

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**DETERMINACIÓN DE LA BIOLOGÍA DEL BARRENADOR
Caryedon serratus (Oliver) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE:
PACHYMERINAE) DEL FRUTO DE TAMARINDO
(*Tamarindus indica* L.)**

TESIS



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

PRESENTA:

JOSÉ MANUEL GUTIÉRREZ BAUTISTA

CHAPINGO, MÉXICO, JULIO DE 2009



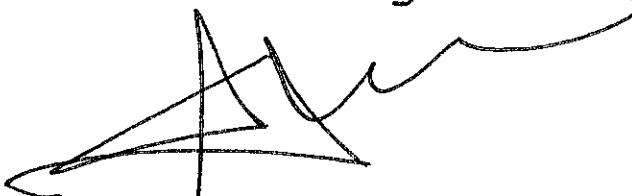
DETERMINACIÓN DE LA BIOLOGÍA DEL BARRENADOR *Caryedon serratus* (Oliver) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE: PACHYMERINAE) DEL FRUTO DE TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.)

Tesis realizada por José Manuel Gutiérrez Bautista, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

COMITÉ ASESOR:

DIRECTOR:



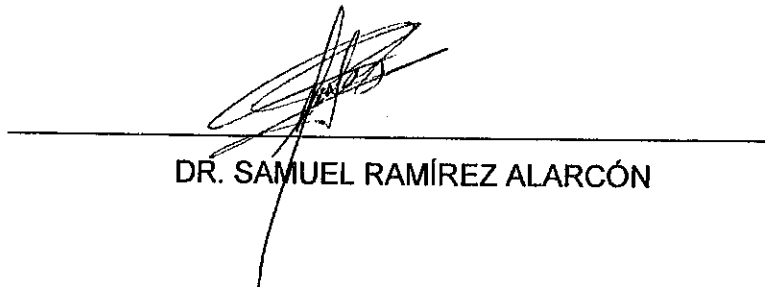
DR. VÍCTOR MANUEL PINTO

CODIRECTOR



DR. MARIO OROZCO SANTOS

ASESOR:



DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

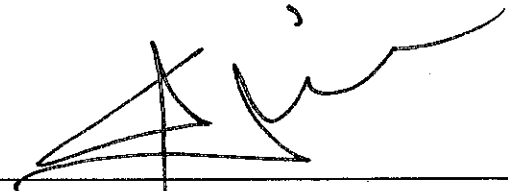
Chapingo, México, Julio de 2009

DETERMINACIÓN DE LA BIOLOGÍA DEL BARRENADOR *Caryedon serratus* (Oliver) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE: PACHYMERINAE) DEL FRUTO DE TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.)

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de José Manuel Gutiérrez Bautista, autor del presente trabajo de Tesis de Maestría en Protección Vegetal estuvo conformado por:

JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE



DR. VÍCTOR MANUEL PINTO

CODIRECTOR



DR. MARIO OROZCO SANTOS

ASESOR:



DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

Chapingo, México, Julio de 2009

AGRADECIMIENTOS

AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA, por el apoyo económico otorgado para llevar a cabo los estudios Maestría.

AL CONSEJO MEXIQUENSE DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA, por el apoyo otorgado para llevar a cabo el trabajo de Tesis.

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO, por las facilidades otorgadas para mi formación profesional y personal.

AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS (Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Tecomán), por todo el apoyo brindado en este proyecto.

AL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PROTECCIÓN VEGETAL DEL DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO, por brindarme la oportunidad de obtener el grado de Maestro en Ciencias en Protección Vegetal.

A LA FUNDACIÓN PRODUCE COLIMA A.C., por todo el apoyo otorgado mediante el proyecto: Investigación para el Control Integrado del barrenador del fruto del tamarindo

AL Dr. VICTOR MANUEL PINTO, por su ayuda para dirigir esta investigación y por los consejos brindados.

AL Dr. MARIO OROZCO SANTOS, investigador del INIFAP (Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Tecomán) por su apoyo y facilidades brindadas en el desarrollo del presente trabajo.

AL Dr. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN, por su asesoría para concluir esta investigación.

A TODOS Y CADA UNO DE LOS CATEDRÁTICOS DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PROTECCIÓN VEGETAL, por la formación profesional y personal que me brindaron y la amistad durante mi especialización.

A LAS PERSONAS QUE DE ALGUNA MANERA CONTRUBUYERON PARA QUE SE REALIZARA ESTE TRABAJO, durante todas las etapas del mismo.

UN AGRADECIMIENTO MUY ESPECIAL A TODOS Y CADA UNO DE MIS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN, como a aquellos de otras generaciones, ya que debido a su apoyo y amistad, logre este objetivo en la vida.

DEDICATORIA

A mis padres: Manuel Gutiérrez León y Enriqueta Bautista Hernández por enseñarme e inculcarme valores necesarios para una formación humana y profesional, por ser mi mejor ejemplo a seguir y por brindarme la mejor herencia que un padre puede ofrecer a un hijo, *"la preparación"*

A mis dos hermanas: Martha y Yadira, por ser parte muy importante en todos los logros conseguidos como familia.

A todos mis familiares: por sus consejos y experiencias para enfrentar la vida.

A mi compañera en la vida Adriana: por su apoyo incondicional en todas las circunstancias en la vida, así como a todos mis amigos dentro y fuera de la escuela por compartir momentos indispensables en la formación humana y profesional de mi persona.

BIOGRAFÍA

José Manuel Gutiérrez Bautista, nació el 3 de Junio de 1983, en Colima, Col. México, siendo el menor de 3 hijos y único varón. Recibió la educación básica en el municipio de Coquimatlán Colima; y los estudios medio superior los realizó en el Bachillerato Técnico No. 18 de la Universidad de Colima.

Ingresó a la carrera de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Colima (campus Tecomán), egresando en el año 2006 aprobando el EXAMEN GENERAL PARA EL EGRESO DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS ÁREA FITOTECNIA DEL CENEVAL, con el trabajo de tesis denominado ACCIÓN ANTIBIÓTICA E INSECTICIDA DEL EXTRACTO ACUOSO DE HOJAS DE *Azadirachta indica* (A. JUSS) (MELIACEAE) SOBRE LARVAS DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). Participo en un intercambio académico en la Universidad de Costa Rica en el año del 2004 en la Escuela de Agroalimentarias, tomando cursos en la especialidad de Fitotecnica en San José, Costa Rica.

En Julio de 2006 ingreso a la Maestría en Protección Vegetal, en el Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, egresando en Julio de 2009, con el trabajo de investigación " Determinación de la Biología del Barrenador *Caryedon serratus* (Oliver) (Coleoptera: Bruchidae: Pachimerynae) del Fruto de Tamarindo (*Tamarindus indica*) ".

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Problemática de la producción agrícola en los trópicos.....	4
3.2. Insectos perjudiciales.....	5
3.2.1. Definición de plaga.....	5
3.2.2. Definición de umbral económico.....	6
3.3. El cultivo de tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.).....	6
3.3.1. Área de distribución natural y de naturalización.....	7
3.3.2. Clima.....	7
3.3.3. Suelos y topografía.....	7
3.4. Plagas del tamarindo.....	8
3.4.1. Plagas primarias.....	8
3.4.2. Plagas secundarias.....	9
3.5. Características generales de la familia Bruchidae.....	9
3.5.1 Ciclo biológico.....	9
3.5.1.1. Oviposición.....	11
3.5.1.2. Desarrollo del huevo y eclosión.....	13
3.5.1.3. Biología de la larva.....	16
3.5.1.4. Biología de imago.....	18
3.5.2. Consideraciones ecológicas para los Bruchidae.....	22
3.5.2.1. Influencia del clima.....	22
3.5.2.2. Influencia del terreno.....	22
3.5.2.3. Condición del hospedante.....	23
3.6. <i>Caryedon serratus</i> Oliver (Coleóptera: Bruchidae: Pachimerynae).....	23

3.6.1 Descripción.....	24
3.6.2. Ciclo de vida y hábitos.....	24
3.6.3. Daños y hospederos.....	25
3.6.4. Manejo.....	26
3.7. Técnicas demográficas.....	28
3.7.1. Tablas de vida.....	28
3.7.1.1. Curvas de Supervivencia.....	29
3.7.2. Tablas de fertilidad.....	30
IV. MATERIALES Y METODOS.....	32
4.1. Pie de cría.....	32
4.2. Tablas de vida.....	33
4.2.1. Disección.....	36
4.2.2. Medición de las cápsulas cefálicas.....	37
4.2.3. Análisis de datos.....	38
4.3. Tablas de fertilidad.....	38
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
5.1. Tabla de vida de <i>Caryedon serratus</i> (Olivier).....	41
5.1.1. Determinación de instares larvales de <i>C. serratus</i> (Olivier).....	42
5.2. Tabla de fertilidad <i>C. serratus</i> (Olivier).....	46
5.3. Biología y hábitos <i>C. serratus</i> (Olivier).....	47
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
VIII. LITERATURA CITADA.....	54
IX. APÉNDICE.....	62

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Insecticidas recomendados para el control del barrenador de la semilla o barrenador de fruto de tamarindo.....	27
Cuadro 2. Emergencia y longevidad de <i>C. serratus</i> estudiado en semillas de tamarindo. Chapingo, Méx. 2008.....	42
Cuadro 3. Valores mínimos y máximos del Factor de proporción calculados de las cápsulas cefálicas de los cuatro instares larvales de <i>C. serratus</i>	45
Cuadro 4. Tasa de reproducción y tiempo de generación de <i>C. serratus</i> estudiado en semillas de tamarindo, Chapingo, Méx. 2008.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A-F: Diversas fases del proceso de penetración de la larva neonata de <i>Bruchus ulicis</i> Muls.....	15
Figura 2. Tipos teóricos de curvas de supervivencia.....	30
Figura 3. Material Infestado con (izquierda) y recipiente para mantener y aumentar población de <i>C. serratus</i> (derecha).....	32
Figura 4. Cámara de cría para mantener la población de <i>C. serratus</i> en condiciones controladas.....	33
Figura 5. Adultos de <i>C. serratus</i> y semillas de tamarindo juntos para estimular la oviposición y obtener oviposturas de 24 horas.....	34
Figura 6. Camada de huevecillos con los que se realizaron las tablas de vida y fertilidad de <i>C. serratus</i> bajo condiciones controladas.....	34
Figura 7. Huevos viables eclosionados (izquierda), larvas desarrollándose en el interior de la semilla (centro) y larvas de <i>C. serratus</i> eclosionadas de las semillas dentro de su cocón en el exterior de las semillas de tamarindo (derecha).....	35
Figura 8. Procedimiento para obtener las larvas del interior de las semillas (izquierda) y poder desprender la cabeza del resto del cuerpo de <i>C. serratus</i> (derecha).....	36
Figura 9. Esquema de la cápsula cefálica de las larvas de <i>C. serratus</i> en vista posterior, donde se muestran los sitios considerados para obtener las medidas lineales de anchura y longitud.....	37
Figura 10. Semillas de tamarindo ovipositadas de fechas diarias durante el periodo de oviposición de <i>C. serratus</i> (izquierda) y semillas sanas con adultos incorporados (derecha) para continuar con la tabla de fertilidad.....	39
Figura 11. Dimorfismo sexual de <i>C. serratus</i>	40

Figura 12. Curva de supervivencia de <i>C. serratus</i> estudiado en semillas de tamarindo. Chapingo, Méx 2008.....	41
Figura 13. Anchura de las cápsulas cefálicas de <i>C. serratus</i> en un periodo de 40 días (10 mediciones por día).....	43
Figura 14. Longitud de las cápsulas cefálicas <i>C. serratus</i> en un periodo de 40 días (10 mediciones por día).....	44
Figura 15. Distribución de frecuencias de cápsulas cefálicas de <i>C. serratus</i> en relación al factor de proporción.....	45
Figura 16. Hábito de oviposición de <i>C. serratus</i> en semillas de tamarindo.....	48
Figura 17. Huevo de 24 horas (izquierda), huevo de 72 horas con larva completamente formada (centro), y huevo eclosionado de <i>C. serratus</i> sobre semillas de tamarindo (derecha).....	48
Figura 18. Larva de primer instar (superior izquierda), larva de segundo instar (superior derecha), larva de tercer instar (inferior izquierda) y larva de cuarto instar de <i>C. serratus</i> (inferior derecha).....	49
Figura 19. Pupa en vista ventral (izquierda) y pupa de <i>C. serratus</i> en vista dorsal (derecha).....	50
Figura 20. Adulto formado de <i>C. serratus</i> dentro de su cámara pupal (izquierda) y adulto emergido de la cama pupal (derecha).....	51

**DETERMINACIÓN DE LA BIOLOGÍA DEL BARRENADOR *Caryedon serratus*
(Oliver) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE: PACHYMERINAE) DEL FRUTO DE
TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.)**

José Manuel Gutiérrez Bautista

RESUMEN

El barrenador del fruto, *Caryedon serratus*, es la plaga más importante del tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en la región del Pacífico Norte, y existe poca información sobre la biología de esta especie asociada a leguminosas arbóreas, por lo que este trabajo se realizó con el objetivo de determinar la biología de *C. serratus*, mediante la determinación de sus instares larvales y los parámetros básicos de tablas de vida y fertilidad, así como sus coeficientes de preferencia alimenticia, para generar información básica para un programa de manejo integrado de esta plaga en el cultivo de tamarindo. El estudio se realizó en la Universidad Autónoma Chapingo bajo condiciones controladas de laboratorio encontrando que *C. serratus* es una plaga primaria de tamarindo con una supervivencia del 90%, multiplicándose 21.15 veces cada 58 días en una relación hembra-macho de 1:1.7 y una duración del ciclo biológico de 90 ± 5 días en semillas de tamarindo.
Palabras claves: tablas de vida, supervivencia, tiempo de generación, tasa intrínseca de incremento.

ABSTRACT

The tamarind fruit borer, *Caryedon serratus*, is the most important pest of the tamarind (*Tamarindus indica* L.) in the North Pacific region of Mexico, and exists little information on the biology of this insect associated to arboral leguminous. This work was carried out to know the biology of *C. serratus* determining its larval instars and its basic parameters by the life and fertility tables technique, as well as its nutritional preference coefficients to generate the Basic information for a integrated managemet program for this pest on tamarind crop. The study was made in the University of Chapingo under controlled conditions of laboratory. The results showed that *C. serratus* is a primary pest of tamarind with a survival of 90%, multiplying its population 21,15 times every 58 days in a relation 1:1.7 (female-male) and with a total duration of 90 ± 5 days for its complete biological cycle in tamarind seeds.

Key words: life tables, survival, generation time, intrinsic increase rate

I. INTRODUCCIÓN

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es un frutal originario del continente Africano que se cultiva en la mayoría de las regiones tropicales del mundo (Morton, 1987). En la región Pacífico Centro de México (Colima, Michoacán, Jalisco y Nayarit) se cultivan alrededor de 5,000 hectáreas de tamarindo con una producción estimada de 23,000 toneladas de fruta. El estado de Colima es de los principales productores de tamarindo en México, con una superficie cultivada de 2084 has, en las cuales se producen cerca de 12,000 toneladas anuales (INEGI 2001).

Este cultivo presenta plagas y enfermedades que afectan y reducen la producción y calidad de los frutos (Butani, 1978), tal es el caso del barrenador de los frutos *Caryedon serratus* (Olivier).

C. serratus es una especie de la familia Bruchidae considerada tropicopolitana originaria del viejo mundo, que se alimenta principalmente de semillas de varias plantas de leguminosas, aunque puede ser una seria plaga de *Arachis hipogaea* L. (Matokot *et al.*, 1987), mediante la cual fue introducido a México cuando esta planta fue importada desde África al nuevo mundo (Romero, 2002).

Autores como Sánchez (1994), reportaron en México la presencia de *C. serratus* en semillas de *T. indica* en los estados de Colima, Nayarit, Guerrero, Oaxaca, Baja California Sur, Coahuila, San Luis Potosí, Durango, Chiapas, Tamaulipas, Veracruz, Michoacán, Morelos, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán. Romero (2002), presume que el principal hospedero de *C. serratus* en México es *T. indica*, ya que esta plaga se alimenta principalmente de esta planta en el viejo mundo.

El daño que ocasiona este insecto es durante las etapas de fructificación y postcosecha, ya que desde que emerge la larva esta penetra en las semillas hasta llegar a su estado adulto, que es cuando emerge de la vaina, ocasionando perdidas en rendimiento entre un 15 y 20% al momento de la cosecha y hasta un 50% en postcosecha tanto en pulpa como en las semillas (Orozco-Santos, *et al.*, 2004).

Escasos estudios biológicos se han realizado sobre la mayoría de las especies de Bruchidae con excepción de aquellas asociadas a cultivos de legumbres, por lo que hay pocos detalles registrados sobre el ciclo vital. Cualquier intento serio tentativo de controlar las especies de Bruchidae asociadas con leguminosas arbóreas de zonas áridas se entorpece por la falta de información (FAO, 1983). Es necesario saber, por ejemplo, el momento de la oviposición sobre un huésped determinado, el ciclo vital, los huéspedes en su fase adulta, etc. Esta información también falta para *C. serratus* en especies económicas condiciones de campo, como en el caso de su hospedero natural el cultivo de tamarindo en el Occidente de México.

Con base en lo anterior se desarrollo la investigación con el siguiente objetivo:

II. OBJETIVO

El objetivo del trabajo es determinar la biología de *C. serratus*, mediante identificación de instares larvales, parámetros básicos de las tablas de vida y fertilidad, así como los coeficientes de preferencia de esta plaga para generar información básica para un programa de manejo integrado para ésta plaga en el cultivo de tamarindo.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Problemática de la producción agrícola en los trópicos

La agricultura y los ecosistemas de pastoreo son ecosistemas manejados, sujetos a las mismas coacciones básicas, en comparación con los no manejados (Lee, 1991), en donde se ha presentado una disminución de la biodiversidad y una alteración en el rendimiento de los integrantes de esos hábitats (Cairns y Lackey, 1992; Naeem *et al.*, 1994).

En 1989, más de 1.2 billones de seres humanos, principalmente de las áreas rurales de los trópicos, vivían en absoluta pobreza, definida ésta, como la carencia de los recursos adecuados para reunir las necesidades biológicas esenciales para alimentación, abrigo y techo (Brown, 1990). Dichas gentes, en busca de las necesidades de subsistencia, a menudo hacen uso de los recursos de los bosques tropicales. El reto más frecuente es la degradación del bosque, la deforestación, la administración inadecuada de la biodiversidad, la erosión genética animal y vegetal (Pimentel *et al.*, 1993; Tilman *et al.*, 1994) y la liberación de bióxido de carbono a la atmósfera, por lo que conforme los recursos bióticos se agotan, la pobreza se acelera y el ciclo destructivo continúa (Cairns y Meganck, 1994).

Aunque los humanos cultivan y consumen 25,000 especies de vegetales, casi el 90% del alimento humano es proporcionado por 15 especies de cultivos alimenticios. Estas 15 especies incluyen a la mayoría de cultivos cerealeros tropicales a nivel mundial, brindando la porción principal de las necesidades nutricionales (Pimentel, 1995). A nivel mundial, se han estimado alrededor de 67,000 especies plaga diferentes, que atacan a los cultivos agrícolas; 9,000 son insectos y ácaros, 5,000 son fitopatógenos (USDA, 1960) y 8,000 son malas hierbas (Ross y Lembi, 1985).

Pimentel (1995), menciona que pese a que se aplican a nivel mundial 2.5 millones de toneladas de plaguicidas, además de los controles biológico y de

otro tipo no químico, anualmente se pierde, el 37% de la producción agrícola debido a las plagas, distribuyéndose el 13% por a insectos, el 12% a fitopatógenos y el 12% a las malezas. Así mismo, sólo el 0.1% de los plaguicidas aplicados se ponen en contacto con las plagas objetivo (Pimentel y Levitan, 1986). Como consecuencia, el 99,9% de los plaguicidas usados se mueven dentro del ambiente donde estos causan efectos adversos al ecosistema. En la mayoría de los casos, dos condiciones estarían involucradas generalmente: 1) sin comprometer a los recursos no renovables, y 2) sin permitir el aumento de los niveles de contaminación (Spedding, 1995).

3.2. Insectos perjudiciales

Los insectos son las formas más abundantes de la vida animal sobre la tierra y se encuentran distribuidos en casi todas las partes del mundo. En base a su relación con el hombre, los insectos pueden clasificarse en dos grandes grupos: benéficos y perjudiciales. Algunos insectos deben considerarse como neutrales, debido a que el número de especies es muy pequeño o no afectan lo que es útil para el hombre.

La gran mayoría de los insectos no son perjudiciales, ya que se calcula que son aproximadamente el 0.1% de todas las especies las que dañan de alguna manera lo que es útil para el hombre. Sin embargo, estas especies se encargan de ocasionar pérdidas que promedian entre el 5 y el 15% de la producción agrícola cada año, aún cuando se realizan medidas de control (Pedigo *et al.*, 1989).

3.2.1. Definición de plaga

Una población de insectos se considera plaga cuando reduce la cantidad o calidad de aquello que de alguna manera es utilizable por el hombre (Domínguez, 1989). La humanidad sufre grandes pérdidas por la alimentación y otras actividades de los insectos. Muchas especies se alimentan sobre plantas que el hombre cultiva, otras sobre materiales almacenados, ropa o madera que

los humanos utilizan, otros se alimentan sobre el hombre y otros individuos del reino animal.

3.2.2. Definición de umbral económico

El umbral económico es la base fundamental para decidir el momento oportuno de aplicar o no aplicar una medida de control para una plaga (Pedigo *et al.*, 1989). Una definición clara y que se ha venido utilizando durante varios años, es la propuesta por Stern, *et al.*, (1973) quienes basándose en principios de daño económico y nivel de daño económico dan las definiciones siguientes:

Umbral económico (UE): La densidad a la cual se deben iniciar medidas de control para prevenir un incremento en la población plaga que alcance un nivel de daño económico.

Daño económico (DE): La densidad de daño que justifica el costo de medidas de control artificiales.

Nivel de daño económico (NDE): La menor densidad de población que puede causar un daño económico.

3.3. El cultivo de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

Tamarindus indica L. es un árbol de gran tamaño, larga vida y usualmente siempreverde, nativo a los trópicos del Viejo Mundo. Conocido comúnmente como tamarindo, este árbol se ha plantado y naturalizado extensamente en las regiones tropicales y subtropicales, incluyendo la región del Caribe, la América Central y el norte de la América del Sur (Little, and Wadsworth, 1964). Los árboles maduros crecen hasta una altura de 25 m, con un diámetro de tronco de hasta 150 cm, se caracterizan por una copa redondeada, esparcida y densa, con ramas bajas, hojas parapinadas y una corteza gruesa, gris y con fisuras profundas (National Academy of Sciences 1979).

En los últimos años, en el occidente de México (Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit) se ha incrementado el interés hacia el cultivo de tamarindo, ya que las nuevas plantaciones se han establecido con mejor nivel de tecnificación y se ha mejorado su manejo en huertos en producción (Orozco-Santos, *et al.*, 2004).

3.3.1. Área de distribución natural y de naturalización

El tamarindo es nativo a las sabanas secas del África tropical desde el Sudán, Etiopía, Kenya y Tanzania, hacia el oeste a través del África sub-Saheliana hasta Senegal (Dalziel, 1937; Irvine, 1961). La ciudad capital de Senegal, Dakar, debe su nombre a este árbol. El árbol fue introducido a Egipto, el Medio Oriente y Asia por comerciantes árabes en tiempos antiguos, y al Trópico del Nuevo Mundo en tiempos más recientes, probablemente durante los primeros años del comercio de esclavos procedentes del oeste de África (National Academy of Sciences 1979). Hoy en día se cultiva a nivel pantropical y se ha naturalizado en muchas localidades, particularmente en el sur de Asia y América Tropical (Chaturvedi, 1985).

3.3.2. Clima

El tamarindo se ha adaptado a regiones que poseen estaciones secas de larga duración, se desarrolla en climas con una temperatura media anual de 21 °C y a una altura inferior a 600 msnm. (National Academy of Sciences 1979). En regiones tropicales húmedas con un patrón de precipitación continua, los árboles tienden a crecer de manera pobre y por lo general no producen fruta (Ethel, 1981; National Academy of Sciences 1979). Las plántulas son muy sensitivas a las heladas, pero pueden soportar las sequías (Troup, 1921). Las ramas, flexibles pero fuertes, rara vez se ven afectadas por el viento, y se sabe que el árbol es resistente durante huracanes (National Academy of Sciences 1979).

3.3.3. Suelos y topografía

El tamarindo requiere de suelos bien drenados y crece mejor en suelos aluviales profundos de textura Franco Arcillo Arenoso (Chaturvedi, 1985). La especie puede prosperar en una variedad de suelos, incluyendo las arenas costeras y los suelos rocosos (National Academy of Sciences 1979) aunque se

ha reportado un crecimiento pobre en sitios caracterizados por capas inferiores sólidas, calcáreas y poco profundas (Chaturvedi, *et al.*, 1986). Se encuentra bien adaptado a las sabanas secas y suelos pobres en tierras bajas

3.4. Plagas del tamarindo

A escala mundial, se reporta que el tamarindo es atacado por un gran número insectos plaga (Butani, 1978). Tan solo en la India, alrededor de 40 especies de insectos han sido reportados atacando a este frutal causando severas pérdidas económicas (Joseph y Oommen, 1960). Las plagas más importantes del cultivo son: defoliadores, escamas y otros chupadores de savia (homópteros), barrenadores de frutos, ramas, troncos y diversas plagas de almacén (lepidópteros y coleópteros) (Coronel, 1991; Gunasena y Hungnes, 2000).

En el región Pacífico Centro de México (Colima, Michoacán, Jalisco y Nayarit), las plagas más importantes que afectan al cultivo de tamarindo son el barrenador de troncos, de ramas y de frutos, así como el picudo del fruto, el salivazo y algunas hormigas. Durante la etapa de fructificación y desarrollo del fruto que ocurre en los meses de Agosto a Marzo se presentan ataques de todas estas plagas, que causan pérdidas de 15 a 20 % al momento de la cosecha; algunas se presentan desde que el árbol es plantado y también durante el almacén de la fruta causando pérdidas hasta del 50 % (Morton, 1987; Orozco-Santos, 2001).

3.4.1. Plagas primarias

Se incluyen en este grupo a los insectos que son capaces de romper el pericarpio de la semilla para llegar al endosperma del cual se alimentan. Integran este grupo todos los gorgojos barrenadores y larvas de palomillas que perforan a las semillas. Las plagas primarias causan graves daños a los productos almacenados porque además del daño directo que ocasionan, facilitan la entrada de las plagas secundarias (Anónimo, 1977).

3.4.2. Plagas secundarias

Son insectos incapaces de romper el grano para iniciar su ataque, por lo que no afectan el fruto directamente.

En México, las plagas primarias y secundarias que mayores daños ocasionan a los granos y productos almacenados, son del los ordenes Coleoptera y Lepidoptera (DGSV, 1981).

3.5. Características generales de la Familia Bruchidae

La familia Bruchidae es un grupo homogéneo de insectos pertenecientes al orden Coleoptera, filogenéticamente comprendido entre otros Phytophaga tales como Chrysomelidae y Curculionidae y cuya principal característica biológica es la de presentar un régimen alimenticio de tipo cletrofágico, esto es, devorador de semillas, en su mayor parte de especies de Papilionáceas, entre las cuales quedan comprendidas numerosas especies de leguminosas comestibles, por lo cual estos insectos revisten una gran importancia económica. Los brúquidos de interés agrícola y fitosanitario han sido objeto de numerosos estudios encaminados al conocimiento de su biología, para posteriores ensayos destinados a su control y lucha. En Estados Unidos (Larson, 1927), en Alemania (Zacher, 1930), en Inglaterra (Heford, 1935) y en Francia (Lepesme, 1945).

3.5.1 Ciclo biológico

Los brúquidos, debido a una diferenciación del comportamiento en sus diversos estadios larvarios, presentan un desarrollo en el cual acusan diferencias morfológicas que en conjunto se denomina hipermetamorfosis, fenómeno que encontramos en otros grupos de coleópteros tales como carábidos, estafilínidos, meloideos, etc. Básicamente presentan dos tipos de larva a lo largo de su desarrollo ontogénico (Hoffmann, 1945):

- a) *Larva primaria*: llamada también neonata o crisomeloide, representaría el eslabón que los une a los crisomélidos, por cuanto se refiere a la presencia de patas ante la exigencia del desplazamiento para la búsqueda del alimento.
- b) *Larva secundaria*: llamada también melolontoide o curculionoide, representaría el eslabón que filogenéticamente los une a los curculiónidos referente a la ausencia de patas funcionales, ante una vida endofítica, fundamentalmente cletrofágico, donde el movimiento es casi nulo por tener el alimento en su inmediato alcance.

La hipermetamorfosis, si bien es común a muchas especies de brúquidos, está más bien presente en aquellas especies filogenéticamente más próximas a los crisomélidos; pero hay otras especies que, debido a su curso evolutivo, han sufrido un proceso de aceleración de la ontogenia o taquigénesis, por la cual la larva neonata es ya ápoda, ya que en realidad las patas son órganos en regresión en esta familia pues carecen de función. Tales son los casos de las especies de *Spermophagus*, *B. signaticornis*, *B. perparvulus*, etc. Desde el punto de vista del ciclo biológico, encontramos dos grandes grupos en estos insectos:

- a) *Monovoltinos*: especies que presentan una sola generación al año, muy raramente dos generaciones. Sus larvas son incapaces de desarrollarse en granos secos y por lo general sólo se desarrolla una larva por semilla. La ovipostura se realiza exclusivamente en el campo y el ciclo dura por término medio unos 50 días, cifra que varía según la especie y las condiciones ecológicas (Shomar, 1963). El adulto pasa por un largo período de inactividad durante el invierno. Son los casos de la mayor parte de las especies de nuestra región y muchas de amplia dispersión, tales como *B. pisorum* L., *B. rufimanus* Boh., *B. brachialis* Fahrs., *B. signaticornis* Gyll., *B. lentis* Fról., etc.

b) *Polivoltinos*: especies que presentan más de dos generaciones al año, generalmente de tres a cuatro generaciones en circunstancias ecológicas propicias (Hoffmann, 1945), cifra que varía según la temperatura y humedad de donde se ocasione la infestación, así como la humedad de las semillas. A este grupo pertenecen especies de origen frecuentemente tropical, como *Acanthoscelides obtectus* Say., *Callosobruchus chinensis*, L., *C. maculatus* F., *Zabrotes subfasciatus* Boh., etc. La oviposición se realiza primero en el campo y luego en semillas secas almacenadas. Como las generaciones ocurren ininterrumpidamente, por lo cual, el adulto, al abrigo de los graneros, generalmente no tiene que invernar. A este grupo pertenecen pues, las especies más perjudiciales para nuestra agricultura.

1.5.1.1. Oviposición

Al llegar la estación propicia, generalmente primavera avanzada en las especies monovoltinas, una vez verificado el acoplamiento, la hembra busca la planta huésped para realizar la oviposición (Shomar, 1963). El período de oviposición depende fundamentalmente del clima y la fenología de la planta huésped. En las especies polivoltinas, existe una generación que realiza la oviposición en la naturaleza, en los cultivos, pero en sucesivas generaciones la realizará directamente en los productos almacenados (granos, semillas, frutos etc.). Durante la época de oviposición existe un máximo de actividad de ovipostura que se mantiene durante pocos días y luego baja rápidamente manteniéndose durante pocos días a un nivel constante hasta desaparecer. Esta actividad puede ser interrumpida por factores externos, principalmente de tipo ecológico, lo que hace que la eclosión no sea sincrónica en la mayor parte de las veces.

Durante la oviposición, la hembra se dirige a los frutos tempranos de la planta huésped, situándose cerca del cáliz y explorando la superficie del fruto mediante sucesivos contactos de antenas y palpos. Esta exploración va encaminada a la búsqueda del lugar propicio para ovipositar, lo suficientemente cercano al lugar donde se encuentra la semilla y, por otro lado, para comprobar

si el fruto es virgen, es decir, si no hay efectuada ya una ovipostura (Hoffmann, 1945). En caso de haber una ovipostura, generalmente abandonan la vaina y se dirigen a otro fruto donde no haya ninguna. El lugar de la ovipostura varía según el estado fenológico de la planta, así encontramos que en los frutos tempranos se realiza cerca del cáliz, próximo al lugar de inserción de la semilla y en frutos maduros y dehiscentes, directamente sobre la semilla a través de la hendidura de dehiscencia. Las especies polivoltinas hacen una oviposición con menos cuidados, frecuentemente poniendo paquetes de 2-30 huevos, directamente sobre los granos almacenados o bien en las paredes del recipiente, próximos a éstos. Hay especies monovoltinas, como *B. pisorum*., que hacen una puesta numerosa en cada fruto, pero como veremos más adelante, sólo se desarrollará una larva por grano. Este fenómeno puede ocurrir cuando son escasos los frutos ya que la hembra suele optar por una ovipostura numerosa antes que dejar los huevos sobre un soporte cuya distancia respecto de la semilla impedirá el alcance de la larva neonata. En condiciones experimentales, donde no hay frutos para la ovipostura, ésta se realiza sobre diversos soportes tales como tallos, hojas, paredes del recipiente, etc., pero preferentemente sobre superficies rugosas, ya que en superficies lisas el huevo no puede adherirse bien.

En el momento de la oviposición, la hembra deja caer una gota de líquido hialino, viscoso, que al contacto con el aire se seca rápidamente. Inmediatamente después de dejar caer dicho líquido, pone un huevo con una orientación (ya realizada en los conductos genitales) constante: con la cara del huevo más plana sobre el sustrato. Es importante para el insecto que el huevo esté bien adherido por dos razones: de una parte, se impide que los agentes exteriores, como el viento y la lluvia, lo desprendan y por tanto lo alejen de la planta huésped y por otra parte se asegura la penetración de la larva neonata en el fruto (Hoffmann, 1945).

Al parecer, en la elección de la planta huésped intervienen tanto factores externos como factores propios de la especie, fundamentalmente ciertos tropismos. Así se ha constatado que, entre diversas variedades de una misma planta y en un mismo cultivo, la hembra suele elegir una variedad determinada, posiblemente en función de un quimiotropismo más o menos selectivo, según las especies. Tal es así, que hay variedades de guisantes denominados "resistentes" que apenas consiguen el reclamo de *B. pisorum* L. Por otra parte, la hembra suele hacer la puesta en aquellas variedades de estado fenológico más avanzado, donde la semilla es más visible merced a la dehiscencia.

3.5.1.2. Desarrollo del huevo y eclosión

La hembra de los brúquidos suele hacer una ovipostura numerosa, generalmente de varios centenares de huevos. Una de las posibles causas de tan elevado número de huevos debe ser su alto índice de mortalidad. En efecto, un gran número de huevos no terminan su evolución, ya sea por factores externos: roces de mamíferos con las plantas, predación, parasitismo, entre otros. Además influyen otros aspectos propios de la oviposición: el huevo queda poco adherido al sustrato e impide la emergencia de la larva al perder el apoyo del corion.

El período de evolución del huevo o incubación es bastante rápido en condiciones climáticas óptimas. Por término medio dura una decena de días. Sin embargo, esta cifra, característica de cada especie, puede alterarse variando desde muy pocos días, debido a un incremento de humedad y temperatura ambientales, a más de 15 días en condiciones muy frías o secas (Hoffmann, 1945).

Se puede seguir a *grosso modo* la evolución del huevo exteriormente. El primer día el huevo aparece como una bolsa hialina y transparente, luego pasa a ser translúcido y no transparente; en los últimos días puede apreciarse el embrión, sobre todo la cabeza, que aparece más oscura por su quitinización (Shomar, 1963).

En su último estadio embrionario, la p rvara se encuentra con el dorso en contacto con la parte más plana del huevo, esto es, en contacto con el sustrato (Figura 1), con la cabeza dirigida hacia la parte más convexa del huevo, ligeramente retraída sobre el protórax, dejando vacía aproximadamente una quinta parte del huevo, precisamente detrás de la cabeza. En esta posición las piezas bucales no est n en contacto con el sustrato, por lo que a continuación la l rvara va a efectuar un giro lateral de 180  que la pondr  centralmente en contacto con dicho sustrato y entonces estará en condiciones de penetrar a través del fruto y llegar a la semilla. Para ello, contrae y luego extiende el cuerpo, con lo que consigue que la placa pronotal tome anclaje en las paredes del corion, al cual suele dañar en su parte más delgada. A continuación, ayudándose de las patas, labios anales y espinas abdominales, gira poco a poco hasta quedar en posición lateral (Figura 1), quedando inmóvil en esta posición durante algún tiempo. Por último, y debido a los anclajes y palancas efectuadas sobre las paredes del cori n mediante las mandíbulas, placa pronotal, patas, etc., y contracciones del cuerpo, consigue por fin llegar a la posición correcta, es decir, ventralmente, en contacto con el sustrato (Hoffmann, 1945).

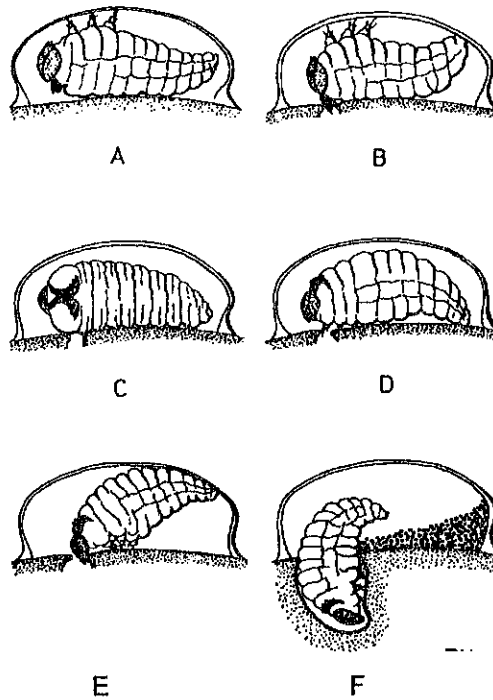


Figura 1. A-F: Diversas fases del proceso de penetración de la larva neonata de *Bruchus ulicis* Muls.

En esta posición, la lárvula inicia la penetración a través de las paredes del corion y fruto para llegar a la semilla. Para esta operación, la lárvula toma apoyo en el polo posterior del abdomen; luego, apoyándose con patas y mandíbulas, se contrae vigorosamente, quedando la placa pronotal con la pared dorsal del corion y las mandíbulas perpendicularmente a la pared inferior o delgada del mismo. En esta postura, la larva comienza a taladrar el corion, consiguiendo practicar un agujero por donde meterá primero la cabeza (Figura 1) y luego, gracias al anclaje de la placa pronotal sobre el borde de dicho agujero, consigue meter el tórax tras haber conseguido profundizar el taladrado. De aquí se desprende la necesidad de que el huevo esté bien adherido al sustrato, pues de lo contrario, aunque se verifique la eclosión y la lárvula se desplace hasta la semilla, al carecer de punto de apoyo, muere en pocas horas. En algunas especies polivoltinas como *A. obtectus*, la larva neonata, muy móvil, soslaya este problema al encontrarse con los granos directamente en el granero y tener

opción y elegir aquellos que ya tengan algún agujero o hendidura provocados por sus congéneres o bien accidentalmente (Shomar, 1963).

Durante el taladraje, las limaduras son dirigidas hacia atrás y son diminutas esférulas que pueden ser confundidas con excretas del insecto. Estas limaduras pasan primero por la parte ventral, movidas por las patas, luego, mediante contracciones del cuerpo sobre las paredes de la galería, pasan por los lados y por último salen al exterior dorsalmente quedando amontonados en la parte posterior del huevo (Figura 1).

3.5.1.3. Biología de la larva

La duración del desarrollo larvario varía según la especie y las condiciones ecológicas, tanto del propio sustrato como ambientales (Hoffmann, 1945). Como se ha mencionado en las especies monovoltinas, al no poder desarrollarse en granos secos de los almacenes, han de hacer frente a unas condiciones menos fluctuantes que en las especies polivoltinas que están a merced de las condiciones ambientales del granero. Así, se ha visto que para la especie polivoltina, *C. maculatus*, la duración media del desarrollo larvario es de 17-22 días, pero esta cifra varía grandemente según las circunstancias desde 9 días a 8 meses. Sin embargo, la variabilidad del período de desarrollo larvario es más pequeña en las especies monovoltinas y por regla general la duración es de 15-30 días.

Durante este período, la larva sufre una serie de mudas cuyo número depende de la especie, si presenta o no hipermetamorfosis y que por término medio suelen ser 3 mudas. Según De Luca (1956) en *B. lentis*, existen 5 mudas. Las especies monovoltinas que atacan a semillas que luego se almacenarán, no pueden continuar el ciclo ya que el grano se seca y en estas condiciones la larva es incapaz de proseguir el desarrollo.

Una vez conseguida la penetración total de la larva en la semilla, ésta sufre una muda originando una larva secundaria con regresión de los caracteres crisomeloides (patas, placa pronotal). Esta larva continúa la penetración en la semilla a continuación de la pequeña galería, que va aumentando de diámetro conforme ésta aumenta de tamaño, en las sucesivas mudas. Esta progresión siempre es hacia el interior, y en ningún caso la larva retrocede o abandona la galería.

La galería de entrada suele ser corta, no afectando a los cotiledones, cilíndrica y algo arqueada (Hoffmann, 1945). Para algunas especies la muda se verifica del siguiente modo: aparece una incisión dorsal mediana longitudinal. Esta incisión se va abriendo por la presión del cuerpo de la nueva larva. A esta incisión le sucede otra en la cápsula cefálica, la cual se abre por la frente a lo largo de las suturas en tres partes. La larva se contorsiona y va saliendo apicalmente, replegando la exuvia hacia atrás, quedando al final pegada al extremo dorsal posterior del abdomen. Tras la muda, la larva permanece un corto tiempo inmovilizada. Luego continúa su actividad y sigue limando las paredes del albumen lateralmente, de lado a lado, al tiempo que compacta las paredes con una secreción bucal. En este estado, la larva empieza a devorar los cotiledones y la cámara va ensanchándose. Al final del desarrollo de la larva, nos encontramos tantas celdas como mudas haya tenido la larva. Estas celdas van aumentando de tamaño progresivamente y la última celda suele abarcar a una o dos precedentes. Poco antes de pupar, la larva prepara una celda, para lo cual alisa las paredes de la última cámara y lima la pared dorsal de la misma hasta llegar a la cutícula de la semilla, la cual respeta y deja a modo de opérculo por donde saldrá el imago sin esfuerzo alguno, con tan solo una ligera presión. Hay especies tropicales como *P. accaciae*, cuya larva adulta sale de la semilla y a continuación inicia a pupar.

Un hecho importante desde el punto de vista ecológico, por cuanto se refiere a la competencia intraespecífica, consiste en el número de larvas que atacan a

una misma semilla. Como habíamos apuntado anteriormente, en ciertas condiciones, la hembra puede poner numerosos huevos en una misma vaina. Sin embargo, a la postre nos encontramos que en la mayor parte de las especies monovoltinas tan sólo se desarrolla una larva por cada semilla. Este fenómeno se debe a una competencia trófica ligada al tamaño de la semilla. En efecto, puede ocurrir que en una misma semilla entren varias larvas, pero al llegar al segundo instar la larva que haya mudado antes, se encontrará que su galería invade a otras practicadas por otras larvas que aún no han mudado. Entonces, en su progresión las mata, prevaleciendo al término del desarrollo larvario nada más que una larva. En cambio, tanto en las especies polivoltinas como en las monovoltinas que atacan a semillas de gran tamaño (Ej. *B. rufimanus* Boh. en habas), se pueden desarrollar una media de 2-3 larvas por semilla y en ciertas especies este número puede llegar a ser considerable, como ocurre con *A. obfectus*, cuyas larvas llegan a invadir en bloque la semilla hasta agotar por completo todo el albumen de la misma.

La pupa aparece en el último estadio larvario en que la larva se extiende en la celda o cocón y adopta una conformación de prepupa, quedando inmóvil, y en el curso de una media de 10 días, la larva va aumentando de tamaño, sufriendo una serie de transformaciones que en última instancia darán lugar al Imago (Shomar, 1963). En algunas especies monovoltinas, la pupa saldrá al exterior y tras cortos recorridos buscará un refugio para pasar el invierno, pero en otras especies queda en el interior de la celda y entra en diapausia invernal, no saliendo del mismo hasta la primavera siguiente. Esto sucede cuando las vainas son indehiscentes.

3.5.1.4. Biología de imago

Una vez formado el imago, el opérculo coincide estar suficientemente reseco, por lo que es bastante fácil empujarlo con la cabeza y abrirlo. La salida del imago está favorecida por el incremento de la temperatura y el descenso de la humedad ambiental, así como el hecho de que las vainas sean dehiscentes,

pues caso de no serlo el adulto permanecerá en el interior hasta la primavera siguiente.

Una vez fuera, el imago es guiado por una serie de tropismos que le conducen bien a buscar un refugio para pasar el invierno o bien, caso de llegar la primavera, a buscar la planta huésped, acoplarse y hacer la puesta. La longevidad suele ser corta, pero este período se modifica en función de los factores climatológicos y la alimentación.

Experimentalmente, se ha podido comprobar que el imago presenta un fototropismo positivo y un geotropismo negativo, por los cuales el insecto se dirige hacia la procedencia de la luz y siempre hacia arriba. Se piensa que estos tropismos favorecen la salida del insecto de la vaina y le mueven a dirigirse hacia partes aéreas de la planta. Asimismo, favorece la salida del adulto su manifiesto termotropismo, por el cual al aumentar la temperatura, no sólo eclosionan más adultos, sino que éstos manifiestan una mayor actividad, que se traduce también en una ovipostura más abundante y un desplazamiento más continuado. A este respecto, cada especie tiene unos límites de actividad en función de la temperatura, teniendo un óptimo por el cual desarrollan su máxima actividad (Hoffmann, 1945). Ligado al termotropismo, se encuentra un higrotropismo, por el cual un ambiente muy húmedo, como puede ser el resultante de una primavera muy lluviosa, favorece la emergencia masiva de estos adultos.

También se ha podido comprobar experimentalmente que el imago de los brúquidos presenta un claro tigio-tropismo, por el cual suelen preferir las superficies rugosas. Esto puede estar en función de la búsqueda de refugios y abrigos invernales. Resulta curioso observar que nada más salir de la celda larval, los adultos permanecen inmóviles y agrupados unos junto a otros en las proximidades del opérculo.

No se puede pasar por alto el manifiesto quimiotropismo de estos insectos, uno de los caracteres más importantes para conseguir el éxito de la reproducción en la identificación de la planta huésped, carácter común a otros fitófagos. Este quimiotropismo es altamente selectivo para algunas especies, sobre todo para las especies monófagas y oligófagas. A pesar de la importancia de este carácter en la selección de la planta huésped, son numerosas las lagunas que existe en el estado actual del conocimiento. Se sabe que muchas especies tienen apetencia por el pinitol, alcaloide que se encuentra en las leguminosas y en ciertas plantas de abrigo, pero resulta insuficiente para dilucidar los factores químicos que atraen a estos insectos.

Otro fenómeno común a sus parientes fitófagos es el de simulación del estado de muerte o tanatosis cuando es estimulado bien por cambios bruscos de luz o bien por una vibración poco corriente. Inmediatamente después de haber sido estimulado y cuando este estímulo es débil, el insecto suele cambiar de postura y se esconde detrás de las ramas. Si este estímulo persiste o es más fuerte, el insecto se retrae y cae libremente al suelo, en ocasiones queda retenido por el follaje, donde permanecen en una postura inmóvil que recuerda a la del estado de muerte (Hoffmann, 1945). Este queda generalmente reposando sobre su dorso, con la cabeza replegada sobre el tórax y con las antenas reposando sobre la articulación tibio-femoral de las patas anteriores cuando éstas son cortas y a lo largo del vientre cuando son largas; el tórax también se dobla hacia adelante, el primer y segundo par de patas replegadas, con tibias y fémures juntos y tarsos dirigidos hacia abajo, divergentes y reposando sobre el fémur siguiente; tercer par de patas con fémur y tibia algo separados y tarsos dirigidos hacia abajo convergentes. Es decir, una postura muy parecida a la de la larva, pero diferenciándose del verdadero estado mortal en que tanto cabeza como tórax no están tan replegados y las patas tienen una disposición irregular, a menudo dirigidas hacia arriba, con los tarsos entrecruzados. Esta inmovilidad es poco duradera y la estimulación de ciertos órganos, como antenas, palpos y abdomen, devuelven la actividad al animal. Por otra parte, el haber repetido

muchas veces la tanatosis puede impedir, por un fenómeno de aprendizaje, que el animal vuelva a acusar dicho estado.

Durante el invierno, el imago permanece inmóvil, según algunos autores en diapausia invernal en sus refugios o abrigos. Al llegar los primeros días soleados del año, el animal acusa algún movimiento pero no se decide a salir hasta llegada la primavera, de tal modo que conforme va aumentando la temperatura, el número de adultos va aumentando en el campo.

Durante el invierno, en su inmovilidad, se alimenta de las reservas energéticas y algún que otro alimento ocasional que ingieren en los días soleados. A la llegada de la primavera, al incrementar su actividad y estar agotadas sus reservas, necesitan alimentarse. Esta alimentación es fundamentalmente a base de granos de polen, lo cual favorece la maduración de las gónadas, y en ocasiones mordisquean otros órganos de la planta, fundamentalmente el parénquima foliar.

Llegada la maduración de las gónadas, se verifica el acoplamiento. Este suele durar alrededor de 10-15 minutos, y para ello el macho se sitúa sobre el dorso de la hembra sin más ceremonias, a continuación palpa con sus antenas la frente de la hembra, al tiempo que con las patas anteriores mantiene replegadas las antenas de la hembra. Al parecer esto provoca una disminución considerable de la agresividad de la hembra y es curioso que en estos contactos no se verifica la tanatosis por parte de la hembra. Mediante el segundo y tercer par de patas, el macho se agarra a las pleuras de la hembra. Es muy probable que la existencia de espolones y horquillas en la extremidad de las tibias mesotorácicas en muchos machos en *Bruchus* pueden estar en relación con esa función copuladora. En esta posición el macho saca los estilos del tegmen y pene con los cuales estimula a la hembra en la abertura anal-genital hasta provocar la apertura del pigidio por parte de la hembra (Hoffmann, 1945). Por último, tras ponerse en contacto sendas armaduras genitales, el

endófalo es evaginado debido a la presión de la hemolinfa y se introduce en los conductos genitales de la hembra, tras lo cual inyecta los espermatozoides, que quedan almacenados en la espermateca de la hembra. Tras la cópula, la hembra aguarda un período necesario para la fecundación y comienza a realizar la puesta.

3.5.2. Consideraciones ecológicas para los Bruchidae

3.5.2.1. Influencia del clima

El factor climático afecta tanto directa como indirectamente a la dinámica de poblaciones de los brúquidos. En efecto, tanto el viento como la temperatura y humedad de la región influyen en el desarrollo de la planta huésped y, por tanto, también influye en el porcentaje de eclosión de brúquidos. Toda especie tiene una temperatura óptima donde se desarrolla su máxima actividad, que está incluida en un más o menos amplio margen de temperatura favorable y unos límites tanto por debajo como por encima de esta zona favorable, a partir de las cuales su actividad va disminuyendo considerablemente hasta provocarle la muerte. La temperatura y humedad ambientales influyen en la duración del ciclo, en el vuelo o dispersión de los adultos, en la abundancia de la puesta, en el índice de mortalidad, en la longevidad del adulto, en la eclosión, en la duración larval, etc. A este respecto, se sabe que en ambientes muy secos el ciclo se alarga considerablemente, el vuelo de los adultos es más pesado llegando a ser casi nulo, la puesta es escasa, el adulto puede llegar a morir antes de la reproducción, los huevos no eclosionan o se secan, etc.

3.5.2.2. Influencia del terreno

Se ha podido comprobar que la textura y composición de la tierra, al influir en la calidad y desarrollo de la planta, influye también en el porcentaje de brúquidos que atacan a la planta. En efecto, los terrenos de grano blando, de naturaleza calcárea, al guardar más la humedad, dan plantas de mayor desarrollo, cosa que no ocurre con los terrenos duros, de naturaleza silíceas, que guardan menos la humedad.

3.5.2.3. Condición del hospedante

Está directamente relacionada con la influencia del clima. En efecto, las plantas expuestas hacia el sur tienen una precocidad y desarrollo mayores y el insecto tiende a parasitar las plantas más desarrolladas (Hoffmann, 1945). Asimismo la altitud también influye en la dinámica de poblaciones de estos insectos, puesto que las plantas situadas más altamente tienen una floración más temprana, anticipándose a la emergencia de adultos, por lo que el ataque de éstos se reduce considerablemente.

3.6. *Caryedon serratus* Oliver (Coleoptera: Bruchidae: Pachimerynae)

El barrenador de frutos de tamarindo *C. serratus* es la plaga más importante que afecta a los frutos de tamarindo en postcosecha en la región del trópico seco de México (Orozco-Santos y Ortega-Arreola, 2007). Es una especie originaria del viejo mundo, ampliamente distribuida en los trópicos y se alimenta principalmente de las semillas de varios cultivos agrícolas. En otros países, se ha reportado como una plaga importante del cacahuate *Arachis hypogea* L. (Matokot *et al.* 1987). Fue introducido a México en semillas de esta leguminosa procedente de África (Romero, 2002). En la actualidad, esta plaga causa daños importantes en frutos, tanto en campo como en almacén. De acuerdo a Romero (2002), el principal hospedero de *C. serratus* en México es el tamarindo, lo cual coincide con su preferencia alimenticia a este frutal en el viejo mundo (El-Siddig *et al.* 2006). El barrenador de frutos de tamarindo se ha reportado infestando tamarindo en Colombia, Puerto Rico, Egipto, Sudáfrica, Australia y Nueva Caledonia (Mital y Khanna, 1967; Valez Angel, 1972; Cunningham y Walsh 2002; Delobel *et al.* 2003). Autores como Nilsson y Johnson (1993), reportan la presencia de *C. serratus* en semillas de tamarindo en los estados de Colima, Nayarit, Guerrero, Oaxaca, BCS, Coahuila, SLP, Durango, Chiapas, Tamaulipas, Veracruz, Michoacán, Morelos, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán. Más recientemente, se ha consignado la presencia de esta plaga en las zonas

tamarinderas de la Costa del estado de Jalisco (Ortega *et al.* 2007) y Colima (Orozco-Santos y Ortega-Arreola, 2007).

3.6.1 Descripción

Los huevecillos de *C. serratus* son de forma ovalada, hialinos, miden alrededor de 1 milímetro y son depositados en la corteza del fruto o sobre las semillas de tamarindo. Las larvas tienen una longitud que va desde menos de 1 y hasta 8 milímetros aproximadamente, de color blanco cuando es pequeña y rojizo cuando mudara a pupa, poseen patas y son ligeramente móviles. El insecto se convierte en pupa en un cocón o capullo de color amarillo en el exterior de la semilla. El cuerpo del adulto de *C. serratus* es pubescente, de color café, mide de 5 a 7 milímetros de largo, posee antenas largas y aserradas, sus élitros no alcanzan a cubrir los últimos segmentos del abdomen y es un excelente volador (Dell Orto y Arias, 1985; Sánchez, 1994). El protórax es subrectangular y el cuerpo es un poco alargado, de color castaño con pequeñas manchas negras. Las patas posteriores son fuertemente curvadas y el tarso tiene cuatro segmentos, siendo el primero alargado y el tercero bilobulado. Los fémures posteriores son grandes y gruesos y en su margen interno poseen de 8 a 10 dientes que disminuyen en tamaño distalmente (Dell Orto y Arias, 1985; Astacio, 1984).

3.6.2. Ciclo de vida y hábitos

C. serratus es una plaga de campo principalmente, es decir que la oviposición la realizan sobre la vaina de tamarindo adherida a los árboles y muchas de las veces la presencia de adultos es evidente en el almacén. *C. serratus* es un insecto que posee metamorfosis completa (holometábolo). Al eclosionar los huevecillos, la larva penetra en el interior de la vaina en busca de la semilla y completa su ciclo de vida cuando el fruto se encuentra almacenado. Antes de salir de la semilla, la larva forma la capsulas papelinas (capullos) donde se genera la pupa. Al completar su ciclo de vida, la gran mayoría de adultos emergen de los cocones y sólo algunos pueden quedar dentro de la cápsula o

capullo durante varios meses (Southgate, 1983). Esta diapausia tiene como objetivo la sobrevivencia del insecto hasta la estación siguiente cuando las vainas de tamarindo estén disponibles. En estudios realizados bajo condiciones de laboratorio en el Campo Experimental Tecomán, Colima, México, los huevecillos de *C. serratus* eclosionaron a los 10 días ± 4 de su oviposición y la larva duró 13 días ± 3 en el interior de la semilla para posteriormente pupar, en cuyo proceso de pupa tardó de 14 días ± 4 y finalmente la etapa adulta con una duración de 9 días ± 5 . El ciclo completo del barrenador de frutos de tamarindo es alrededor 42 días aproximadamente. Sin embargo, en otros estudios bajo condiciones óptimas de desarrollo (30 °C y 90% de humedad relativa), su ciclo de vida resultó de aproximadamente 22 días. El insecto puede tener varias generaciones al año e infestar leguminosas tanto en campo como en almacén (Landaverte-Toruño, 2003).

Otros adultos de *C. serratus* ovipositan en la vegetación para después pasarse a los granos almacenados y posteriormente regresar al campo para iniciar otra infestación: otra proporción de adultos continúa haciendo reinfestaciones en almacén (Dell Orto y Arias, 1985; Astacio, 1984).

3.6.3. Daños y hospederos

Si no se toman medidas de control del barrenador de frutos de tamarindo, esta plaga puede ocasionar pérdidas hasta de un 10-20% al momento de la cosecha y de un 50% en postcosecha (Morton, 1987; Orozco-Santos, 2001). Los barrenadores del fruto representan una limitante seria para el mercado de exportación de fruta y algunos subproductos de tamarindo, principalmente a los Estados Unidos de América. Las larvas al emerger de los huevecillos penetran al interior de la semilla, en donde se alimentan hasta llegar a su estado de pupa (Southgate, 1983). En frutos almacenados, es común observar los capullos o cocones y orificios de salida del insecto. En semillas almacenadas, también se hace evidente su voracidad al reducir a polvillo el interior de éstas y producir una gran cantidad de capullos y orificios.

El daño más importante que ocasiona este brúquido en el cultivo es el demérito de su calidad, ya que muchas ocasiones el consumidor al consumir pulpa de tamarindo o fruta fresca, se encuentra con la desagradable impresión de encontrarse larvas vivas en el interior de la semilla, pupas o adultos, así como diferentes partes del insecto.

3.6.4. Manejo

El control del barrenador del tamarindo debe orientarse a su prevención en campo y en almacén. En los huertos se recomienda realizar algunas prácticas de cultivo tendientes a reducir los sitios en donde se aloja el insecto, como es el caso de cortar los frutos que quedan adheridos al árbol después de la cosecha. Es importante la remoción y destrucción de éstos, ya que permite reducir las poblaciones de la plaga, ya que el insecto es capaz de completar su ciclo de vida en campo. Asimismo, como medida preventiva se sugiere hacer aplicaciones de insecticidas que tengan acción sobre coleópteros. Conviene emplear insecticidas químicos como Clorpirifos, Endosulfan y Deltametrina (Cuadro 1). Con dos aplicaciones de cualquiera de estos insecticidas es suficiente para reducir los daños del insecto. La primera aplicación se debe realizar a partir del mes de Noviembre o Diciembre, cuando se detecten los primeros indicios de oviposición del insecto. Hacer la segunda aplicación a los 30-40 días después de la primera. Se ha observado que a partir del mes de Noviembre o Diciembre se registran los primeros daños del barrenador de la semilla y se va incrementando con el tiempo. Los frutos cosechados a fines de Febrero y Marzo registran menor daño que los cortados en Abril. Los mayores daños se presentan en los frutos cosechados en Mayo y Junio.

Se han identificado algunos extractos vegetales y agentes de control biológico para reducir las poblaciones del barrenador de frutos de tamarindo. Estudios realizados por El-Atta y Ahmed (2002) demostraron la eficacia del aceite extraído de las semillas de *Azadirachta indica* A. Juss (neem) y aceite de hojas

de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn (eucalipto) sobre *C. serratus*. Las aplicaciones de ambos aceites tuvieron un efecto negativo sobre la oviposición, eclosión, desarrollo larval del insecto, emergencia del adulto y mortalidad del insecto. Este reporte indica que estos extractos vegetales tienen un buen potencial para usarse en un programa de manejo integrado de este barrenador de frutos. Por otra parte, Ekesi *et al.* (2001) reportó la patogenicidad de cinco aislamientos del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* sobre adultos de *C. serratus*, registrando hasta un 100% de mortalidad del insecto. La aplicación de este hongo benéfico redujo el porcentaje de frutos afectados y mostró valores de 40 a 79% de repelencia.

Cuadro 1. Insecticidas recomendados para el control del barrenador de la semilla o barrenador de fruto de tamarindo en el Occidente de México.

Insecticida	Ingrediente activo	Dosis/ha
Thiodan 35 CE	Endosulfan	1.5 litros
Lorsban 480 E		
Cyren 480 EC	Clorpirifos	1.0 litro
Clorpirifos 48% CE		
Decis 2.5 CE	Deltametrina	0.3 litros

Para evitar los daños de esta plaga en postcosecha, el fruto se debe almacenar en cuartos fríos o bodegas ubicadas en localidades con clima fresco. Las bodegas deben de tener buena ventilación y de preferencia contar con extractores de aire. La fumigación de la fruta con fosfuro de aluminio (Phostoxin, Killphos o Phostek) reduce significativamente los daños de estos

insectos en almacén. Este fumigante viene formulado en pastillas que se gasifican en contacto con la humedad ambiental. El gas liberado es fosfina (PH_3), el cual es incoloro y altamente venenoso para el hombre y animales de sangre caliente, por lo que se debe aplicar con extrema precaución. Es importante leer cuidadosamente las instrucciones del envase. Los frutos de tamarindo que se pretenden almacenar, deben ser empacados en cajas de cartón y estibadas ordenadamente en la bodega. Las estibas deben ser cubiertas totalmente con polietileno y de preferencia sellar los bordes para evitar fugas del producto al momento de gasificarse. Se recomienda utilizar de tres a seis pastillas por tonelada de fruta o dos a tres pastillas por m^3 , distribuyéndolas homogéneamente en toda la estiba y teniendo cuidado de que las pastillas no estén en contacto con la fruta (colocarlas sobre un trozo de plástico o bandeja). El producto se debe dejar gasificar por un período de 72 horas o más y el acceso a espacios fumigados será después de 24 horas de ventilación. El intervalo de aplicación debe ser alrededor de 60 días, dependiendo del grado de infestación de los insectos (Orozco-Santos, 2001). Una vez abierto el envase, tratar de usar todas las pastillas, en caso contrario deberá sellarse el envase con cinta adhesiva y almacenarse en un lugar seguro.

3.7. Técnicas demográficas

Existen varios modelos para el pronóstico de poblaciones naturales, en esta revisión se describen dos de ellos que, combinados, permiten la estimación de tasas de reproducción por generación, por unidad de tiempo e instantáneas, así como la estructura de edades de una población. Estos modelos son técnicas demográficas denominadas tablas de vida y tablas de fertilidad. Se iniciará con las primeras (llamadas también tablas de sobrevivencia) según Méndez *et al*, (2001) y la importancia ecológica de sus estadísticos.

3.7.1. Tablas de vida

La tabla de vida fue presentada a los ecólogos por Pearl desde 1921, la cual se define como un catálogo, sumario o inventario que describe la supervivencia y

las tasas de mortalidad de los individuos de una población según la edad de éstos. Las tablas fueron desarrolladas primeramente por demógrafos para describir poblaciones humanas con el fin de conocer la esperanza media de vida. Posteriormente esta técnica se ha venido aplicando a muchas poblaciones de animales y plantas (Pearl, 1928; Deevey, 1947; Pool, 1974; Krebs, 1978; Price, 1997).

Existen diferentes formas para obtener una tabla de vida, formas que dan por resultado tres diferentes tipos de tablas: la de cohorte (llamada también generacional u horizontal), la estática (conocida también como estacionaria, vertical o de tiempo específico) (Krebs, 1978) y la de tiempo variable (Leslie, 1945; Manetsch, 1976; Smerage, 1992; Vera *et al.*, 2002).

3.7.1.1. Curvas de supervivencia

En pocas palabras, una curva de supervivencia es la representación gráfica de una tabla de vida en un sistema de coordenadas, en donde la n_x (o 1_x) corresponde a las ordenadas y x (intervalo de edad) a las abscisas (Vera, *et al.*, 2002).

En general se reconocen cuatro tipos teóricos de curva según Pearl (1928) y Deevey (1947), que se muestran en la figura 2.

Según Krebs (1978), el tipo I representa una población con pérdidas muy pequeñas a edad temprana y altas pérdidas en edad avanzada; por ejemplo, poblaciones humanas en países desarrollados. El tipo II indica alta mortalidad de jóvenes; por ejemplo, algunas poblaciones de invertebrados marinos e insectos parásitos. El tipo III implica una tasa constante de mortalidad, independientemente de la edad de individuos; algunas poblaciones de aves se apegan a este tipo. El tipo IV es muy característico de algunos insectos que atacan frutos y granos almacenados.

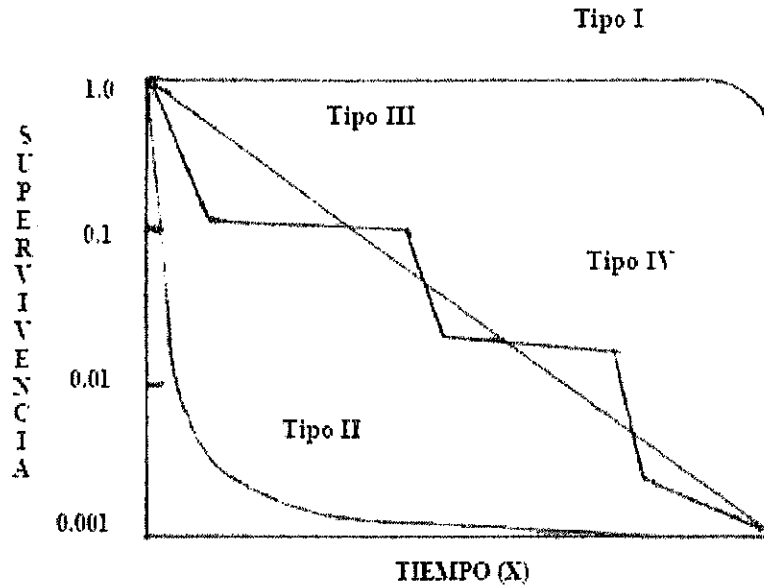


Figura 2. Tipos teóricos de curvas de supervivencia.

3.7.2. Tablas de fertilidad

Si una tabla de vida se definió como un catálogo, sumario o inventario que describe la supervivencia de los individuos de una población, una tabla de fertilidad se define también como un catálogo (sumario o inventario) que describe la fertilidad de las hembras de una población, según la edad de éstas. El estadístico que representa la fertilidad se denomina por lo general como m_x y se define como: el número de hijas producidas por unidad de tiempo por hembra madre de edad X (Krebs, 1978).

De la tabla de fertilidad se obtienen la tasa neta de reproducción (R_0), tiempo de generación (T) y la tasa intrínseca de incremento natural (r_m); esta tasa en condiciones naturales puede variar constantemente de valor (de positivo a negativo) debido a variaciones en la estructura de edades de la población por cambios en los factores ambientales, pero si se estima en condiciones óptimas de temperatura, humedad relativa, luminosidad, etc., en donde el espacio y el alimento no son limitantes; es decir, en condiciones artificiales controladas. Esta

tasa, que como se dijo se estima en condiciones óptimas de laboratorio, no la hace inútil para entender lo que está pasando en la naturaleza, es decir, esta medida proporciona un modelo de lo que se podría esperar en condiciones naturales, si éstas le son del todo favorables a la población (Krebs, 1978; Rabinovich, 1980).

Existe otra tasa si se quiere estimar por cuanto se multiplica una población por unidad de tiempo; ésta se denomina tasa finita, la cual considera al resultado como representativo para la población estudiada en condiciones naturales (Krebs, 1978).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Pie de cría

Con el objetivo de establecer una población uniforme en edad y contar con la cantidad necesaria de insectos adultos para los experimentos de tablas de vida y fertilidad se realizaron colectas de adultos de *C. serratus* de vainas maduras de tamarindo en zonas productoras de tamarindo en el estado de Colima durante los meses de Marzo-Junio del 2007 y se mantuvieron en condiciones semi controladas en recipientes de cristal con vainas maduras de tamarindo en el INIFAP, Campo Experimental Tecomán Km. 35 carretera Colima-Manzanillo (Figura 2).



Figura 3. Material Infestado con (izquierda) y recipiente para mantener y aumentar población de *C. serratus* (derecha).

Con la finalidad de obtener oviposiciones de *C. serratus* para el experimento, estos insectos adultos fueron sometidos a condiciones ambientales controladas durante todo el bioensayo, utilizando para ello semillas de tamarindo y una cámara de cría ubicada en el Laboratorio Taxonomía de Insectos en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo (Figura 3).

La temperatura promedio de la cámara de cría fue de 27 ± 1 °C y humedad relativa de $70 \pm 5\%$ la cual se logro colocando agua con sales de amonio dentro de la cámara.

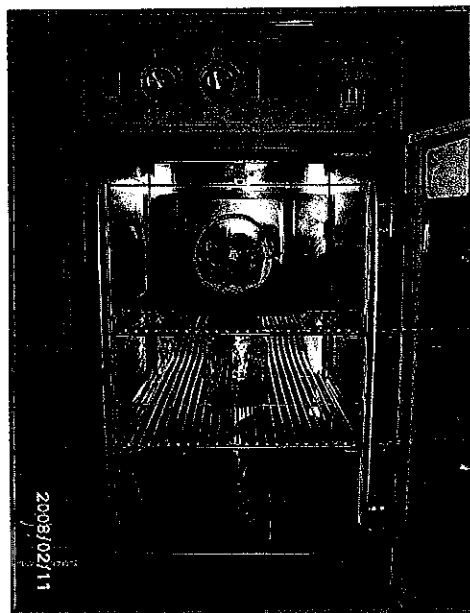


Figura 4. Cámara de cría para mantener la población de *C. serratus* en condiciones controladas.

4.2. Tablas de vida

Las tablas de vida que se realizaron fueron de cohorte, las cuales se iniciaron con adultos barrenadores seleccionados (40) del pie de cría, los cuales se pusieron en contacto con las semillas (50) que previamente se colocaron en cajas de petri de plástico de tamaño estándar (9.0 cm de diámetro) y se colocaron en la cámara de cría (Figura 4); a partir de esa fecha se realizaron observaciones diariamente de las semillas para saber cuando tendrían ovipositoras de 24 horas, y así retirarlas de los insectos para que de este modo los huevecillos depositados tuvieran como máximo un día de edad.

Posteriormente se tomaron 40 semillas que contenían 149 huevecillos de una camada; para facilidad operativa, se colocaron las 40 semillas en 4 cajas petri (10 por caja) y se colocaron nuevamente en la cámara de cría (Figura 5).

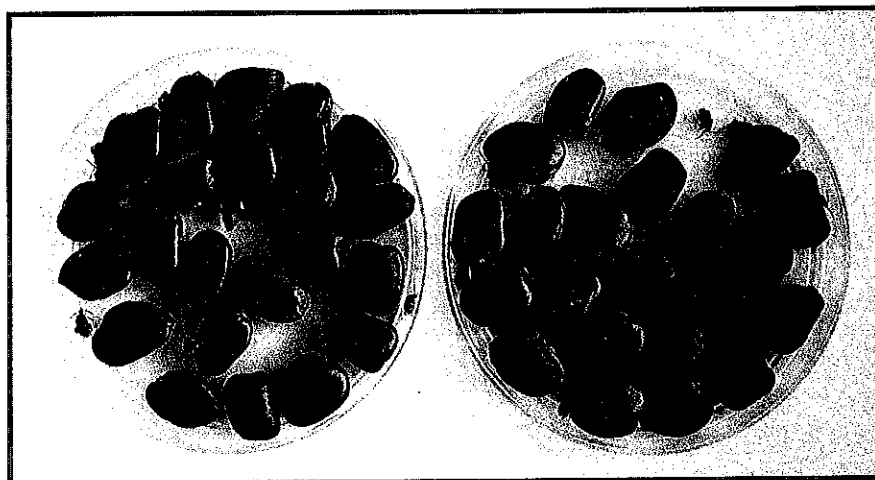


Figura 5. Adultos de *C. serratus* y semillas de tamarindo juntos para estimular a oviposición y obtener oviposturas de 24 horas.



Figura 6. Camada de huevecillos con los que se realizaron las tablas de vida y fertilidad de *C. serratus* bajo condiciones controladas.

Los datos de mortalidad de cada cohorte se registraron diariamente; en un principio las observaciones consistieron en registrar el número de huevecillos viables y no viables y posteriormente eclosionados y no eclosionados (Figura 6).

Posteriormente hubo un periodo de días en los que no fue posible tomar lectura de mortalidad debido a que los estados de desarrollo de larva y prácticamente hasta adulto se llevan acabo dentro de la semilla (Figura 6), aunque las observaciones se siguieron realizando diariamente hasta iniciar la emergencia de las larvas en cocones (Figura 6) y hasta la emergencia de los adultos.

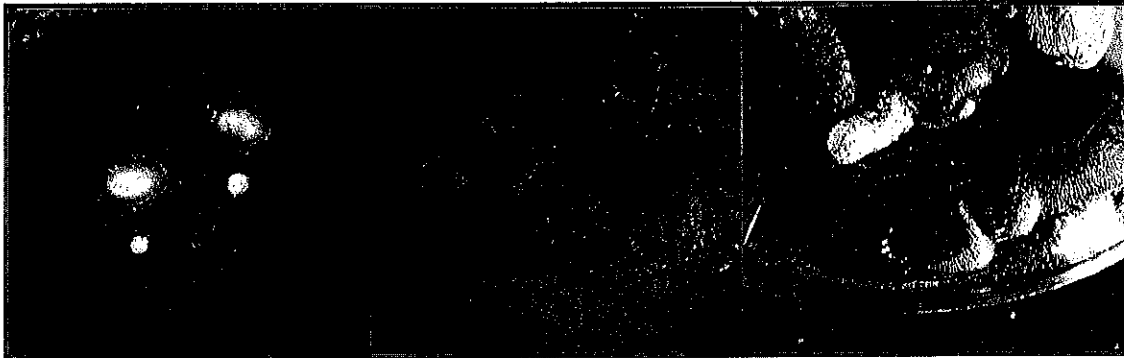


Figura 7. Huevos viables eclosionados (izquierda), larvas desarrollándose en el interior de la semilla (centro) y larvas de *C. serratus* eclosionadas de las semillas dentro de su coco en el exterior de las semillas de tamarindo (derecha).

Paralelamente, para determinar la duración de cada instar larvario y de la pupa (dentro de las semillas) se realizaron cortes de las semillas con oviposturas (540 totales) con los que se completaron las observaciones de la tabla de vida. Para ello, diariamente, a partir de la eclosión de las larvas se colectaron 10 a 12 individuos diariamente con ayuda de un pincel y se conservaron directamente en alcohol al 70% para posteriormente realizar la medición de sus cápsulas cefálicas. Para las larvas de segundo, tercero y cuarto instar el procedimiento de colecta, para cada cohorte, fue diferente ya que éstas tienen un comportamiento diferente a las larvas de primer instar debido a que perforan la superficie del grano penetrándolo, formando galerías y alimentándose del interior de la semilla, por tal motivo las semillas de tamarindo infestadas se fijaron en agua hirviendo durante 90 minutos hasta que la testa pudiera desprenderse manualmente (Figura 7). Posteriormente, con ayuda de un

microscopio estereoscópico y pinzas de disección se procedió a disectar también diariamente semillas de cada cohorte para sacar las larvas (10 a 12) y fijarlas en alcohol al 70% (Figura 7).

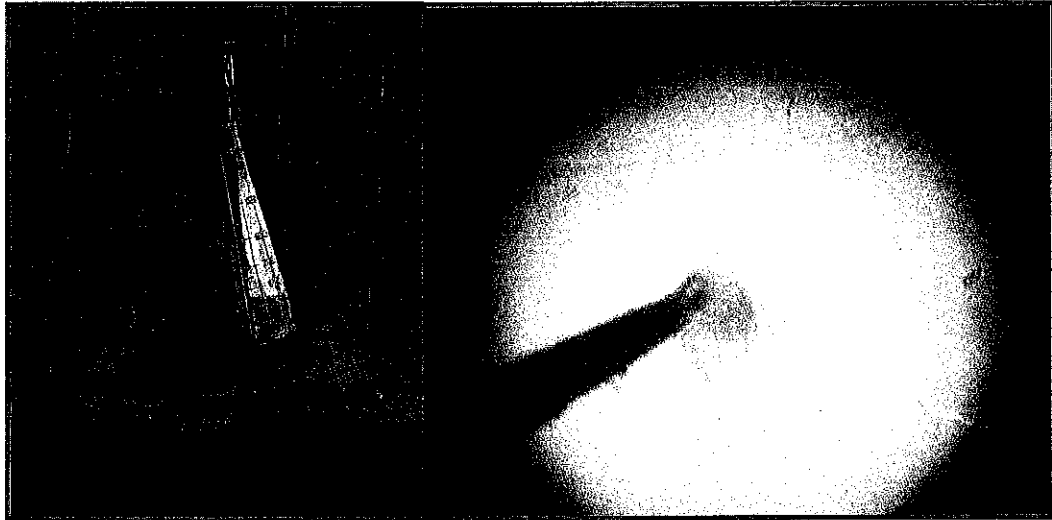


Figura 8. Procedimiento para obtener las larvas del interior de las semillas (izquierda) y poder desprender la cabeza del resto del cuerpo de *C. serratus* (derecha).

4.2.1. Disección

Para determinar la edad de los instares larvales se separaban las capsulas cefálicas del resto del cuerpo de las larvas extraídas de cada cohorte diariamente, con una solución de KOH al 10% a 60 °C durante 10 diez minutos y luego se lavaban con agua destilada, después se remplazaba el agua por alcohol al 70% y dos veces en alcohol al 100%; Finalmente, se sustituye por 10 minutos en xilol para posteriormente montarlas en portaobjetos y se acomodaran de manera que el vertex y la mandíbula se vieran de forma perpendicular al eje de visión del microscopio estereoscópico (Domínguez 2003). Se colocaron de 3 a 4 ejemplares en hilera en cada portaobjetos (10-12 ejemplares por cohorte diario), montando un total de 400 ejemplares representando todo el periodo larval de *C. serratus*.

4.2.2. Medición de las cápsulas cefálicas

- a) Las imágenes de las capsulas cefálicas y de una escala micrométrica fueron digitalizados con un microscopio estereoscópico con cámara digital y los objetivos de 20X y 10X.
- b) Con el propósito de que los bordes de las cápsulas cefálicas quedaran bien nítidas, las imágenes que se capturaron se adecuaron y optimizaron en computadora.
- c) El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Tecomán, por medio del Dr. Mario Orozco Santos facilito el programa Motic Images Plus 2.0, que es un analizador de imágenes con el cual se midieron en micrómetros (μm) la longitud y la anchura de las cápsulas cefálicas.

La longitud se midió desde el vértex hasta el límite inferior de la mandíbula y la anchura se midió entre los puntos más separados de los bordes de las genas (Figura 8).

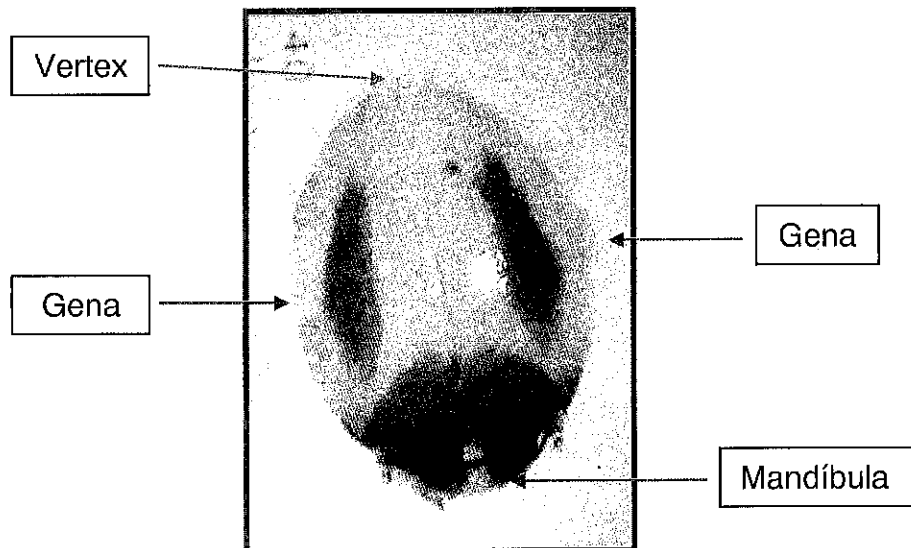


Figura 9. Esquema de la cápsula cefálica de las larvas de *C. serratus* en vista posterior, donde se muestran los sitios considerados para obtener las medidas lineales de anchura y longitud.

4.2.3. Análisis de datos

Para el análisis de la longitud y anchura de las capsulas cefálicas se procedió primeramente a hacer una análisis visual mediante una grafica que presento la longitud y anchura de las capsulas cefálicas de los supuestos grupos o instares larvales.

Como segundo paso se hizo un análisis discriminante con el programa SAS (Statistical Analysis System) para decidir a que grupo podrían pertenecen cada uno de los individuos que se encuentran inicialmente en la población. Luego se hizo otro análisis discriminante de la longitud por la anchura de las cápsulas llamado “factor de proporción” el cual no se puede considerar como unidad de medida, sino como un factor que representa las dimensiones relativas de las cápsulas de los diferentes instares (Domínguez, 2003). Posteriormente se obtuvieron los límites inferiores y superiores para cada instar haciendo el calculo de las distribuciones de frecuencias de las cápsulas.

Con los resultados obtenidos, se determinaron los instares de las larvas de las tablas de vida y se estimo su edad.

Una vez que se obtuvieron los datos de mortalidad de cada una de las etapas de desarrollo de los insectos (huevecillos, larva I, II, III, IV, pupa y adulto) y su correspondiente edad, se procedió a construir las curvas de supervivencia para las semillas de tamarindo.

4.3. Tablas de fertilidad

Para obtener las tablas de fertilidad, se registro también diariamente el número de huevecillos ovipositados por hembras provenientes de las cohortes de las

tablas de vida. Para esto, los adultos que emergieron de las semillas se colocaron en cajas petri que contenían también semillas de tamarindo sin infestar, con el fin de estimular la oviposición, se contaron los huevecillos y se sustituían las semillas por otras limpias cada 24 horas (Figura 9), esto se repitió hasta que murió el último insecto adulto.

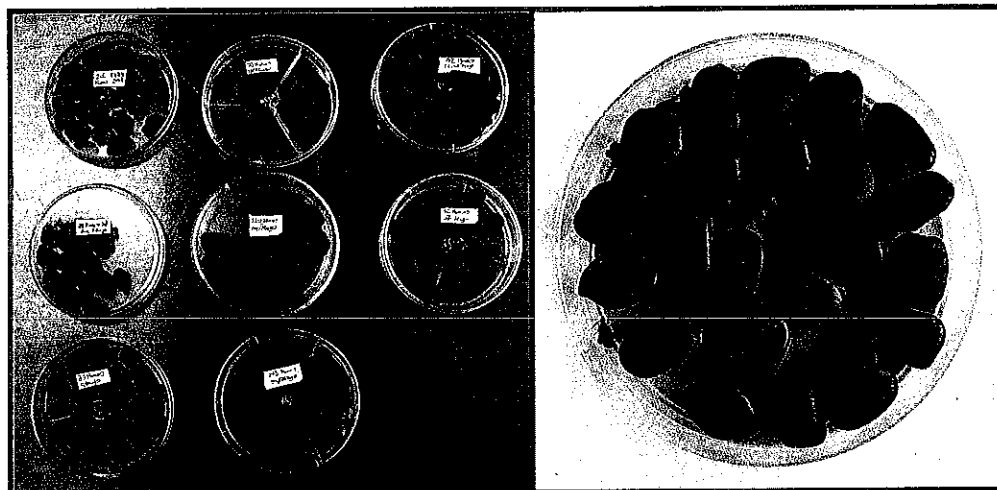


Figura 10. Semillas de tamarindo ovipositadas de fechas diarias durante el periodo de oviposición de *C. serratus* (izquierda) y semillas sanas con adultos incorporados (derecha) para continuar con la tabla de fertilidad.

Para calcular la probabilidad de existencia de hembras y el número de hembras hijas por hembras madre, se tomo como base la referencia de Delobel *et al.*, 2003, que señala como característica de dimorfismo sexual en machos la emarginación del quinto externito y en hembras la no emarginación del quinto externito abdominal (Figura 10).

Una vez obtenidas las tablas de fertilidad, se estimaron la tasa neta de reproducción (R_0), la tasa intrínseca de crecimiento natural (r_m), y el tiempo de generación (G).



Figura 11. Dimorfismo sexual de *C serratus*.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Tabla de vida de *Caryedon serratus* (Olivier)

La tabla de vida de cohorte de *C. serratus* que se obtuvo del material de semillas de tamarindo se presentan en el cuadro I del apéndice.

Al realizar un análisis de la curva de supervivencia de *C. serratus* (Figura 12), se observó una mortalidad del 10.7% en la etapa de huevecillo. No se observó mortalidad de larvas del primer instar, así como de ningún otro supuesto instar, ya que al disectar las semillas al finalizar la tabla de vida, no se obtuvo ninguna larva, lo que indica que solo murieron individuos en estado de huevecillo y nuevamente se registró mortalidad después de que emergieron los adultos.

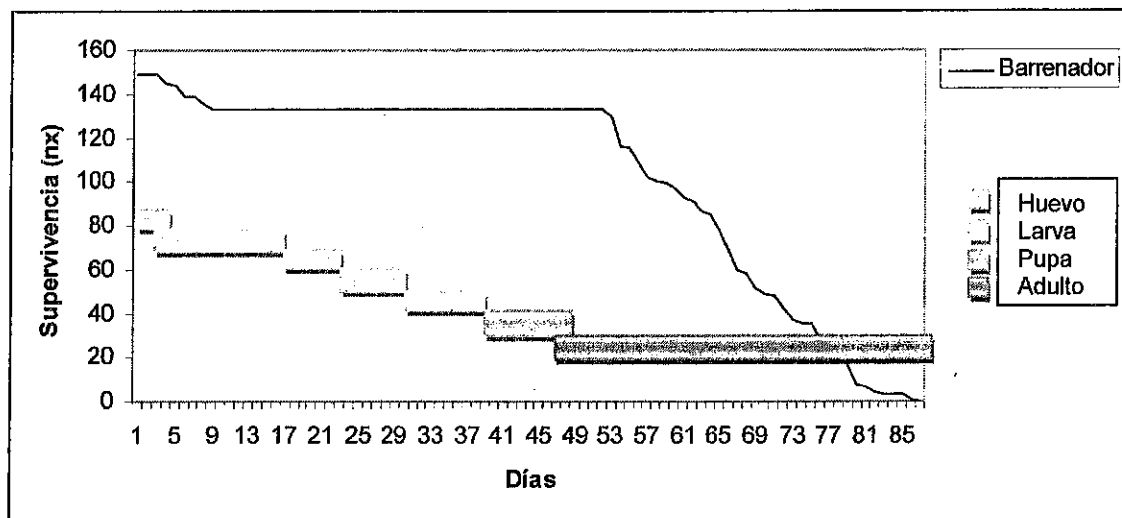


Figura 12. Curva de supervivencia de *C. serratus* estudiado en semillas de tamarindo. Chapingo, Méx 2008.

La mortalidad observada durante el estado de huevo y larva recién eclosionada de primer instar en las semillas de tamarindo, sugiere la existencia de factores físicos tales como el tamaño de la semilla y la dureza de la testa, que actúan como una barrera a la penetración de larvas del barrenador. Lo antes expuesto se basa en lo expresado por Schoonhoven, *et al.*, (1976) y Southgate (1979),

quienes indican que tanto la dureza de la cubierta como el tamaño de la semilla son factores importantes asociados a la preferencia de un determinado hospedero, ya que dificultan la penetración de las larvas, o bien puede ser que el grano sea pequeño como para que la larva pueda alcanzar su forma y tamaño normal. Otro posible factor que determina la preferencia o adaptación a un hospedero es la antibiosis o antixenosis, que para el caso del tamarindo pudiera contener sustancias químicas en la testa de la semilla, que impiden que las larvas penetren y se alimenten, lo que influye directamente en la supervivencia de estos individuos, tal como lo menciona Southgate (1979).

En el cuadro 2 se indica la emergencia de barrenadores registrada en las semillas de tamarindo estudiadas, así como su longevidad; lo anterior nos puede explicar la gran preferencia del barrenador por este huésped en las regiones del mundo donde existe este cultivo, en relación con lo señalado por Schoonhoven, *et al.*, (1983), quienes mencionan que un huésped es muy susceptible a una plaga en tanto el número de insectos que emerjan sea alto, así como el tiempo que viven.

Cuadro 2. Emergencia y longevidad de *C. serratus* estudiado en semillas de tamarindo. Chapingo, Méx. 2008.

Semillas	Número de adultos emergidos	Longevidad de adultos (días)
Tamarindo	133	33

5.1.1. Determinación de instares larvales de *C. serratus* (Olivier)

Autores como Zacher (1930) y Stefan (1946), señalan que se presentan cuatro instares larvales para la familia Bruchidae y algunos otros como Yus (1976) mencionan que las larvas de esta familia pasan por 3 a 6 mudas antes de pupar. En las figuras 12 y 13 que corresponden al ancho y largo de las

mediciones de las capsulas cefálicas durante 40 días, respectivamente; se observa que los valores de estas dos variables se distribuyeron en tres subpoblaciones numéricas, existiendo un rango en el que no se pueden definir subgrupos que se pudieron haber mostrado. Los supuestos instares I, II y IV se diferencian en ambas figuras, mientras que el rango incierto se encuentra entre el II y IV.

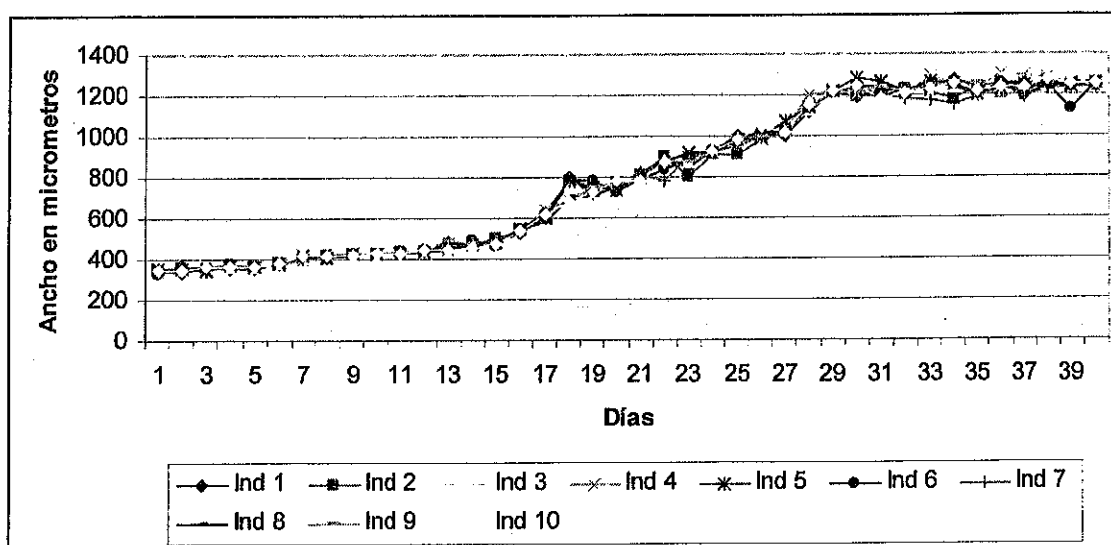


Figura 13. Anchura de las capsulas cefálicas de *C. serratus* en un periodo de 40 días (10 mediciones por día).

Del análisis discriminante del programa SAS se obtuvo la media y la desviación estándar para cada variable, pero no se pudieron agrupar los individuos al menos en cuatro grupos con ninguna prueba de comparación de medias.

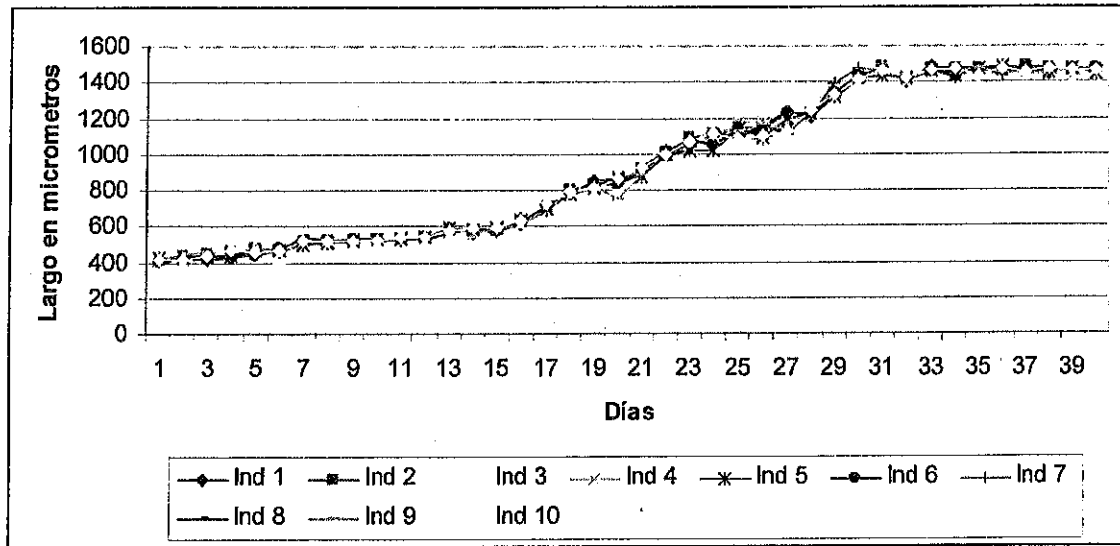


Figura 14. Longitud de las capsulas cefálicas *C. serratus* en un periodo de 40 días (10 mediciones por día).

Como las distribuciones de las medidas independientes de anchura (Cuadro III del apéndice) y longitud de las cápsulas cefálicas (Cuadro IV del apéndice) no diferenciaron con toda claridad los diferentes grupos posibles, se uso un “factor de proporción”, obtenido de la multiplicación de la longitud por la anchura de cada ejemplar (Cuadro V del apéndice), el cual como mencionan Rodríguez, *et al.* 2000; no se debe considerar una unidad de medida, sino como un factor de proporción que representa las dimensiones relativas de las cabezas de los diversos instares.

En la figura 14 se muestra la distribución de frecuencias de tal factor de proporción, observándose con claridad cuatro subpoblaciones que representan a los instares larvales; aunque también se observo un pequeño traslapo entre ellos.

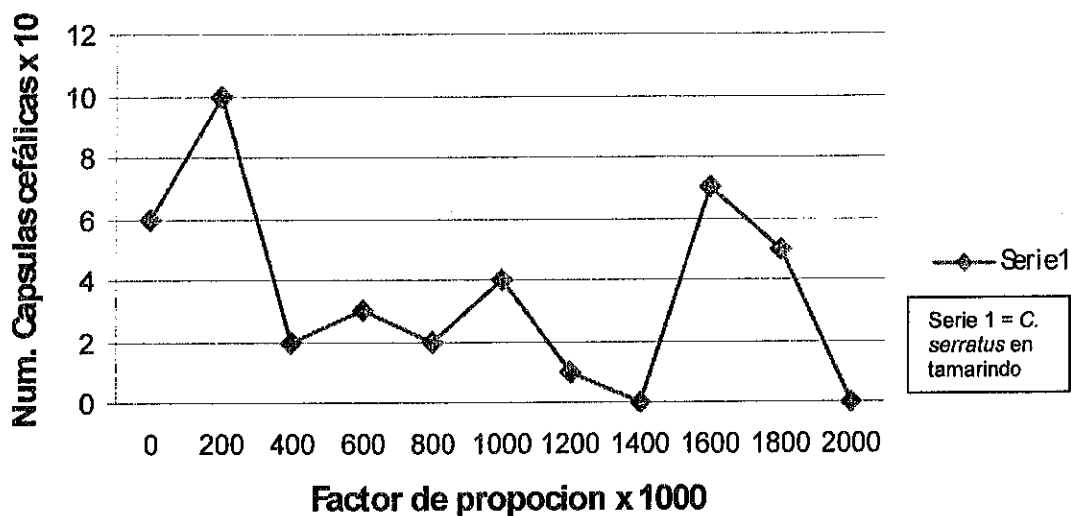


Figura 15. Distribución de frecuencias de capsulas cefálicas de *C. serratus* en relación al factor de proporción.

El cuadro 3 contiene los valores mínimos y máximos del factor de proporción de cada instar, lo que se puede usar para fines prácticos en la identificación de instares una vez teniendo las medidas de ancho y largo de las capsulas cefálicas.

Cuadro 3. Valores mínimos y máximos del factor de proporción calculados de las cápsulas cefálicas de los cuatro instares larvales de *C. serratus*.

Instar	Mínimo	Máximo
I	140000	400000
II	400000	800000
II	800000	1400000
IV	1400000	2000000

5.2. Tabla de fertilidad *C. serratus* (Olivier)

Todos los valores de La tabla de fertilidad de *C. serratus* se muestra en el cuadro II del apéndice.

En el cuadro 4 se presentan los estadísticos vitales de población derivados de la tabla de fertilidad de los 133 individuos, de los cuales después de un análisis morfológico (Delobel *et al.*, 2003) fueron 55 hembras y 94 machos, éstos seguidos de la tabla de vida.

Cuadro 4. Tasa de reproducción y tiempo de generación de *C. serratus* estudiado en semillas de tamarindo, Chapingo, Méx. 2008.

	R_0	r_m	T
Semillas de tamarindo	21.15	0.052	58.09

R_0 = Tasa neta de reproducción

r_m = Tasa intrínseca de incremento natural

T = Tiempo de generación (días)

El valor de la R_0 nos indica la principal contribución neta por hembra a la próxima generación, expresada en el total de progenies hembras por hembra madre; por lo que el barrenador de frutos de tamarindo se multiplica 21.15 veces en cada generación (entendiéndose por generación al lapso promedio entre el nacimiento de los padres y el nacimiento de los hijos). Se obtuvo, que éste insecto se multiplica 21.15 veces en aproximadamente 58.09 días, que es el tiempo de generación (días) o el lapso transcurrido entre el nacimiento de una generación de *C. serratus* y los de la próxima. Para el caso de la r_m para este insecto el valor es de 0.05 individuos/día; lo que significa que en cualquier instante diario el numero de individuos de la población del barrenador de

tamarindo se incrementara a una tasa tal, que se espera un incremento de 5.2% cada 24 horas. R_0 se puede convertir a una tasa finita (λ), lo que significa que por cada barrenador hembra presente en un día, abra casi 1.05 barrenadores el día siguiente pero esto en condiciones naturales (Vera *et al.*, 2002).

5.3. Biología y hábitos *C. serratus* (Olivier)

Uno de los objetivos finales de este trabajo fue determinar la biología de *C. serratus*, sobre la principal especie hospedera *T. indica* (Romero, 2002), ya que conociendo los tiempos de cada etapa biológica de este insecto (huevo, larva, pupa y adulto), así como de sus hábitos se puede plantear una estrategia o práctica de control en tiempos establecidos.

Bajo las condiciones controladas con las que se realizo este trabajo (27 ± 1 °C y humedad relativa de $70 \pm 5\%$) se obtuvo:

El periodo de preoviposición esto es, el tiempo en que se gestan los huevecillos durante el lapso en que se encuentran en apareamiento tanto hembras como machos fue de 4-6 días., la oviposición no la realizan en paquetes sino de forma asilada en toda la superficie de la semilla (Figura 16), el periodo de ovoposición fue de 26 ± 2 días, ocurriendo un mayor índice de oviposturas durante los días medios de este lapso. Los huevos son depositados en forma aislada, en este trabajo se llegaron a observar hasta 10 huevos en una semilla de tamarindo; estos huevos se adhieren a la semilla por medio de una substancia adhesiva.

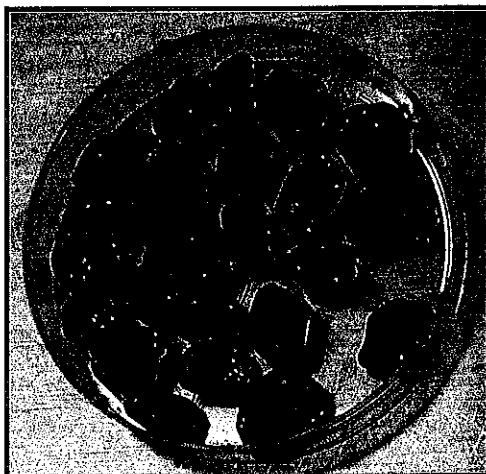


Figura 16. Habito de oviposición de *C. serratus* en semillas de tamarindo.

El periodo desde las oviposiciones del insecto hasta que los insectos emergen (estado de huevo) ó en este caso penetran por la parte que esta adherida a la semilla fue de 4 días (Figura 17); se observo que la larva de primer instar se forma de 2 a 3 días antes de eclosionar del huevo, por lo que se midieron las capsulas cefálicas desde que se pudieron observar estas al microscopio (Figura 16); la coloración del huevo cambia de hialino a color amarillo debido a los residuos de testa de semilla consumida por la larva al alimentarse e ir penetrando en la semilla, una vez eclosionada (Figura 17).

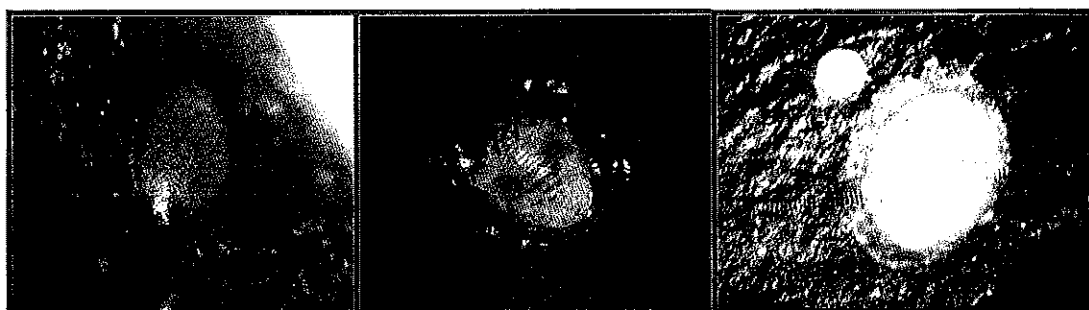


Figura 17. Huevo de 24 horas (izquierda), Huevo de 72 horas con larva completamente formada (centro), y huevo eclosionado de *C. serratus* sobre semillas de tamarindo (derecha).

De acuerdo con lo observado en las mediciones de las capsulas cefálicas y sus respectivos factores de proporción, el primer instar duro 15 días, el segundo instar 6 días, ambos con coloración amarillo tenue; el tercer instar duró 7 días y presentó una coloración rojiza. El cuarto instar duro 8 días, el cual realiza un corte circular de la testa, formando una ventana con la cámara pupal o cocón papelino fuera de la semilla donde permanecerá aún como pupa y por donde emergerá el adulto. Esta larva presenta una coloración naranja (Figura 18).

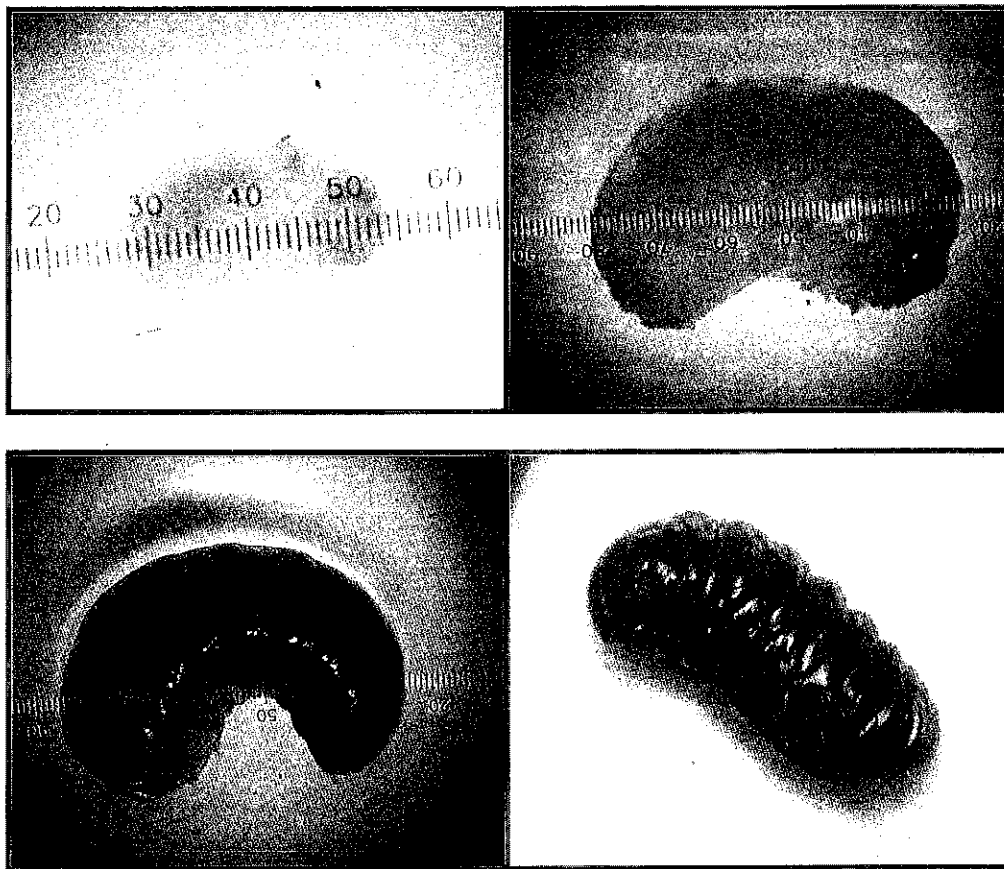


Figura 18. Larva de primer instar (superior izquierda), larva de segundo instar (superior derecha), larva de tercer instar (inferior izquierda) y larva de cuarto instar de *C. serratus* (inferior derecha).

Las pupas que al igual que el cuarto instar se origina dentro del cocón en el exterior de la semilla (Figura 18), tuvo una duración de hasta 10 días y presenta una coloración similar a los tres primeros estadios larvales.



Figura 19. Pupa en vista ventral (izquierda) y pupa de *C. serratus* en vista dorsal (derecha).

Antes de llegar al estado de adulto, que como se menciono anteriormente, ocurre dentro del cocón al igual que la larva de cuarto instar y la pupa, permanece dentro de esta especie de cámara de hibernación aproximadamente 5 días antes de emerger, esto concuerda con lo señalado por Southgate (1983), el cual menciona que los adultos emergen de las pupas y algunos pueden quedar dentro de la cápsula o capullo durante varios meses. Esta diapausa tiene como objetivo la sobrevivencia del insecto hasta la estación siguiente cuando las vainas de tamarindo estén disponibles. En total el estado adulto duro hasta 41 días (Figura 20). Esto nos da como resultado un ciclo biológico de aproximadamente 90 ± 5 días desde el estado de huevo hasta que mueren los adultos.

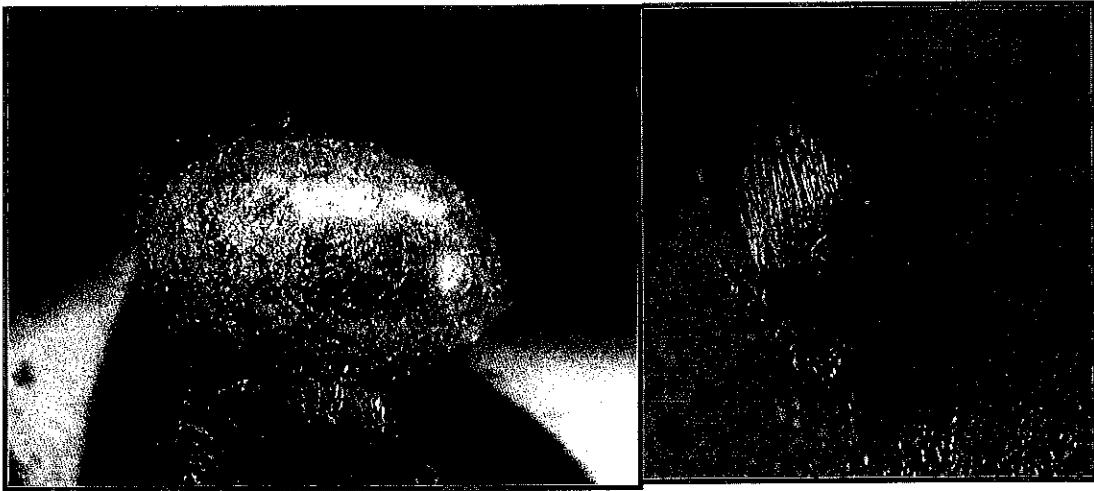


Figura 20. Adulto formado de *C. serratus* dentro de su cámara pupal (izquierda) y adulto emergido de la cama pupal (derecha).

VI. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación y a los objetivos planteados, se concluye lo siguiente:

- El barrenador de frutos (*C. serratus*) es una plaga primaria de cultivo de tamarindo (*T. indica*), ya que del total de individuos plaga de una generación que infesten las vainas, el 90% completara su ciclo biológico y viven mucho tiempo debido a que éste hospedero presenta escasa antibiosis y resistencia vegetal contra esta plaga, aunado a esto la capacidad de reproducción del insecto en este hospedero.
- El barrenador de frutos de tamarindo se multiplica 21.15 veces por cada generación y una generación aparece cada 58 días para las condiciones en las que se realizo el experimento; no obstante por cada hembra madre en condiciones de campo abra casi 1.05 barrenadores el día siguiente con una relación de sexos hembra macho de 1:1.7.
- El ciclo biológico de *C. serratus* (huevo, larva, pupa y adulto) es de 90 ± 5 días en el hospedero *T. indica*. Por lo que una sola población puede estar presente en todo periodo de cosecha del cultivo de tamarindo (Marzo, Abril y Mayo).
- Existe un periodo de diapausa de *C. serratus* en su estado adulto dentro de su cocón fuera de la semilla, el cual le permite esperar en campo o en almacén sin reproducirse, hasta el próximo ciclo productivo del cultivo de tamarindo.
- Las tablas de vida y fertilidad son una herramienta muy útil para cuantificar el crecimiento poblacional, la supervivencia y la fertilidad de hembras de una población, los cuales son factores importantes en el manejo de una plaga agrícola.

VII. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y la experiencia adquirida durante la realización de la presente investigación se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Realizar un trabajo similar bajo las condiciones ambientales similares a las que se presentan en los meses de infestación de esta plaga en los cultivos en las zonas productoras de tamarindo; las cuales fluctúan entre 30 y 35 °C y humedad relativa de 50 a 60%.
- Comparar los parámetros biológicos y de preferencia de este trabajo con otro en el que se incluyan posibles hospederos de las regiones productoras de tamarindo, principalmente de la familia Leguminosae, para conocer hospederos alternos.
- Tomando en cuenta que en las zonas productoras de tamarindo existen tanto arboles “criollos” como arboles “mejorados” por injerto, se podría hacer un trabajo comparando tanto la biología y preferencia de *C. serratus* en estas dos variedades de cultivo, ya que por lógica éstas poseen diferencias fisicoquímicas, que determinan la preferencia a un hospedero determinado por parte de esta plaga, es probable que las estrategias de control no sean similares para ambas variedades.
- Realizar trabajos que nos indiquen umbrales tanto de acción como económicos, para tener un control de esta plaga en campo y en almacén.
- Cuando se tome la decisión de controlar al insecto tanto en campo como en almacén, se tienen que tomar en cuenta el estado morfológico de la población plaga y la etapa de maduración del cultivo ya que estos insectos son polivoltinos.

VIII. LITERATURA CITADA

- Anónimo, 1977. Guideline for the use of insecticides to control insects affecting crops, livestock, households, stored products, forest, and forest products. Agricultural Research Service and Forest Service. U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook N° 425.
- Astacio, C. O. 1984. Algunas plagas de productos agrícolas almacenados. OIRSA. El Salvador. Bol. Tec. SV No. 21. 28 pp.
- Bhadani A.K. 2003. Preferencia y eficacia de polvos insecticidas contra *Caryedon serratus* Oliver, Notas científicas de investigación industrial. USA.
- Brown, L. R. (ed.). 1990. State of the world. W. W. Norton and company. New York.
- Butani, D.K. 1978. Insect pests of tamarind and their control. Pesticides. 12(11): 34-41.
- Cairns, M. A., y R. A. Meganck. 1994. Carbon sequestration, biological diversity, and sustainable development: Integrated Forest Management. Environ. Management 18(1): 13-22.
- Cairns, M. A., y R. T. Lackey. 1992. Biodiversity and management of natural resources: The issues. Fisheries 17(3): 16-10.
- Coronel, R. E. 1991. *Tamarindus indica* L. in: Plant Resources of South East Asia, Wageningen; Pudoc. No. 2. Edible fruits and nuts. Eds. Verheij, E. W. M. and Coronel, R. E. PROSEA Fundation, Bogor, Indonesia: 298-301.
- Chaturvedi, A.N. 1985. Firewood farming on degraded lands in the Gangetic plain. U.P. Forest Bull. 50. Lucknow, India: Uttar Pradesh Forest Department. pp 52.

- Chaturvedi, A.N.; Bhatt, D.N.; Mishra, C.M.; Singh, S.L. 1986. Root development in some tree species on users soils. *Journal of Tropical Forestry*. 2(2): 119-130.
- Cunningham y Walsh 2002. Establishment of the peanut bruchid (*Caryedon serratus*) in Australia and two new host species, *Cassia brewsteri* and *C. tomentella*. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2002, 42, 57-63.
- FAO 1983. Depósito de Documentos. Departamento de Agricultura. Manual sobre insectos que atacan semillas de Acacia.
- Dalziel, J.M. 1937. The useful plants of west tropical Africa. London: Crown Agents for Overseas Governments and Administrations. 612 p.
- Deevey, E.S. 1947. Life tables for natural population of animals. *Quart. Rev. Biol.* 22:283- 314.
- Delobel Alex, Sembene Mbacké, Fédiere Gilles and Dominique Roguet. 2003. Identity of the groundnut and tamarind seed-beetles (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerinae), with the restoration of *Caryedon gonagra* (F.) *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.)* 39 (3): 197-206.
- Dell Orto, T. H., Arias V. C. J. 1985. Insectos que Dañan Granos y Productos Almacenados. Oficinas Regionales de la FAO para América Latina y El Caribe. Chile Serie: Tecnología Poscosecha 4. 142 pp.
- Deevey, E.S. 1947. Life tables for natural population of animals. *Quart. Rev. Biol.* 22:283- 314.
- Dirección General de Sanidad Vegetal, 1981. Principales plagas de los granos y productos almacenados. Folleto. 74 pp.
- Domínguez, J. V. 2003. Medición de las capsulas cefálicas del gorgojo pardo del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) para la identificación de sus instares larvales. Tesis de licenciatura .Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, México. 49 pp.

- Dominguez R, R. 1989. Plagas Agrícolas. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. México. 356 pp.
- Donahaye, E., Navarro, S. y Calderón, M. 1966. Observations on the life-cycle of *Caryedon gonagra* (F.) on its natural hosts in Israel, *Acacia spriocarpa* and *A. tortilis*. Trop. Sci. 8: 85–89.
- Ekesi, S., Egwurube, E.A., Akpa, A.D. and Onu, I. 2001. Laboratory evaluation of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* for the control of the groundnut bruchid, *Caryedon serratus* on groundnut. Journal of Stored Products Research 37(4):313-321.
- El-Achkar H., M. N. 1991. Determinación de la resistencia de cuatro líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al gorgojo *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 67 pp.
- El Atta, H. A. and Ahmed, A. 2002. Comparative effects of some botanicals for the control of the seed weevil *Caryedon serratus* Olivier (Col. Bruchidae). Journal of Applied Entomology 126 (10):577-583.
- El-Siddig, K., Gunasena, H.P.M., Prasad, B.A., Pushpakumara, D.K.N.G., Ramana, K.V.R., Vijayanand, P., and Williams, J.T. 2006. Tamarind, *Tamarindus indica* L. Southampton Centre for Underutilised Crops, Southampton, UK. 188 p.
- Gunasena, H. P. M. and Hughes, A. 2000. Tamarind: *Tamarindus indica* L. International Centre for Underutilised Crops. 171 p. Southampton, U. K.
- Herford, G. M. 1935: A key to the members of the family Bruchidae of economic importance in Europe. *Trans. Soc. Brit. Ent.*, t. II, págs. 1-32.
- Hoffmann, A. 1945: Coléoptères Bruchides et Anthribides. *Faune de France*: 44: Ed. P. Lechevalier, Paris; 184 pp.
- INEGI, Anuario estadístico 2001.

- Irvine, F.R. 1961. Woody plants of Ghana. London: Oxford University Press. 868 pp.
- Joseph, K. V. and Oommen, P. 1960. Notes on some insect pests infesting dry tamarind fruit in Kerala state. *Indian Journal of Entomology* 22(3):172-180.
- Krebs, J.C. 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Second Edition. Harper & Row, Publishers. New York, Evanston, San Francisco, London.
- Landaverte Toruño, R. A. 2003). Las plagas de los productos alimenticios almacenados de la region OIRSA. El Salvador. 171 pp.
- Larson, A. O. 1927: The host-selection as applied to *Bruchus quadrimaculatus* F. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, t. XX, pág. 37-53.
- Lee, K. 1991. Where does Biodiversity fit? Biodiversity: Información Papers. Part I. Session 5. In. Hamblin, A. (Ed.) 1992. Environmental Indicators for sustainable agriculture. Report on a national Workshop. Nov. 28-29, 1991. Bureau of Rural Resources, Land and Water Resource Research and Development Corporation, Canberra, Australia. 59-63 p.
- Lepesme, P. 1941: A propos des Bruches et de la désinsectation des legumes sees. *Bull. Se. Pharm.*, t. XL-VIII, págs. 9-10.
- Little, E.L., and Wadsworth, F.W. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agric. Handb. 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 548 pp.
- López-Collado, J. y J. Cibrián T. (editores). 1993. Aplicaciones de la microcomputadora en la entomología. Manual. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.
- Luca Y. De 1956: Contributions á l'étude morphologique et biologique de *Bruchus lentis* Fröh. Essais de lutte. *Ann. Inst. Agric. Algérie*, t. X, fase. 1; 94 págs.

- Manetsch, T. J. 1976. Time-varying distributed delays and their use in aggregative models of large systems. IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics. Vol. SMC-C: 547-553.
- Matokot L., Mapangou-Divassa S. and Delobel A. (1987) Evolution des populations de *Caryedon serratus* (01.) dans les stocks d'arachide au Congo. *L'Agron. trop.* 42, 69-74.
- Méndez R., I.; D. Namihira G., L. Moreno A. y C. Sosa de M. 2001. El protocolo de la investigación. 8ª impresión. Ed. Trillas.
- Morton, J. 1987. Tamarind. Fruits of warm climates. P. 115-121. Miami, Fl. USA.
- Naeem, S., L. J. Thompson, S. P. Lawier, J. H. Lawton y R. M. Woodfin. 1994. Declining biodiversidad can alter the performance of ecosystems. *Nature* 368: 734-737.
- National Academy of Sciences. 1979. Tropical legumes: resources for the future. Washington, DC: National Academy of Sciences. 332 pp.
- Nilsson, J.A. and Johnson, C.D. 1993. A taxonomic revision of the palm bruchids (Pachymerini) and a description of the world genera of Pachymerinae (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerinae). *Memoirs of The American Entomological Society* 41:1-104.
- Orozco-Santos, M. 2001. Evaluación de germoplasma y validación de tecnología para producir tamarindo en el trópico seco de México. SAGARPA, INIFAP, Fundación Produce Colima A.C. Tecomán, Colima, México. 12 pp. (Mimeografiado).
- Orozco-Santos, M. y Ortega-Arreola, R. 2007. Ecología y manejo integrado de barrenadores del fruto de tamarindo en la región Pacífico Centro de México. Informe 2006. Proyecto de investigación financiado por La Fundación Produce Colima, A.C. SAGARPA, INIFAP, Gobierno del estado de Colima. 31 p. (archivo digital).
- Orozco-Santos, M. Ortega-Arreola, R. y Reyes-Rueda, Jaime. 2004. Ecología y manejo integrado de barrenadores del fruto de tamarindo en la región pacífico centro de México. Instituto nacional de Investigaciones

- Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Tecomán. 61 pp.
- Ortega, A.R., Benavides, U.J. y Reyes, R.J.J. 2007. Identificación de insectos barrenadores que afectan el fruto de tamarindo en la costa de Jalisco. Memorias de la 2^{nda} Reunión nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Guadalajara, Jalisco, México. p. 133.
- Pearl, R. 1928. The rate of living. Knopf, New York.
- Pedigo, L. P., S. H. Hutchins y Higley, L. G. 1986. Economic injury levels in theory and practice. Ann. Rev. Entomol. 31: 341-368.
- Pimentel, D. 1986. Agroecology and economics. In: Kongan, M (ed.), Ecological theory and integrated pest management practice, John Wiley, New York, pp: 229-319.
- Pimentel, D. 1993. Habitat factor in new pest invasión, pp 165-181. In: Evolution of Insect Pests-Patterns of Variation, kim K. C. and McPherson B. A. (Eds.) New York: John Wiley and Sons.
- Pimentel, D., y Levitan. 1986. Pesticides: amounts applied and amounts reaching pests. Bioscience, 36: 86-91 pp.
- Pimentel, D. 1995. Amounts of pesticides reaching target pests: Environmental Impacts and Ethics. J. Agric. Environ. Ethics. 8 (1): 17-29.
- Pool, R. W. 1974. An introduction to quantitative ecology. McGraw-Hill Series in Population Biology.
- Price, P. W. 1997. Insect Ecology, 3ed. Edition. John Wiley & Sons.
- Rabinovich, J.E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. C.E.C.S.A.
- Romero, J. 2002. *Cassia moschata* H.B.K., New Host for *Caryedon serratus* (Oliver) in the new Word (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerinae). The Coleopterists Bulletin, 56(1): 95.
- Ross, M. A., y C. A. Lembi. 1985. Applied Weed Science. Burgess Publishing Co., Minneapolis, Min. USA.

- Sánchez, S. A. 1994. Manual práctico de las principales plagas de productos almacenados. MAG-DGSV. Costa Rica. 114 pp.
- Schoonhoven, V. A; E. Horber y R. B. Mills. 1976. Conditions modifying expression of resistance of maize kernels to maize weevil. *Environ. Entomol.* 5 (1): 163.
- Schoonhoven, V. A; C. Cardona y J. Valor. 1983. Resistance to the bean weevil and the mexican bean weevil (Coleoptera: Coccinellidae) in noncultivated common bean accession. *J. Econ. Entomol.* 76 (6) : 1255-1259.
- Shomar, N. F. 1963: A monographic revision of the Bruchidae of Egypt (UAR) (Coleopteres). *Bull. Soc. Ent. Egypte*, t. XLVII, págs. 141-196.
- Skaife, S.H. 1926 The bionomics of the Bruchidae. *S.Afr.J.Sci.*, 23: 575–588.
- Smerage, G. H. 1992. Representation of development in insect population models, in: Basics of insect modeling. J. L. Goodenough and J. M. McKinion (eds.), ASAE Monograph N 10. The American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, MI.
- Southgate, J. B. 1979. Biology of the Bruchidae. *Ann. Rev. Entomol.* 24:449-473.
- Southgate, J. B. 1983. Handbook on seed insects of *Acacia* species. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. FAO 1983. Documento en línea: www.fao.org. Consulta el 11 de Febrero del 2008.
- Spedding, C. R. W. 1995. Sustainability in animal production Systems. *Animal Science*, 61: 1-8.
- Stern, V. M. 1973. Economic thresholds. *Ann. Rev. Entomol.* 18: 259-280.
- Teran, A.L. 1962 Observaciones sobre Bruchidae del Noroeste Argentino. *Acta Zool. Lilloana* 18: 211–242.
- Tilman, D., R. M. May, C. L. Lehman, y M. A. Nowak. 1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371: 65-66.

- USDA. 1960. Index of plant disease in the United States. United States Department of Agriculture. Agriculture Research Service. Crops Research Div. Washington, D. C.
- Wilcox, D., B. Dove, D. McDavid, and D. Greer. 1997. Image Tool for Windows, v. 1.28. The University of Texas Health Science Center in San Antonio.
- Vera G. J., Pinto V. M., López C. J. y Reyna R. R. 2002. Ecología de Poblaciones de Insectos. Colegio de Postgraduados. Segunda edición 2002. México. p 145.
- Vera G., J. y D. Sotres R. 1991. Prueba de Traslado de Intervalos para comparar tasas instantáneas de desarrollo poblacional. Agrociencia, Serie de Protección Vegetal 2(2): 7-13.
- Zacher, F. 1930: Untersuchungen zur Morphologie und Biologie der Samenkafer (*Bruchidae-Lariidae*). *Arb. Biol. Reichs. Land. Forstw.*, t. XVIII, págs. 223- 230.

IX. APÉNDICE

Cuadro I. Tabla de vida de *C. serratus*, que se obtuvo del material de semillas de tamarindo. Chapingo, Méx. 2008.

Estado Biológico	X (Días)	l_x	e_x
Huevo	0	1.0	59.79865772
	1	1.0	58.79865772
	2	1.0	57.79865772
	3	0.973154362	58.37931034
	4	0.966442953	57.78125
	5	0.932885906	58.84172662
	6	0.932885906	57.84172662
	7	0.912751678	58.10661765
L1	8	0.89261745	58.40601504
	9	0.89261745	57.40601504
	10	0.89261745	56.40601504
	11	0.89261745	55.40601504
	12	0.89261745	54.40601504
	13	0.89261745	53.40601504
	14	0.89261745	52.40601504
	15	0.89261745	51.40601504
	16	0.89261745	50.39849624
	17	0.89261745	49.40601504
L2	18	0.89261745	48.40601504
	19	0.89261745	47.40601504
	20	0.89261745	46.40601504
	21	0.89261745	45.40601504
	22	0.89261745	44.40601504
	23	0.89261745	43.40601504
L3	24	0.89261745	42.40601504
	25	0.89261745	41.40601504
	26	0.89261745	40.40601504
	27	0.89261745	39.40601504
	28	0.89261745	38.40601504
	29	0.89261745	37.40601504
	30	0.89261745	36.40601504
L4	31	0.89261745	35.40601504
	32	0.89261745	34.40601504
	33	0.89261745	33.40601504
	34	0.89261745	32.40601504
	35	0.89261745	31.40601504

Continuación Cuadro I ...

Estado Biológico		X (Días)	l_x	e_x
L 4		36	0.89261745	0.89261745
		37	0.89261745	0.89261745
		38	0.89261745	0.89261745
		39	0.89261745	0.89261745
		40	0.89261745	0.89261745
PUPA		41	0.89261745	0.89261745
		42	0.89261745	0.89261745
		43	0.89261745	0.89261745
		44	0.89261745	0.89261745
		45	0.89261745	0.89261745
		46	0.89261745	0.89261745
		47	0.89261745	0.89261745
		48	0.89261745	0.89261745
		49	0.89261745	0.89261745
		50	0.89261745	0.89261745
ADULTO		51	0.89261745	0.89261745
		52	0.872483221	0.872483221
		53	0.77852349	0.77852349
		54	0.771812081	0.771812081
		55	0.731543624	0.731543624
		56	0.684563758	0.684563758
		57	0.67114094	0.67114094
		58	0.66442953	0.66442953
		59	0.651006711	0.651006711
		60	0.624161074	0.624161074
		61	0.610738255	0.610738255
		62	0.583892617	0.583892617
		63	0.570469799	0.570469799
		64	0.523489933	0.523489933
		65	0.463087248	0.463087248
		66	0.402684564	0.402684564
		67	0.389261745	0.389261745
		68	0.342281879	0.342281879
		69	0.32885906	0.32885906
		70	0.322147651	0.322147651

Continuación cuadro I ...

Estado Biológico	X (Días)	l_x	e_x
ADULTO 	70	0.322147651	6.125
	71	0.281879195	5.928571429
	72	0.248322148	5.662162162
	73	0.234899329	4.957142857
	74	0.234899329	3.957142857
	75	0.194630872	3.672413793
	76	0.161073826	3.333333333
	77	0.140939597	2.738095238
	78	0.11409396	2.264705882
	79	0.053691275	3.25
	80	0.046979866	2.642857143
	81	0.026845638	3
	82	0.020134228	2.833333333
	83	0.020134228	1.833333333
	84	0.020134228	0.833333333
	85	0.006711409	0.5
	86	0	0

Cuadro II. Tabla de fertilidad de *C. serratus*, que se obtuvo del material de semillas de tamarindo. Chapingo, Méx. 2008.

X (día)	n_x	l_x	m_x	$l_x m_x$	$l_x m_x X$
47	54.929	0.892617452	0	0	0
48	54.929	0.892617451	0.873855341	0.780019	37.4409
49	54.929	0.892617452	0.509748949	0.455011	22.2955
50	54.929	0.892617451	1.110524495	0.991274	49.5637
51	54.929	0.892617452	0.491543629	0.438760	22.3768
52	53.690	0.872483223	0.689141367	0.601264	31.2657
53	47.908	0.778523491	0.605326877	0.471261	24.9768
54	47.495	0.771812082	0.736919676	0.568764	30.7132
55	45.017	0.731543624	1.621609614	1.186278	65.2453
56	42.126	0.684563758	2.967288610	2.031298	113.753
57	41.300	0.671140942	3.462469734	2.323805	132.457
58	40.887	0.664429532	3.228410008	2.145051	124.413
59	40.061	0.651006711	0.898629590	0.585014	34.5158
60	38.409	0.624161074	3.072196621	1.917546	115.053
61	37.583	0.610738255	2.820424128	1.722541	105.075
62	35.931	0.583892617	2.866605438	1.673790	103.775
63	35.105	0.570469799	1.766130181	1.007524	63.474
64	32.214	0.523489933	0.589805675	0.308757	19.7605
65	28.497	0.463087248	0.631645436	0.292507	19.013
66	24.780	0.402684564	0.847457627	0.341258	22.523
67	23.954	0.389261745	1.168907072	0.455011	30.4857
68	21.063	0.342281879	0.617196031	0.211255	14.3653
69	20.237	0.328859061	0.296486633	0.097502	6.72766
70	19.824	0.322147651	0.252219532	0.081252	5.68764
71	17.346	0.281879195	0.345901072	0.097502	6.92266
72	15.281	0.248322148	0.523525947	0.130003	9.36022
73	14.455	0.234899329	0.484261501	0.113753	8.30395
74	14.455	0.234899329	0.345901072	0.081252	6.01264
75	11.977	0.194630872	0.250480087	0.048751	3.65634
76	9.912	0.161073826	0	0	0
77	8.673	0.140939597	0	0	0
78	7.021	0.114093961	0	0	0
79	3.304	0.053691275	0	0	0
80	2.891	0.046979866	0	0	0
81	1.652	0.026845638	0	0	0
82	1.239	0.020134228	0	0	0
83	1.239	0.020134228	0	0	0

Continuación del cuadro II

X (Días)	n_x	l_x	m_x	$l_x m_x$	$l_x m_x X$
84	1.239	0.020134228	0	0	0
85	0.413	0.006711409	0	0	0
86	0	0	0	0	0

$$R_0 = 21.15 \quad \Sigma = 1229.21$$

n_x solo hembras
 $r_m = 0.052$ por individuo/día

Cuadro III. Medidas (μm) de las anchuras de las cápsulas cefálicas de *C. serratus* que se obtuvieron de material de semillas de tamarindo. Chapingo. Méx. 2008.

Días	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind 4	Ind 5	Ind 6	Ind 7	Ind 8	Ind 9	Ind 10
1	343.37	341.12	351.29	336.78	354.70	327.72	342.66	333.50	342.35	349.26
2	339.84	349.64	357.22	360.64	354.22	359.28	353.61	352.24	348.32	348.68
3	361.68	358.88	356.9	358.44	343.08	358.47	364.31	362.78	359.41	360.97
4	358.24	370.81	366.19	368.78	371.38	359.14	369.22	366.60	359.71	361.22
5	357.51	365.73	359.80	361.70	364.96	361.11	359.12	364.93	360.05	362.21
6	377.67	378.61	369.91	368.78	381.56	378.50	375.72	380.66	376.54	378.42
7	411.32	398.64	403.87	402.10	414.46	410.82	401.23	411.70	399.47	417.35
8	412.86	413.70	420.31	416.62	412.87	412.55	418.21	417.31	410.87	415.39
9	425.21	421.58	419.66	424.11	423.68	420.30	429.46	420.18	424.73	418.23
10	427.35	428.62	423.88	427.30	426.66	428.73	426.81	430.69	429.61	427.11
11	435.32	432.22	435.81	429.66	431.70	429.78	432.12	434.71	432.71	428.66
12	434.66	439.24	436.37	435.88	437.74	442.76	440.61	437.82	436.9	441.21
13	483.22	451.23	449.87	449.23	474.70	448.35	451.23	443.89	488.71	449.72
14	471.38	473.78	477.21	469.78	471.10	487.31	468.70	463.64	475.25	450.88
15	486.20	498.13	488.21	473.54	485.58	460.70	497.76	485.84	472.24	476.41
16	529.51	533.33	541.38	542.77	543.69	542.30	532.72	542.71	537.39	539.99
17	611.33	612.68	631.98	632.56	596.32	618.52	624.34	582.77	619.24	621.76
18	803.91	774.43	764.89	693.74	781.26	786.74	789.89	698.64	682.34	678.43
19	735.76	749.80	712.99	756.23	753.54	777.78	721.45	711.28	742.83	723.23
20	759.90	769.67	781.44	732.84	734.64	725.40	746.28	752.89	761.12	777.56
21	819.41	811.87	797.21	794.44	804.81	793.82	811.39	797.23	789.23	781.51
22	889.58	899.62	884.24	824.97	871.77	840.32	782.14	884.23	883.52	875.17

Continuación cuadro III ...

Días	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind 4	Ind 5	Ind 6	Ind 7	Ind 8	Ind 9	Ind 10
23	842.660	798.670	875.540	901.230	921.230	890.670	896.750	912.660	874.210	966.720
24	929.250	907.230	932.880	922.510	918.520	923.720	916.510	930.730	921.520	929.230
25	998.560	910.450	988.980	974.870	982.260	981.180	958.990	987.340	988.530	979.720
26	1007.23	979.320	994.720	981.990	993.730	1022.21	989.720	982.710	990.160	1042.43
27	1003.23	1009.32	1032.23	1028.33	1071.56	1015.54	1024.82	1023.76	1002.62	1021.78
28	1121.23	1136.33	1124.32	1198.34	1138.12	1134.26	1133.40	1136.65	1138.23	1151.23
29	1211.23	1211.57	1202.29	1215.23	1216.91	1205.58	1218.98	1222.65	1215.32	1221.21
30	1192.81	1187.43	1243.11	1198.42	1285.73	1247.00	1224.40	1232.12	1222.24	1244.23
31	1221.54	1198.34	1195.43	1253.12	1266.66	1192.66	1198.06	1246.33	1232.32	1179.54
32	1223.23	1227.34	1242.34	1198.24	1222.21	1224.92	1182.06	1217.23	1219.43	1212.45
33	1242.34	1211.23	1199.99	1287.34	1262.32	1238.06	1172.22	1261.12	1243.56	1223.79
34	1273.56	1185.88	1235.32	1243.43	1252.65	1242.10	1158.02	1234.34	1252.45	1254.23
35	1232.34	1235.21	1197.39	1234.53	1203.54	1200.94	1187.38	1201.24	1254.65	1221.24
36	1252.29	1251.20	1234.34	1297.20	1223.23	1250.96	1248.44	1254.56	1179.98	1232.34
37	1254.23	1211.78	1199.99	1287.34	1243.33	1190.42	1194.04	1243.87	1221.34	1234.65
38	1244.21	1264.34	1234.23	1282.23	1254.76	1246.22	1224.45	1223.43	1276.12	1275.87
39	1245.45	1236.67	1267.34	1252.45	1239.56	1127.64	1234.45	1263.24	1248.60	1250.06
40	1266.23	1234.56	1272.34	1243.54	1253.34	1256.45	1235.45	1245.54	1255.56	1251.45

Cuadro IV. Medidas (μm) de las longitudes de las cápsulas cefálicas de *C. serratus*, que se obtuvieron de material de semillas de tamarindo. Chapingo. Méx. 2008.

Días	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind 4	Ind 5	Ind 6	Ind 7	Ind 8	Ind 9	Ind 10
1	418.12	397.32	400.58	421.45	423.22	407.34	402.23	399.44	411.23	413.12
2	423.43	436.90	420.20	417.45	429.23	422.23	431.12	428.55	442.45	412.65
3	413.34	448.64	463.24	433.34	432.35	449.45	442.34	432.67	456.23	440.34
4	430.67	456.92	475.84	462.40	438.90	452.45	460.34	438.87	453.78	462.34
5	450.03	474.78	488.72	462.34	471.34	439.56	462.23	466.66	479.45	461.23
6	478.34	464.84	430.82	472.45	469.45	481.23	452.56	468.56	456.23	469.56
7	523.34	498.12	512.89	521.34	502.43	523.34	509.34	538.45	519.76	516.23
8	522.65	518.34	518.34	519.34	513.34	521.23	514.32	519.56	523.34	515.15
9	522.23	510.34	521.21	526.34	514.66	527.32	518.34	521.43	523.23	518.34
10	519.76	528.23	532.45	530.23	528.32	528.23	531.23	519.23	527.39	522.32
11	529.89	529.34	522.80	539.34	533.34	534.54	522.45	529.32	528.76	537.34
12	539.32	529.77	531.11	544.43	535.56	541.88	539.11	531.77	543.45	540.07
13	589.33	563.09	550.78	577.45	589.45	568.45	589.87	561.34	577.44	571.89
14	563.45	569.66	567.34	562.43	577.86	578.45	577.34	589.34	572.34	588.23
15	582.35	571.23	578.45	578.35	589.34	570.50	570.34	582.50	578.32	593.98
16	617.45	611.32	622.68	621.00	631.45	631.56	641.76	615.57	611.45	631.44
17	712.34	682.43	695.65	698.23	698.67	721.44	689.34	731.45	697.45	724.80
18	780.45	799.23	799.43	771.34	782.45	793.35	793.45	785.99	799.22	794.65
19	848.45	833.45	812.45	822.34	811.45	834.45	821.34	822.34	818.34	813.5
20	866.45	834.56	823.56	875.67	866.9	827.56	845.75	873.46	744.66	859.66
21	897.23	912.45	919.45	891.34	874.56	889.67	923.45	885.32	885.22	921.89
22	1032.45	986.23	1083.44	997.33	1001.23	986.56	1022.23	982.32	1009.1	992.56

Continuación cuadro IV ...

Días	Ind 1	Ind 2	Ind 3	Ind 4	Ind 5	Ind 6	Ind 7	Ind 8	Ind 9	Ind 10
23	1034.45	1089.45	1054.56	1042.45	1022.45	1077.33	1081.34	1073.45	1061.34	1066.82
24	1104.89	1108.66	1090.12	1089.12	1013.89	1045.34	1098.23	1112.34	1129.34	1112.88
25	1138.78	1100.34	1127.44	1169.67	1144.56	1139.33	1090.90	1096.40	1119.34	1079.99
26	1154.98	1133.76	1098.73	1173.23	1088.34	1143.56	1076.43	1149.77	1163.35	1104.56
27	1240.78	1129.34	1237.34	1168.31	1198.12	1228.34	1137.89	1113.76	1128.34	1121.23
28	1202.45	1228.34	1231.34	1202.55	1223.56	1228.55	1217.45	1239.45	1238.11	1251.50
29	1321.44	1308.34	1317.34	1337.44	1322.55	1338.65	1388.45	1337.47	1331.78	1328.99
30	1412.69	1409.88	1429.23	1432.71	1426.81	1429.33	1471.43	1438.66	1423.45	1416.78
31	1477.59	1487.60	1483.22	1472.33	1435.99	1463.54	1467.88	1474.45	1459.78	1462.79
32	1403.89	1412.23	1417.67	1414.74	1424.45	1408.47	1400.34	1412.34	1437.22	1425.61
33	1487.32	1475.12	1466.76	1457.92	1463.34	1459.23	1467.24	1471.71	1463.00	1465.72
34	1429.77	1478.66	1476.78	1478.57	1438.88	1464.70	1423.77	1471.32	1459.88	1471.40
35	1470.77	1462.81	1466.23	1471.78	1474.37	1478.23	1479.12	1472.32	1473.56	1428.90
36	1439.11	1452.43	1445.45	1478.22	1482.02	1459.23	1428.77	1477.78	1456.47	1478.77
37	1489.12	1487.12	1455.66	1439.67	1478.87	1472.87	1472.34	1444.67	1442.30	1452.56
38	1439.66	1472.44	1468.33	1441.23	1451.21	1472.34	1469.22	1478.43	1449.66	1471.34
39	1478.45	1466.34	1434.45	1429.56	1472.45	1467.45	1462.34	1469.45	1467.34	1462.34
40	1462.50	1466.23	1462.44	1436.45	1439.44	1473.45	1452.34	1472.41	1462.43	1466.88

Cuadro V. Factores de Proporción y su promedio diario de la achura por la longitud de las capsulas cefálicas de *C. serratus*. Chapingo, Méx. 2008.

D	FP Ind 1	FP Ind 2	FP Ind 3	FP Ind 4	FP Ind 5	FP Ind 6	FP Ind 7	FP Ind 8	FP Ind 9	FP Ind 10	Prom FP
1	143569.8	135533.7	140719.7	141935.9	150116.1	133493.4	137828.1	133213.2	140784.5	144286.2	140148.119
2	143898.4	152757.7	150103.8	150549.1	152041.8	151698.7	152448.3	150952.4	154114.1	143882.8	150244.761
3	149496.8	161007.9	165330.3	155326.3	148330.6	161114.3	161148.8	156964.0	163973.6	158949.5	158164.252
4	154283.2	169430.5	174247.8	170523.8	162998.6	162492.8	169966.7	160889.7	163229.2	167006.4	165506.916
5	160890.2	173641.2	175841.4	167228.3	172020.2	158729.5	165996.0	170298.2	172625.9	167062.1	168433.347
6	180654.6	175993.0	159364.6	174230.1	179123.3	182145.5	170035.8	178362.0	171788.8	177690.8	174938.901
7	215260.2	198570.5	207140.8	209630.8	208237.1	214998.5	204362.4	221679.8	207628.5	215448.5	210295.761
8	215781.2	214437.2	217863.4	216367.4	211942.6	215033.4	215093.7	216817.5	215024.7	213988.1	215234.979
9	222057.4	215149.1	218730.9	223226.0	218051.1	221632.5	222606.2	219094.4	222231.4	216785.3	219956.492
10	222119.4	226409.9	225694.9	226567.2	225413.0	226468.0	226734.2	223627.1	226572.0	223088.0	225269.418
11	230671.7	228791.3	227841.4	231732.8	230242.8	229734.6	225761.0	230100.6	228799.7	230336.1	229401.252
12	234420.8	232696.1	231760.4	237306.1	234436.0	239922.7	237537.2	232819.5	237433.3	238284.2	235661.684
13	284776.0	254083.1	247779.3	259407.8	279811.9	254864.5	266167.0	249173.2	282200.7	257190.3	263545.421
14	265599.0	269893.5	270740.3	264218.3	272229.8	281884.4	270599.2	273241.5	272004.5	265221.1	270563.216
15	283138.5	284546.8	282405.0	273871.8	286171.7	262829.3	283892.4	283001.8	273105.8	282978.0	279594.146
16	326945.9	326035.2	337106.4	337060.1	343313.0	342494.9	341878.3	334075.9	328587.1	340971.2	335846.874
17	435474.8	418111.2	439636.8	441672.3	416630.8	446225.0	430382.5	426267.1	431888.9	450651.6	433694.148
18	627411.5	618947.6	611476.0	535109.4	611296.8	624160.1	626738.2	549124.0	545339.7	539114.4	588871.819
19	624255.5	624920.8	579268.7	621878.1	611460.0	649018.5	592555.7	584913.9	607887.5	588347.6	608450.669
20	658415.3	642335.7	643562.7	641726.0	636859.4	600312.0	631166.3	657619.2	566775.6	668437.2	634720.978

Continuación cuadro V ...

D	FP Ind 1	FP Ind 2	FP Ind 3	FP Ind 4	FP Ind 5	FP Ind 6	FP Ind 7	FP Ind 8	FP Ind 9	FP Ind 10	Prom FP
21	735199	740790	732994	708116	703854	706237	749278	705803	698642	720466	720138.357
22	918446	887232	958020	822767	872842	829026	799526	868596	891560	868658	871667.835
23	871689	870111	923309	939487	941911	959545	969691	979694	927834	1031316	941459.126
24	1026719	1005809	1016951	1004724	931278	965601	1006538	1035288	1040709	1034121	1006774.15
25	1137140	1001804	1115015	1140276	1124255	1117887	1046162	1082519	1106501	1058087	1092965.06
26	1163330	1110313	1092928	1152100	1081516	1168958	1065364	1129890	1151902	1151426	1126773.17
27	1244787	1139865	1277219	1201408	1283857	1247428	1166132	1140222	1131296	1145650	1197786.87
28	1348223	1395799	1384420	1441063	1392558	1393495	1379857	1408820	1409253	1440764	1399425.68
29	1600567	1585145	1583824	1625297	1609424	1613849	1692492	1635257	1618538	1622975	1618737.44
30	1685070	1674133	1776690	1716988	1834492	1782374	1801618	1772601	1739797	1762800	1754656.83
31	1804935	1782650	1773085	1845006	1818911	1745505	1758608	1837651	1798916	1725419	1789068.94
32	1717280	1733286	1761228	1695198	1740977	1725263	1655285	1719142	1752589	1728480	1722873.16
33	1847757	1786709	1760097	1876838	1847203	1806614	1719928	1856002	1819328	1793733	1811421.32
34	1820897	1753513	1824295	1838498	1802413	1819303	1648754	1816109	1828426	1845474	1799768.63
35	1812488	1806877	1755649	1816956	1774463	1775265	1756277	1768609	1848802	1745029	1786041.98
36	1802183	1817280	1784176	1917546	1812851	1825438	1783733	1853963	1718605	1822347	1813812.71
37	1867698	1802062	1746777	1853344	1838723	1753333	1758032	1796981	1761538	1793403	1797189.72
38	1791239	1861664	1812256	1847988	1820920	1834859	1798986	1808755	1849940	1877238	1830385.00
39	1841335	1813378	1817935	1790452	1825190	1654755	1805185	1856268	1832120	1828012	1806463.51
40	1851861	1810148	1860720	1786283	1804107	1851316	1794293	1833945	1836168	1835726	1826457.28