



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

00343

3

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ANÁLISIS DEMOGRÁFICO DE UNA CEPA DE  
*Diachasmimorpha longicaudata* (ASHMEAD)  
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE)  
MANTENIDA EN CONDICIONES DE CRÍA  
MASIVA

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRIA EN CIENCIAS  
(BIOLOGÍA ANIMAL)

P R E S E N T A

JORGE LUIS CANCINO DÍAZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. PABLO LIEDO FERNANDEZ

2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

Esta tesis hubiera sido imposible plantearla y desarrollarla sin el apoyo e interés de mi Comité Tutorial, formado por los Doctores Pablo Liedo, Hiram Bravo y Carlos García Saez. Ellos aportaron ideas de amplia trascendencia en este trabajo, además es de reconocerse su grandiosa amabilidad, la cual permitió que las discusiones se hicieran en un clima de mucha confianza y amistad.

Es muy importante reconocer el apoyo brindado por los directivos del Programa Mosamed, que siempre tuvieron atentos y que de manera gentil siempre dieron facilidades para el desarrollo de este trabajo, destacan en esta parte el Ing. Jesús Reyes, Dr. Pablo Montoya, Ing. José Luis Zavala, Ing. Antonio Villaseñor, Ing. Julio Domínguez y el Ing. José Manuel Gutiérrez Ruelas.

Aprecio mucho los comentarios dados por la Dra. Nora Galindo, el Dr. Juan Marquez, la M. C. Mariana Hernández, el M. C. Raúl Muñiz y el Dr. Pablo Montoya quienes hicieron las revisiones necesarias para finalizar el escrito. También agradezco los comentarios incluidos en las revisiones hechas por M. C. Lia Ruiz, M. C. Emilio Hernández, M. C. Salvador Flores y el Biol. Francisco Díaz Fleisher.

Durante el desarrollo técnico del trabajo recibí increíble apoyo y amistad, de mis compañeros de trabajo, con quienes alcanzamos metas de suma importancia. En la primera fase destaca Javier Coutiño, Oscar Balboa, Feliciano Ayora, Alfredo Juan, Edelfo Pérez y Julio Cesar Sánchez, con quienes establecimos la cría de *D. longicaudata*. Después vino la consolidación de la cría con M. C. Lia Ruiz, Ing. Francisco García, Ing. Manuel Aguila e Ing. Manuel Yoc. Alcanzamos la meta de producir 50 millones de pupas de *D. longicaudata* con Biol. Flor de Ma. Moreno, Ing. Salvador de la Torre, Ing. Mauricio Zenil e Ing. Sergio Ruiz además de treinta compañeros más de quien por razones de memoria no recuerdo sus nombres completos. Después nos tocó la responsabilidad de hacer investigación sobre este parasitoide, para lo cual emprendimos esta tarea con M. C. Lia Ruiz, Ing. Sergio Ortiz, Ing. Fredy Orlando Galvez, Q.F.B. Patricia López, Ing. Enoc Gómez, Q.F.B. Paula Hipólito, Ing. Edgar Carreon, Ing. Judith Bermúdez, Q.B.T. Luis Quintero, Ing. Rubén Citalán, Q.F.B. Marbel Monjaraz, además del apoyo técnico de mis amigos Edelfo Pérez y Javier Robledo. En esta última fase también hay otras diez personas de las cuales me resulta imposible recordar sus nombres. En las últimas fechas tuve el honor de trabajar con otro equipo donde se encuentra C. P. Melitón López, Santiago Aceituno y Blanca Lidia Escobar.

Agradecimientos especiales a la M. C. Laura Martínez, quien me ayudo directamente en la primera parte de las evaluaciones de esta tesis. Además de los invaluable apoyos recibidos de mis mejores amigos durante los cursos de maestría y por siempre, Biol. Virginia García y Biol. Rogelio Pérez.

También un reconocimiento especial a las personas que siempre me estuvieron motivando a terminar este objetivo, destaca en primer termino mi maestro el Dr. Dieter Enkerlin (q.e.p.d.), sin embargo no se puede quedar atrás las sugerencias y apoyos del Dr. Martín Aluja, Dr. Walter Enkerlin, M. C. Jorge Toledo y Dr. Sergio Ovruski.

Imposible de olvidar el apoyo y cariño brindado por mis padres y hermanos, incondicionales en los momentos más difíciles. De manera similar el agradecimiento y todo el amor para mi familia.

Aunque fuera de este medio, otro especial reconocimiento para Tomas, Carlos y su mamá y Gloria y sus hijas, quienes son parte de la familia en Tapachula.

## INDICE

	Página
INDICE.....	I
INDICE DE CUADROS.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
OBJETIVO GENERAL	
OBJETIVOS PARTICULARES	
MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.....	4
MOSCAS DE LA FRUTA.....	4
BIOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO.....	5
MANEJO INTEGRADO DE MOSCAS DE LA FRUTA.....	7
CONTROL BIOLÓGICO DE MOSCAS DE LA FRUTA.....	8
<i>Diachasmimorpha longicaudata</i> .....	9
BIOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO.....	10
CRIA MASIVA DE <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> .....	12
Importancia de <i>D. longicaudata</i> en el control biológico de moscas de la fruta en México.....	13
DEMOGRAFIA.....	15
DEMOGRAFÍA DE INSECTOS.....	16
TABLA DE VIDA.....	17
PARÁMETROS DE LAS TABLAS DE VIDA Y POBLACIONES.....	18
MODELOS DEMOGRAFICOS DE CRIA MASIVA DE INSECTOS.....	20
MATERIAL Y MÉTODOS.....	23
Influencia de la temperatura con diferentes tipos de reproducción.....	24
Influencia de la presencia de macho en la fecundidad de la hembra.....	24
Influencia de la disponibilidad de hospedero en la supervivencia y fecundidad de los parasitoides.....	25
Comparación entre cepas con diferente número de generaciones en cría masiva.....	25
Modelo demográfico para el análisis de optimización de la cría masiva en dos procedimientos diferentes de cría.....	25

Parámetros demográficos y análisis estadístico.....	26
RESULTADOS.....	27
Influencia de la temperatura en la reproducción partenogenética y sexual.....	27
Influencia de la presencia de macho en la fecundidad de la hembra.....	28
Influencia de la disponibilidad de hospedero en la supervivencia y fecundidad de parasitoides.....	32
Comparación entre generaciones de la cepa de <i>D. longicaudata</i> en diferentes tiempos de mantenimiento en cría masiva.....	36
Parámetros demograficos del modelo de cria masiva de parasitoides en dos procedimientos diferentes para <i>D. longicaudata</i> empleando <i>A. ludens</i> como hospedero.....	39
DISCUSION.....	46
Influencia de la temperatura en la reproducción partenogenética y sexual.....	46
Influencia de la presencia del macho en la fecundidad de la hembra.....	49
Influencia de la disponibilidad de hospederos en la supervivencia y fecundidad delos parasitoides.....	52
Comparación entre cepas con diferentes tiempos en cria masiva.....	54
Modelo de cria masiva en dos procedimientos diferentes de cria.....	57
Discusión general.....	58
CONCLUSIONES.....	60
BIBLIOGRAFIA.....	61

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Datos de supervivencia y fecundidad y parámetros poblacionales obtenidos con hembras de <i>D. longicaudata</i> con reproducción sexual y partenogenética .....	28
2 Datos de supervivencia y fecundidad y parámetros poblacionales obtenidos con hembras de <i>D. longicaudata</i> con presencia alternada de macho, en periodo de diez días y con hembras mantenidas con diferente proporción sexual .....	31
3 Datos de supervivencia y fecundidad y parámetros poblacionales de <i>D. longicaudata</i> con presencia alternada de hospedero y sin disponibilidad de hospedero .....	35
4 Datos de supervivencia y fecundidad y parámetros poblacionales de hembras de <i>D. longicaudata</i> en dos generaciones de una misma cepa en proceso de mantenimiento de cría masiva .....	38
5 Parámetros demográficos obtenidos con el modelo de cría masiva de Insectos (Carey, 1993), aplicado en dos técnicas de cría masiva de <i>D. longicaudata</i> .....	43

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Página
1	Curvas de supervivencia (lx) y de fecundidad (mx) de <i>D. longicaudata</i> obtenida en tratamientos a diferente temperatura ..... 29
2	Curvas de supervivencia y fecundidad por sexo en hembras de <i>D. longicaudata</i> con periodo de diez días de presencia alternada de macho..... 33
3	Comparación grafica de curvas de supervivencia y fecundidad de hembras de <i>D. longicaudata</i> obtenidas con proporción sexual 1♀:1♂ y 1♀:5♂ ..... 34
4	Curvas de supervivencia y fecundidad de hembras de <i>D. longicaudata</i> con periodo de diez días con presencia alternada de hospedero y sin hospedero ..... 37
5	Curvas de supervivencia y fecundidad de una cepa de <i>D. longicaudata</i> en dos generaciones mantenidas mantenidas en un poceso constante de cría masiva bajo condiciones de laboratorio ..... 40
6	Gráfica de áreas de la proporción por día de cuatro clases de paridad de hembras de <i>D. longicaudata</i> en la generaciones 20 y 100..... 42
7	Producción de progenie por sexo por hembra por día en <i>D. longicaudata</i> mantenido en dos métodos de cría masiva: técnica Hawai y técnica Metapa..... 44
8	Estructura de edades en las colonias de cría masiva de <i>D. longicaudata</i> mantenidas bajo diferentes técnicas de producción: técnica Hawai y técnica Metapa..... 45

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## RESUMEN

Se analizó por medio de parámetros demográficos una cepa de *D. longicaudata* mantenida en condiciones de cría masiva, las evaluaciones realizadas consistieron en: la influencia de la temperatura a 26 y 21 °C en hembras con reproducción sexual y arrenotoka, influencia de la presencia de macho con periodos alternados y proporción sexual 1♀:5♂, influencia de la disponibilidad de larva hospedera y se comparó las generaciones 20 y 100 de esta cepa. Con los datos obtenidos se aplicó un modelo demográfico para optimizar la cría empleando dos procedimientos diferentes.

A 21 °C las hembras con progenie tuvieron una fecundidad media de 98.06 y 76.21 hijos por hembra, los cuales fueron estadísticamente diferentes de 36.0 y 30.21 hijos por hembra que se obtuvieron a 26 °C, con hembras con reproducción patenogenética y sexual respectivamente. La supervivencia fue más prolongada en hembras con reproducción patenogenética y cuando se mantuvieron a 21 °C. La presencia alternada de macho no tuvo un efecto mayor en la fecundidad de hembras, aunque la proporción sexual fue 1♀:7.02♂ cuando el macho estuvo ausente en el primer periodo. Por una parte una proporción parental 5♀:1♂ incremento la fecundidad de las hembras con progenie a un promedio de 164.51 hijos por hembra y una proporción sexual de 5.32♀:1♂.

La disponibilidad alternada de hospedero no tuvo un efecto notable en la fecundidad, sin embargo la ausencia total de hospedero prolongo la supervivencia a un máximo de 80 días. En la generación 100, se presentó una mayor fecundidad y un decremento en los parámetros de supervivencia, sin embargo no fueron diferentes significativamente. La tasa intrínseca ( $r$ ) en hembras con reproducción, estuvo en un valor alrededor de 0.14 este parámetro fue afectado por la ausencia inicial de macho y la presencia alternada de hospedero. El modelo aplicado con los resultados obtenidos empleando dos métodos de cría (en las generaciones de 20 y 100 respectivamente), aportó información de gran utilidad para la optimización de los parámetros en el proceso.

En general *D. longicaudata* mostró amplia capacidad de adecuación principalmente en sus estrategias reproductivas ante las diferentes variables evaluadas. Lo anterior puede ser una razón de alto rango de adaptabilidad que ha mostrado este parasitoide.

Los datos obtenidos son de mucho interés para aplicarlos en la cría masiva y control de calidad de esta especie. Así como para poder fundamentar su actividad en campo.



## INTRODUCCIÓN

*Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) es un endoparásitoide solitario que ha sido ampliamente utilizado como agente de control biológico de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae). Esto se debe a que se desarrolla adecuadamente en larvas hospederas de diferentes especies de moscas de la fruta y ha demostrado un amplio rango de adaptación a diferentes medios ambientes (Wharton y Gilstrap, 1983, Aluja *et al.*, 1990, Jiron y Mexzon, 1988, Baranowski *et al.*, 1993, Eskafi, 1990, Carvalho *et al.*, 1998, Greathead, 1971, 1976). A lo anterior hay que agregar que *D. longicaudata* es el parasitoide de moscas de la fruta para el que se han logrado obtener los mayores avances en su cría masiva (Wong y Ramadan, 1992, Cancino *et al.*, 1996).

Este parasitoide es una de las 32 especies de enemigos naturales que fueron liberados en Hawai después de la introducción de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) al archipiélago del mismo nombre; después de un período de evaluaciones se encontró que conjuntamente con *Fopius arisanus* (Sonan) y *Biosteres vandenboschi* fueron las especies más dominantes (Bess *et al.*, 1961). Diferentes evaluaciones en campo reportaron que este parasitoide ha sido superado por *F. arisanus* y *B. vandenboschi* (Haramoto y Bess, 1970), sin embargo estas últimas no han estado disponibles para ser empleadas en programas de control biológico aumentativo, básicamente por no contar con una cría masiva establecida de alta producción.

La introducción de *D. longicaudata* a México fue a fines de los años cincuenta, lo cual se realizó junto con otras especies de parasitoides de moscas de la fruta (Jímenez, 1963). En relevamientos regionales realizados en México se reportó que fue la especie establecida de mayor importancia. Además, la capacidad de desarrollo de manera exitosa en larvas hospederas de moscas del género *Anastrepha* (Schiner) le confiere a *D. longicaudata* amplia importancia para su uso en programas de control regional. Esto propició el establecimiento de diferentes pies de crías en el Territorio Nacional, sin embargo muchas de ellas no tuvieron la continuidad necesaria para realizar un control biológico de moscas de la fruta a un nivel de supresión de poblaciones. Fue el Programa

Moscamed de México, quien logró establecer el Laboratorio de Cría de Parasitoides de Moscas de la Fruta en la Planta Moscafrut, ubicado en Metapa de Domínguez, Chiapas, reconocido como el laboratorio de producción de esta especie más grande del mundo (Cancino *et al.*, 1996). Esta cría es posible debido al desarrollo de una metodología de alta eficiencia de producción y calidad, que motivó posteriormente el establecimiento de colonias con los mismos fines en Brasil (Matrangolo *et al.*, 1998), Perú (Rodríguez *et al.*, 1997) y Guatemala (USDA-APHIS, 1996).

En lo que corresponde a su actividad en campo, se ha demostrado en diferentes trabajos que por medio de liberaciones aumentativas este parasitoide ha logrado tener un efecto importante en la supresión de poblaciones de moscas de la fruta. Sivinski *et al.* (1996) demostraron la eficiencia de esta especie en la reducción de poblaciones de *Anastrepha suspensa* (Loew) en Florida, Estado Unidos, cuando se hicieron liberaciones inundativas. En México, también se han aplicado liberaciones aumentativas con resultados muy convincentes en la supresión de poblaciones de moscas *Anastrepha*, tal es el caso de los trabajos realizados en Mazapa de Madero, Chis., (Enkerlin *et al.*, datos sin publicar) en la Región del Soconusco, Chis. (Montoya *et al.*, 2000).

A pesar de que *D. longicaudata* es una de las especies de parasitoides de moscas de la fruta más utilizado en programas de control biológico es poco lo que se conoce sobre su demografía.

El objetivo del presente trabajo fue el de hacer una caracterización demográfica de una cepa de *D. longicaudata* criado masivamente, la cual consideró las siguientes variantes: a) comparación de la reproducción sexual con la reproducción partenogénica y determinación del efecto de la temperatura en estos procesos, b) determinación del efecto de la presencia alternada de machos y la proporción sexual parental en la fecundidad de las hembras, c) determinación del efecto de la disponibilidad de larvas hospederas en la supervivencia y fecundidad, d) análisis del impacto de la cría masiva en los parámetros demográficos de estos parasitoides comparando dos generaciones y e) aplicación del modelo demográfico de cosecha sostenida, propuesto por Carey *et al.* (1988) con la finalidad de optimizar el proceso de cría masiva.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Caracterizar demográficamente una cepa adaptada a cría masiva del parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS.-

Determinar los parámetros demográficos comparando la reproducción sexual y reproducción partenogénica arrenotoka bajo dos condiciones de temperatura en la cría masiva.

Determinar la influencia de la presencia alternada de machos y la disponibilidad de larvas hospederos en la supervivencia y fecundidad de las hembras.

Determinar el efecto de la cría masiva sobre los atributos demográficos comparando dos cohortes con diferente número de generaciones bajo condiciones de cría masiva.

Aplicar el modelo demográfico de cría masiva en cohortes de dos generaciones provenientes de diferentes técnicas de producción masiva.

## MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.-

### MOSCAS DE LA FRUTA.

Las moscas de la fruta se clasifican dentro de la Familia Tephritidae (Diptera) y comprenden alrededor de 4,000 especies (Christenson y Foote, 1960). La familia Tephritidae es considerado un grupo monofilético con caracteres que no son uniformemente fitófago, ya que incluyen algunos saprofagos y zoófagos (Kornayev, 2000). La distribución e importancia de esta familia es mundial (Bateman, 1972), al involucrar a géneros como *Ceratitis*, *Anastrepha*, *Bactrocera* y *Ragoletis* que incluyen a especies de gran importancia económica, como plagas principales de cultivos frutícolas en el mundo. Los relevamientos taxonomicos de esta familia han demostrado una distribución geográfica de géneros, por ejemplo, el género *Anastrepha* (Schiner) se ubica en América (Morgante *et al.*, 1980), *Bactrocera* (Macquart), se distribuye en diferentes regiones de Asia, Australia, algunas especies en Africa y solamente *Bactrocera oleae* (Gmelin) en Europa (Drew y Hancock, 1994) y el género *Dacus* Fabricius se ubica principalmente en Africa (White y Elson-Harris, 1992). También se ha reportado la distribución de estos géneros de acuerdo con las condiciones climaticas, como el caso de *Ragoletis* que es un género característico de climas templados (Boller y Prokopy, 1976). Bateman (1972) propone la división de las especies de moscas de la fruta en univoltinas, que normalmente presentan una diapausa anual y multivoltinas que no presentan diapausa y generalmente habitan en zonas tropicales.

La clasificación de los diferentes grupos de especies de moscas de la fruta pueden ser divididos desde diferentes características, muchos de los cuales son desde el punto de vista económico.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO.

En esta sección solamente se describen algunos aspectos acerca de la biología y comportamiento de los géneros y especies de moscas de la fruta de mayor importancia económica.

La característica más importante de estas especies de moscas de la fruta es su actividad fitófaga, se alimentan de material vegetal vivo durante su estado de larva. Las hembras ovipositan sobre material vegetal vivo, generalmente fruto, en cuyo interior se lleva a cabo el desarrollo de huevo y larva (Aluja, 1994, Christenson y Foote, 1960). Durante este período de desarrollo es cuando tienen especial importancia, puesto que infestan fruta de interés económico, impidiendo su comercialización.

El comportamiento de búsqueda de los frutos ha sido ampliamente estudiado. Se considera que factores como el olor (Aluja y Birke, 1993), color (Aluja y Prokopy, 1993, Fletcher, 1987), tamaño (Sugayama *et al*, 1997) y la forma son determinantes para que las hembras ovipositen sobre la fruta (Boller y Prokopy, 1976). Se ha reportado cierta relación específica entre las especies de moscas y los frutos en donde se desarrollan, sin embargo, ha sido difícil hasta ahora poder encontrar relaciones coevolutivas de interacción. Norrbom y Chung (1988) mencionan que los problemas de identificación de frutos exóticos introducidos ha sido un factor muy importante para definir las posibles relaciones coevolutivas.

Algunas especies tienen un rango más amplio de hospederos y esto ha sido una razón muy importante para considerarlas como las de mayor interés, como el caso de

*Ceratitis capitata* (Wiedeman) para la que se han registrado 353 especies de frutos hospederos (Liquido, 1991).

El desarrollo de pupa se lleva a cabo en el suelo e inicia con la caída de la fruta que sincroniza con el final del desarrollo larvario. La larva deja la fruta e inicia la formación del pupario y el desarrollo de la pupa que se prolonga por un tiempo variado dependiendo de las condiciones climáticas. En especies tropicales, el tiempo de desarrollo no sobrepasa el mes (Aluja, 1994, Fletcher, 1987), sin embargo, en especies del género *Ragoletis* que habitan en climas templados, el tiempo es mayor, incluso se considera que pasan por un período de diapausa que puede ser anual (Boller y Prokopy, 1976).

La emergencia de adultos se presenta por medio de movimientos y contracciones del cuerpo acompañados con el ptilinum (Christenson y Foote, 1960). Los adultos son de vida libre y sobre los mismos se han realizado diferentes trabajos de comportamiento que han sido de utilidad para fines de control. Se ha trabajado con la preferencia de sustratos de alimentación (Drew *et al.*, 1983, Drew, 1987), estudios sobre la búsqueda de hospedero (Aluja y Prokopy, 1992), dispersión en ambientes naturales (Aluja *et al.*, 1983, Fletcher, 1987, Aluja, 1993) y comportamiento de cópula (Arakari *et al.*, 1984, Aluja, 1993). Con los resultados obtenidos se han podido establecer diferentes técnicas de control y se ha desarrollado un manejo integrado de la plaga. Además han sido la base para establecer crías masivas de diferentes especies y para aplicar la técnica del insecto estéril (Schwarz *et al.*, 1985, Gilmore, 1989). Sobre este particular se han desarrollado diferentes trabajos relativos a dietas artificiales (Manoukas, 1975, 1984), sustratos de oviposición y condiciones artificiales de cría (Hooper, 1978), esterilización con irradiación (Zümreglu, 1988, Calkins y Smittle, 1988) y control de calidad de la producción masiva (Calkins y Smittle, 1988).

## MANEJO INTEGRADO DE MOSCAS DE LA FRUTA.

El control de estas especies plagas, se ha conducido principalmente por medio de una estrategia de manejo integrado, el cual entre, otros requisitos importantes comprende el empleo de diferentes técnicas de control como son: a) el control químico, con la aplicación de cebos tóxicos (Roessler, 1989, Mangan y Moreno, 1995), b) control biológico, mediante la liberación de parasitoides (Wong *et al.*, 1991, Wong *et al.*, 1992, Sivinski *et al.*, 1996, Montoya *et al.*, 2000), c) control cultural por medio de técnicas de manejo de cultivos y eliminación de fruta infestada en los huertos ( Boller y Prokopy, 1976, Aluja, 1984, Fabara, 1989), y d) el control legal por medio del establecimiento de cuarentenas fitosanitarias (Mangan e Ingle, 1992, Liquido *et al.*, 1997). Otra técnica usada consiste en la liberación de insectos estériles que suprimen a las poblaciones naturales por medio de un control autocida y cuya fase culminante es la erradicación regional de la plaga (Knipling, 1955, Knipling, 1979).

Recientemente se han propuesto otras técnicas alternativas a las anteriores, entre las que se pueden mencionar los tratamientos postcosecha de fruta (Mangan e Ingle, 1992), la aplicación artificial de feromonas de marcaje (Aluja y Boller, 1992), el manejo del habitat (Aluja *et al.*, 1994, Aluja, 1995), el uso del ácido giberélico para retrasar los cambios en la cáscara del fruto para evitar el ataque de moscas (Greany *et al.*, 1994) y la aplicación de productos químicos de menor impacto en el medio ambiente, como son es la ciromazina (Martínez y Moreno, 1991), Diazinon y Silwet L-77 (Purcell y Shroeder, 1996), el empleo de productos de acción más específica como el Phloxine B (Liquido *et al.*, 1994) o el uso de productos de origen orgánico como el Spinosad (Adán *et al.*, 1996).

## CONTROL BIOLÓGICO DE MOSCAS DE LA FRUTA.-

El control biológico de moscas de la fruta es una idea que surge desde inicios del siglo XX, con la implementación de un programa de control biológico clásico de moscas Tephritidae en Australia (Wharton, 1989). Posteriormente debido a la introducción de *C. capitata* a Hawai se importaron de Africa los parasitoides braconidos *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) y *Opius humilis* (Silvestri) (Pemberton y Willard, 1918). La invasión de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) a Hawaii en la década de los cuarenta reactivó de nuevo el interés por la introducción de parasitoides y depredadores para el control de esta plaga (Bess *et al*, 1961). Después de un período de evaluaciones se obtuvo que de las 32 especies de insectos benéficos introducidos, *Biosteres arisanus* (Sonan), *Biosteres vandenboschi* (Fullaway) y *D. longicaudata* fueron los más dominantes (Bess *et al.*, 1961). Desde ese entonces, la mayor parte de los estudios con parasitoides de moscas de la fruta se han llevado a cabo con estas tres especies y ha sido *D. longicaudata* la más estudiada y utilizada. Un aspecto que ha favorecido esto, son las ventajas y facilidades que se han tenido para desarrollar la cría masiva. Actualmente se tiene tecnología para la cría de *D. longicaudata* a nivel de millones (Wong y Ramadan, 1992). Se han logrado también avances en otras especies como *Psitalia fletcheri* (Wong y Ramadan, 1992), *Biosteres vandenboschi* (Ramadan *et al*, 1995) y *Biosteres arisanus* (Harris y Okamoto, 1991).

La cría masiva de estos parasitoides ha sido un factor determinante para desarrollar el control biológico aumentativo de moscas de la fruta. Esto ha cobrado mayor importancia después de concluir que el control biológico clásico no ha sido efectivo (Wharton, 1989). La propuesta de aplicar liberaciones inundativas es fundamentada teóricamente por Knipling (1992) y se ha logrado corroborar en reportes de supresión de poblaciones de *C.*



*capitata* (Wong *et al.*, 1991 y 1992), *Anastrepha suspensa* (Loew) (Sivinski *et al.*, 1996) y con *Anastrepha ludens* (Loew) y *Anastrepha obliqua* (McQuart) (Montoya *et al.*, 2000).

La investigación más reciente se ha enfocado en determinar la manera de cómo los parasitoides encuentran su hospedero (Sivinski, 1991, Messing y Jang, 1992, Purcell *et al.*, 1994a), en definir el comportamiento de dispersión en un espacio corto (Messing *et al.*, 1994, Messing *et al.*, 1997) y en el desarrollo de métodos para evaluación de poblaciones con trampa (Messing y Wong, 1992). Por otra parte se continúa la evaluación de las liberaciones de parasitoides en campo con otras especies, como es el caso de la propuesta de emplear el parasitoide de huevecillos *F. arisanus* (Harris *et al.*, sin publicar), o la evaluación de liberaciones inundativas bajo diferentes condiciones ambientales. También se ha considerado el uso de parasitoides nativos por las ventajas adaptativas que poseen y que pueden ser aprovechadas para contribuir al control biológico de las moscas de la Familia Tephritidae (Aluja *et al.*, 1990).

La atención que ha tenido el control biológico en moscas de la fruta en los últimas fechas se debe principalmente a los riesgos que representa el uso de insecticidas ante lo cual los parasitoides son una alternativa muy viable.

#### *Diachasmimorpha longicaudata.*

*Diachasmimorpha longicaudata* es un parasitoide que se ha logrado establecer artificialmente en diferentes partes del mundo (Wharton y Gilstrap, 1983). Se considera originario de la Región Indoaustraliana (Wharton y Marsh, 1978), de donde fue recuperado para su introducción a Hawaii en 1945 (Clancy *et al.*, 1952). La introducción se hizo con el fin de establecerlo en campo y a la vez se iniciaron diferentes estudios acerca de su biología

y comportamiento. Lo anterior permitió el establecimiento de su cría desde inicios de los cincuenta, hasta llegar a obtener una producción a nivel de millones de parasitoides y tener facilidades para evaluar las liberaciones inundativas (Wong y Ramadan, 1992).

Se puede considerar que *D. longicaudata* es el parasitoide de moscas de la fruta mas usado a nivel mundial. Existen diferentes citas que mencionan el uso de este parasitoide contra poblaciones de moscas *Anastrepha* spp. en América (Jiménez, 1961, Fernández y Nasca, 1984, Walder y Sarriés, 1995, Baranowski *et al.*, 1993), contra moscas *Bactrocera* spp. (Purcell, 1998, Ramadan *et al.*, 1994) en Asia, contra *C. capitata*, en diferentes partes del mundo (Greathead, 1971, 1976, Greany *et al.*, 1976, Purcell, 1998) e incluso se ha dirigido para el combate de *Ragoletis* spp en Europa (Greathead, 1976). En muchos de estos reportes se ha considerado un parasitoide establecido en diferentes regiones y desarrollandose sobre poblaciones de diferentes especies de moscas de la fruta.

#### BIOLOGIA Y COMPORTAMIENTO.-

*Diachasmimorpha longicaudata* es un endoparasitoide solitario, caracterizado como sinovigénico y koinobionte, se desarrolla sobre larvas maduras de moscas Tephritidae (Vanden Bosch *et al.*, 1951, Lawrence *et al.*, 1978) De acuerdo a Greany *et al.*, (1977), la búsqueda del hospedero se basa principalmente en los olores emanados de la fruta madura. Aunque también se ha encontrado que el color, tamaño y forma del fruto tienen relación (Leyva *et al.*, 1991, Sivinski, 1991). La detección del hospedero dentro del fruto es por medio de las vibraciones producidas por los movimientos y alimentación de la larva (Lawrence, 1981). El ovipositor de la hembra se ha reportado que posee diferentes

estructuras como quimiorreceptores y mecanorreceptores, que son útiles en la ubicación y selección del hospedero (Greany *et al.*, 1977).

El huevecillo introducido en la larva eclosiona después de dos días, pasando posteriormente por cuatro estadios larvarios. La eclosión de los huevecillos depende de la proporción de hormonas juvenil y ecdisona presentes en la hemolinfa de la larva hospedera (Lawrence *et al.*, 1976). En el desarrollo de la larva, los estadios se diferencian básicamente por cambios en sus estructuras de alimentación (Pemberton y Willard, 1918). Después se presenta el estado de pupa, al final del cual se distinguen las características definidas del adulto. El tiempo promedio de desarrollo de los estados inmaduros a 26 °C, se puede dividir en 2 días como huevecillo, 7 días de larva y 7 días de pupa (Pemberton y Willard, 1918, Lawrence *et al.*, 1976). El tiempo de desarrollo se ha observado que es influido por la temperatura y la edad del hospedero. Se ha reportado que el desarrollo en hospederos de mayor edad se prolonga la emergencia hasta por 4 días de diferencia (Lawrence *et al.*, 1976). Ashley *et al.* (1976), reportaron que la humedad del medio es importante para el desarrollo y emergencia del parasitoide.

La emergencia del adulto se da por medio de movimientos de cabeza y el rompimiento de la parte delantera del pupario con las mandíbulas (Pemberton y Willard, 1918). Inmediatamente después de la emergencia, las hembras pueden copular (Hagen, 1953); esto sucede en un tiempo promedio de  $18.7 \pm 2.05$  seg. (Martínez *et al.*, 1993). Se ha reportado la presencia de feromonas que pueden tener relación como estimulantes, lo cual se deduce a partir del comportamiento de vibraciones y sonidos producidos por el movimiento de alas, caracterizadas como estimulantes de la cópula (Sivinski y Webb, 1989). La cópula es necesaria para que la hembra de origen a progenie hembras, de lo

contrario la hembra tiene la capacidad de llevar a cabo una reproducción partenogenética de tipo arrentoka con producción exclusiva de machos (Greany *et al.*, 1976).

La hembra puede ovipositar desde el primer día, sin embargo, la mayor actividad de oviposición se inicia a los 5 días (Lawrence *et al.*, 1978). Se ha reportado que la principal edad de oviposición se ubica entre los 5 a 15 días de edad ( Greany *et al.*, 1976, Ashley y Chambers, 1979). La actividad de oviposición ha sido ampliamente estudiada por las ventajas que puede tener su aprovechamiento tanto en laboratorio, como en campo. Lawrence *et al.* (1978) reportan que *D. longicaudata* puede ovipositar un promedio de  $23.5 \pm 0.9$  huevecillos cuando las condiciones de disponibilidad de hospedero son favorables. La misma autora menciona que las hembras con experiencia previa de oviposición maduran sus huevecillos más rápidamente. Se tienen además reportes de la actividad de oviposición bajo condiciones de competencia (Lawrence, 1981), a diferentes densidades de adulto o de hospedero (Ashley y Chambers, 1979) y también se ha estudiado el comportamiento general de la oviposición ante diferentes condiciones, como la discriminación, la estimulación de oviposición, edad de hembra, etc. (Lawrence *et al.*, 1978).

#### CRIA MASIVA DE *Diachasmimorpha longicaudata*.

La cría masiva de *D. longicaudata* se inició en la década de los cincuentas con el empleo de fruta infestada como sustrato de oviposición (Marucci y Clancy, 1950). Posteriormente se pasó a emplear unidades de oviposición artificiales, que permitieron un avance considerable en la producción (Chong, 1961). Conjuntamente con esto se llevaron a cabo estudios que permitieron el establecimiento de una metodología con la cual se

podría producir miles de parasitoides en espacio y tiempo menor (Greany *et al.*, 1976). Estas técnicas básicas posteriormente fueron mejoradas por Wong y Ramadan (1992) y desarrollaron una metodología que permite la producción de este parasitoide a nivel de millones de adultos por semana. La técnica incluye el uso de jaulas y unidades de exposición larvaria prácticas y eficientes con alta capacidad de producción. Esta técnica se ha extendido ampliamente a nivel mundial. Actualmente se reportan crías de este parasitoide en México, Guatemala, Costa Rica, Perú, Brasil, en Estados Unidos en Hawaii y Florida (Greany *et al.*, 1976, Wong y Ramadan, 1992, Camacho, 1994, Walder y Sarriés, 1995, Cancino *et al.*, 1996, Rodríguez *et al.*, 1997). Destaca por su capacidad de producción la cría establecida en Metapa de Domínguez, Chiapas, en donde se ha logrado criar hasta 50 millones de pupas por semana (Cancino *et al.*, 1996).

El control de calidad en la producción masiva de *D. longicaudata*, es actualmente una de las mayores preocupaciones. En este aspecto se han llevado a cabo estudios sobre la cópula y su relación con la calidad de los adultos (Purcell *et al.*, 1993), la calidad en laboratorio y su repercusión en campo (Messing *et al.*, 1993) o la definición de técnicas para evaluar la calidad en laboratorio (Cancino y Yoc, 1993). El desarrollo de la cría masiva de este parasitoide ha permitido emplearlo y evaluarlo como un agente eficiente en la reducción de poblaciones de *Anastrepha* spp. (Sivinski *et al.*, 1996).

**Importancia de *D. longicaudata* en el control biológico de moscas de la fruta en México.**- *D. longicaudata* fue introducido a México en 1957, para el combate de moscas del género *Anastrepha* (Jiménez, 1963). Los envíos de esta especie fueron provenientes de los laboratorios de cría en Hawaii. De ahí mismo se importaron otras especies exóticas, de

las cuales los parasitoides de pupa *Pachicrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) (Jiménez, 1967) y los parasitoides de *Acerotoneuromyia indica* (Silvestre) (Jiménez, 1958) fueron los más importantes. *D. longicaudata* fue de las especies que se lograron criar masivamente en diferentes partes del territorio Mexicano, aunque posteriormente se interrumpió la actividad y se perdió este esfuerzo impulsor del control biológico de moscas de la fruta en México.

A mediados de la década de los 80's, el Programa Moscamed (SAGAR) estableció una nueva colonia de *D. longicaudata* a partir de material biológico obtenido en diferentes partes del Estado de Chiapas (Enkerlin, comunicación personal). Esto permitió el desarrollo de una cría masiva y de las evaluaciones de liberaciones inundativas sobre poblaciones de *Anastrepha* (Enkerlin *et al.*, en preparación). Este último paso dio pauta para que en la Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta (SAGAR) se incluyera el control biológico como una técnica dentro del manejo integrado (Zavala *et al.*, 1991). La estrategia comprende la liberación masiva de *D. longicaudata* en las zonas de mayor infestación y con planes futuros de erradicación. La elección de *D. longicaudata* se debe a diferentes razones, dentro de las cuales las más importantes son: a) por ser la especie con una cría masiva bien establecida, capaz de satisfacer la demanda de la campaña, b) se conoce su manejo en campo, c) fue la especie más exitosa según lo revelan pruebas realizadas con diferentes especies de parasitoides exóticos de larvas (Enkerlin y Cancino, datos sin publicar), d) existe información que fundamenta el éxito que se puede obtener con esta especie sobre poblaciones de *Anastrepha* y e) en base a un análisis de costos, esta especie presentó factibilidad para establecer su cría.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## DEMOGRAFÍA.-

La demografía es considerada como una disciplina que estudia las poblaciones de seres vivos (Krebs, 1994). Una población puede ser definida como: “un grupo de organismos de la misma especie que se reproduce ocupando el mismo lugar, al mismo tiempo” (Wilson, 1975). Aunque el término de población biológica ha sido discutido, la definición anterior incluye diferentes puntos de vista y opiniones, y no deja de ser un tema controversial. El entendimiento del significado de población es muy importante para el estudio de la dinámica y comportamiento de los seres vivos. Es parte fundamental de la ecología para entender diferentes aspectos del medio ambiente o de la estructura de la comunidad (Begon *et al.*, 1996).

Para el estudio de poblaciones se emplean diferentes parámetros demográficos que se obtienen de la toma de datos en laboratorio o campo (Krebs, 1994). Estos estudios aportan información básica acerca del estado que guarda la población en un momento determinado. Lo anterior es mencionado debido a que desde el punto de vista demográfico es importante entender la población como una entidad con cuatro características: tamaño, distribución, estructura y cambio. Esta última le da a las poblaciones biológicas una estructura dinámica (Carey, 1993).

Los diferentes parámetros demográficos pueden dar la información acerca de una población estática, de lo cual se obtiene la descripción de su estructura, tamaño (espacial y temporal) y distribución, sin embargo una parte importante es el aspecto cambiante de las poblaciones. Esto se da por dos razones importantes, por una parte es resultado de la relación nacimiento y muerte y la otra es producto de las migraciones (Krebs, 1994 )

La característica dinámica de una población puede ser descrita por medio de tasas, en donde se hacen cálculos para inferir los cambios en la población (Ricklefs, 1990). El

entendimiento de la dinámica de una población es también esencial para la apreciación de la teoría evolutiva (Futuyma, 1998).

#### DEMOGRAFÍA DE INSECTOS.-

La demografía en sus inicios se desarrolló en el ambiente de las poblaciones humanas, sin embargo, los ecólogos tomaron muchos de los parámetros demográficos para aplicarlos al estudio de poblaciones animales y vegetales (Price, 1984). Una de las áreas en donde se ha aplicado la demografía con grandes ventajas es en el estudio de poblaciones de insectos. La cobertura en donde es aplicada la demografía es amplia. Se ha empleado para conocer el potencial de diferentes especies plagas, como el caso de las moscas de la fruta (Carey, 1989), o en el estudio de poblaciones de insectos, empleados como enemigos naturales (Gould *et al.*, 1992, Pickens *et al.*, 1975, Legner y Gerling, 1967).

La aplicación de los parámetros demográficos para el estudio de los insectos requiere de adecuaciones, por ejemplo, generalmente los insectos tienen períodos de vida cortos, por lo cual es necesario hacer evaluaciones por día (Carey, 1993). Sin embargo, esto puede representar una ventaja, debido al hecho de poder obtener resultados más oportunos y una visión más rápida de la dinámica de la población. En general, los estudios demográficos proporcionan aspectos para el conocimiento de la biología de los insectos, en especial, su dinámica poblacional y su relación con diferentes factores bióticos y abióticos (Jones *et al.*, 1997), así como para poder inferir acerca de la historia de vida de especies de insectos o su estrategia de vida (Pianka, 1982).

Los parámetros demográficos tienen mucha versatilidad para ser usados como herramientas estadísticas en el estudio de las poblaciones de insectos, de lo cual se desprenden diferentes aplicaciones. Varley *et al.* (1973) mencionan que estos parámetros



son la base para la elaboración de modelos que explican teóricamente la dinámica poblacional de insectos. Murcoch y Briggs (1996) consideran que los estudios demográficos en insectos son básicos para obtener un mejor resultado en el control biológico de plagas. De la misma manera la aplicación de los parámetros demográficos es muy útil en la cría masiva de insectos (Carey *et al.*, 1988) y en diferentes actividades relacionadas con el control de insectos-plaga.

#### TABLA DE VIDA.-

Una tabla de vida es una manera de presentar los datos acerca de la supervivencia de una especie con respecto al tiempo. Es usada básicamente para medir la tasa de mortalidad y obtener la esperanza de vida promedio de un individuo de una especie a una edad dada (Seber, 1973). Los cuales se les consideran herramientas muy útiles para hacer interpretación de cambios en una población biológica. Sin embargo, el arreglo de los datos puede aportar otros parámetros como la mortalidad real ( $dx$ ) o la mortalidad aparente ( $px$ ) los cuales también son de suma importancia para describir la dinámica de una población (Bellows *et al.*, 1992).

Carey (1993) menciona diferentes maneras de presentar los datos de supervivencia en tablas de vida. Estas pueden ser completas o abreviadas, por la manera como se presenta la supervivencia de acuerdo con el tiempo. Desde el punto de vista de como actúan los factores de mortalidad, la tabla de vida puede ser de decremento simple o múltiple.

Una de las utilidades más importantes de las tablas de vida es conocer como actúan algunos factores en una población específica. El amplio uso de las tablas de vida en estudio de poblaciones ha permitido caracterizar a la mortalidad de diferentes maneras, lo cual resulta esencial para el entendimiento de la capacidad de supervivencia de una población

ante condiciones diversas o específicas (Bellows *et al.*, 1992). Además la información aportada es muy útil para la interpretación de diferentes aspectos ecológicos y evolutivos en una especie (Pianka, 1982).

La supervivencia toma mayor importancia cuando se relaciona con la fecundidad. Se ha considerado que estos dos atributos pueden definir las características adaptativas de una especie (Jervis y Copland, 1996).

La fecundidad desde el punto de vista demográfico se considera como la tasa de producción promedio per cápita en un período de tiempo determinado (Carey, 1993). Desde otra perspectiva, la fecundidad se considera como la manera de manifestar la distribución de recursos que permiten el desarrollo de características adaptativas de una especie (Begon *et al.*, 1996).

El análisis conjunto de los datos de supervivencia y fecundidad, proporciona información para obtener diferentes parámetros poblacionales. Esta extensión de los resultados de una tabla de vida y fecundidad, permiten realizar una análisis más completo de las características de una población.

#### PARAMETROS DE LAS TABLAS DE VIDA Y POBLACIONALES.-

La característica dinámica de las poblaciones es dado por el cambio constante real, el cual puede ser resultado de la acción de mecanismos evolutivos (Maynard-Smith, 1985). Para el mayor entendimiento de esta dinámica poblacional, dentro de la demografía existe un concepto que es el modelo de la población estable. Este modelo se basa en una estructura de edades que es determinada por medio de la relación de nacimiento-mortalidad y la proporción de sexos presentes en una población cerrada (Price, 1984,

Carey, 1993). Carey (1993) menciona que el modelo de la población estable es usado en cuatro aspectos: a) provee un punto de partida para dirigir preguntas fundamentales acerca del proceso de incremento en la población, b) identifica a los dos parámetros poblacionales más importantes que son: la tasa de incremento y la distribución estable de edades, así como su interrelación, c) puede sugerir la dirección en el crecimiento poblacional y los patrones de edad de la población y d) puede servir como un marco general de referencia para la tasa de incremento, el número en cada clase de edad y el tamaño de la población en tiempo.

Uno de los parámetros de mayor importancia es la tasa intrínseca de incremento ( $r$ ), que es la tasa natural de incremento de una población estable. Una población tiende a ser estable cuando converge en un crecimiento definido y cuando la población ha estado sujeta a un esquema de edad específica de fertilidad y mortalidad por un período largo de tiempo (Pressat, 1985, Carey, 1993).

La tasa intrínseca de incremento ha sido muy útil para hacer comparaciones del potencial que tienen algunas especies relacionadas. Por ejemplo, Yang *et al.* (1994) emplearon los valores de  $r$  para comparar dos especies de moscas de la fruta del género *Bactrocera*. Trabajos similares se han realizado con diferentes especies de insectos plagas o enemigos naturales (Morales y Cate, 1992, Sathe, 1988, Vanden Bosch *et al.*, 1982). El uso de “ $r$ ” en estos casos es debido a que se considera un parámetro que refleja los atributos de una especie ya que estadísticamente puede ser muy importante en la comparación de poblaciones. También el uso de  $r$  puede ser importante para ubicar a una especie en el contexto ecológico-evolutivo (Pianka, 1982).

Con el valor de  $r$  es posible obtener otros parámetros poblacionales de interés como es: a) el tiempo generacional ( $T_g$ ) definido como el período de tiempo promedio en el cual

se cubre una generación o sea el período que transcurre entre el nacimiento de los padres y el de la descendencia (Pianka, 1982, Krebs, 1994), b) el tiempo de duplicación (DT) que es definido como el tiempo promedio para que la población aumente al doble de su cantidad original (Carey, 1993), c) tasa finita de incremento ( $\lambda$ ) la cual es empleada como la tasa de incremento por individuo y por unidad de tiempo (Pianka, 1982) y d) estructura de edades (Cx) que indica la proporción de miembros que pertenecen a cada clase de edad en una población estable (Carey, 1993, Krebs, 1994).

Otro parámetro importante es la tasa neta de reproducción ( $R_0$ ), que se define como el número promedio de hijas prole que puede aportar una cohorte de hembras durante su período de vida, cuando ellas tienen un patrón fijo de natalidad y mortalidad (Pressat, 1985, citado por Carey, 1993). Aunque se puede considerar un parámetro indicativo de la capacidad reproductiva de una hembra de la población (Botto et al, 1988), es importante tomar en cuenta que este parámetro está más acorde a las condiciones o tiempos específicos en que se desarrolló la evaluación (Carey, 1993).

#### MODELOS DEMOGRÁFICOS DE CRÍA MASIVA DE INSECTOS.-

Los modelos representan un objeto o un evento cuando los componentes de éstos tienen una relación análoga al objeto o evento real (Gold, 1977). Para la ecología un modelo puede ser la descripción matemática de una población (Akçakaya *et al.*, 1997). En diferentes áreas, los modelos se han desarrollado empleando una base matemática. Parten desde la elaboración de una fórmula matemática concisa con la cual se pueden hacer múltiples aplicaciones (Vanden Bosch, 1982).

La elaboración y uso de los parámetros demográficos han permitido que se desarrollen diferentes modelos de amplia utilidad. Uno de ellos es el que corresponde a la demografía de la cría masiva de insectos (Carey, 1993). Estos modelos representados por Carey (1993), previamente han sido aplicados para el análisis demográfico de las crías masivas de diferentes especies de moscas de la fruta, como *Bactrocera dorsalis*, *Bactrocera cucurbitae* y *Ceratitis capitata* (Carey y Vargas, 1985) o especies del género *Anastrepha* (Liedo y Carey, 1993), así como en cría de acaros (Carey y Krainacker, 1988) y parasitoides de moscas de la fruta (Carey *et al.*, 1988).

La aplicación de estos modelos propicia diferentes ventajas como son el optimizar la producción masiva por medio del incremento de la cosecha y el mantenimiento de un pie de cría que permita la constante producción a las cantidades establecidas. Carey (1993), menciona que esta teoría fue originalmente desarrollada en piscicultura, explotación forestal y granjas para lograr optimizar la producción en una de estas actividades.

El modelo aplicado en la cría de moscas de la fruta de la familia Tephritidae (Carey y Vargas, 1985; Liedo y Carey, 1994) aporta diferentes parámetros que muestran la estructura de la población en la cría masiva, así como diferentes edades de importancia en la producción y en el mantenimiento de la colonia y del pie de cría.

El modelo también ha sido aplicado en la cría masiva de *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron), parasitoide de moscas de la fruta (Carey *et al.*, 1988). Los datos aportados por el modelo permiten conocer diferentes parámetros de producción, como son: la tasa de producción por hembra, las necesidades de hospederos por hembra y la estructura de edades. Esta información es aportada considerando la optimización del uso de hospederos y de la colonia de parasitoides.

Liedo y Carey (1994) mencionan que los modelos demográficos aplicados a cría masiva, en este caso, con especies de *Anastrepha* spp., son de amplia utilidad para el mejor aprovechamiento de la producción, así como pueden servir para el mejoramiento de la calidad de la cría masiva.

## MATERIAL Y MÉTODOS.-

El presente trabajo se efectuó en el Laboratorio del Departamento de Control Biológico de la Subdirección de Desarrollo de Métodos del Programa Moscamed - SAGAR. Los especímenes de *D. longicaudata* fueron obtenidos de la cría masiva que se mantiene en dicho laboratorio y consistió en una cepa con alrededor de 20 generaciones mantenidas bajo condiciones artificiales. Se empleó una muestra de esta misma cepa con 100 generaciones bajo condiciones de laboratorio para las evaluaciones comparativas con el avance generacional y con otro método de producción. Cuando las evaluaciones se hicieron con la generación 20, la cepa en este caso se mantuvo con un método de producción basado en la técnica descrita por Wong y Ramadan (1992). Cuando se empleo la muestra de la generación 100, la cepa había cambiado a otro método de producción masiva de mayor capacidad y más dinámica. Este método es descrito por Cancino (1997)

En cada evaluación se utilizó hembras provenientes de una misma cohorte, para lo cual se muestreo de un mismo lote de producción (originados del mismo lote de larvas hospederas). Se tomaron muestras de 35 parejas de parasitoides adultos recién emergidos de la misma cohorte. Las hembras de una misma muestra se mantuvieron en pareja con un macho, cada pareja fue confinada por separado en una jaula tipo Hawai (jaulas de estructura de madera de 27x27x27 cm con un hueco elíptico de 20x10 cm en la base de la jaula) (Wong y Ramadan, 1992). Desde el primer día a cada una de las hembras se les expuso una unidad de parasitación tipo caja petri por día. Esta unidad de parasitación consiste en una base de caja petri (9 cm de diametro y 0.8 cm de profundidad) con una tapa circular de plástico cubierta con tela organza, la cual embona herméticamente. En cada unidad se colocaron 50 larvas hospederas de *Anastrepha ludens* (Loew) de 8 días de edad con dieta larvaria Las larvas se expusieron al parasitoide por un período de 6 h , después se mantuvieron en recipientes cilindricos de plástico (10 cm de diametro por 5 cm de alto) por separado. Después de 2 días las larvas hospederas se separaron de la dieta por lavado con un flujo de agua a presión y empleando un tamiz de 1mm de luz. Posteriormente las larvas fueron colocadas de nuevo en el mismo recipiente, en esta ocasión con una capa de 3 cm de vermiculita como sustrato de pupación. Los puparios se mantuvieron por un período de

15 días a 26°C. Los parasitoides emergidos fueron contabilizados y sexados obteniendo de esta manera la fecundidad por hembra y por día. En lo que corresponde a la supervivencia, se hicieron observaciones diarias del número de hembras vivas por jaula desde el primer día. Las observaciones se mantuvieron hasta la muerte de la última hembra de la cohorte. Durante todo el período de vida de las hembras se mantuvo la misma proporción de sexos, en el caso de presentarse la muerte del macho fue sustituido por otro de la misma cohorte.

Con este procedimiento general se llevaron a cabo todas las evaluaciones correspondientes a cada tratamiento, las cuales variaron de acuerdo a la descripción de los siguientes procedimientos:

**Influencia de la temperatura con diferentes tipos de reproducción.** - Se formaron cuatro grupos de adultos de una misma cohorte, dos de 35 parejas (1♀:1♂) y dos de 35 hembras solas. Las primeras se les consideró como hembras con oportunidad de efectuar reproducción sexual y a las segundas se les provocó la reproducción partenogénica. La evaluación de cada tipo de reproducción se realizó empleando dos temperaturas, a 21°C y 26 °C.

Cada hembra (con pareja o sin pareja) fue introducida a una jaula tipo Hawaïi. Diariamente se registro la mortalidad, hasta la muerte de la última hembra en cada tratamiento.

Desde el primer día de emergencia, a las hembras se les expuso una unidad de parasitación por día. Las larvas expuestas fueron mantenidas hasta la emergencia de adultos con lo que se obtuvo el número de progenie (hembras y/o machos) por hembra por día.

**Influencia de la presencia de macho en la fecundidad de la hembra.** - De una misma cohorte se tomaron tres muestras de 35 hembras, a cada una de las cuales se les dio un tratamiento diferente. Dos tratamientos consistieron en mantener en períodos secuenciales la alternancia de la presencia de macho por períodos de diez días.

En el tratamiento de presencia inicial de macho, se colocó cada hembra con un macho en el período inicial de diez días y posteriormente se alternó. En el tratamiento de



ausencia inicial de machos, la hembra estuvo sola en el período inicial de diez días, posteriormente, se introdujo un macho, después este período fue alternado. En el tercer tratamiento cada hembra se mantuvo en proporción 1♀: 5♂ constante. Los datos obtenidos en este último tratamiento fueron analizados comparándolos con los obtenidos en hembras con proporción sexual constante 1♀: 1♂ a 21°C.

**Influencia de la disponibilidad de hospedero en la supervivencia y fecundidad de los parasitoides** - Se tomaron tres muestras de 35 parejas (1♀:1♂) de una misma cohorte, cada pareja fue colocada en jaulas separadas. En dos tratamientos se alternó secuencialmente la presencia de hospedero, en períodos de diez días. En un tratamiento se expuso hospederos por el período inicial de diez días y posteriormente se alternó. En el otro tratamiento la exposición de hospederos fue inversa. En el tercer tratamiento no se realizó exposición de hospederos.

**Comparación entre cepas con diferente número de generaciones en cría masiva.**- Se tomo una muestra de 35 parejas (1♀:1♂) de la misma cohorte de un lote de producción con 100 generaciones en cría masiva. Cada pareja fue confinada a una jaula por separado. Las observaciones y exposiciones se hicieron hasta que murió la última hembra de la muestra.

Los datos obtenidos fueron comparados con los parámetros demográficos obtenidos en el tratamiento con hembras con reproducción sexual a 21°C (temperatura a la cual se mantuvo la cría durante el avance generacional) efectuado en la generación 20.

**Modelo demográfico para el análisis de optimización de la cría masiva en dos procedimientos diferentes de cría.**- Se emplearon los datos de supervivencia y fecundidad de hembras con reproducción sexual a 21 °C de la generación 20 y de la generación 100. Con estos datos se obtuvieron los siguientes parámetros: tasa de cosecha (h), proporción sexual (s), tasa de producción por hembra con hospederos ( $P_{hosp}$ ), tasa de producción de hijos por hembra  $P(m)$ , número de hospederos por hembra parasitoide y estructura de edades en la cría. Estos parámetros fueron obtenidos de acuerdo al modelo demográfico de cría masiva de parasitoides citado por Carey (1993) y Carey y Vargas (1985).

**Parámetros demográficos y análisis estadístico** - Con los datos de supervivencia y fecundidad obtenidos de todas las muestras de las cohortes sometidas a diferentes tratamientos se construyeron tablas de vida y fecundidad. La supervivencia en estados inmaduros en todas las evaluaciones se tomó por medio del cálculo teórico de una mortalidad del 20% que se presenta de manera lineal a una tasa diaria constante en los primeros 15 días de vida del parasitoide. A partir de esta información se obtuvieron datos sobre supervivencia máxima, esperanza de vida, fecundidad promedio y proporción sexual de la progenie. Además se calcularon los siguientes parámetros poblacionales: la tasa neta de reproducción ( $R_0$ ), tasa intrínseca de incremento ( $r$ ), tiempo generacional ( $T_g$ ) y la edad media de reproducción ( $A$ ). Todos estos cálculos se hicieron con base en las fórmulas y modelos dados por Carey (1993).

Con los datos de fecundidad promedio en hembras con progenie de las evaluaciones a diferente temperatura y diferente tipo de reproducción, se aplicó un arreglo bifactorial. En las otras evaluaciones la comparación se realizó de manera simple. Los datos fueron analizados estadísticamente por medio de un ANOVA y prueba de rango múltiple de Tuckey ( $P=95\%$ ). Las curvas de supervivencia fueron comparadas entre diferentes tratamientos por medio del procedimiento estadístico no paramétrico conocido como la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $P=95\%$ ).

En el caso particular de la comparación entre generaciones se hizo un análisis de paridad por día, para analizar la heterogeneidad de fecundidad (Carey, 1993). El análisis de paridad se realizó con los datos de fecundidad por hembra por día. Se estableció cuatro clases que fueron: a) hembras con producción de 0, b) de 1 a 10, c) de 11 a 20 y d) más de 20 hijos por día. En cada día, durante el período de supervivencia total de las muestras evaluadas de cada cohorte, se obtuvo la proporción de hembras pertenecientes a cada clase. Las proporciones de hembras por clase por día fueron analizadas por medio de gráficas de área.

## RESULTADOS

### **Influencia de la temperatura en la reproducción partenogenética y sexual.**

Los resultados de supervivencia y fecundidad de las hembras con reproducción sexual y partenogenética a 21 ° C y 26 ° C se pueden observar en el cuadro 1. La supervivencia fue mayor a temperatura de 21 ° C; 72 días con reproducción partenogenética y 60 días con reproducción sexual. A temperatura de 26 ° C estos valores fueron menores (51 días con reproducción partenogenética y 42 días con reproducción sexual) La esperanza de vida fue mayor a temperatura de 21 ° C, se obtuvo valores superiores a los 30 días, a temperatura de 26°C, la esperanza de vida estuvo entre 22 y 23 días En lo que corresponde a la fecundidad, esta fue menor a 26 ° C, comparando con los obtenidos a 21 ° C ( $F=0.437$ ,  $g.l=1$ ,  $102$ ,  $\alpha<0.05$ ). La proporción de hembras en la progenie fue mayor a 26 ° C.

Los parámetros poblacionales de hembras con reproducción sexual muestran que la tasa de fecundidad fue mayor a 21 ° C y la edad media de reproducción se presentó tres días después a la observada a 26 ° C. Por lo que corresponde a la tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) en los dos tratamientos fue de 0.14. El tiempo generacional ( $T_g$ ) fue más prolongado a 21 ° C por cuatro días.

La figura 1 muestra el comportamiento de la supervivencia y fecundidad en hembras con reproducción sexual y con reproducción asexual partenogenética a 21 y 26 ° C. La supervivencia de hembras con reproducción sexual y partenogenética siempre fue mayor a 21 ° C, con excepción de los primeros nueve días en reproducción sexual. En el análisis estadístico de las curvas de supervivencia de diferente tipo de reproducción a diferente temperatura se obtuvo diferencia significativa (partenogenéticas,  $K=0.26$ ,  $D=0.288$ ,  $\alpha<0.05$ , sexuales  $K=0.23$ ,  $D=249$ ,  $\alpha<0.05$ ). En la mayor parte del período de fecundidad en los dos tipos de reproducción la fecundidad fue mayor a temperatura de 21 ° C. La fecundidad en hembras a 26 ° C tuvo valores más altos y fue más constante en los primeros veinte días. Las hembras con reproducción partenogenética se reprodujeron durante un período más prolongado, observándose valores altos y más fluctuantes. Los picos de fecundidad en hembras con reproducción sexual fueron más altos en el período de

los primeros veinte días, en el caso de las hembras con reproducción partenogenética, los picos de fecundidad se presentaron después de los 35 días de edad.

Cuadro 1.- Datos de supervivencia y fecundidad y parámetros poblacionales obtenidos con hembras de *D. longicaudata* con reproducción sexual y partenogenética a 21 ° C y 26 °C.

Parámetros	Reproducción partenogenética		Reproducción sexual	
	26 °C	21 °C	26 °C	21 °C
Supervivencia máxima (días)	51	72	42	60
Esperanza de vida Eo (días)	22.70	34.32	23.75	30.91
Fecundidad media de hembras con progeñie	36.0 ± 6.28 Aa	98.06 ± 14.66 Bb	30.21 ± 4.48Aa	76.21 ± 12.98Bb
Proporción sexual promedio general de la progeñie (♀ : ♂)	-----	-----	4.5 : 1	2.74 : 1
Tasa neta de reproducción (Ro)	-----	-----	28.25	41.84
Tasa intrínseca de incremento ( r )	-----	-----	0.1475	0.1420
Tiempo generacional (Tg) (días)	-----	-----	22.65	26.48
Edad media de reproducción (A) (días)	-----	-----	22.07	24.92

Las letras mayúsculas similares en datos de fecundidad media por hembra en diferentes tipos de reproducción a la misma temperaturas no implican diferencia significativa. Las letras minúsculas en datos de fecundidad media por hembra en el mismo tipo de reproducción a temperatura diferentes implica diferencia significativa. Análisis de rango múltiple de Tuckey ( $\alpha=0.05$ ).

**Influencia de la presencia de macho en la fecundidad de la hembra.** La presencia de machos tuvo un efecto importante en los parámetros demográficos (Cuadro 2). Los resultados en los valores de supervivencia y fecundidad muestran que la ausencia del macho en el período inicial de diez días repercute de manera negativa en la supervivencia y fecundidad. Las hembras sin macho en el período inicial tuvieron una reducción notable en sus parámetros de fecundidad, no obstante que los promedios de fecundidad en hembras

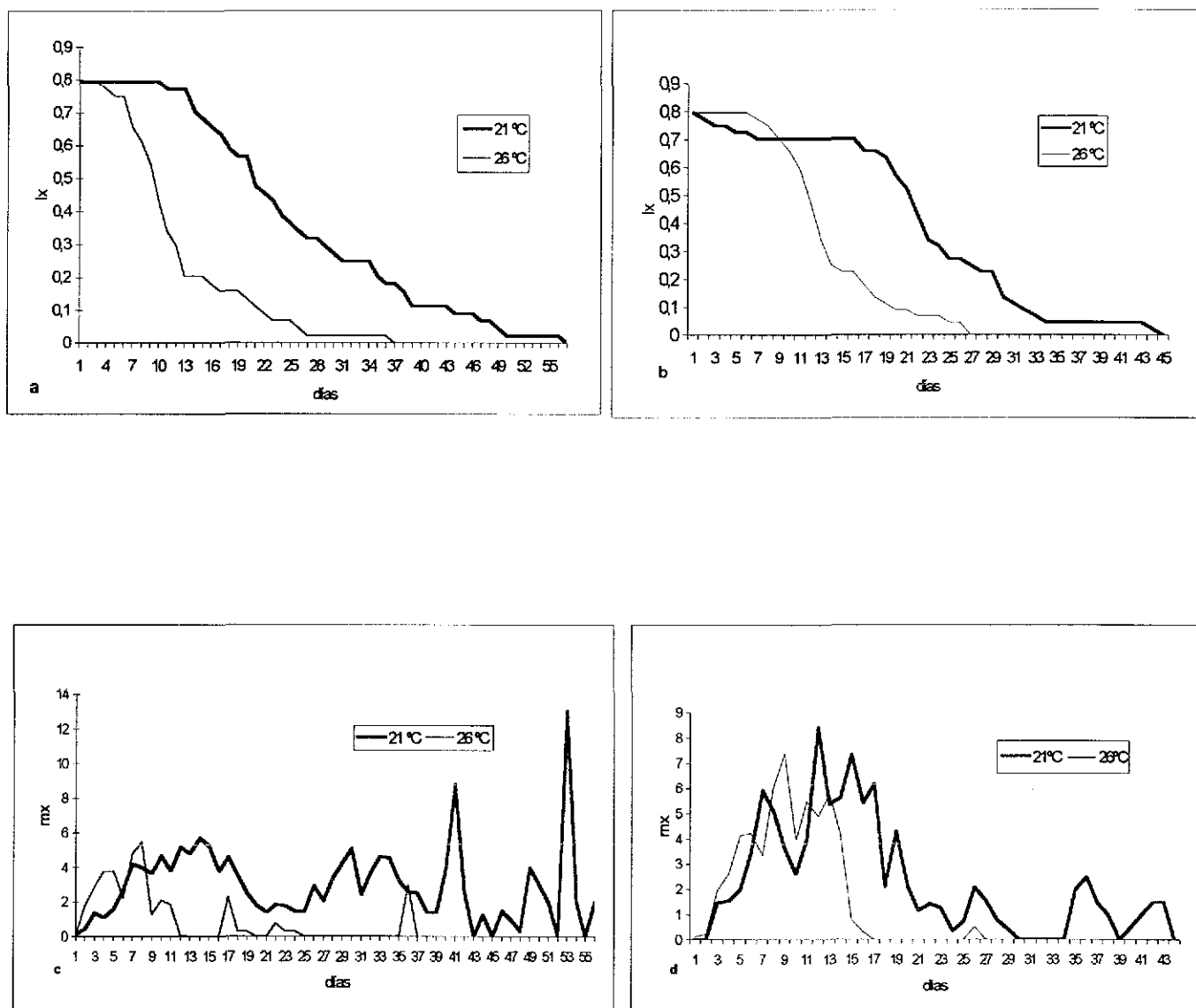


Fig - 1 - Curvas de supervivencia (lx) y fecundidad (mx) de *D. longicaudata* obtenida en tratamientos a diferentes temperaturas:

- a) - Supervivencia en hembras con reproducción partenogenética
- b) - Supervivencia en hembras con reproducción sexual
- c) - Fecundidad en hembras con reproducción partenogenética
- d) - Fecundidad en hembras con reproducción sexual

con progenie no fueron significativamente diferentes a los obtenidos cuando el macho estuvo presente en el período inicial ( $F=14.97$ ,  $g.l.= 85$ ,  $\alpha>0.05$ ). La fecundidad obtenida cuando se empleó una proporción parental de  $1♀: 5♂$  fue hasta cuatro veces mayor y significativamente diferente a las promedios de fecundidad de hembras con progenie con presencia alternada de macho. La proporción sexual de la progenie, en el caso del período inicial de ausencia de macho, fue favorable a machos, correspondiendo a 7.02 machos por hembra, lo cual fue inverso en hembras con un período inicial con machos ( $1.6♀:1♂$ ). El valor más alto inclinado a hembras de este parámetro fue obtenido cuando la proporción sexual parental se mantuvo constante en  $1♀: 5♂$ .

Los parámetros que indican crecimiento poblacional fueron mayores para el tratamiento  $1♀.5♂$ , seguido por el tratamiento donde los machos estuvieron presentes los primeros diez días y las tasas más bajas se registraron en el tratamiento donde los machos estuvieron ausentes los primeros diez días.

El tiempo de generación en el tratamiento con ausencia inicial de machos fue el más largo con un valor de 30.33 días y el más corto se obtuvo en el tratamiento con presencia inicial de macho. En hembras con proporción constante  $1♀. 5♂$  se presentó un tiempo generacional de 24.05 días. Por su parte la edad media de reproducción fue muy similar cuando se presentó macho en la fase inicial y cuando se mantuvo constante la presencia de machos ( $1♀: 5♂$ ), este tiempo fue más prolongado cuando los machos estuvieron ausentes en el período inicial.

En la figura 2.a se aprecia el comportamiento de supervivencia y fecundidad en los tratamientos con presencia alternada de macho. Con excepción del día 6, la supervivencia siempre fue mayor en las hembras con macho en el período inicial. Ambas curvas de supervivencia muestran un decremento constante, el cual fue menos notable en los primeros cinco días y las curvas tuvieron un decremento más paulatino después del día 15. De acuerdo al análisis estadístico de las curvas de supervivencia no se presentó diferencia significativa ( $K=0.32$ ,  $D=0.159$ ,  $\alpha>0.05$ ).

En las curvas de fecundidad (Fig. 2 b), se observa un pico inicial de fecundidad de progenie machos producidos partenogenéticamente por hembras con período inicial de ausencia de macho. En estas hembras es notable el aumento de progenie hembras en el segundo período, cuando tuvieron presencia de macho. No obstante, en el tercer período

cuando se eliminó el macho, la fecundidad decae notablemente. La fecundidad en los primeros diez días en hembras con presencia inicial de macho no tuvo diferencias notables con la presentada en hembras con proporción sexual 1♀: 1♂ constante (Fig 1.d) Posteriormente cuando se eliminó el macho, en el segundo período, la fecundidad decae notablemente. La fecundidad se volvió a elevar en el tercer período cuando de nuevo las hembras estuvieron con un macho.

Cuadro 2 - Datos de supervivencia y fecundidad y parámetros poblacionales obtenidos con hembras de *D.longicaudata* con presencia alternada de macho, en período de diez días y con hembras mantenidas en proporción 1♀: 5♂ .

Parámetros	Presencia alternada de macho		Proporción sexual 1♀: 5♂
	Ausencia al inicio	Presencia al inicio	
Supervivencia máxima (días)	39	48	48
Esperanza de vida Eo (días)	21.29	23.39	27.39
Fecundidad media de hembras con progenie	39.76 ± 5.68 a	43.56 ± 8.19 a	164.51 ± 14.81 b
Proporción sexual promedio general de la progenie (♀: ♂)	1: 7.02	1.6 : 1	5.32 : 1
Tasa neta de reproducción (Ro)	2.81	18.38	72.32
Tasa intrínseca de incremento ( r )	0.034	0.130	0.178
Tiempo generacional ( Tg )	30.33	22.39	24.05
Edad media de reproducción ( A )	30.18	21.36	22.69

Los datos de fecundidad media en hembras con progenie seguido de letras diferente implica diferencia significativa. Análisis de rango múltiple de Tuckey ( $\alpha = 0.05$ ).

En la figura 3, son comparadas la supervivencia y fecundidad de hembras con proporción sexual 1♀: 5♂ con hembras con proporción sexual 1♀:1♂ a 21 ° C. La supervivencia presente en estos tratamientos tuvieron un comportamiento muy similar.

Como en otros resultados, las curvas de supervivencia presentan un pequeño decremento en el período inicial de los diez días, lo cual fue más prolongado en hembras con proporción sexual 1♀: 1♂ a 21° C. Posteriormente, se obtuvo otro decremento notable hasta alrededor de los 30 días. La comparación estadística de curvas de supervivencia, indicaron diferencia significativa ( $K=0.28$ ,  $D=0.256$ ,  $\alpha<0.05$ ). La curva de fecundidad (Fig. 3.b) en hembras con proporción 1♀: 5♂ fue generalmente superior a la obtenida con hembras con proporción 1♀: 1♂. En los primeros 12 días se obtuvo un pico notable mayor al promedio de 12 hijos/♀/día en hembras con proporción sexual 1♀: 5♂. Posteriormente se presenta un decremento constante con excepción de un pico alto el día 13. Después del día 34 solo se presentó fecundidad en hembras con proporción 1♀: 1♂ a 21° C. En el tratamiento 1♀: 5♂ se presentó comparativamente la mayor fecundidad, la cual estuvo concentrada en los primeros 29 días.

**Influencia de la disponibilidad del hospedero en la supervivencia y fecundidad de parasitoides.** La presencia alternada de hospedero no tuvo una influencia notable en los valores de los parámetros de supervivencia. Sin embargo, la supervivencia de hembras sin hospedero fue casi dos veces mayor. No hubo diferencia significativa en la fecundidad de hembras con presencia alternada de hospedero ( $F=0.366$ ,  $g.l.=1,33$ ,  $\alpha>0.05$ ), pero si se detectó una marcada diferencia en la relación de sexos de la progenie. La proporción sexual de la progenie de hembras con ausencia inicial de hospedero fue de 1.69♀:1♂, mientras que aquellas con presencia inicial tuvieron una relación de 3.3♀: 1♂ (Cuadro 3)

El efecto de la relación de sexos de la progenie repercutió en los parámetros poblacionales, como la tasa intrínseca de incremento y la tasa neta de reproducción, siendo claramente mayores en los casos en que se tuvo la presencia inicial de hospedero. Los parámetros indicadores de tiempo, como el tiempo generacional o la edad media de reproducción, fueron mas prolongados en hembras sin disponibilidad inicial de hospedero. Estos parámetros de tiempos promedio fueron muy similares entre las hembras con disponibilidad inicial de hospedero con los obtenidos con hembras con disponibilidad de hospedero constante mantenidas a 26 °C (Cuadro 1). La duración de estos tiempos fue menor en las hembras con período inicial de disponibilidad de hospedero.



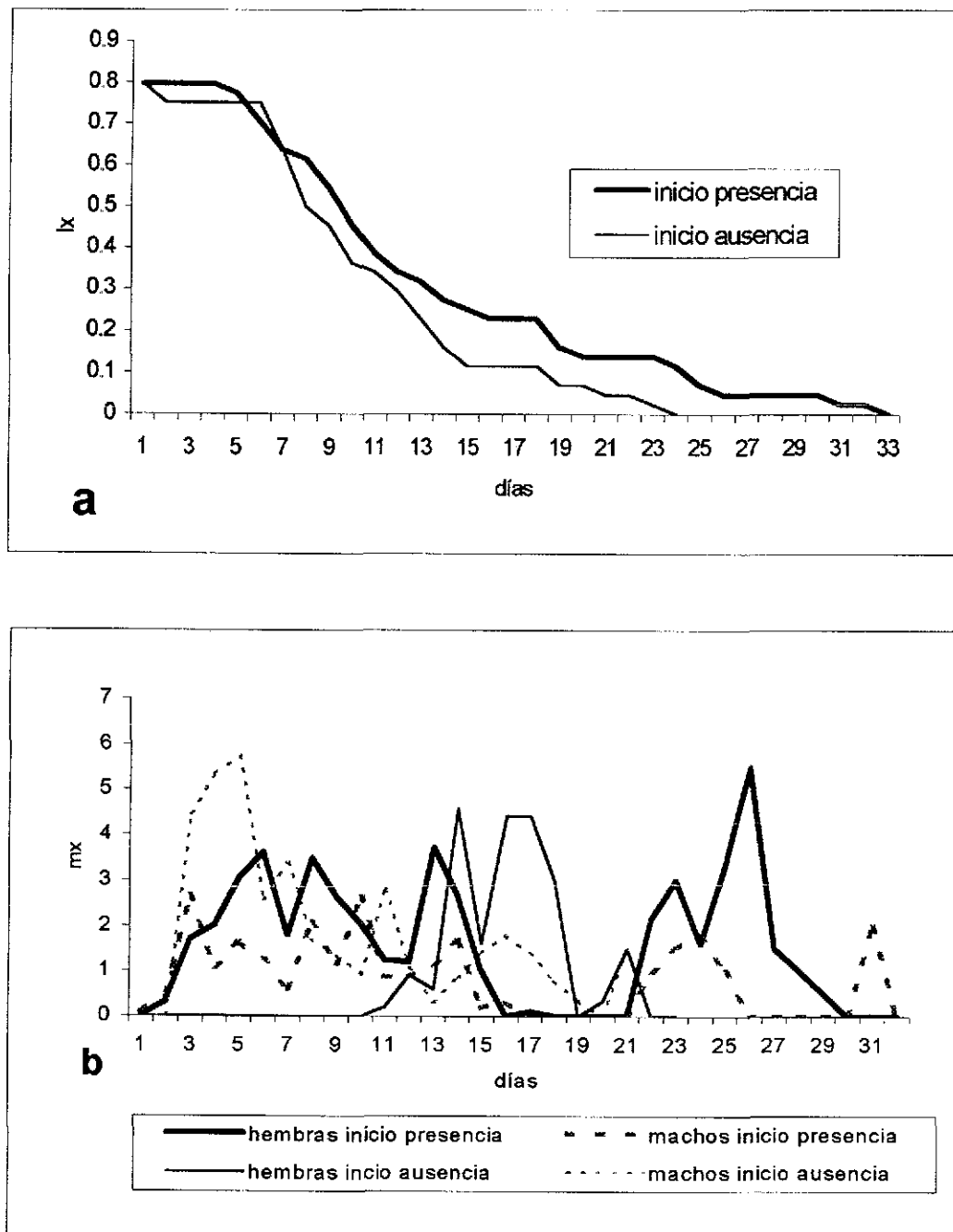


Fig. 2 - Curvas de supervivencia (a) y fecundidad por sexo (b) en hembras de *D. longicaudata* con período de diez días de presencia alternada de macho.

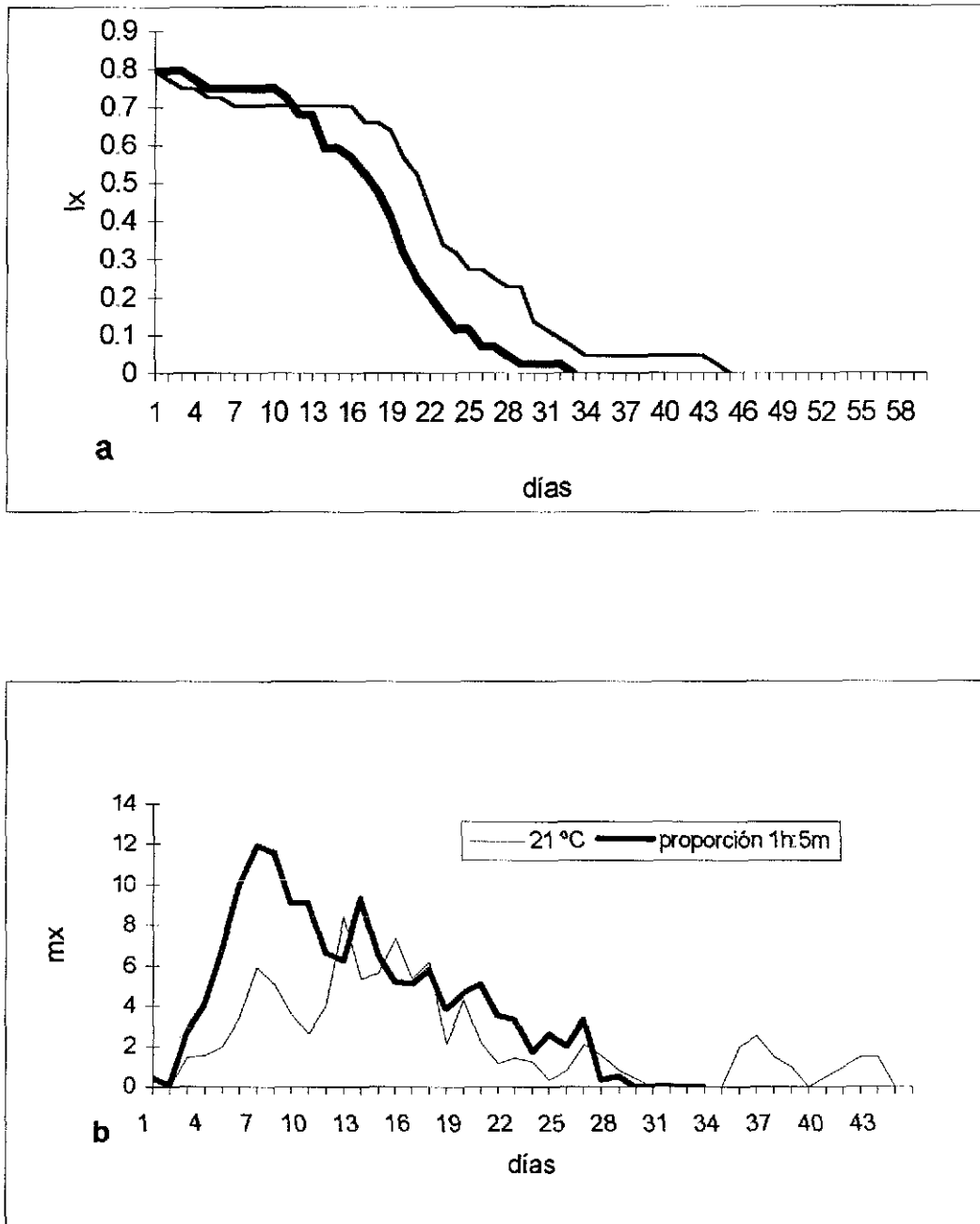


Fig. 3.- Comparación gráfica de curvas de supervivencia (a) y fecundidad (b) de hembras de *D. longicaudata* obtenidas con proporción sexual 1♀:1♂ y 1♀:5♂.

Cuadro 3.- Datos de supervivencia y fecundidad y parámetros poblacionales de hembras de *D. longicaudata*, con presencia alternada de hospedero y sin disponibilidad de hospedero.

Parámetro	Disponibilidad alternada de hospedero		Sin hospedero
	Ausencia al inicio	Presencia al inicio	
Supervivencia máxima (días)	42	42	80
Esperanza de vida ( Eo ) (días)	25.11	24.25	40.91
Fecundidad media en hembras con progenie	45.5 ± 9.75 a	39.3 ± 6.01 a	-----
Proporción sexual promedio general de la progenie (♀:♂)	1.6 : 1	3.3 : 1	-----
Tasa neta de reproducción (Ro)	8.93	14.38	-----
Tasa intrínseca de incremento ( r )	0.070	0.119	-----
Tiempo generacional ( Tg )	31.14	22.41	-----
Edad media de reproducción ( A )	30.76	21.98	-----

Los datos de fecundidad media de hembras con progenie seguida con letras iguales indican que no hay diferencia significativa ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ).

En la figura 4 se muestra el comportamiento de las curvas de supervivencia y fecundidad en hembras con período alternado de disponibilidad de hospedero y sin disponibilidad de hospedero. En el caso de la supervivencia, con excepción de los primeros diez días, siempre fue mayor y más prolongada en hembras sin disponibilidad de hospedero. Entre los tratamientos con disponibilidad alternada de hospedero fue más frecuente la menor supervivencia en hembras con período inicial de presencia de hospedero. El análisis estadístico reportó que no hay diferencia significativa entre las curvas de supervivencia con presencia alternada de hospedero ( $K=0.33$ ,  $D=0.18$ ,  $\alpha>0.05$ ).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Sin embargo, si hubo diferencia significativa cuando estas curvas se compararon con la curva de supervivencia de hembras sin hospedero ( $K=0.43$ ,  $D=0.46$ ,  $\alpha<0.05$ ).

Integrando la fecundidad de las hembras durante los periodos cuando tuvieron disponibilidad de hospedero éstas tuvieron un comportamiento similar a la obtenida cuando las hembras tuvieron hospedero constante (hembras con reproducción sexual a  $21^{\circ}$  C). El comportamiento de las curvas de fecundidad parcial de manera general tiene la misma tendencia que cuando estuvo el hospedero disponible constantemente. Podría comentarse que la fecundidad es mayor en este parasitoide en el periodo de los primeros 25 días de edad. Esta fecundidad se caracteriza por tener una curva que paulatinamente se va incrementando en los primeros cinco días, desde el momento de tener hospedero disponible, hasta empezar a decrecer en la edad de 20 días.

**Comparación entre generaciones de la cepa de *D. longicaudata* en diferentes tiempos de mantenimiento en cría masiva.** En el cuadro 4 se muestran los datos de las cohortes de la misma cepa de *D. longicaudata* muestreadas en la generación 20 (cohorte de parasitoides  $1\text{♀}:1\text{♂}$ , a  $21^{\circ}$  C) y los datos obtenidos en la generación 100. Los resultados indican que la supervivencia máxima en ambas cohortes son muy similares. La fecundidad media de hembras con progenie en ambas generaciones fueron similares estadísticamente ( $F=1.39$ ,  $g.l.=1,60$ ,  $\alpha>0.05$ ). En lo que corresponde a las proporciones sexuales se mantuvieron en valores muy similares, en ambos casos se obtuvo más de 2.5 hembras por macho.

Los parámetros poblacionales de reproducción resultaron ser mayores en la generación 100 (Cuadro 4). Los valores de tiempo generacional fueron ligeramente menores en la generación 100. La edad media de reproducción, en la generación 100, se presentó a una menor edad inferior a los 20 días, éste parámetro supero los 24 días cuando se obtuvo en la generación 20.

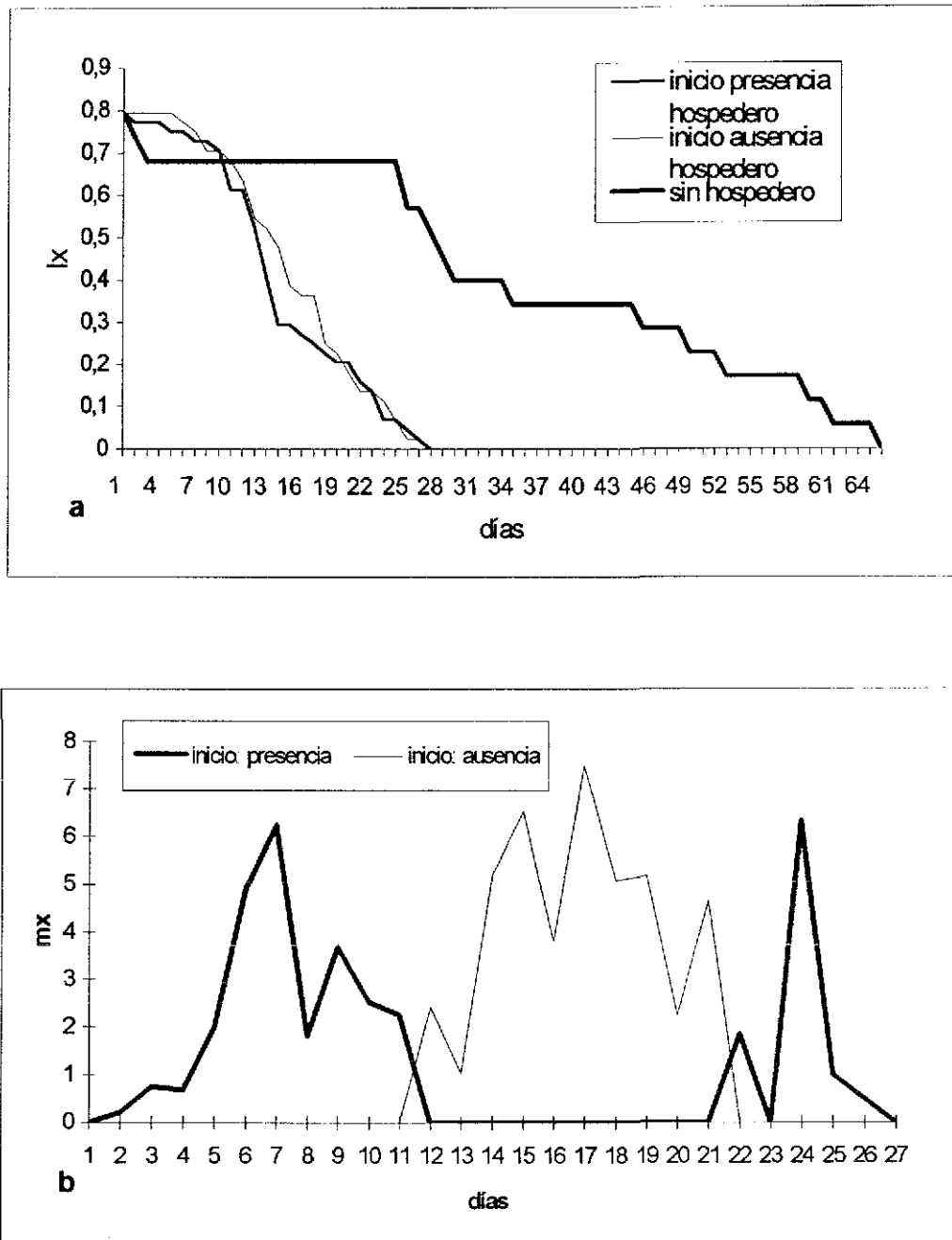


Fig. 4.- Curvas de supervivencia (a) y fecundidad (b) de hembras de *D. longicaudata* con período de diez días con presencia alternada de hospedero y sin hospedero

Cuadro 4 - Datos de supervivencia y fecundidad y parámetros poblacionales de hembras de *D. longicaudata*, en dos generaciones de una misma cepa en proceso de mantenimiento de cría masiva

Parámetro	Generación 20	Generación 100
Supervivencia máxima (días)	60	53
Esperanza de vida (días)	30.91	28.40
Fecundidad media en hembras con progenie	78.56 ± 13.17 a	97.93 ± 9.49 a
Proporción sexual promedio (♀:♂)	2.74: 1	2.60: 1
Tasa neta de reproducción (R <sub>0</sub> )	41.84	55.82
Tasa intrínseca de incremento (r)	0.14	0.19
Tiempo generacional (T <sub>g</sub> )	26.48	20.84
Edad media de reproducción (A)	24.92	19.90

Los datos de fecundidad media en hembras con progenie seguidas de letras iguales indican que no hay diferencia significativa. ANOVA ( $\alpha=0.05$ ).

La comparación de las curvas de supervivencia y fecundidad se puede observar en la figura 5. La supervivencia en la generación 100 aparentemente fue menor a la obtenida en la generación 20, sin embargo en la comparación estadística de las curvas de supervivencia no se obtuvo diferencia significativa ( $K=0.27$ ,  $D=0.218$ ,  $\alpha>0.05$ ).

La fecundidad de la generación 100 se concentró en los primeros días de vida de las hembras, con picos mayores a 10 hijos/♀/día. Después del día 11 se inició una disminución notable en la fecundidad de las hembras y posteriormente un pico final en el día 32.

Una manera de poder observar la variabilidad de fecundidad entre ambas generaciones puede ser por medio de las gráficas del análisis de paridad por hembra (Fig. 6). En la fecundidad de la generación 20 se formaron cuatro categorías: a) hembras con 0,

b) de 1 a 10, c) de 11 a 20 y d) más de 20 hijos por día. La mayor proporción se presentó en hembras con fecundidad cero. En el período del día 10 al día 30 se puede observar un incremento en las proporciones de hembras con 1 a 10 y 11 a 20 hijos por día. En la generación 100, solo se presentaron tres de las cuatro categorías presentes en la generación 20. Estas categorías fueron: a) hembras con 0, b) de 1 a 10 y c) de 11 a 20 hijos por día. En la generación 100, la proporción de hembras con fecundidad cero se redujo notablemente en el período inicial de los 15 días. En los primeros diez días fue mayor la proporción de hembras con un intervalo de 11 a 20 hijos. No se presentó durante todo el período de vida de la cohorte hembras con fecundidad mayor de 20 hijos por día. De acuerdo a esto se puede comentar que la fecundidad presente en la cohorte de la generación 100 se obtuvo menor variabilidad. En la generación 100 la proporción de hembras con fecundidad de 1 a 10 y de 11 a 20 hijos por día fue notablemente mayor.

**Parámetros demográficos del modelo de cría masiva de parasitoides en dos procedimientos diferentes para *D. longicaudata* empleando *A. ludens* como hospedero.**

En el cuadro 5 se enlistan los parámetros demográficos obtenidos con la aplicación del modelo de cría masiva de parasitoides (Carey *et al.*, 1988, Carey, 1993) con la técnica Hawaii (Wong y Ramadan, 1992) y la técnica Metapa (Cancino, 1997). Con la aplicación del modelo se obtuvo una tasa de cosecha de 0.9808, la cual fue ligeramente mayor que la obtenida en la cría tipo Metapa, esto puede ser una consecuencia de que los diferentes parámetros de producción de hijos por hembra son menores en ésta técnica. De igual manera, se mantiene una proporción sexual en la cría más inclinada a hembras con la técnica Metapa y un número mayor de hospederos por hembra.

La figura 7 muestra la manera como se comportó la tasa de producción de progenie por hembra. Las cantidades de producción diaria por hembra, tanto de hijos machos como hembras es mayor en la técnica Metapa. De acuerdo a los parámetros obtenidos la producción de progenie hijos hembras por hembra puede ser hasta del doble con esta técnica. La fecundidad fue diferente en ambas técnicas, con la técnica Hawaii se

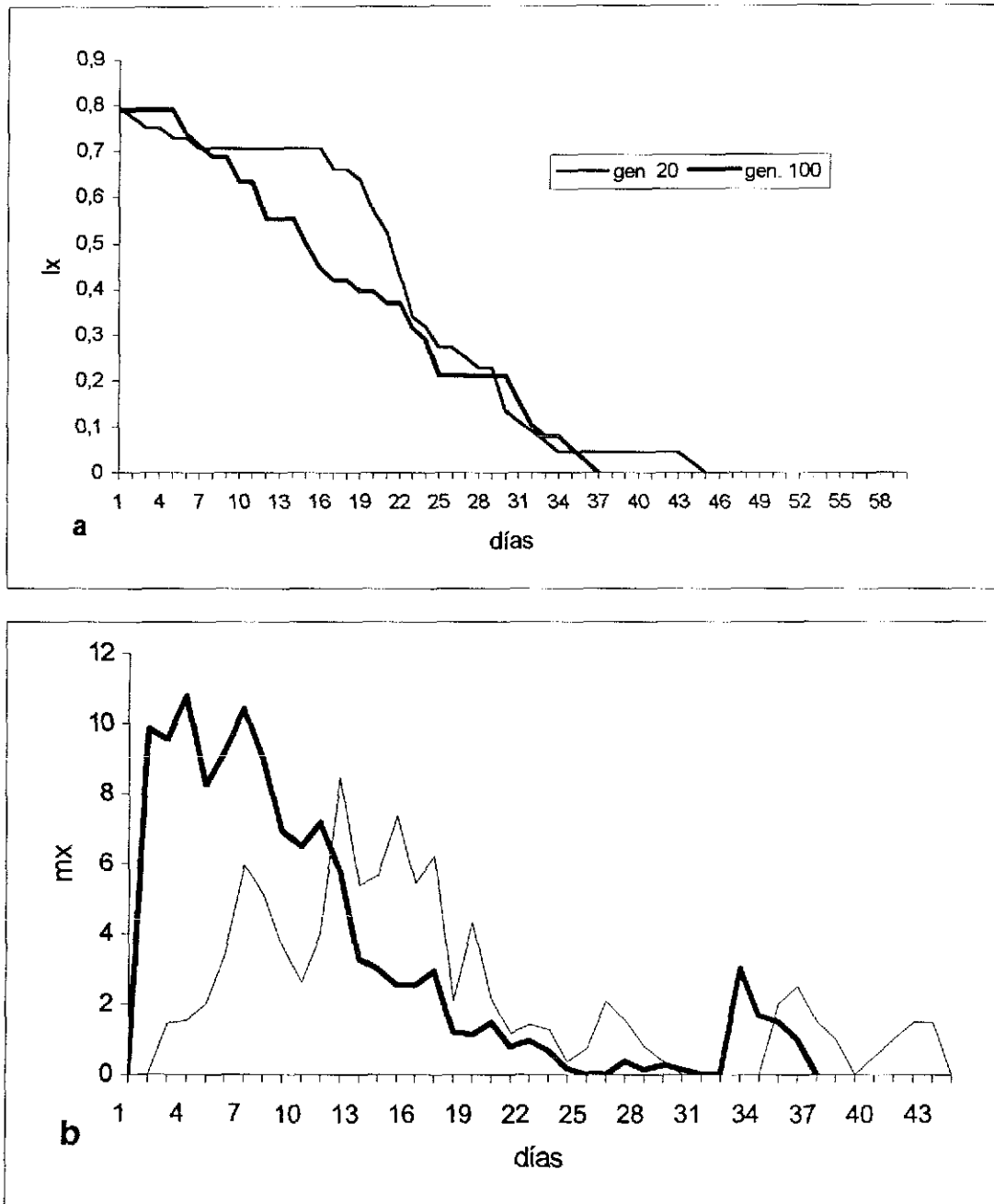


Fig - 5.- Curvas de supervivencia ( a ) y fecundidad ( b ) de una cepa de *D. longicaudata* en dos generaciones mantenidas en un proceso constante de cría masiva bajo condiciones de laboratorio.



presentó un incremento con la edad y con la técnica Metapa, la producción tuvo un incremento en los primeros siete días y después decreció paulatinamente

La estructura de edades por estado establecida en cada técnica de producción masiva se muestra en la figura 8. Lo más notable de la comparación de ambas gráficas es la reducción en la proporción de parasitoides adultos con reproducción (0.85%) y sin reproducción (0.44%) en la colonia de la técnica Metapa. En la técnica Hawaii se obtuvo una proporción de 1.81% de adultos con reproducción y de 0.96% de adultos sin reproducción. Además con la técnica Metapa se obtuvo un ligero aumento del 0.54% en la proporción de pupas presentes en la estructura de la población establecida en la cría masiva en laboratorio. De acuerdo a estos resultados la tasa de cosecha (h) se optimiza más con la técnica Metapa. Esto se deduce debido a que se requiere una colonia de adultos más pequeña con la cual se puede producir mayor cantidad de pupas.

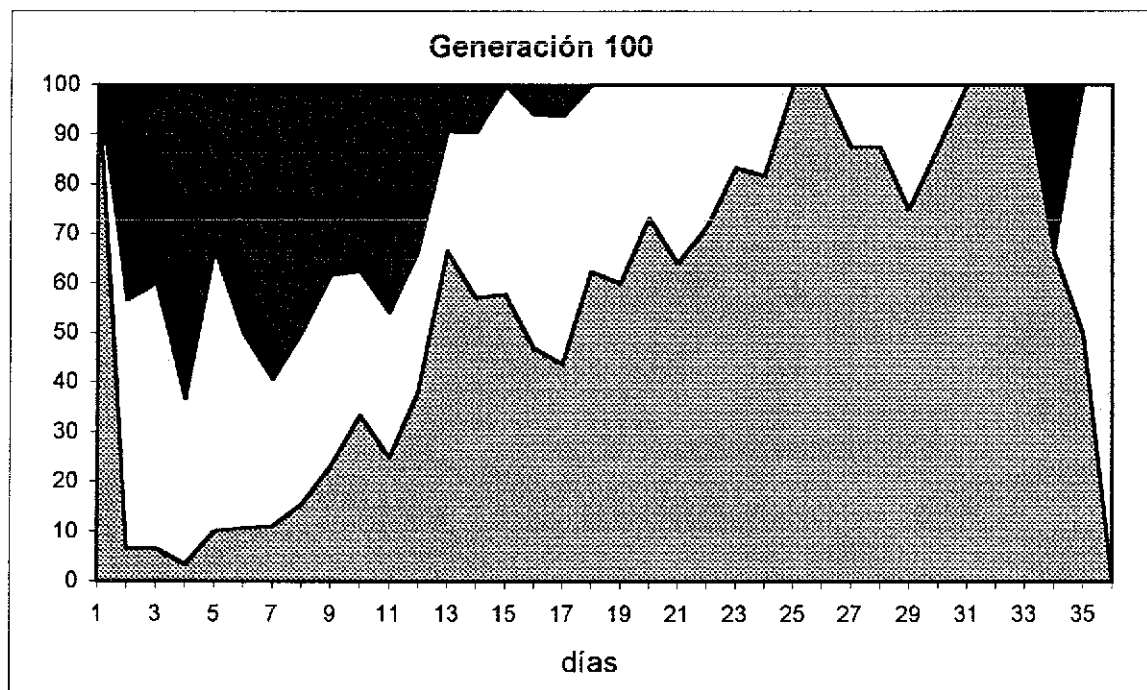
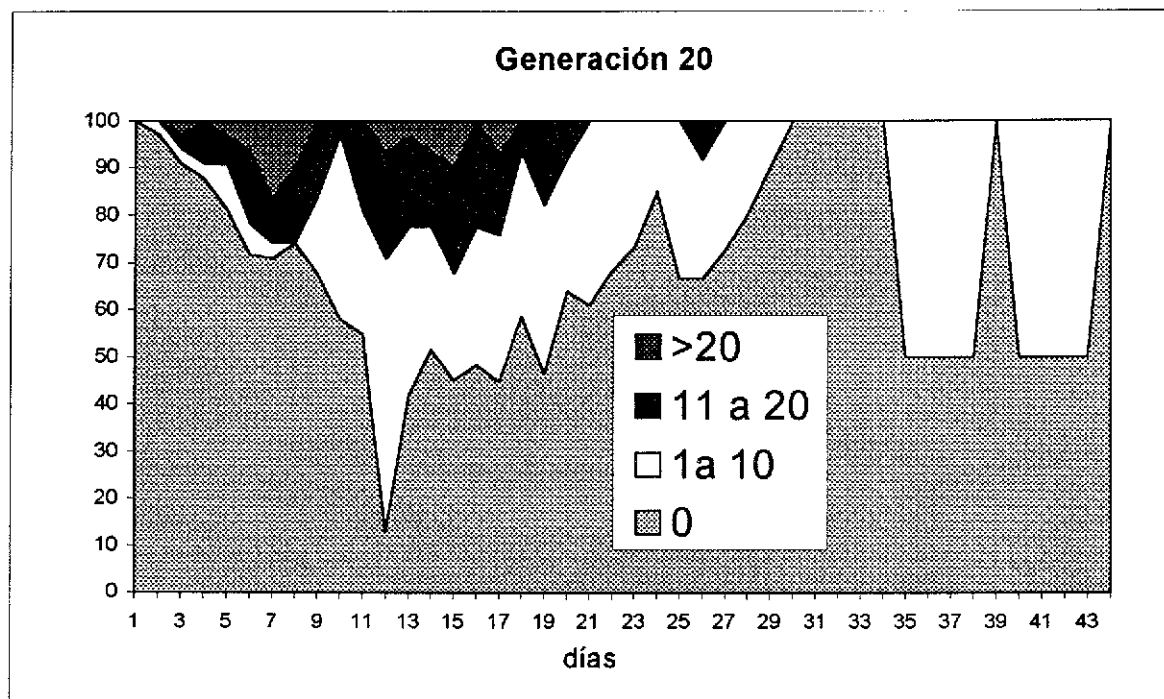


Fig.- 6 .- Gráfica de áreas de la proporción por día de cuatro clases de paridad de hembras de *D. longicaudata* en las generaciones 20 y 100.

Cuadro 5.- Parámetros demográficos obtenidos con el modelo de cría masiva de insectos (Carey, 1993), aplicado en dos técnicas de cría masiva de *D. longicaudata*.

Parámetro	Cría tipo Hawai	Cría tipo Metapa
Tasa de cosecha (h)	0.9645	0.9808
Proporción sexual (S) ♀/♂	0.4242	0.3574
Tasa de producción por hembra con hospedero (Ph)	3.5353	4.8408
Tasa de producción de hijas por hembra P(h)	1.7676	4.4204
Tasa de producción de hijos por hembra P(m)	0.7498	0.8651
Número de hospederos necesarios por hembra parasitoide	3.7048	7.0716

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

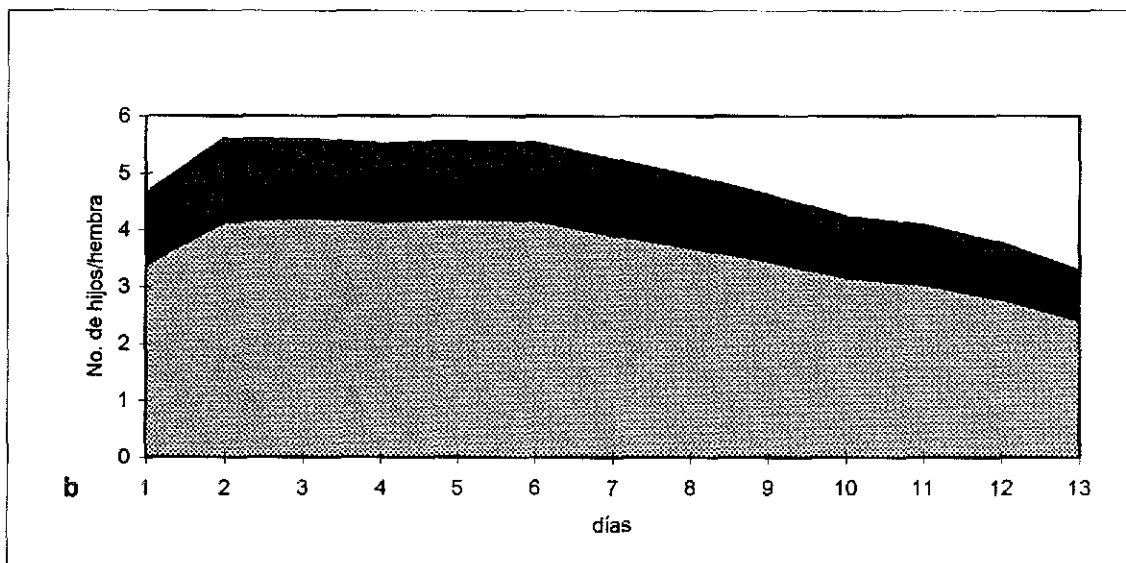
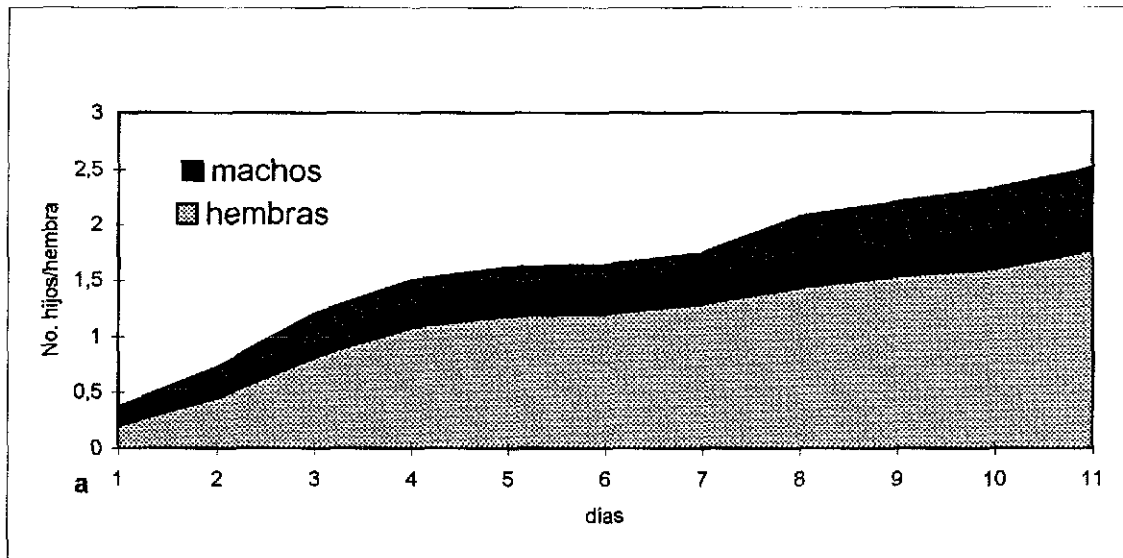


Fig. 7.- Producción de prole por sexo por hembra por día en *D. longicaudata* mantenidos en dos métodos de cría (a) Técnica Hawaii, (b) Técnica Metapa.

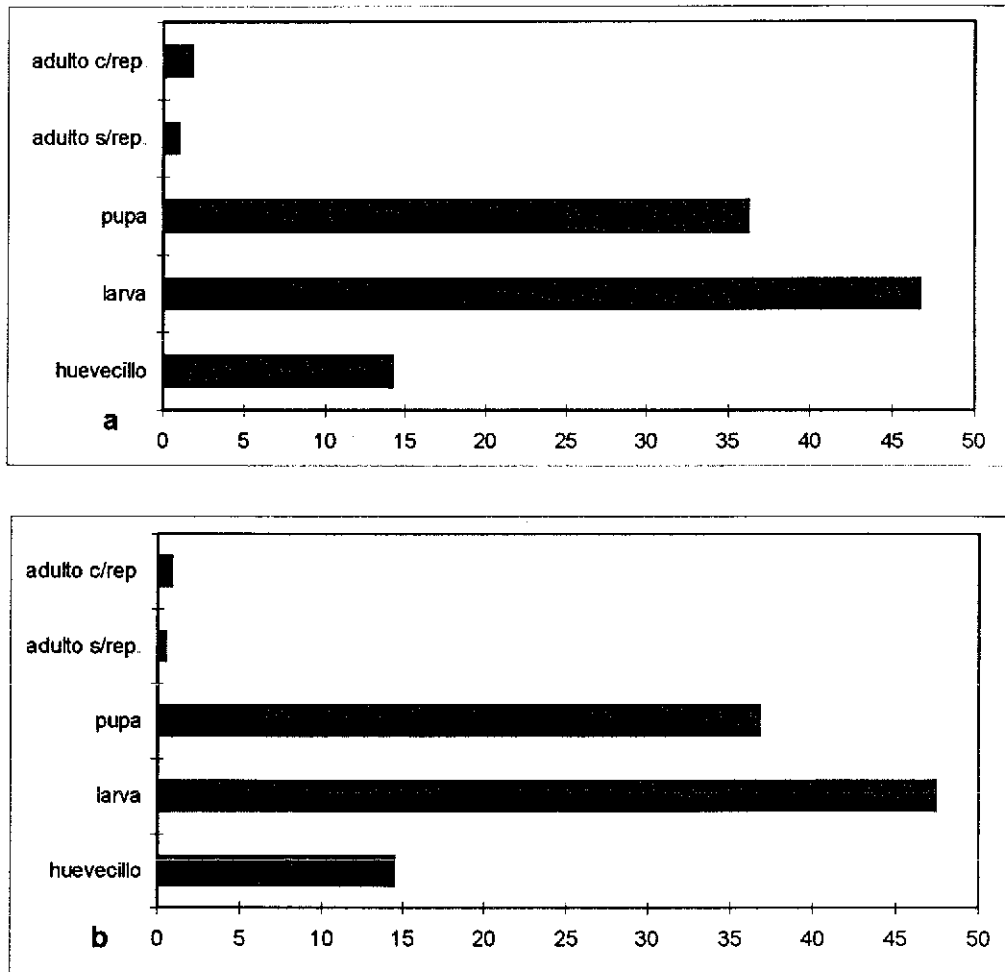


Fig. 8.- Estructura de edades en las colonias de cría masiva de *D. longicaudata* mantenidas bajo dos diferentes técnicas de producción, (a) Técnica Hawaii, (b) Técnica Metapa.

## DISCUSIÓN.-

La presente discusión involucra los resultados más importantes obtenidos en las diferentes evaluaciones realizadas. Estos resultados se comentan en su relación con respecto a su aplicación en la cría masiva y su utilidad para poder explicar aspectos biológicos y de aplicación de *D. longicaudata* como agente de control biológico de moscas de la fruta.

**Influencia de la temperatura en la reproducción partenogénética y sexual.** La temperatura tiene un papel muy importante en el mantenimiento de la cría de parasitoides. En la cría masiva de diferentes especies de parasitoides la temperatura ha sido un factor primordial para obtener una supervivencia y fecundidad adecuadas. En este caso, la temperatura de 21 °C se presentó como la condición que permite las mayores ventajas tanto para la supervivencia como para la fecundidad del parasitoide. De acuerdo a esto se puede sugerir esta condición para emplearse en cría masiva, especialmente en la colonia de adultos. En diferentes especies de insectos, especialmente parasitoides, se han realizado estudios acerca del efecto de la temperatura en la supervivencia y fecundidad. Con el incremento de la temperatura en la mayoría de los casos se ha presentado una relación inversa con la supervivencia y una relación directa con la fecundidad. Otros autores han obtenido resultados de esta tendencia en estudios realizados con los parasitoides *Spalangia* spp. y *Muscidifurax* spp. (Geden, 1996), *Ganaspidium utilis* (Berdsey) (Omer *et al*, 1996) y *Catalocus grandis* (Bruks) (Morales y Cate, 1992)

Es probable que a 21°C la cópula se haya atrasado al igual que el desarrollo de huevecillos. Desde este punto de vista fisiológico la reacción que pudo haber provocado la temperatura a 21 °C es favorable para que la hembra desarrolle de manera adecuada su

fecundidad. Esto permitió que la fecundidad directa de la cohorte evaluada a 21°C haya sido mayor.

Un parámetro poblacional indicativo de la mayor fecundidad de la cohorte a 21 °C es la tasa neta de reproducción ( $R_0$ ) (Cuadro 1). El mayor valor de  $R_0$  a 21°C indica un promedio de producción de hembras por hembra más alto, lo cual puede ser de mucha utilidad para la cría masiva. No obstante otros parámetros como la tasa intrínseca de incremento y el tiempo generacional pueden ser considerados menos adecuados. Sin embargo la tasa intrínseca de incremento es de mucha importancia como parámetro de referencia para la selección de parasitoides como agentes adecuados en el control biológico de una plaga. Se considera que un parasitoide con alta tasa de incremento poblacional tiene mayor posibilidades de rebasar la capacidad de incremento de la plaga. El valor obtenido en estas evaluaciones puede ser de utilidad para fines comparativos.

Los resultados pueden indicar la presencia de diferentes estrategias que toman las hembras ante diferentes temperaturas. A 26 °C, las hembras con reproducción sexual tuvieron una supervivencia más corta. Aunque por otra parte, se observa que a esta temperatura la fase de reproducción se alcanza más rápido, un indicativo de esto último puede ser el menor promedio en días para alcanzar la edad promedio de reproducción a 26°C. Además la proporción de sexos de la progenie fue más inclinada a hembras. Estas diferencias indican que las hembras pueden optimizar su supervivencia con una fecundidad rápida y una progenie con mayor proporción de hembras. Esto último es de suma importancia considerando que la hembra es el agente directo de ataque a los estados inmaduros de la plaga.

La estrategia de distribución de recursos es más clara en hembras con reproducción partenogénica a 21 °C. En este caso la supervivencia máxima, esperanza de vida y la

fecundidad por hembra fueron los más altos. Al parecer la reproducción partenogénica se presenta como un recurso de la hembra para dejar descendencia cuando las condiciones a largo plazo no son favorables. Esto fue más obvio a 21 °C, debido a que bajo esta temperatura la supervivencia se prolonga. Stouthamer (1993) y Slobodchikoff (1983), mencionan diferentes ventajas que pueden presentarse con el uso de la reproducción partenogénica en parasitoides. Aunque cabe destacar que la mayoría de estas opiniones son sólo aplicables a parasitoides con reproducción partenogénica teliotokia. De los puntos de vista dados por Southamer (1993), se puede comentar lo siguiente en torno a la partenogénesis arrenotoka de *D. longicaudata*: a)- Se puede suponer que el incremento poblacional con hembras partenogénicas puede ser mayor, al no tener que invertir esfuerzo en la producción de huevecillos de hembras, b)- Las hembras partenogénicas pueden cubrir un número mayor de hospederos por el bajo costo de la reproducción arrenotoka. Es decir, la reproducción partenogénica arrenotoka se puede apreciar más como un último recurso de bajo costo que favorece el mantenimiento de la especie; lo cual puede explicar la presencia de hembras de *D. longicaudata* con reproducción partenogénica a 21 °C que tuvieron la mayor supervivencia y fue hasta los últimos días de vida que presentaron su mayor fecundidad, misma que resultó la más alta de esta cohorte.

En el caso de la cría masiva, la reproducción arrenotoka en *D. longicaudata* no tiene mayor trascendencia debido a que la producción exclusiva de progenie de machos no tiene trascendencia. Sin embargo, es importante conocer el potencial y las estrategias que pueden tomar las hembras con reproducción partenogénica. Con los resultados obtenidos se puede suponer que el empleo de reproducción partenogénica es importante en el caso de traslape de generaciones, cuando la proporción de hembras sea baja. Se ha reportado que las hembras de *D. longicaudata* pueden copular en diferentes ocasiones (Martínez *et al.*,



1993) y, por lo mismo las hembras viejas podrían copular con machos jóvenes de otra generación. Otro aspecto que puede ser de utilidad en la reproducción partenogénetica es el mantener una proporción sexual adecuada para el incremento poblacional.

La prolongación de la supervivencia y el aumento de la esperanza de vida en hembras con reproducción partenogénetica a 21 °C puede ser analizado también desde el punto de vista del costo de la reproducción. Basado en el análisis de modelos matemáticos cuantitativos Uyenoyoma (1984) propone que la presencia de meiosis en la reproducción sexual implica un costo mayor. La comparación es hecha con la reproducción partenogénetica en donde el proceso de desarrollo no implica la presencia de meiosis. Esto último, sin embargo, puede conducir a una desventaja debido a la pérdida de variabilidad genética. Sin embargo, Thornil y Alcock (1983), mencionan que en la partenogénesis, existe un proceso de recombinación genética “mas sencillo” , que favorece la presencia y mantenimiento de la variabilidad genética. Por ejemplo, Slobodchikoff (1983) analizó caracteres alares y obtuvo un alto grado de variabilidad en la avispa partenogénetica *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae).

**Influencia de la presencia del macho en la fecundidad de la hembra.** La presencia de macho, tuvo un efecto notable en la proporción sexual de la progenie y en la fecundidad. Por el contrario, hembras con la ausencia de macho en el período inicial de diez días tuvieron una progenie exclusivamente de machos con un incremento notable. Esto probablemente se debió a la característica de reproducción partenogénetica arrenotoka de las hembras de *D. longicaudata*. Sin embargo, la introducción del macho después de un período inicial de ausencia aportó la producción de hembras de manera muy rápida y además dio lugar a una reactivación de la fecundidad. Lo anterior indica la importancia del

macho para la cópula y también para incitar a la fecundidad de la hembra. La presencia inicial de macho favoreció notablemente fecundidad de la hembra, lo cual influyó en la supervivencia. Los diferentes parámetros de supervivencia, fecundidad y poblacionales obtenidos indican mayores ventajas cuando las hembras mantuvieron la presencia de macho en el período inicial de diez días. Es posible que la ausencia de macho en el período inicial de diez días después de la emergencia de la hembra altere el comportamiento fisiológico de ésta. Lo cual indica que la hembra puede disponer de sus huevecillos sin fecundar para ovipositar, con lo cual se puede presentar un decremento en la disponibilidad de este recurso básico para la reproducción.

Hagen (1953) menciona que *D. longicaudata* está incluida dentro del grupo de los parasitoides Opiinae que pueden copular inmediatamente después de la emergencia. El mismo autor comenta la posibilidad de que el macho provea de feromonas incitadoras de la cópula, lo cual se sospecha debido a la presencia de olores característicos expeditos por los machos de la subfamilia Opiinae en el período precopulatorio. Buckingham (1968), comenta la posibilidad de que las glándulas pigidiales presentes en los machos de Opiinae pueden ser la fuente de los olores característicos en el período precopulatorio. El período de desarrollo de los machos *D. Longicaudata* es más corto que en las hembras. Esto puede propiciar que los machos emerjan primero y desarrollen su capacidad de copular más rápidamente.

El papel del macho de *D. longicaudata* como incitador de la copula ha sido estudiado por Sivinski y Webb (1989), quienes observaron que se presenta un comportamiento de producir diferentes sonidos por medio de vibraciones de alas que motivan a la hembra a la cópula. Se ha determinado que esta actividad de cópula se presentan en el período inicial de la emergencia de hembras. Sin embargo, los datos de

fecundidad con hembras de diez días sin macho (hembras sin cópula) mostraron que la producción de hembras se presentó a niveles normales después de la introducción del macho. Lo anterior puede indicar que la receptividad de cópula en hembras no se pierde con la edad. Martínez *et al* (1993) reportan que las hembras de *D. longicaudata* pueden copular más de una vez, además Flanders (1942) menciona que la producción de huevecillos por las hembras parasitoides se presenta constantemente a lo largo de su vida. Las anteriores citas pueden ser un fundamento para considerar que la fecundidad sexual puede ser constante, dependiendo de la disponibilidad de machos. La mayoría de los diferentes parámetros demográficos obtenidos en este estudio indican que la presencia de macho en el período inicial propicia resultados que favorecen el incremento poblacional.

La presencia de macho en el período inicial después de la emergencia de hembras es muy importante en una colonia bajo condiciones de cría masiva. De acuerdo con los resultados, las aportaciones principales que se pueden dar son: mayor fecundidad, reducción de mortalidad y mantenimiento de una proporción sexual más adecuada.

Otra manera de apreciar la importancia del macho como impulsor de la fecundidad de la hembra es con los resultados obtenidos en hembras con proporción sexual parental 1♀:5♂. Con esta proporción de sexos en los padres, las diferentes mediciones de fecundidad e incremento poblacional aumentaron notablemente. La fecundidad fue marcadamente más alta y acumulada en los primeros 29 días; después de esto, las hembras fueron infecundas. Lo anterior influyó en la reducción de la supervivencia y en un tiempo generacional menor, con respecto a los parámetros obtenidos con hembras con proporción sexual 1♀:1♂ a 21°C. Lo anterior influyó para que se incrementaron parámetros como la tasa neta de reproducción y la tasa intrínseca de incremento. En insectos se ha reportado que durante la cópula se puede presentar un proceso de aportación de nutrientes de parte del

macho (Thornil y Alcock, 1983). McLain *et al.* (1990) presentan datos con *Nezara viridula* (Hymenoptera: Pentatomidae), que evidencian una relación entre la actividad de cópula y el incremento de oviposición. La presencia de una progenie con proporción sexual general más inclinada a hembras de 5.32♀:1♂, puede indicar que con la mayor presencia de machos, se intensificó la cópula y se estimuló la oviposición. Estos resultados pueden ser fundamentados con la disponibilidad de la hembra para copular en diferentes ocasiones (Martínez *et al.*, 1993) y la posibilidad de que a mayor oviposición se estimula más la maduración de huevecillos (Lawrence *et al.*, 1978).

Los diferentes parámetros obtenidos con la mayor proporción de machos no presentan mayor trascendencia aplicativa en la cría masiva, debido a lo improcedente que resulta mantener esta proporción sexual en la colonia de adultos. Sin embargo, pueden ser útiles como indicadores del ajuste de la proporción sexual y el establecimiento de una población en campo. Esto puede ser indicativo de la importancia que tiene una proporción sexual inclinada a machos. Las hembras con reproducción partenogénica, juegan un papel muy importante al aportar una proporción alta de machos con el propósito de ajustar la proporción sexual en generaciones posteriores (Aeschlimann, 1990). De esta manera se puede deducir una de las principales ventajas de la presencia de la reproducción partenogénica en *D. longicaudata*.

**Influencia de la disponibilidad de hospederos en la supervivencia y fecundidad de los parasitoides.** La ausencia temporal de larva hospedera propició reducción en los diferentes parámetros de fecundidad. El efecto fue más notable cuando la ausencia de hospedero se presentó en los primeros diez días de vida adulta de la cohorte (Fig. 4). La disminución de la fecundidad es un resultado obvio de la carencia de hospedero. Sin

embargo, cuando hubo disponibilidad de hospedero, la fecundidad se presentó a niveles similares a los obtenidos a 21 °C con disponibilidad constante de hospedero. La reducción de los valores de los parámetros demográficos en hembras con disponibilidad de hospedero del día 10 al 20 se puede atribuir como un efecto directo de la disminución de la producción de hembras en la progenie. Lawrence *et al.* (1978) observaron que el número de huevecillos disponibles para ovipositar en *D. longicaudata* se incrementó conforme se intensificó la oviposición. Esto implicaría que *D. longicaudata* tiene la capacidad de estimular su producción de huevecillos conforme aumenta la actividad reproductiva, para lo cual es indispensable la disponibilidad de hospederos.

La carencia de hospedero causa desorden en la fecundidad y supervivencia de las hembras. Esto es más notable cuando las hembras no tienen hospedero disponible en los primeros diez días. De acuerdo con Greany *et al.* (1976) y Ashley y Chambers (1979) el período principal de fecundidad en *D. longicaudata* es el comprendido en los 5 a 15 días de edad; por lo anterior, la carencia de hospedero pudo provocar problemas fisiológicos o de comportamiento en la oviposición de las hembras. La carencia de hospedero durante el período principal de reproducción de la hembra pudo provocar diferentes cambios fisiológicos, que van desde la ovivorción (Flanders, 1942), o simplemente acumular huevecillos para ovipositar al momento de disponibilidad de hospedero (Vogt y Nechols, 1993). Lo que estaría de acuerdo con Vogt y Nechols (1993), quienes comentan que en diferentes especies de insectos himenópteros se presenta un desorden en su reproducción cuando carecen de hospedero.

La ausencia de hospedero durante el período principal de reproducción de *D. longicaudata*, que se puede considerar entre los 5 y 15 días, no es recomendable para casos

de cría masiva. De acuerdo con los resultados obtenidos la ausencia temporal de hospederos tiene una alteración negativa para la supervivencia y fecundidad parental.

Por otra parte con la carencia total de hospedero, la supervivencia se prolonga de una manera notable. Se puede considerar que la hembra de *D. longicaudata*, toma diferentes medidas adaptativas para aplicar como principal estrategia la prolongación de la supervivencia. Es muy probable que en esta especie la ovisorción sea una fuente extra de recursos para prolongar la supervivencia. Esta medida fisiológica es importante para el caso de hembras bajo condiciones de campo, cuando es escasa la disponibilidad de hospederos. Flanders (1942) observó que este proceso se presenta en diferentes especies de parasitoides. Ross (1995) posteriormente discute las diferentes condiciones que pueden implicar la ovisorción como una estrategia adaptativa. Ramadan *et al.* (1989) encontraron que la ovisorción se presenta en el parasitoide Opiinae *D. tryoni*, cuando disminuyé la concentración de aminoácidos o cuerpos grasos en la hemolinfa y los oocitos llenos son empleados como recurso.

Desde un punto de vista aplicativo la presencia de ovisorción en *D. longicaudata* es importante para las liberaciones en campo. Esto ayuda a los parasitoides a la prolongación de su supervivencia y mayor disponibilidad de tiempo para buscar sitios donde hay hospederos o seleccionar hospederos para distribuir mejor sus recursos bióticos. Sin embargo en cría masiva es muy importante hacer relevancia a la constante exposición de hospederos en el período de mayor fecundidad de la hembra.

**Comparación entre cepas con diferentes tiempos en cría masiva.** Con la cepa de *D. longicaudata* mantenida por más de 100 generaciones en condiciones de cría masiva se obtuvo notables diferencias en los parámetros demográficos en comparación con los

resultados de la generación 20. Los principales cambios se manifestaron en la acumulación de la fecundidad de las hembras en un período corto de tiempo, lo que propicia que la tasa neta de reproducción y la tasa intrínseca de incremento sean mayores, así como que se reduzca el tiempo generacional. Este comportamiento se ha considerado la respuesta típica de las cepas de insectos mantenidas mediante cría masiva por períodos prolongados. Vargas y Carey (1987) reportan resultados similares en una comparación demográfica entre *C. capitata* silvestres y adaptadas a cría masiva. Al igual que la cita mencionada, el aumento y cambios en los parámetros demográficos en *D. longicaudata* son consecuencia de las condiciones de cría. Las condiciones de dotación de alimento constante, las facilidades para encontrar el hospedero, el mantenimiento de condiciones ambientales estables y la constante selección de hembras con reproducción temprana pueden considerarse como los principales factores para una cría masiva más redituable.

En cría masiva los adultos de *D. longicaudata* se mantienen por un período de 15 días. Los resultados de supervivencia de la generación 100 mostraron que en los primeros 15 días, aproximadamente el 50% de la cohorte murió, mientras que en el caso de la cepa joven (generación 20) el 50% de mortalidad se presentó hasta el día 20 (Fig. 5). De igual manera la fecundidad se presentó con un pico más definido durante los primeros 15 días. La edad media de reproducción se redujo en una media aproximada de cinco días, comparada con la de la generación joven. Otras de las características que se presentan después de un proceso largo de cría masiva son la homogeneidad genética, que se manifiesta fenotípicamente y en la respuesta a diferentes atributos biológicos. Una repercusión de este proceso puede ser el resultado de la fecundidad media obtenida con hembras con progenie de la generación 100 la cual fue más centrada y con menor dispersión, en comparación con la media obtenida en la generación 20 la cual tuvo una

dispersión mayor. El análisis de paridad diaria empleando graficas de áreas (Fig. 6) se puede apreciar que la presencia de hembras con fecundidad en valores de 1 a 10 y de 11 a 20 hijos por día, tiene un comportamiento más establecido en la generación 100. La ausencia de hembras con fecundidad diaria mayor a 20 hijos en la generación 100, puede ser el resultado del proceso selectivo de mantener esta cepa a altas densidades en donde se mantienen hembras con oviposición rápida pero de baja fecundidad. Lawrence (1981) comenta la alta competitividad para la búsqueda de hospederos adecuados, que se presenta entre hembras de *D. longicaudata*, a altas densidades, para la búsqueda de hospederos adecuados. De acuerdo con esto es posible considerar que se hayan eliminado de manera selectiva las hembras con mayor fecundidad y se hayan mantenido hembras con menor fecundidad a altas densidades, pero más competitivas.

Los cambios presentes de la cría masiva de *D. longicaudata* pueden aportar beneficios, como los de poder incrementar la producción, aumentar la eficiencia y reducir costos. Sin embargo, es muy importante considerar la necesidad de efectuar evaluaciones de la calidad en sus diferentes fases. La cría masiva de parasitoides ha manifestado diferentes problemas, después de un período largo de mantenimiento. Geden *et al.* (1992) comentan el deterioro en la cría de parasitoides de mosca domestica *Muscidifurax raptor* Girault y Senders (Hymenoptera: Pteromalidae) en la capacidad de suprimir poblaciones de hospederos. Wajberg y Pizzol (1989) comentan los problemas con el superparasitismo presente en *Trichogramma* spp. como resultado de las diferentes técnicas artificiales presentes en la cría masiva.

Los resultados obtenidos indican que se han presentado cambios en la cepa de *D. longicaudata*, por lo que es muy importante continuar con evaluaciones que aporten el



estado en que se encuentra la calidad de la producción en esta cría y cómo estos cambios actúan sobre la efectividad de este parasitoide como agente de control biológico.

**Modelo de cría masiva en dos procedimientos diferentes de cría** - La aplicación del modelo de cría masiva de parasitoides propuesto por Carey (1993) permitió comparar dos métodos de cría de *D. longicaudata*, empleando *A. ludens* como hospedero. Los diferentes parámetros obtenidos con el modelo indican que las mayores tasas de producción son mejores con la técnica Metapa. Se obtiene una tasa de cosecha de 0.9808 que es mayor al 0.9645 obtenido con la técnica Hawaii. Carey y Vargas (1985) aplicaron un modelo para cría masiva de moscas de la fruta y comentaron que la capacidad de producción se mide básicamente con la capacidad de cosecha, se supone que cuando mayor es la tasa de cosecha se requiere de una menor fracción de la colonia. Los resultados obtenidos con la aplicación de este modelo muestran que con la técnica Metapa, se mantiene una mayor proporción de pupas listas para ser “cosechadas” con una colonia de adultos, como pie de cría mas pequeño.

La tasa de producción de progenie por hembra (Fig. 7) fue mayor con la técnica Metapa. Esta tasa es un importante parámetro que demuestra la alta eficiencia alcanzada con esta técnica en la cría del parasitoide. Se puede considerar que la mayor eficiencia de producción es el resultado de la selección de la cepa a las condiciones de laboratorio. De acuerdo a resultados previos, el establecimiento de la cría con la técnica Metapa requiere de un proceso más prolongado. En este proceso lo que se busca principalmente es el mantenimiento de la colonia a altas densidades en jaula. Esto permite que la técnica Metapa aporte las mayores cantidades de producción. La técnica Hawaii muestra capacidad de producción para una cría con capacidad inferior a cinco millones de pupas por semana. En

el caso de la técnica Metapa, la cantidad de producción se ha podido extender hasta los 50 millones de pupas por semana. Con estas cantidades de producción la tasa de cosecha toma alta relevancia como un parámetro indicativo de la productividad de la técnica.

El modelo de cría aplicado a estas técnicas concuerda mucho con los datos reales en la producción masiva (datos de producción, Cría Masiva de *D. longicaudata*, Programa Moscamed-SAGAR, México). Por lo que la aplicación del modelo puede ser muy importante para hacer diferentes cálculos de producción, como conocer las necesidades de hospedero en la cría, la proporción de la colonia necesaria para alcanzar la producción deseada y poder planificar mejor la optimización de la cría.

**Discusión general.** Los diferentes resultados son útiles para su aplicación directa a la cría masiva. La sugerencia de una temperatura de 21 °C y el empleo de machos y hospederos en los primeros días de oviposición de las hembras resaltan como las más importantes. Sin embargo, los parámetros demográficos obtenidos bajo diferentes condiciones pueden ser también de gran utilidad para el empleo de *D. longicaudata* en campo o hacer inferencias de su actuación ante condiciones variables.

La caracterización demográfica de la cepa después de un período largo de mantenimiento en cría masiva y su comparación con la generación joven son de suma importancia para sugerir la evaluación y con la cual se pueden aportar sugerencias para realizar cambios en el manejo. Los cambios pueden ir en primera instancia a la aplicación directa de los procedimientos de cría. Los resultados con la cepa mantenida por un largo período de tiempo propicia un incremento de la tasa de cosecha y una mayor optimización de la colonia de adultos. Esto significa una reducción importante de costos de producción. La mayor eficiencia de la cepa mantenida bajo condiciones de la técnica Metapa, deber ser

analizada desde otro punto de vista, como es el caso del control de calidad. Entre los cambios presentes, se plantan diferentes estrategias como: el cambio de densidad, introducción de individuos silvestres, mejorar la calidad del hospedero, etc.. Aunque esto también requiere de una aplicación cuidadosa y evaluada para valorar los posibles beneficios que pueden aportar a la cepa. La introducción de material silvestre, el cambio de condiciones ambientales y otras sugerencias deben analizarse y plantearse adecuadamente, debido a los costos y que se desconocen el impacto positivo en la cría masiva de este parasitoide. Teóricamente se considera que con la aplicación de los cambios se puede obtener diferentes soluciones en problemas de cría masiva, como: la disminución de la capacidad de discriminación (Wajnberg y Pizzol, 1989), pérdida de habilidad de vuelo (McDonald, 1976, citado por Bartlett, 1984) y pérdida de capacidad de búsqueda del hospedero (Bautista y Harris, 1997). No obstante, la producción masiva de *D. longicaudata* a nivel de millones de pupas, requiere el empleo de colonias con técnicas que incluyen el manejo de altas densidades para que la producción sea a costos favorables, por lo que es necesario buscar la manera de mantener un equilibrio entre alta producción y buena calidad. Es importante trabajar en establecer un sistema de control de calidad de la cría masiva (Leppä, 1993) que permita tomar medidas correctivas en base a un nivel analítico completo que confirme los supuestos de calidad. De acuerdo a diferentes reportes, *D. longicaudata* se ha presentado como el parasitoide más importante en la supresión de poblaciones de *Anastrepha* spp , por lo que el mantenimiento de colonias con producción de parasitoides eficientes es una necesidad primordial en programas de control biológico que consideren las liberaciones aumentativas como elemento de supresión.

## CONCLUSIONES.

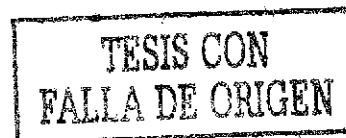
- La fecundidad y la supervivencia de *D. longicaudata* fue mayor a 21 °C que la obtenida a 26 °C.
- La presencia de machos y hospederos en el período inicial de vida adulta de la hembra es importante para la adecuada fecundidad en la cría masiva.
- La proporción sexual 1♀:5♂ favoreció la fecundidad y la proporción sexual de la progenie, sin embargo no es práctico aplicarlo bajo los procedimientos de cría masiva.
- Las hembras mostraron capacidad de adecuación para responder a las diversas condiciones a que fueron sometidas.
- El avance generacional de la cepa de *D. longicaudata* bajo cría masiva propició una mayor supervivencia y fecundidad que a la vez favorece la mayor eficiencia de la técnica aplicada en cría.
- El modelo demográfico de cría masiva sirvió para comparar la eficiencia de dos métodos de cría de este parasitoide.
- La Técnica Metapa para la cría masiva de *D. longicaudata* resultó ser más eficiente en comparación con la Técnica Hawaii modificada, con lo cual se puede optimizar más la producción.
- Los indicadores de supervivencia y fecundidad sugieren evaluar la calidad de la cepa de *D. longicaudata* mantenida en cría masiva bajo condiciones de campo y establecer un sistema de control de calidad.

## BIBLIOGRAFIA -

- Aeschlimann, J. P. 1990. Simultaneous occurrence of thelytoky and bisexuality in hymenopteran species, and its implications for the biological control of pests *Entomophaga* 35: 3-5
- Adán, A. P. del Estal, F. Budía, M. Conzález and E. Viñuela. 1996. Laboratory evaluation of the novel naturally derived compound spinosad against *Ceratitidis capitata*. *Pest. Sci* 48: 261-268
- Akcakaya, H. R., M. A. Burgman and L. R. Ginzburg. 1997. *Applied population ecology*. Setauket, New York, 225 pp.
- Aluja, M. 1984. *Manejo integrado de las moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae)*. DGSV-SARH, p. 171-177.
- Aluja, M. 1993. Unusual calling behavior of *Anastrepha robusta* flies (Diptera: Tephritidae) in nature *Fla. Entomologist* 76 (2): 391-395.
- Aluja, M. 1993. The study of movement in Tephritid Flies: Review of concept and recent advances. En "Fruit Flies: Biology and Management. Aluja, M. and P. Liedo (eds)". Springer-Verlag, New York, USA. P. 107-111.
- Aluja, M. 1994. Bionomics and management of *Anastrepha*. *Ann.. Rev. Entomol* 39: 155-178.
- Aluja, M. 1995. Future trends in fruit fly management. En "McPheron, B. A. and G. J. Steck (eds.) *Economic Fruit Flies: A World Assessment of their Biology and Management*" St. Lucie Press Delray Beach, Florida, USA. p. 30-47.
- Aluja, M., J. Hendrichs and M. Cabrera. 1983. Behavior and interactions between *Anastrepha ludens* (L.) and *A. obliqua* (M.) on a field cage mango tree. 1 Lekking behavior and male territoriality. En "Cavalloro, R. (Edit.), Proceedings of the CEC/IOBC. International Symposium" Athens, Greece. p. 122-133.
- Aluja, M., J. Guillen, P. Liedo, M. Cabrera, E. Rios, G. de la Rosa, H. Celedonio and D. Mota. 1990. Fruit infesting Tephritidae (Dipt.: Tephritidae) and associated parasitoids in Chiapas, México. *Entomophaga* 35 (1): 39-48
- Aluja, M. and E. F. Boller. 1992. Host marking pheromone of *Ragoletis cerasi*: field deployment of synthetic pheromone as a novel cherry fruit fly management strategy. *Entomol. Exp. Appl.* 65: 141-147
- Aluja, M. and R. J. Prokopy. 1992. Host search behavior by *Ragoletis pomonella* flies: inter tree movement patterns in response to wind borne fruit volatiles under field conditions. *Physiology Entomology* 17: 1-8
- Aluja, M. and M. Birke. 1993. Habitat use by adults of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) in a mixed mango and tropical plum orchard. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 86 (6): 797-812.
- Aluja, M. and R. J. Prokopy. 1993. Host odor and visual stimulus interaction during intratree host finding behavior of *Ragoletis pomonella* flies. *J. Chem. Ecol.* 19 (11): 2671-1695.
- Aluja, M., A. Jimenez, M. Camino, J. Aldana, V. Castrejón, M. E. Valdés and J. Piñero. 1994. Habitat manipulation to reduce papaya fruit fly *Toxotrypana curvicauda* (Diptera: Tephritidae) damage: orchard design use of traps and border trapping. *J. Econ. Entomol.* 90 (6):1567-1576.
- Arakari, N. H. Kuba and H. Soemori. 1984. Mating behavior of the Oriental Fruit Fly *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae). *Appl. Ent. Zoo.* 19 (1): 42-51.

- Ashley, T. R., P. D. Greany and D. L. Chambers. 1976. Adult emergence in *Biosteres (Opus) longicaudatus* and *Anastrepha suspensa* in relation to the temperature and moisture concentration of the pupation medium. *Fla. Entomologist* 59 (4): 391-395.
- Ashley, T. R. And D. L. Chambers. 1979. Effects of parasite density and host availability on progeny production by *Biosteres (Opus) longicaudatus* (Hym.: Braconidae), a parasite of *Anastrepha suspensa* (Dipt.: Tephritidae). *Entomophaga* 24 (4): 363-369.
- Baranowski, R., H. Glenn and J. Sivinski. 1993. Biological control of the caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) *Fla. Entomologist* 76 (2): 245-251
- Bateman, M. A. 1972. The ecology of fruit flies. *Ann. Rev. Entomol.* 17:493-518
- Bautista, R. C. and E. J. Harris 1997. Effect of insectary varing on host preference and oviposition behavior of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*. *Entomol. Ex. Appl.* 83 (2): 213-218
- Begon, M., J. L. Harper and C. R. Townsend 1996. *Ecology* Blackwell Science Ltd. London. p p: 1068
- Bellows Jr. T. S., R. G. VanDriesche and J. S. Elkinton. 1992. Life tables construction and analysis in the evaluation of natural enemies. *Ann. Rev. Entomol.* 37 : 587-614.
- Bess, H. A., R. A. Vanden Bosch and F. H. Haramoto 1961. Fruit fly parasites and their activities in Hawaii. *Proc. Hawaiian. Entomol. Soc.* 17 (3): 367-378.
- Boller, E. F. And R. J. Prokopy. 1976. Bionomics and management of *Ragoletis*. *Ann. Rev. Entomol.* 21: 223-246
- Botto, E. N., D. González and T. Bellows. 1988. Effects of temperature on some biological parameters of two populations of *Aphidius ervi* Holiday (Hymenoptera: Aphidiidae). En " Gupta, V. C. (Edit.), *Advances in Parasitic Hymenoptera Research, Proceedings the II Conference on the Taxonomy and Biology of Parasitic Hymenoptera*". Gainesville, Fla., p. 367-377.
- Bartlett, A. C. 1984. Genetic changes during insect domestication En "King, E. G. and N. C. Leppla (Edits.), *Advances and challenges in insect rearing*", USDA-ARS, p. 2- 8.
- Buckingham, G. R. 1968. Pygidial glands in male *Opus* (Hymenoptera: Braconidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 61 (1): 233- 234
- Calkins, C. O. 1989. Quality Control. En "Robinson, A. S. and G. Hoope (Edits.) *Fruit Flies ther Biology, Natural Enemies and Control*", Elsevier Amsterdam, p. 153-165
- Calkins, C. O., D. L. Chambers and E. F. Boller 1982. Quality control of fruit flies in a sterile insect release programme. En "*Sterile Insect Technique and Radiation in Insect Control*". International Atomic Energy Agency. IAEA-SM-255/37. Pp.: 341-355.
- Calkins, C. and B. J. Smittle. 1988. Irradiation-sterilization techniques for *Anastrepha suspensa* (Loew) and their impact on behaviour quality Proceeding of an International Symposium on Moder Insect Control: Nuclear Techniques and Biotechnology. IAEA, Vienna. p. 299-306.
- Camacho, H. 1994. The integrated use of the sterile flies and parasitoids in fruit fly control in Costa Rica. Abstracts of Fourth International Fruit Fly Symposium. Sun Key, Florida, USA. p. XI-2
- Cancino, D., J. L. And M. Yoc. 1993. Methods proposed to apply contol in mass rearing of *Diachasmimorpha longicaudata*. En "Nicoli, G., M. Benuzzi and N. C. Leppla (Edits.) *Proceedings of 7<sup>th</sup> Workshop of the IOBC Working Group Qaulity Control of Mass Reared Arthropods*". IOBC- Rimini, Italy, p. 37-47

- Cancino D, J. L., S. Dela Torre, S. Ruíz, F. De Ma Moreno, E. Hernández y M. Zenil. 1996. Establecimiento de la producción masiva de *Diachasmimorpha longicaudata* en Metapa de Domínguez, Chiapas, México. Proceedings 2<sup>nd</sup> Meeting of the Working Group on Fruit Flies of the Western Hemisphere. Viña del Mar, Chile, p 70
- Carey, J. R. 1989. Demographic analysis of fruit flies. En "A. S. Robinson and G. Hoopeer (Edits) Fruit Flies: their Biology, Natural Enemies and Control" Elsevier, Amsterdam p 253-265
- Carey, J. R. 1993. *Applied Demography for Biologists*. Oxford University Press New York 206 pp
- Carey, J. R. 1995. Insect Demography *Encyclopedia of Environmental Biology*, Vol. 2. Academic Press Inc. p 289-302
- Carey, J. R. and R. I. Vargas 1985. Demographic analysis of insect mass rearing: a case study of three tephritids. *J. Econ. Entomol* 78 (3) 523-727
- Carey, J. R., T. T. Y. Wong and M. Ramadan. 1988. Demographic framework for parasitoid mass rearing: case study of *Biosteres tryoni*, a larval parasitoid of tephritid fruit flies. *Theoretical Population Biology* 34: 279-296.
- Carvalho, R., W. J. R. Matrangolo e A. S. do Nascimento. 1998. Parasitóides de moscas-das-frutas associados a fruteiras tropicais na Bahia. *Pesquisa em adamento* 67: 1-4
- Chong, M. 1961. Production methods for fruit fly parasites. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc* 18 (1): 61-63.
- Christenson, L. D. and R. H. Foote. 1960. Biology of fruit flies. *Ann. Rev. Entomol* 5: 171-192
- Clancy, D. W., P. E. Marucci and F. Dresner. 1952. Importation of natural enemies to control the Oriental fruit fly in Hawaii. *J. Econ. Entomol* 45: 85-90.
- Drew, R. A. I. 1987. Behavioural strategies of fruit flies of the genus *Dacus* (Diptera: Tephritidae) significant in mating and host-plant relationship. *Bull. Ent. Res* 77: 73-81.
- Drew, R. A. I., A. C. Courtice and D. S. Teakle. 1983. Bacteria as a natural source of food for adult fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Oecologia* 60: 279-284.
- Drew, R. A. I. and D. L. Hancock. 1994. The *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies (Diptera: Tephritidae: Dacinae) in Asia. Bulletin of Entomological Research Supplement Series No. 2. CAB International p 68
- Eskafi, F. M. 1990. Parasitism of fruit flies *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Guatemala. *Entomophaga* 35 (3): 355-362
- Fabara, J. 1989. Prácticas culturales para el manejo de un huerto frutícola bajo el concepto del problema de la mosca de la fruta en nuestro país. En "Wandenberg, C., E. E. Rieger y C. A. Villamizar (Edits) *Curso sobre Control de Moscas de la Fruta*" MAG - Quito, Ecuador. p 63-72
- Fernández de A., D. y A. L. Nasca. 1984. Especies de Braconidae (Hymenoptera: Braconidae) parasitoides de moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) colectados en la Provincia de Tucumán, Argentina. *CIRPON Revista de Investigación* 2 (1-2): 37-46
- Flanders, S. E. 1942. Oosorption and avulation in relation to oviposition in the parasitic hymenoptera. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 35 (3): 251-266.
- Fletcher, B. S. 1987. The biology of Dacine Fruit Flies. *Ann. Rev. Entomol* 32: 115-144



- Futuyma, D. 1998. *Evolutionary Biology*. Third Edition. Sinauer Associates, Inc. Pub. Massachusetts. p. p : 763.
- Geden, C. J. 1996. Modeling host attack and progeny production of *Spalangia gemina*, *Spalangia cameroni* and *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae) at constant and variable temperature. *Biological Control* 7: 172-178.
- Geden, C. J., L. Smith, S. J. Long and D. A. Rutz. 1992. Rapid deterioration of searching behavior, host destruction, and fecundity of the parasitoid *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae) in culture. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 85 (2): 179-187.
- Gilmore, J. E. 1989. Sterile insect technique (SIT). In "Robinson, A. S. and G. Hooper (Edits.) *Fruit Flies their biology, natural enemies and control*". Elsevier Amsterdam, p. 353-363.
- Gold, H. 1977. *Mathematical modeling of biological systems an introductory guide book*. Wiley Interscience Pub. John Wiley and sons. N. Y., p. 357.
- Gould, J. R., T. S. Bellows and T. D. Paine. 1992. Evaluation of biological control of *Siphonimus phillepeae* (Holiday) by the parasitoid *Encarsia partenopa* (Walker), using life-table analysis. *Biological Control* 2: 257-265.
- Greany, P. D., T. R. Ashley, R. M. Baranowski and D. L. Chambers. 1976. Rearing and life history studies on *Biosteres (Opius) longicaudatus* (Hym.: Braconidae). *Entomophaga* 21 (2): 207-215.
- Greany, P. D., S. D. Hawke, T. C. Carlyle and D. W. Anthony. 1977. Sense organs in the ovipositor of *Biosteres (Opius) longicaudatus* a parasite of the Caribbean fruit fly *Anastrepha suspensa*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 70 (3): 319-321.
- Greany, P. D., J. H. Tumlinson, D. L. Chambers and G. M. Boush. 1977. Chemically mediated host finding by *Biosteres (Opius) longicaudatus* a parasitoid of tephritid fruit fly larvae. *J. Chem. Ecol.* 3 (2): 189-195.
- Greany, P. D., R. E. McDonald, W. J. Schroeder, P. E. Shaw, M. Aluja and A. Malavasi. 1994. Use of gibberellic acid to reduce citrus fruit susceptibility to fruit flies. In "Hedin, P. A. (Edit.) *Bioregulators for Crop Protection and Pest Control*". American Chemical Society. p. 39-48.
- Greathead, D. J. 1971. *A review of biological control in the Ethiopian Region*. Commonwealth Institute of Biological Control. London, England. p. 63, 74-75, 87.
- Greathead, D. J. 1976. *A review of biological control in Western and Southern Europe*. Commonwealth Institute of Biological Control. London, England. p. 40-41.
- Gutiérrez, J. 1990. Importancia de la Familia Tephritidae en la fruticultura. *Memorias del IV Curso Interamericano sobre Moscas de la Fruta. Modulo 1. Meta de Domínguez, Chis., México*. p. 1-6.
- Hagen, K. S. 1953. A pre-mating period in certain species of the genus *Opius* (Hymenoptera: Braconidae). *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 15 (1): 115-116.
- Haramoto, F. H. and H. A. Bess. 1970. Recent studies on the abundance of the oriental and Mediterranean fruit flies and the status of their parasites. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 20(3): 551-366.
- Harris, E. J. and R. Y. Okamoto. 1991. A method for rearing *Biosteres asisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in the laboratory. *J. Econ. Entomol.* 84 (2): 417-422.
- Hooper, G. H. S. 1978. Effects of larval rearing temperature on the development of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Entomol. Exp. Appl.* 23: 222-226.



- Jervis, M. A. and Copland, M. J. W. 1996. The life cycle. En "Jervis, M. and N. Kidd (Edits ), *Insect Natural Enemies*, Edit. Por Jervis, M. and N. Kidd". Chapman and Hall, London. Pp.: 63-160.
- Jiménez, J. E. 1958. El *Syntomosiphirum indicum* Silv., un enemigo natural de las moscas de la fruta *Fitófilo* SAG 21: 25-30.
- Jiménez, J. E. 1961. Resumen de los trabajos de control biológico que se efectuaron en México para el combate de plagas agrícolas. *Fitófilo* 14: 9-15.
- Jiménez, J. E. 1963. Avances y resultados del control biológico en México *Fitófilo* 38: 34-45.
- Jiménez, J. E. 1967. *Pachycrepoides vindemmiae* (Rond ) (Hymenoptera: Pteromalidae), enemigo natural de las moscas de la fruta. *Fitófilo* 56: 31-38.
- Jiron, L. F. and R. G. Mexzon 1988. Parasitoid hymenopterans of the Costa Rica: Geographical distribution of the species associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Entomophaga* 33(4): 79-86
- Jones, V. P., C. H. M. Tome and L. C. Caprio. 1997. Life tables for the koa seedworm (Lepidoptera: Tortricidae) based on degree-day demography. *Environ. Entomol* 26 (6): 1291-1298.
- Kelly M., D., D. Lee L. and M. Brannen M. 1990. Effects of female size, mate size number of copulations on fecundity, fertility and longevity of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 83 (6): 1130-1136.
- Knipling, E. F. 1955. Possibilities of insect control or eradication through use of sexually sterile males. *J. Econ. Entomol.* 48 (4): 459-462.
- Knipling, E. F. 1979. *The basic principles of insect population suppression and management*. Agriculture Handbook 512 USDA. Washington, D. C., USA. p. 315-393.
- Knipling, E. F. 1992. *Principles of insect parasitism analyzed from new perspective*. Agriculture Handbook No 693 USDA. Washington, D. C. USA. 337 pp.
- Krebs, C. J. 1994 *Ecology* Fourth Edition. Addison Wesley Longman, Inc, p. 168-197.
- Kornayev, V. A. 2000. Phylogenetic relationship among higher groups of Tephritidae. In "Aluja, M. and A. L. Norrbom (Edits.) *Fruit Flies (Tephritidae) Phylogeny and evolution of behaviour*". CRC Press. LLC-USA. p. 73-113.
- Lawrence, P. O. 1981. Interference competition and optimal host selection in the parasitoid wasp *Biosteres longicaudatus*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 74 (6): 540-544.
- Lawrence, P. O. 1981. Host vibration- A cue to host location by the parasite *Biosteres longicaudatus*. *Oecologia* 48: 249-251.
- Lawrence, P. O., R. M. Baranowski and P. D. Greany 1976. Effects of host age on development of *Biosteres (Opus) longicaudatus* a parasitoid of the caribbean fruit fly *Anastrepha suspensa* *Fla Entomologist* 59 (1): 33-39.
- Lawrence, P. O., P. D. Greany, J. L. Nation and R. M. Baranowski 1978. Oviposition behavior of *Biosteres longicaudatus* of the caribbean fruit fly *Anastrepha suspensa*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 71 (2): 253-256.
- Legner, E. F. and D. Gerling 1967. Host-feeding and oviposition on *Musca domestica* by *Spalangia cameroni*, *Nasonia vitripennis* and *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae) influences their longevity and fecundity *Ann. Entomol. Soc. Am.* 60 (3): 678-691

- Leppla, N. C. 1993. Principles of quality control in mass reared arthropods. En "Nicoli, G., M. Benuzzi and N. C. Leppla (Edits.) Proceedings of 7<sup>th</sup> Workshop of the IOBC Working Group Quality Control of Mass Reared Arthropods" IOBC- Rimini, Italy. P. 1-11.
- Leyva, J. L., H. W. Browning and F. E. Gilstrap. 1991. Effect of host fruit species, size and color on parasitization of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Environ. Entomol.* 20 (5): 1469-1474.
- Liedo, P. and J. R. Carey. 1994. Mass rearing of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) fruit flies: a demographic analysis. *J. Econ. Entomol.* 20 (6): 1732-1736.
- Liquido, N. 1991. Effect of ripness and location of papaya fruits on the parasitization rate of oriental fruit fly and melon fly (Diptera: Tephritidae) by braconid (Hymenoptera) parasitoids. *Environ. Entomol.* 20 (6): 1732-1736.
- Liquido, N. J., G. T. McQuate and R. T. Cunningham. 1994. Light-activated toxicity of Xanthene Dyes to Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae): potential applications in integrated pest management and eradication programs. In "Chua, T. H. And S. G. Khoo (Edits.) *Problems and Management of Tropical Fruit Flies*", p. 23-25.
- Liquido, N. J., R. L. Griffin and K. W. Vick. 1997. Quarantine security for commodities: current approaches and potential strategies. Proceedings of Joint Workshops of the ARS and APHIS. Beltsville, Maryland, USA-ARS p. 50.
- Mangan, R. L. and S. J. Ingle. 1992. Forced hot-air quarantine treatment for mangoes infested with West Indian Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 85 (5): 1859-1864.
- Mangan, R. L. and D. S. Moreno. 1995. Development of phloxine B and uranine bait for control of mexican fruit fly. En "Heitz, J. R. And K. R. Downum (Edits.) *Light Activated Pest Control*". 209<sup>th</sup> National Meeting of the American Chemical Society, Anaheim, California, USA. p: 115-126.
- Manoukas, A. G. 1975. Low-cost diets for mass production of the olive fruit fly. *J. Econ. Entomol.* 68(1): 22-24.
- Manoukas, A. G. 1984. Effect of supplementation of larval diets upon pupal yield and adult emergence of the olive fruit fly *Dacus oleae* (Gmel.) *Z. Ang. Ent.* 98 (2): 159-163.
- Matínez, A. J. and D. S. Moreno. 1991. Effects of cyromazine on the oviposition of mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) in the laboratory. *J. Econ. Entomol.* 84 (5): 1540-1543.
- Martínez, L., J. L. Leyva V. y H. Bravo M. 1993. Utilización del esperma en hembra de *Diachasmimorpha longicaudata*. *Southwestern Entomologist* 18 (4): 293-299.
- Marruci, P. E. And D. W. Clancy. 1950. The artificial culture of fruit flies and their parasitoids. *Proc. Hawaiian. Entomol. Soc.* 14 (1): 103-106.
- Matrangolo, W. J. R., A. S. Nascimento, R. S. Carvalho, E. D. Melo e Marli De Jesús. 1998. Parasitóides de moscas de frutas (Diptera: Tephritidae) associados a fruteiras tropicais. *An. Soc. Entomol. Brasil* 27 (4): 593-603.
- Maynard-Smith, J. 1985. The population as a unit of selection. En "Shorrocks, B. (Edit.), *Evolution and Ecology*". Blackwell, London p 195-202.
- Messing, R. H. and T. T. Y. Wong. 1992. An effective trapping method for field studies of Opiine braconid parasitoids of Tephritid Fruit Flies. *Entomophaga* 37 (3): 391-396.

- Messing, R. H. and E. B. Jang. 1992. Response of the fruit fly parasitoids *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) to host-fruit stimuli. *Environ. Entomol.* 21(5): 1189-1195
- Messing, R. H., L. M. Klungness, M. F. Purcell and T. T. Y. Wong. 1993. Quality control parameters of mass reared Opiinae parasitoids used in augmentative biological control of tephritid fruit flies in Hawaii. *Biological Control* 3: 140-147.
- Messing, R. H., L. M. Klungness and M. F. Purcell. 1994. Short-range dispersal of mass reared *Diachasmimorpha longicaudata* and *D. tryoni* (Hymenoptera: Braconidae) parasitoids of tephritid fruit flies. *J. Econ. Entomol.* 87 (4): 975-985.
- Messing, R. H., L. M. Klungness and E. B. Jang. 1997. Effects of wind on movement of *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid fruit flies, in a laboratory flight tunnel. *Entomol Exp. Appl.* 82: 147-152.
- Montoya, P., P. Liedo, B. Benrey, J. Cancino, J. Barrera, J. Sivinski and M. Aluja. 2000. Biological control of *Anastrepha*, spp (Diptera:Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* 18:216-224
- Morales, J. A. and J. R. Cate. 1992. Laboratory determination of age development fecundity, development and rate of increase of *Catalococcus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 85 (4): 469-476.
- Morgante, J. S., A. Malvasi and G. J. Bush. 1980. Biochemical systematics and evolutionary relationships of Neotropical *Anastrepha*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 73 (6): 622-630.
- Murdoch, W. W. and C. J. Briggs. 1996. Theory for biological control: recent developments. *Ecology* 77 (7): 2001-2013.
- Norbom, A. L. and K. Chung K. 1988. A list of the reported host plants of the species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). USDA-APHIS-PPQ 81-52. p. p. :114.
- Omer, A. D., J. W. Marshall and B. E. Tabashnik. 1996. Demography of the leafminer parasitoid *Ganaspidium utilis* (Hymenoptera: Eucolidae) at different temperatures. *Biological Control* 6: 29-34.
- Pemberton, C. E. and H. F. Willard. 1918. A contribution to the biology of fruit fly parasites in Hawaii. *J. Agric. Res.* 15: 419-465.
- Pianka, E. P. 1982. *Evolutionary Ecology*. Harper and Row. Publishers. New York, USA, 365 pp
- Pickens, L. G., R. G. Miller and M. M. Cantala. 1975. Biology, population dynamics and host finding efficiency of *Pachycrepoideus vindemmiae* in a box stall and poultry house. *Environ. Entomol.* 4 (6): 975-979.
- Purcell, M. 1998. Contribution of biological control to integrated pest management of tephritid fruit flies in the tropics and subtropics. *Integral Pest Management Review* 3: 1-21.
- Purcell, M. F., K. M. Daniels and R. H. Messing. 1993. Mating propensity of *Diachasmimorpha a. longicaudata* En "Nicoli, G., M. Benuzzi and N. C. Leppla (Edits.) Proceedings of Seventh Workshop of Quality Control of Mass Reared Arthropods" IOBC, Rimini, Italy. p.: 49-56
- Purcell, M. F., C. G. Jackson, J. P. Long and M. A. Batchelar. 1994. Influence of guava ripening on parasitism of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), by *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and other parasitoids. *Biological Control* 4: 396-403.

- Purcell, M. F., J. D. Stark and R. H. Messing. 1994. Insecticide effect on three tephritid fruit flies and associated braconid parasitoids in Hawaii. *J. Econ. Entomol.* 87 (6): 1455-1462.
- Purcell, M. F. and W. J. Schroeder. 1996. Effect of silwet L-77 and diazinon on three tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and associated endoparasitoids. *J. Econ. Entomol.* 89 (6): 1566-1570.
- Pressat, R. 1985 *The Dictionary of Demography*. Bell and Bain, Ltd. Glasgow, 128 pp.
- Price, P. W. 1984. *Insect Ecology*. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA, 607 pp.
- Ramadan, M. M., T. T. Y. Wong and J. W. Beardsley Jr. 1989. Insectary production of *Biosteres tryoni* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Proc. Hawaiian. Entomol. Soc.* 29 (30): 41-48.
- Ramadan, M., T. T. Y. Wong and J. C. Herr. 1994. Is the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) a natural host for the Opiine parasitoid *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae)? *Environ. Entomol.* 23(3):761-769.
- Ramadan, M. M., T. T. Y. Wong and R. H. Messing. 1995. Reproductive biology of *Biosteres vandenboschi* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of early-instar Oriental Fruit Fly. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 88 (2): 189-195.
- Ricklefs, R. F. 1990. *Ecology*. W. H. Freeman and Company, New York. p. 303-348.
- Roessler, Y. 1989. Insecticidal bait and cover sprays. In "Robinson, A. S. and G. Hooper (Edits.) *Fruit Flies their biology, natural enemies and control*". Elsevier. Amsterdam, p. 329-336.
- Rodriguez, A., E. Quenta y P. Molina. 1997 *Control integrado de las moscas de la fruta*. Ministerio de Agricultura- SENASA, Perú, 54 pp.
- Ross, C. T. 1995. Host feeding, egg maturation, resorption, and longevity in the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 88 (2): 206-214.
- Sathe, T. V. 1988. Intrinsic rates of increase and interspecific relationships between *Cotesia orientalis*, *Cotesia diurnii* and *Diadegma trichoptilus* (Hymenoptera: Ichneumonidae), the larval parasitoids of *Exelastis atomosa*. In "Gupta, V. C. (Edit.) *Advances in Parasitic Hymenoptera Research*". Proceedings the II Conference on the Taxonomy and Biology of Parasitic Hymenoptera, Gainesville, Fla., p. 383-387.
- Schwarz, A. J., A. Zambada, D. H. Orozco and J. L. Zasvala. 1985. Mass production of the mediterranean fruit fly at Metapa, México. *Fla. Entomol.* 68 (3): 467-477.
- Seber, G. G. F. 1973. *The estimation of animal abundance and related parameters*. Griffin Company Limited London, Great Britain, 520 pp.
- Sivinski, J. 1991. The influence of host fruit morphology on parasitization rates in the Caribbean Fruit Fly, *Anastrepha suspensa*. *Entomophaga* 36 (3): 447-454.
- Sivinski, J. and J. C. Webb. 1989. Acoustic signals produced during courtship in *Diachasmimorpha* (= *Biosteres*) *longicaudatus* (Hymenoptera: Braconidae) and other braconidae. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 82 (1): 116-120.
- Sivinski, J. M., C. O. Calkins, R. Baranowski, D. Harris, J. Brambila, J. Díaz, R. E. Burns, T. Holler and G. Dodson. 1996. Suppression of a caribbean fruit fly (*Anastrepha suspensa* (Loew) Diptera: Tephritidae) population through augmented releases of the parasitoids *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* 6: 177-185.

- Slobodchikoff, C. N. 1983. Why asexual reproduction?: variation in populations of the parthenogenetic wasp, *Venturia canescens* (Hymenoptera: Braconidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76 (1): 23-29
- Sihouthamer, R. 1993. The use of sexual versus asexual wasp in biological control. *Entomophaga* 38 (1): 3-6.
- Sugayama, R. L., E. S. Branco, A. Malavasi, A. Komleski and I. Nora 1997 Oviposition behavior of *Anastrepha fraterculus* in apple and diel pattern of activities in an apple orchard in Brazil. *Entomol. Exp. Appl.* 00: 1-7.
- Thornill, R. and J. Alcock 1983. *The evolution of insect mating systems*. Harvard University Press Massachusetts, USA. p.: 34-39
- USA-APHIS. 1996. Manual de cría de parasitoides de la mosca de la fruta *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) y *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) Aurora Rering Facility, Guatemala. p. p. 20.
- Uyenoyoma, M. K. 1984. On the evolution of parthenogenesis: a genetic representation of the "cost of meiosis". *Evolution* 38 (1): 87-102
- Vanden Bosch, R., H. A. Bess and F. H. Haramoto. 1951. Status of Oriental Fruit Fly parasites in Hawaii. *J. Econ. Entomol.* 44: 753-759.
- Vanden Bosch, R., P. S. Messenger and A. P. Gutierrez. 1982. *An introduction to biological control* Plenum Publishing Corporation. New York, USA. p : 95-115.
- Vargas, R. I. and J. R. Carey 1989. Comparison of demographic parameters for wild and laboratory-adapted mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Ann-. Entomol. Soc. Am.* 82 (1): 55-59.
- Varley, A. C., G. R. Gradwell and M. P. Hassell. 1973. *Insect Population Ecology*. Blackwell Scientific Publications London, Great Britain, p. 94-111
- Vogt, E. A. and J. R. Nechols. 1993. The influence of host deprivation and host source on the reproductive biology and longevity of the squash bug egg parasitoid *Giron pennsylvanicum* (Ashmead) Hymenoptera: Scelionidae. *Biological Control* 3: 148-154.
- Wajnberg, E. And J. Pizzol. 1989. The problem of superparasitism in the production of natural enemies for inundative biological control: a genetical approach. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Parasitos.* 88:437-444.
- Walder, J. M. M. y S. R. V. Sarriés. 1995. Introdução do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) para controle de moscas-das-frutas no Estado de Sao Paulo. Anais do 15º Congresso de Entomologia. Caxambú, M. G., Brasil. p.: 299.
- White, I. M. and M. M. Elson-Harris. 1992. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. ACIAR-CAB London, U.K. p. p. 600
- Wharton, R. A. 1989. Classical biological control of fruit infesting tephritids. En "Robinson, A. S. And G. Hooper (Edist) *Fruit Flies: their Biology, Natural Enemies and Control*" Elsevier Amsterdam, p. 303-314.
- Wharton, R. A. and P. M. Marsh. 1978. New world Opiinae (Hymenoptera: Braconidae) parasitic on Tephritidae (Diptera). *J. Wash. Acad. Sci.* 68 (4): 47-167.
- Wharton, R. A. and F. Gilstrap. 1983. Key to and status of Opiine Braconid (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitidis* and *Dacus* s. L. (Diptera: Tephritidae) *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76 (4): 721-742.

- Wilson, E. O. 1975 *Sociobiology. the new synthesis* Belkpan Press of Harvard University Press. Cambridge. p p 320
- Wong, T. T. Y., M. M. Ramadan, D. O. McInnis, M. Muchizuki, J. Y. Nishimoto and J. C. Herr. 1991. Augmentative releases of *Diachasmimorpha tryioni* (Hymenoptera: Braconidae) to suppress a mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) population in Kula, Maui, Hawaii *Biological Control* 1: 2-7
- Wong, T. T. Y. and M. M. Ramadan. 1992. Mass rearing of larval parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) of tephritid flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. En "Anderson, T. E. And N. Leppla (Edits) *Advances in Insects Rearing for Reseach and Pest Management*". Westview Press Oxford, England. p.: 405-426
- Wong, T. T. Y., M. M. Ramadan, J. C. Herr and D. O. McInnis. 1992. Suppression of a mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) population with concurrent parasitoid and sterile fly releases in Kula, Maui, Hawaii. *J. Econ. Entomol.* 85 (5): 1671-1681
- Yang, P., J. R. Carey and R. V. Dowell. 1994. Comparative demography of two cucurbit-attacking fruit flies *Bactrocera tau* and *B. Cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87 (5): 538-545.
- Zavala, J. L., J. Gutierrez S., J. Reyes, A. Villaseñor and W. Enkerlin. 1991. Fruit flies eradication program in México. En "Kawasaki, K. O., Iwahashi and K. Y. Kaneshiro (Edits) *Proceedings of the International Symposium on the Biology and Control Fruit Flies*". Ginowan, Okinawa, Japan. p.: 1-5.
- Zümreoglu, K. 1988. Gamma irradiation of the mediterranean fruit fly (*Ceratitits capitata* Wied.): emergence, longevity, sterility and sexual competitiveness after treatment in air and partial nitrogen. *International Symposium on Modern Insect Control: Nuclear Techniques and Biotechnology* IAEA, Vienna p. 299-306