento de colecciones de achiote en bancos de germoplasma. In Aspectos sobre Achiote y Perspectivas para Costa Rica: Trabajos presentados. Ed. por J. Arce P. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico. Nº. 47. p. 122-133.

- MORTON, J.F. 1960. Can annatto (*Bixa orellana* Linnaeus), an old source of food color, meet new needs for safe dye. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 73:301-309.
- NEGM, A.A.; HENSLEY, S.D. 1967. The relationship of arthropod predators to crop damage inflicted by the sugarcane borer. Journal of Economic Entomology 60: 1503-1506.
- NOVAK, K. 1967. Contribución a la bionomía de *Diatraea saccharalis* (Fabricius). Poeyana (A), 44: 7.
- NÚÑEZ, W.J.; HENSLEY, S.D.; COLMER, A.R. 1968. Microflora of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis*. Annals of the Entomological Society of America 61: 1427-1429.
- OCAMPO, R.A. 1983. Aspectos agronómicos sobre el cultivo del achiote (*Bixa orellana* L.) en los cantones de Aguirre y Dota. In Aspectos sobre el Achiote y Perspectivas para Costa Rica. Trabajos presentados. Ed. por J. Arce P. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 47. p.43-57.
- PASSOA, S.C. 1985. Taxonomy of the larvae and pupae of economically important Pyralidae in Honduras. (Borrador de Tesis para Maestría). University of Florida.
- PEAIRS, B.F.; SAUNDERS, J.L. 1980. *Diatraea lineolata* y *D. saccharalis*: una revisión en relación con el maíz. Agronomía Costarricense 4(1):123-135.
- RAMIREZ, J.; SANCHEZ. 1976. Comments on the population dynamics of *Hypsipyla grandella* (Zeller). In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por J. Whitmore L. IICA. Publicación Miscelánea No.101. V. 3 p.57-59.
- RIVERA DE LEON, S. 1980. El cultivo del achiote. Guatemala. Ministerio de Agricultura. 16 p.
- RIVERA, D.; FLORES, M. 1988. Morfología floral del achiote, *Bixa orellana* L. (Bixaceae). Revista Biología Tropical 36(2B):499-509.
- RIVERA, R. 1973. El achiote: una promesa para El Salvador. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, El Salvador. Circular No.80. 12 p.

- RODRIGUEZ, G.; ENRIQUEZ, G. 1983. Estudio preliminar del desarrollo de ramas y la biología floral en *Bixa orellana* L. In Aspectos sobre el Achiote y Perspectivas para Costa Rica. Trabajos presentados. Ed. por J. Arce P. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N.º. 47. p. 58-76.
- RODRIGUEZ, R.L. 1964. Apuntes y guía de laboratorio de botánica sistemática. 2 ed. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.
- ROSS, H.H. 1956. Introducción a la entomología general y aplicada. 3 ed. Ediciones Omega. 536 p.
- SANCHEZ, M.R. 1965. El achiote. Agricultura Tropical (Colombia) 21(4):224-227.
- SINHA, R.N.; WATTERS, F.L. 1985. Insect pests of flour mills, grain, elevators, and feed mills and their control. Ottawa, Canada. 290 p. Publication of Agriculture Canada. No. 177GE.
- SLIWA, D.; BECKER, V.O. 1976. Observations on emergence and mating of adults in captivity. In Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. por J. Whitmore L. IICA. Publicación Miscelánea N.º. 101. V. 2 p. 42-46.
- TUCKER, R.W. 1936. Larval dispersion of *Diatraea saccharalis*. Fiji Journal (Barbados) 6: 157-169.
- 1935. The effect of climatic conditions on *Diatraea saccharalis*. Fiji Journal (Barbados) 4: 114-128.



## 8. ANEXOS

ANEXO 1A.

Fecundidad y duración de las etapas del ciclo de vida de varias especies de la familia Pyralidae

Especies	Nº Huevos	Estado huevo (días)	Periodo larval (días)	Nº estad.os	Periodo pupal (días)	Longe. vida adulto (días)
<i>Argona leftini</i> (Dyar)	-	5	-	-	-	-
<i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller)	200	-	45-120	-	10-15	-
<i>Antigastra catalaunalis</i> (Duf.)	20	2-6	15-18	5	4-9	5-6
<i>Chilo orichalcociliella</i> (Strand)	-	4-6	-	-	-	-
<i>Chilo partellus</i> (Swinhoe)	-	7-10	20-35	-	7-10	-
<i>Chilo polychrysa</i> (Meyr.)	-	4-7	15-43	-	6	2-3
<i>Chilo suppressalis</i> (Walker)	-	5-6	-	-	6	3-5
<i>Cnaphalocrosis asinalis</i> Guenee	-	4-7	15-25	-	6-8	-
<i>Corcyra cephalonica</i> Stainton	150	-	-	-	-	-
<i>Craabus</i> sp.	-	-	-	-	10-21	-
<i>Diaphania hyalinata</i> (Linnaeus)	-	4-5	14-21	5	5-10	-
<i>Diaphania nitidalis</i> (Stoll)	-	4-5	14-21	5	5-10	-
<i>Diatraea lineolata</i> Walk.	377	3-9	31	7	7-12	♀ 3.9:2.8 ♂
<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius	-	4-9	20-30	7	6-12	3-5
<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Zeller)	-	3-7	13-24	6	6-11	-
<i>Eldana saccharina</i> Walk.	200	5-6	30-35	6	7-14	3-5
<i>Ephesia elutella</i> (Huebner)	250	-	-	-	-	-
<i>Etiella zinckenella</i> (Treits)	47-100	5-10	25	-	9-14	-
<i>Evergestis rimosalis</i> (Guen.)	-	-	-	-	7-10	-
<i>Fundella pellucens</i> Zeller	-	3-8	18-25	-	7-14	-
<i>Hellula phidilealis</i> (Walk.)	-	4-6	10-17	-	9-11	-
<i>Herpetogramma bipunctalis</i> (Fabricius)	-	4-6	10-21	-	7	-
<i>Hypsipyla ferrealis</i> (Hampson)	570	5	22-29	5	11	-
<i>Hypsipyla grandella</i> (Zeller)	319	3-11	50	6	6-12	♀ 8.8:6.25 ♂
<i>Laoprosena indicata</i> (Fabricius)	-	4-5	11-21	-	5	-
<i>Maruca testulalis</i> (Geyer)	-	2-3	8-15	5	6-5	-
<i>Megastes grandelis</i> Guen.	-	7	35-50	-	14	-
<i>Nymphula depunctalis</i> Gn.	50	2-6	15-30	4	4-7	21
<i>Ostrinia nubilalis</i> (Huebner)	250	5-15	-	5	-	-
<i>Pileos periusalis</i> (Walk.)	-	5-6	14-20	-	7-10	-
<i>Plodia interpunctella</i> (Huebner)	50-170	2-17	13-200	5	15	5-15
<i>Polycrammodes elegeta</i> (Fabricius)	-	5-6	20-75	5	3-14	-
<i>Prophantia smaragdina</i> (Butler)	-	6	14	-	6	4
<i>Pyralis farinalis</i> Linnaeus	250	-	-	-	-	7-21
<i>Rupela albinella</i> (Cram.)	-	7-9	30-50	6	7-10	-
<i>Tryporyza innotata</i> (Wlk.)	-	4-9	19-31	-	7-11	4-12
<i>Zinckenia fascialis</i> (Cram.)	-	4	14	-	7	-

Fuentes: Bonnemaison 1975, Hill 1975, King y Saunders 1984, Sinha y Watters 1985.

## ANEXO 2A.

Análisis de varianza para la variable número de larvas de *M. melanoleuca* en el cultivo de achiote. CATIE, Turrialba.1991.

FUENTE DE VARIACION	G.L	CUADRADO MEDIO	F	Pr>F
Estrato de muestreo (E)	2	3.5664	9.24	0.0002**
Introducción (I)	7	3.0054	7.78	0.0001**
E * I	14	0.2432	0.63	0.8358
Semana de muestreo (S)	9	1.8693	4.84	0.0001**
E * S	18	0.3623	0.94	0.5344
I * S	63	0.4161	1.08	0.3563

CV = 83.7230

\*\* = Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ )

\* = Significativo ( $P \leq 0.05$ )

## ANEXO 3A

Prueba de Tukey para el promedio de larvas de *M. melanoleuca* registradas por cápsula de achiote, para introducción, estrato de muestreo y muestreos. CATIE, Turrialba, 1991.

TRATAMIENTO	PROMEDIO DE LARVAS	
<b>Introducción</b>		
5331-2-3-4	1.377	a*
12885-2	0.904	ab
10752-1	0.851	b
6196-1	0.756	bc
6195-1	0.608	bc
6197-1	0.586	bc
6200-2	0.528	bc
6195-2	0.328	c
<b>Estrato</b>		
Inferior	0.9755	a
Superior	0.6867	b
Intermedio	0.5644	b
<b>Semana de muestreo</b>		
27	1.386	a
31	0.856	ab
34	0.837	ab
32	0.834	ab
29	0.776	b
33	0.709	b
30	0.624	b
28	0.550	b
35	0.458	b
36	0.392	b

\* Los valores seguidos por la misma letra no son significativos al 5% de probabilidad.

Datos transformados a  $\sqrt{x + 0.5}$

## ANEXO 4A.

Análisis de varianza para la variable número de cápsulas de  
achiote dañadas por *M. melanoleuca*. CATIE, Turrialba, 1991.

FUENTE DE VARIACION	G.L	CUADRADO MEDIO	F	Pr>F
Estrato de muestreo (E)	2	0.1621	1.13	0.3268
Introducción (I)	7	1.7751	12.35	0.0001**
E * I	14	0.1535	1.07	0.3922
Semana de muestreo (S)	9	0.7715	5.37	0.0001**
E * S	18	0.2617	1.82	0.0293*
I * S	63	0.1819	1.27	0.1321

CV = 21.9631

\*\* = Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ )

\* = Significativo ( $P \leq 0.05$ )

## ANEXO 5A.

Prueba de Tukey para el promedio de cápsulas de achiote dañadas por *M. melanoleuca* por introducción, estrato de muestreo y muestreos. CATIE, Turrialba. 1991.

-----  
 TRATAMIENTO PROMEDIO DE CAPSULAS DAÑADAS  
 -----

## Introducción

6197-1	1.9838 a*
6200-2	1.9305 ab
5331-2-3-4	1.9278 ab
6196-1	1.8375 ab
12885-2	1.7247 abc
6195-1	1.6300 bc
10752-1	1.4666 cd
6195-2	1.3061 d

## Estrato

Inferior	1.7724 a
Superior	1.7228 a
Intermedio	1.6825 a

## Semana de muestreo

29	1.978 a
32	1.893 a
27	1.871 a
31	1.842 a
30	1.754 ab
28	1.734 ab
34	1.640 ab
33	1.638 ab
35	1.457 b
36	1.452 b

-----  
 \* Los valores seguidos por la misma letra no son significativos al 5% de probabilidad.

Datos transformados a  $\sqrt{x + 0.5}$

## ANEXO 6A.

Prueba de Tukey para el promedio de espinas por  
cápsula según introducción. CATIE, Turrialba.  
1991.

INTRODUCCION	PROMEDIO DE ESPINAS
6200-2	290.6 a*
5331-2-3-4	272.8 a
10752-1	268.8 a
6195-1	256.4 a
6196-1	181.0 b
12885-2	144.0 c
6195-2	133.5 c
6197-1	92.5 d

\* Los valores seguidos por la misma letra no son  
significativos al 5% de probabilidad

## ANEXO 7A.

Relación entre el porcentaje de cápsulas dañadas y el número de larvas, según introducciones. CATIE, Turrialba. 1991.

INTRODUCCION	INTERCEPTO	NUMERO LARVAS	r <sup>2</sup>	C.V.
6195-2	0.089 **	0.072 **	0.20	77.30
12885-2	0.165 **	0.040 **	0.27	40.76
10752-1	0.068 **	0.070 **	0.57	55.00
6195-1	0.174 **	0.022 NS	0.11	56.43
5331-2-3-4	0.139 **	0.062 **	0.52	35.80
6200-2	0.268 **	0.028 NS	0.03	47.58
6196-1	0.212 **	0.037 **	0.21	33.34
6197-1	0.246 **	0.053 **	0.49	33.93

\*\* = Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ )

NS = No significativo



## ANEXO 8A.

Intervalos de confianza para el muestreo secuencial de cápsulas dañadas por introducción, su PCD y PPR. CATIE, Turrialba. 1991.

INTRODUCCION	CAPSULAS MUESTREADAS	CAPSULAS DANADAS	PCD	PPR	INTERVALO DE CONFIANZA
6195-2	49	11	22.50	20.20	$P(0.1122 \leq \theta < 0.3366) \geq 0.72$
12885-2	40	10	25.00	14.10	$P(0.123 \leq \theta < 0.375) \geq 0.70$
10752-1	55	11	20.00	15.60	$P(0.10 \leq \theta < 0.30) \geq 0.71$
6195-1	36	13	36.11	34.60	$P(0.2059 \leq \theta < 0.5163) \geq 0.73$
5331-2-3-4	36	10	27.77	23.31	$P(0.1389 \leq \theta < 0.4165) \geq 0.71$
6200-2	83	20	24.09	21.00	$P(0.1380 \leq \theta < 0.3220) \geq 0.75$
6196-1	55	11	20.00	16.48	$P(0.10 \leq \theta < 0.30) \geq 0.71$
6197-1	40	11	27.50	26.34	$P(0.1375 \leq \theta < 0.4125) \geq 0.73$

CD = Porcentaje de cápsulas dañadas

PR = Porcentaje de pérdida en rendimiento