

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ENSEÑANZA Y CAPACITACION

AREA DE POSTGRADO

RESPUESTA DE LA ENTOMOFAUNA BENEFICA DEL CAFETO (*Coffea arabica*) A VARIAS FRECUENCIAS DE APLICACION DE ENDOSULFAN, EN COSTA RICA.

T E S I S
SOMETIDA A LA CONSIDERACION DEL COMITE
TECNICO DE POSTGRADO Y CAPACITACION
EN CIENCIAS AGRICOLAS Y RECURSOS
NATURALES DEL CATIE
PARA OPTAR AL
GRADO DE

MAGISTER SCIENTIAE

POR

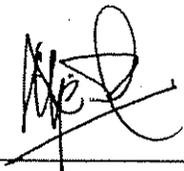
MAURICIO GERARDO CERDA OCARANZA

CATIE
TURRIALBA, COSTA RICA
MARZO, 1995.

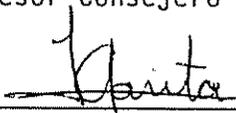
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

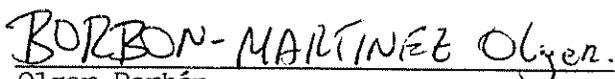
FIRMANTES:



Luko Hilje
Profesor Consejero



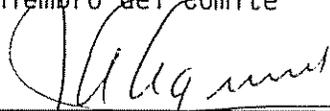
Israel Garita
Miembro del Comité



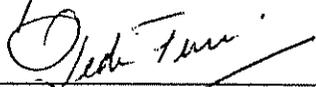
Olger Borbón
Miembro del Comité



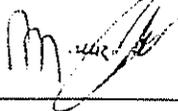
Paul Hanson
Miembro del Comité



Juan A. Aguirre
Jefe, Area de Postgrado



Pedro Ferreira
Director, Programa de Enseñanza



Mauricio Gerardo Cerda Ocaranza
Candidato

BIOGRAFIA

El autor es originario de la Ciudad de México, donde realizó sus estudios primarios y secundarios en la escuela Reina Isabel, y de bachiller en el Colegio Westminster.

En 1986 ingresó al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Campus Querétaro), donde se graduó como Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en junio de 1991.

En 1991 fue contratado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) por un año para laborar como consultor en el área de fitoprotección.

En enero de 1993 ingresó al Programa de Maestría del CATIE en Turrialba, Costa Rica.

DEDICATORIA

A MIS PADRES SERGIO Y MARCELA,
A QUIENES DEBO TODO LO QUE SOY.

AGRADECIMIENTOS

Al gobierno holandés por haber financiado mis estudios de Postgrado.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza por permitirme realizar mis estudios.

A mi compañera Isabelle Lauzière a quien sin su apoyo no hubiera sido posible la elaboración de este proyecto.

Al Dr. Luko Hilje por su preocupación y constante disposición en la elaboración de esta obra.

Al Dr. Olger Borbón por su colaboración en la parte metodológica del proyecto.

Al Dr. Paul Hanson por su apoyo en la parte de identificación de parasitoides.

Al M. Sc. Israel Garita por sus observaciones en el proyecto, y apoyo en el entrenamiento de la calibración de equipo de aspersión.

Al Dr. Pedro Oñoro por sus comentarios y valioso aporte en la biometría del proyecto.

A mi asistente Víctor Porras por su cooperación y destreza en la fase de campo.

A Francisco Fonseca (Chico) por su apoyo en la fase de laboratorio.

A los dueños de las fincas La Isabel y Yurustí, por prestarme los terrenos para realizar esta investigación.

Al personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton, por su buena disposición y amabilidad.

A mis tios Jorge y Mary Rossi, por haberme tratado como un hijo durante mi estadía en este país.

A la familia Zúñiga Arrieta por los momentos tan entrañables que pasamos juntos.

A mis amigos Arturo, Alfredo, Nelson y Lilliam, por el apoyo que me dieron.

INDICE

RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS E HIPOTESIS	2
2.1 Objetivos generales	2
2.2 Objetivos específicos	2
2.3 Hipótesis	3
III. LITERATURA REVISADA	3
3.1 El cultivo	3
3.1.1 Historia	3
3.1.2 Aporte económico	4
3.1.3 Sostenibilidad ecológica	6
3.2 Estabilidad en monocultivos perennes	7
3.3 Plagas del cafeto más importantes en Costa Rica	13
3.3.1 Mal del talluelo	14
3.3.2 Mancha de hierro	14
3.3.3 Mal de hilachas	14
3.3.4 Enfermedad rosada	15
3.3.5 Ojo de gallo	15
3.3.6 Quema	15
3.3.7 Roya del cafeto	16
3.3.8 Gallina ciega	16
3.3.9 Cochinilla de la raíz	17
3.3.10 Minador de la hoja del cafeto	17
3.3.11 Cochinilla del cafeto	19
3.3.12 Escama del cafeto	20
3.3.13 Nemátodos	21
3.3.14 Malezas	21
3.4 Broca del cafeto	22
3.4.1 Distribución	22
3.4.2 Ciclo biológico	23
3.4.3 Características y magnitud del daño	24
3.4.4 Relación entre la broca y la fenología del cafeto	24
3.4.5 Manejo	26
3.5 Susceptibilidad diferencial de enemigos naturales a insecticidas	28
3.6 Endosulfán	33
3.6.1 Características químicas y físicas	33
3.6.2 Modo de acción	36
3.6.3 Efecto sobre enemigos naturales	37

IV. MATERIALES Y METODOS	40
4.1 Localización	40
4.2 Descripción del experimento y tratamientos	41
4.3 Diseño experimental y análisis estadístico	44
V. RESULTADOS	46
5.1 Abundancia de herbívoros La Isabel	46
5.2 Abundancia de herbívoros Yurustí	51
5.3 Abundancia de Parasitoides Turrialba	55
5.4 Abundancia de Parasitoides Heredia	60
VI. DISCUSION	67
VII. CONCLUSIONES	79
VIII. RECOMENDACIONES	80
IX. BIBLIOGRAFIA	81
X. ANEXOS	88

CERDA O., M.G. 1995. Respuesta de la entomofauna benéfica del cafeto (*Coffea arabica*) a varias frecuencias de aplicación de endosulfán en Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 92 p.

Palabras claves: Parasitoides, plagas secundarias, brotes repentinos, enemigos naturales.

RESUMEN

En dos cafetales, en Turrialba y Heredia, Costa Rica, se evaluó, el efecto de varias frecuencias de aplicación de endosulfán (simulando el manejo común contra la broca del cafeto *Hypothenemus hampei*), sobre la entomofauna benéfica del cafeto, para determinar el riesgo de brotes repentinos de las plagas secundarias *Leucoptera coffeella*, *Planococcus citri* y *Saissetia coffeae*.

Se muestrearon sistemáticamente las poblaciones de parasitoides después de las aplicaciones, utilizando palanganas amarillas como trampas; a su vez se midió la frecuencia de las plagas potenciales para observar sus posibles brotes repentinos.

Se encontraron cinco familias de parasitoides específicos de plagas secundarias en ambas localidades; el número de individuos fue bajo, así como las frecuencias de las plagas. No hubo un efecto adverso del endosulfán sobre la entomofauna benéfica, ni tampoco brotes de plagas secundarias.

Los cafetales mostraron ser un agroecosistema estable desde el punto de vista de las relaciones recíprocas entre los insectos herbívoros y sus parasitoides.

CERDA O., M.G. 1995. Respuesta de la entomofauna benéfica del cafeto (*Coffea arabica*) a varias frecuencias de aplicación de endosulfán en Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 92 p.

Key words: Parasitoids, secondary pests, pests outbreaks, natural enemies.

SUMMARY

In two Costa Rican coffee production zones Turrialba, and Heredia, the effect of several application frequencies of endosulfan were tested (simulating then common chemical management used against the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*), upon the beneficial insects in coffee plantations, to determine the risks of secondary pests outbreaks (*Leucoptera coffeella*, *Planococcus citri* and *Saissetia coffeae*).

Systematic samples of parasitoids populations were made after the applications, utilizing yellow plastic vessels as traps; meanwhile the frequency of secondary pests was also evaluated to observe their possible outbreaks.

Five specific families of parasitoids of these pests were found in both localities; the number of them and the pests frequencies were low.

There was not an adverse effect of endosulfán upon beneficial organisms, and there were no secondary pest outbreaks either, in both localities.

The coffee plantations demonstrate to be a sustainable agroecosystem in the reciprocal relations between pests and his parasitoids.

LISTA DE CUADROS

CUADRO	TITULO	PAGINA
1	Análisis de varianza de <i>L. coffeella</i> y <i>P. citri</i> en La Isabel	50
2	Análisis de varianza de <i>L. coffeella</i> y <i>P. citri</i> en Yurustí.	54
3	Análisis de varianza de parasitoides en La Isabel.	63
4	Análisis de varianza de parasitoides en Yurustí.	66

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	PAGINA
1	Incidencia de <i>L. coffeella</i> en ambas localidades.	47
2	Incidencia de <i>P. citri</i> en ambas localidades.	49
3	Incidencia de <i>S. coffeae</i> en ambas localidades.	52
4	Número promedio de Cheloninae en ambas localidades.	57
5	Número promedio de Microgastrinae en ambas localidades.	58
6	Número promedio de Encyrtidae en ambas localidades.	59
7	Número promedio de Eulophidae en ambas localidades.	61
8	Número promedio de Telenominae en ambas localidades.	62
9	Precipitación mensual en ambas localidades.	69
10	Temperatura media mensual en ambas localidades.	70

LISTA DE ANEXOS

ANEXO	TITULO	PAGINA
1	Frecuencia promedio de <i>L. coffeella</i> por fecha de muestreo en ambas localidades.	88
2	Frecuencia promedio de <i>P. citri</i> por fecha de muestreo en ambas localidades.	89
3	Frecuencia promedio de <i>S. coffeae</i> por fecha de muestreo en ambas localidades.	90
4	Número promedio de parasitoides por fecha de muestreo en La Isabel.	91
5	Número promedio de parasitoides por fecha de muestreo en Yurustí.	92

INTRODUCCION

El café (*Coffea arabica*), es uno de los productos agrícolas de exportación más importantes. Se cultiva casi exclusivamente en países tropicales. La región de América Central depende mucho de esta actividad para obtener sus divisas (de Graaff 1986).

Este cultivo puede ser seriamente afectado por plagas que lo atacan. La broca del fruto del cafeto, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) es el insecto plaga más serio y se encuentra en la mayor parte del mundo donde se cultiva el cafeto (Urbina 1987). Perfora los frutos, de los cuales se alimenta y causa pérdidas que en ocasiones pueden equivaler al 50% de la cosecha; también aumenta el porcentaje de granos dañados, lo cual merma su calidad (ICAFFE-MAG 1989).

En Costa Rica, los cafetales han sido un sistema tradicionalmente sostenible, en donde no ha habido problemas serios con insectos plagas. Esto puede deberse a que las poblaciones de enemigos naturales de plagas potenciales se mantienen en equilibrio y en proporción similar a ellas (Le Pelley 1968). Sin embargo, la inminente llegada de la broca al país, podría provocar un desequilibrio en el sistema, si se aplican insecticidas indebidamente.

La recomendación más generalizada para su control en México y varios países de América Central, es el insecticida endosulfán. Este método, de ser empleado de manera desmedida, podría afectar a enemigos naturales de plagas secundarias, como ha acontecido en otros cultivos (van den Bosch 1971, DeBach 1974). Así, se podrían esperar brotes repentinos de plagas potenciales como *Leucoptera coffeella*, *Planococcus citri*, *Saissetia coffeae* y *Oligonychus yothersi* (ICAFE-MAG 1989), que causen graves problemas al cultivo.

Por tanto, es fundamental conocer el impacto de diferentes frecuencias de aplicación del endosulfán sobre la entomofauna benéfica del cafeto, para hacer recomendaciones de manejo a técnicos y agricultores.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del endosulfán sobre la entomofauna benéfica del cafeto.

OBJETIVO ESPECIFICO

Evaluar el efecto de varias frecuencias de aplicación de endosulfán sobre poblaciones de parasitoides de plagas secundarias del cafeto, así como el riesgo de conversión de éstas en plagas primarias.

HIPOTESIS

El endosulfán afecta adversamente las poblaciones de parasitoides, haciendo que algunas plagas secundarias se conviertan en primarias.

EL CULTIVO

Historia

Casi todos los historiadores señalan a Abisinia, hoy Etiopía, como el país de origen del café. Desde 1492, época del descubrimiento de América y de la Paz de las Guerras Santas, se empezó a dar importancia y difusión a la bebida (Echeverría 1972).

El café, una planta subtropical perenne, se estableció en Costa Rica en la primera mitad del siglo XIX en el Valle Central del país. Costa Rica fue el primer país centroamericano en adoptarlo y sustituyó el cultivo de alimentos básicos, pero mantuvo la estructura agraria familiar (Hall 1976). En 1935, la planta era cultivada en casi todo el Valle Central, desde San Ramón hasta Turrialba.

El desarrollo de la infraestructura económica de Costa Rica estuvo íntimamente relacionada con la industria del café. Hoy este producto de exportación se cultiva en casi todas

las regiones agrícolas del país. Representa un apoyo fundamental en su economía, así como un sistema ecológicamente sostenible, que mantiene y protege recursos naturales no renovables, como el suelo (Hall 1976).

Aporte económico

Como producto básico, el café es el de mayor valor en el comercio internacional después del petróleo. Aproximadamente 20.500.000 personas se benefician con actividades relacionadas con café, 11.500.000 de ellas en América Latina (W.C.I.C 1970).

En 1988 el aporte porcentual del valor de las exportaciones de café en el valor total de las exportaciones para países de la región fue el siguiente : Costa Rica (24.52%), El Salvador (50.52%), Honduras (20.34%), Guatemala (81.97%), México (2.04%), Nicaragua (41.42%), Panamá (6.80%) y República Dominicana (7.43%) (ICAFFE 1990).

En Costa Rica, el café es su producto de mayor exportación, seguido por el banano. Casi todo corresponde a café arábigo. Dicho país contribuye con un 2% de la producción mundial de café y ocupa el undécimo sitio como productor mundial (de Graaff 1986). El 34% de las explotaciones agrícolas del país se dedican al cultivo del café, abarcando un área total de 100.000 ha (ICAFFE 1994).

La situación de la baja en precios internacionales durante la cosecha 1992-1993, disminuyó la participación del café en diferentes aspectos de la economía nacional con respecto a años anteriores. Sin embargo, a pesar de ser el peor período en cuanto a precio de venta de la últimas décadas, se mantuvo como uno de los productos más importantes. Alcanzó el 9,2% del valor bruto de la producción agropecuaria, con un valor en las exportaciones de \$203,5 millones, y ocupó el segundo lugar después del banano (ICAFE 1994). Esta actividad genera un promedio de 65.757 jornales al año por atención a plantaciones, recolección y beneficiado, lo cual significa un 7,2% de la fuerza de trabajo del país. En relación con el sector agropecuario, representó el 27% de la fuerza de trabajo del país, es decir, 62.054 personas empleadas todo el año (ICAFE-MAG 1989).

En la cosecha 1992-1993 se requirieron un promedio de 68 jornales/ha para realizar labores de mantenimiento, como aplicación de fertilizantes, enmiendas, control de plagas, limpieza, conservación de suelos, arreglo de sombra y plantas, mantenimiento de cercas y caminos, aplicación de riego y resiembra. El área estimada en producción para ese ciclo fue de 108.700 ha, por lo que el empleo generado estimado para esa etapa es de 7391600 jornales (ICAFE 1994).

Sostenibilidad ecológica

La degradación de los ecosistemas naturales y la pérdida de los recursos naturales son problemas serios en las regiones tropicales, por lo que ha aumentado el interés en atenuarlos. El manejo inadecuado de los recursos naturales, y especialmente del suelo, implica una gran pérdida de nutrimentos y de suelo (Fassbender 1993).

Entre los cultivos en zonas tropicales y subtropicales destaca el café como cultivo arbustivo permanente. Produce cosechas de exportación, por lo que en su producción se aplican tecnologías agrícolas costosas, como la fertilización y/o encalado, que mantienen en balance la fertilidad química del suelo. Los cafetales, en combinación con especies forestales, cubren permanentemente el suelo, favoreciendo el ciclo de la materia orgánica y de los nutrimentos similares a los de los ecosistemas naturales, disminuyendo la erosión (Fassbender 1993). Además, probablemente toda plaga del cafeto posee enemigos naturales. Un cafetal constituye un agroecosistema bastante estable, debido a que las plantas son perennes y crecen en condiciones que generalmente permiten una sucesión constante de generaciones de insectos y sus enemigos naturales (Le Pelley 1968).

Estas características determinan la sostenibilidad ecológica del cultivo, entendida como la capacidad de un sistema para mantener su productividad a pesar de una perturbación o alteración mayor (Conway 1985).

ESTABILIDAD EN MONOCULTIVOS PERENNES

La estabilidad de un sistema puede identificarse en lugares donde existe una tendencia de las poblaciones a recuperarse de perturbaciones, es decir, volver a una configuración persistente (Price 1975). Algunos autores proponen que la estabilidad de un ecosistema es consecuencia de su diversidad (Elton 1958), pero otros discrepan. Watt, en Southwood 1970, indica que entre más competidores tenga un herbívoro, más estable será su población. Southwood y Way (1970) señalan que la estabilidad depende especialmente de la interrelación de sus especies y no de su diversidad. La relación entre diversidad y estabilidad de un sistema es incierta (Ricklefs 1979).

La hipótesis de que los enemigos naturales son más abundantes o eficientes donde haya más alimento disponible (hospedantes) es simplista (Sheehan 1986). Los enemigos naturales específicos no necesariamente se favorecen con la diversificación de un habitat. En agroecosistemas simples se facilita más la localización de sus víctimas, mientras que

en sistemas más diversos los herbívoros se pueden ocultar con mayor facilidad. Además, su abundancia dependerá mayormente de factores que incrementen su inmigración y/o disminuyan su emigración en áreas con plantas hospedantes de sus presas (mayores densidades de plantación, presencia de estímulos visuales, etc.) (Sheehan 1986).

Los enemigos naturales más eficientes son aquellos que presentan una relación denso-dependiente recíproca con la plaga, es decir, que la plaga es regulada por ellos, y éstos a su vez son limitados por el número de hospedantes (Huffaker y Messenger 1969). Sus efectos en los agroecosistemas pueden ser muy importantes en el control de plagas (DeBach 1974). El control biológico se basa en la premisa de que las densidades de especies nocivas a los cultivos, pueden ser controladas o reguladas por aquéllos (Huffaker y Messenger 1969).

Las condiciones bajo las cuales se desarrollan cultivos perennes y anuales son muy distintas. Por esto es esperable que el manejo de las plagas en ambos sistemas difiera. Muchas plagas de cultivos perennes tienen una tendencia limitada a dispersarse y forman poblaciones cerradas, junto con sus enemigos naturales (Southwood 1970, Conway, en Southwood 1970). La estabilidad comparativa del habitat en cultivos perennes crea una situación propicia para el control biológico, debido a las condiciones favorables

(alimento y albergue permanente para ambos) de dichos cultivos, lográndose su establecimiento y coexistencia (Southwood 1970, Conway, en Southwood 1970). En sistemas de monocultivos perennes, mediante prácticas culturales como el manejo de distintas densidades, variedades y edades de plantación, así como también podas por lotes, se puede lograr mantener con alimento y abrigo a los enemigos naturales (Southwood, en Southwood 1970).

En contraste, en los cultivos anuales, de duración limitada, el nivel de natalidad y no el de mortalidad, determina el tamaño de la población de la plaga, que en gran parte se debe a lo exitoso de su invasión (Southwood, en Southwood 1970). Bajo estas condiciones de perturbación y remoción constante del sistema, sus enemigos naturales no tienen tiempo suficiente de regular la población de la plaga (Southwood, en Southwood 1970). Los problemas con insectos plagas se presentan especialmente en estos monocultivos (De Loach, en Altieri 1976), en los cuales hay pocas fuentes de alimento alternativo y abrigo para sus enemigos naturales. Otros autores sugieren que la inestabilidad de estos sistemas se debe principalmente a la simplificación ecológica causada por el uso excesivo de plaguicidas (Smith y van den Bosch 1967). El empleo desmesurado de insecticidas puede afectar a enemigos naturales de plagas secundarias, induciendo brotes repentinos de éstas. Esto se ha

documentado ampliamente en cultivos como el algodón y cítricos (DeBach 1974).

En los trópicos, en general existe estabilidad térmica, humedad suficiente y el fotoperíodo es casi constante, por lo que la mayoría de los insectos aparecen durante todo el año (Janzen 1983). En dichas zonas existen varios casos documentados de monocultivos perennes que han mostrado estabilidad temporal en las densidades poblacionales de insectos.

En Costa Rica, en banano, sus plagas son controladas por sus enemigos naturales (principalmente 23 especies de himenópteros parasitoides nativos) (Stephens 1984). El empleo desmedido de dieldrín en los años 50 provocó un desequilibrio en las plantaciones, causando brotes repentinos de plagas, posiblemente debido a la perturbación de aquéllos. Ello condujo a un empleo más intenso de insecticidas, los cuales provocaron mayores infestaciones y daños (Stephens 1984). En Costa Rica y Panamá la aplicación de gránulos de dieldrín causó brotes del barrenador del pseudotallo (*Castniomera humboldti*) (Lepidoptera: Castniidae), al eliminar hormigas y otros enemigos naturales que se alimentaban de sus huevos y de otros estadios (Roberts 1958); este insecto era económicamente insignificante antes de las aplicaciones. El banano tolera

cierto grado de defoliación sin disminuir la cantidad ni calidad de la fruta. Por ello, una opción para el control de defoliadores fue disminuir el empleo de insecticidas, tolerando cierto daño, pero dando oportunidad a sus enemigos naturales de establecerse y controlarlos (Ostmark 1974).

Otro sistema estable son los cacaotales en América Central, donde los insectos herbívoros no representan un problema económico grave (Saunders y Enríquez 1989). Casi todos ellos se mantienen a un nivel poblacional bajo, debido al control natural por sus parasitoides y depredadores (Donis 1988). Esto se debe a que las plantaciones de cacao establecidas permiten un equilibrio en el sistema entre los herbívoros y sus enemigos naturales, al mantener condiciones estables y poco perturbadas durante largos períodos. Estas permiten la continuidad generacional y coexistencia de ambos (Saunders y Enríquez 1989).

El cultivo del cafeto es otro sistema estable. Desde hace más de un siglo se explota en América y los problemas con insectos plagas han sido mínimos. Estos pueden mantener continuidad generacional en los cafetales, debido a la permanencia del sistema. Casi todos tienen enemigos naturales que permanecen en el cafetal, por sus condiciones estables y el suplemento constante de hospedantes. Este control natural se aprecia cuando, por aplicaciones de

insecticidas persistentes, por períodos largos los enemigos naturales son afectados, induciéndose brotes repentinos de plagas secundarias (Le Pelley 1968).

La perturbación de este agroecosistema puede ser causada también por otros factores. En Costa Rica, entre 1963 y 1965, con las erupciones del volcán Irazú aparecieron súbitamente tres plagas muy destructivas, prácticamente desconocidas hasta entonces: el minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*), la cochinilla harinosa (*Planococcus citri*) y la arañita roja (*Oligonychus yothersi*). Ellas causaron pérdidas superiores a \$ 13 millones (Hamilton 1967). La explicación de estos brotes posiblemente reside en que las tres plagas tienen algún tipo de protección contra el efecto directo de la ceniza (ubicación en el parénquima foliar para el minador, cubierta cerosa para la cochinilla y tela de seda para el ácaro), mientras que sus enemigos naturales quedan expuestos y resultan muy afectados por el efecto abrasivo de la ceniza (Wille y Fuentes 1975).

En Turrialba, Costa Rica, en 1986-1987, se presentó un brote severo de larvas de *Rothschildia orizaba* (Lepidoptera: Saturniidae) en una hacienda cafetalera (Quezada y Rodríguez 1989). El combate químico fue insuficiente para controlar la plaga. La mosca *Belvosia* prob. *nigrifons* (Tachinidae), que ataca a las pupas, era el factor clave de mortalidad de

la plaga. Al instalar jaulas de cedazo que contenían pupas recolectadas en el campo, la mosca emergió abundantemente, solucionando el problema en cuatro meses (Quezada y Rodríguez 1989).

Existen otros ejemplos con cultivos perennes en zonas templadas, como los huertos de durazno y manzano en California, donde las perturbaciones del sistema condujeron a su inestabilidad (Hoyt y Caltagirone 1971). En los años 60 el control de plagas se basaba en aplicaciones químicas, que causaron problemas graves de plagas, especialmente ácaros como *Tetranychus mcdanieli*, *T. urticae* y *Panonychus ulmi* (Tetranychidae), al disminuir sus enemigos naturales. Al reducirse las frecuencias de aplicación, se restableció el equilibrio en el sistema (Hoyt y Caltagirone 1971).

PLAGAS DEL CAFETO MAS IMPORTANTES EN COSTA RICA

Las plagas, (hongos, insectos, nemátodos y malezas) son uno de los factores más importantes que limitan la producción eficiente de café (ICAFE-MAG 1989).

HONGOS

Mal de talluelo

Es quizás la enfermedad más común en los semilleros de café, y es causada por *Rhizoctonia solani*. Infecta las plántulas recién emergidas del suelo, cuando se encuentran en estado de "soldadito" (antes de la apertura de hojas cotiledonales). La enfermedad es favorecida por excesiva humedad y temperaturas altas (Abrego et al. 1963).

Mancha de hierro

También llamada chasparria, es causada por *Cercospora coffeicola*. Está muy relacionada con la nutrición, por lo que se presenta mayormente en plantaciones a pleno sol (Echandi 1959). La enfermedad es a veces más severa en almácigos que en plantaciones establecidas y sólo afecta las hojas y frutos (Wellman 1956). El ataque de nemátodos también la favorece (IHCAFE 1990). En Costa Rica es la enfermedad de mayor impacto sobre la cosecha (M. Sc Israel Garita 1995, CATIE, com. pers.).

Mal de hilachas

Causada por *Corticium koleroga* (IHCAFE 1990). Aparece principalmente en las hojas y partes tiernas de los órganos aéreos de la planta (Bianchini 1956). Se presenta

especialmente en zonas muy calientes y húmedas, con poca iluminación y ventilación (Wellman 1956).

Enfermedad rosada

Afecta tallos, ramas y frutos de cafetales establecidos, así como de viveros. El agente causal es *Corticium salmonicolor* (Wellman 1956). Se presenta especialmente en zonas muy lluviosas, con alta temperatura y luminosidad (ICAFE-MAG 1989).

Ojo de gallo

También llamada mancha americana de la hoja, es causada por *Mycena citricolor*. Sus infecciones causan excesiva pérdida de follaje, especialmente en zonas altas, frescas y húmedas. Se distribuye por la acción de las gotas, así como también por el hombre (Wellman 1956).

Quema

También llamada derrite, es causada por *Phoma costarricensis*. Está ampliamente distribuida en América Central (Echandi 1957). Ataca los tejidos jóvenes, hojas, tallos y frutos. Generalmente se observan manchas negras en los bordes de las hojas, dándoles una apariencia carbonizada. Las hojas afectadas se enrollan y caen (IHCAFE 1990). En zonas altas, los días nublados, con vientos fríos

y alta humedad relativa, crean condiciones óptimas para su desarrollo (IHCAFE 1990).

Roya del cafeto

Causada por *Hemileia vastatrix*. Ataca exclusivamente el follaje del cafeto (Kranz et al. 1977). Sus esporas sobreviven períodos secos y el ataque se incrementa al inicio de la estación lluviosa y continúa diseminándose durante ésta. La lluvia, viento, temperaturas entre 21-25°C y sombra densa son factores que favorecen su diseminación (Kranz et al. 1977).

INSECTOS

Gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) (Coleoptera: Scarabaeidae)

Con los nombres comunes de oruga, joboto y gallina ciega se designa al complejo formado por las larvas de *Phyllophaga menetriesi*, *P.obsoleta* y *P.latipes* (ISIC 1978). Tienen un gran ámbito de hospedantes, incluyendo al cafeto.

La cantidad de adultos es alta al inicio de la estación lluviosa (abril o mayo), mientras que las larvas prevalecen desde junio hasta agosto (Hananía 1989). Estas causan daños al sistema radical de los arbustos, debido a que las poblaciones pueden alcanzar densidades altas.

La plena exposición solar posiblemente afecta a hongos entomopatógenos como *Metarrhizium* sp., que atacan a las prepupas o pupas (Burguess y Hussey 1977, Guzmán 1979, en Hananía 1989).

Cochinillas de la raíz (Homoptera: Pseudococcidae)

Este complejo está formado por ninfas y adultos de *Geococcus coffeae* y *Rhyzoecus nemoralis*. En Costa Rica además se reporta *Rhyzoecus coffeae* y *Puto* sp. (MAG 1978). Estos insectos proliferan durante la estación lluviosa, afectando las raíces absorbentes (ISIC 1978).

Es posible que las podas tempranas de los árboles de sombra afecten negativamente a los parasitoides y depredadores, propiciando brotes repentinos de estas plagas, aunque éstos también son afectados por la sequía del debido a esta práctica (Hananía 1989).

Minador de la hoja del cafeto, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)

La larva forma una mina en la hoja. La pupa se establece en el envés de ésta en un capullo en forma de "X". Los adultos tienen hábitos nocturnos, escondiéndose debajo de las hojas durante el día (Le Pelley 1968).

La oviposición empieza tres días después de la emergencia. La fecundidad varía entre 3-90 huevos, promediando 36; la hembra deposita unos siete huevos diarios (Le Pelley 1968). La etapa de huevo dura de 5 a 21 días, la etapa larval de 9-42 días, la prepupa de 2-4 días y la pupa de 4-12 días. El ciclo completo de la oviposición a la emergencia del adulto varía de 25 a 77 días, según la temperatura; la óptima es de 22 a 26°C. Bajo estas condiciones de temperatura se pueden desarrollar hasta siete generaciones por año (Le Pelley 1968).

Sus poblaciones aumentan con mayor frecuencia en cafetales situados a menos de 1000 msnm, con lluvias poco abundantes y temperaturas altas, de 24-28°C (IICA/OIRSA 1965). La abundancia estacional del adulto varía según el régimen pluviométrico, presentándose los picos mayores en la estación seca (Le Pelley 1968).

El aumento en sus poblaciones se debe a que los entomopatógenos de sus larvas son afectados por las sequías (Marconato et al. en Hananía 1989). La condición de sequía de la hoja facilita la oviposición de los adultos, por lo que las lluvias poco abundantes y la escasa sombra le favorecen. Las larvas afectan el follaje al formar sus minas. En ataques severos destruyen mucho tejido foliar, provocando la abundante caída de hojas (Le Pelley 1968). En

Guatemala y El Salvador se ha reportado como una plaga importante del cafeto (Le Pelley 1968).

En Costa Rica, sus parasitoides son los himenópteros *Cirrospilus* sp., *Closterocerus* sp. y *Zagrammosoma americanum* (Eulophidae) y *Stiropius* sp. (Braconidae) (Hanson 1991).

Cochinilla del cafeto, *Planococcus citri* (Homoptera: Pseudococcidae)

Es uno de los piojos harinosos más comunes en el mundo y tiene un amplio ámbito de hospedantes, incluyendo los cítricos y el cafeto (Le Pelley 1968). En los trópicos es más común en cafeto que en cítricos.

Infesta las ramas, dañando muchos frutos del cafeto, al provocar el debilitamiento de las plantas por la succión de la savia y lesionar los tejidos tiernos de los granos en formación (Le Pelley 1968). Además secretan mielcilla, sobre la que crece el hongo fumagina (*Capnodium* sp.), que cubre los granos y hojas, e interfiere con la fotosíntesis.

Recubre su cuerpo con una secreción cerosa blanca, que dificulta el control químico, ya que la penetración del insecticida es poco eficiente. El hábito de agruparse en los lugares de mayor afluencia de savia hace que se protejan

entre sí, impidiendo que todos los individuos sean impregnados con los insecticidas (ICAFE-MAG 1989).

Su potencial reproductivo le permite aumentar su población con relativa facilidad (ICAFE-MAG 1989). La hembra puede depositar de 200 a 400 huevos durante su vida, los cuales tienen un período de incubación de 2 - 9 días (Betrem, en Le Pelley 1968). Su ciclo de vida dura 20 - 44 días. Pueden producirse hasta ocho generaciones al año (Betrem, en Le Pelley 1968).

En Costa Rica sus parasitoides son los himenópteros *Leptomastidea abnormis* y *Leptomastix dactylopii* (Encyrtidae) (Hanson 1991).

Escama del cafeto, *Saissetia coffeae* (Homoptera: Coccidae).

Está ampliamente distribuida en los trópicos y subtrópicos. Tiene un amplio ámbito de hospedantes. Además del cafeto, ataca al té y cítricos. En la India y Africa Oriental, puede matar arbustos de cafeto. En El Salvador fue abundante en los cafetales, afectándolos severamente (Le Pelley 1968). Las ninfas son móviles y se alimentan de brotes de hojas, pero la escama adulta es sésil. Los huevos son depositados debajo de la escama (Le Pelley 1968).

La hembra puede producir hasta 684 huevos (Coleman y Kannan, en Le Pelley 1968). Una generación completa toma casi seis meses en el campo.

En Costa Rica su parasitoide más común es el himenóptero *Metaphycus helvolus* (Encyrtidae) (Hanson 1991).

NEMATODOS

En Costa Rica hay 21 géneros de nemátodos fitoparásitos asociados con el cultivo del café, pero solo *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. tienen una frecuencia alta y causan daños importantes en el cultivo (Figueroa 1986).

Meloidogyne spp. y *Pratylenchus* spp., son particularmente importantes en Costa Rica y atacan al cultivo en cualquier etapa. Las temperaturas altas, el cultivo continuo y la asociación de enfermedades son factores que favorecen su incidencia (Mario Araya 1994, MAG, com pers.).

MALEZAS

El cultivo del cafeto es afectado por más de 80 especies de malezas, agrupadas en 23 familias, de las cuales, dos corresponden a monocotiledóneas y 21 a dicotiledóneas (Mata 1993). Las familias con mayor número de especies son:

Compositae (17,5%), Gramineae (16,25%), Cyperaceae (6,25%), Labiatae (6,25%) y Amaranthaceae (5%).

Estas especies se encuentran entre 200-1750 msnm, con 2000-4200 mm anuales de precipitación y temperaturas de 19 - 24,5°C (Mata 1993).

BROCA DEL CAFETO

Distribución

La broca del fruto del cafeto es originaria de Africa, probablemente de Africa Central, en altitudes de hasta 1500 msnm (Quezada y Urbina 1987). Sin embargo, esta localización está poco justificada debido a que el insecto se detectó más o menos al mismo tiempo en diferentes países africanos, y a que sus enemigos naturales se han encontrado en países distantes de ese continente (Ticheler 1963).

El insecto fue introducido en Brasil hacia 1911 (Ticheler 1963). En 1924 se detectó en Sao Paulo, y se determinó que se había difundido extensamente, por lo cual era difícil su erradicación (Da Costa Lima, en Ticheler 1963). En 1962 llegó al Valle de Satipo, Perú, desde Brasil (Hananía 1989). Luego se introdujo a Guatemala en 1971, a Honduras en 1977, a México en 1978 y a El Salvador en 1981 (Quezada y Urbina 1987).

Ciclo biológico

El insecto perfora los frutos del cafeto, de los cuales se alimenta. La hembra se posa sobre ellos para perforar en el disco del fruto, y entrar al grano a ovipositar (ICAFE-MAG 1989). Los huevos eclosionan en 5-9 días, y las larvas se alimentan del grano, haciendo una pequeña galería aparte del túnel principal hecho por el adulto (Le Pelley 1968). El estado larval dura de 9-26 días, y el pupal de 4-9 días, según la temperatura. El desarrollo completo de huevo a adulto dura 25-35 días, según la temperatura (Le Pelley 1968).

Su potencial reproductivo es alto, pues aunque una hembra puede depositar apenas 74 huevos en su vida (Bergamin, en Le Pelley 1968), la proporción de sexos está sesgada a favor de las hembras, que siempre predominan, en proporción de hasta 13 a 1 (Corbett, en Le Pelley 1968). Sin embargo, Baker (1986) considera inexactos algunos de estos datos, pues en el laboratorio y campo son pocos los casos en que la hembra deposita más de 25 huevos, y la proporción sexual es menor de 13:1. Teóricamente, son posibles siete o más generaciones anuales, pero el estado de desarrollo de los frutos y su inconstante disponibilidad en el campo, no permiten la continuidad generacional de la broca (Baker 1986).

Características y magnitud del daño

Si el fruto tiene 20% o más de materia seca, la hembra perfora hasta el endospermo, donde oviposita; de no ser así, permanece en el canal de perforación (Quezada y Urbina 1987).

Si la perforación se inicia cuando los frutos están muy pequeños (estado lechoso), el principal daño consiste en la caída del fruto, reduciéndose la producción. El mayor daño es causado cuando está en el estado de semi-consistencia (más de 20% de peso seco), ya que el endospermo se torna duro, ofreciendo un sustrato apropiado para la oviposición y alimentación de los adultos, y el desarrollo de las larvas (Quezada y Urbina 1987).

Los frutos con semillas endurecidas perforadas, pierden peso debido a la acción de ingesta y destrucción por parte del insecto, originando granos más livianos (Hananía 1979).

Relación entre la broca y la fenología del cafeto

La cereza de café no siempre proporciona al insecto un medio favorable para su multiplicación, que requiere cierto grado de madurez de ésta. Si son muy tiernas, las hembras las perforan y abandonan en busca de otras mejores (Ticheler 1963).

Las etapas en el desarrollo del fruto del cafeto son cuatro:

1ª. De 4 - 7 semanas después de la fecundación. Hay poco crecimiento en peso y volumen.

2ª. De 6 - 16 semanas después de la fecundación. El fruto crece rápidamente en volumen y peso seco, debido principalmente al crecimiento del pericarpio.

3ª. De 16 - 27 semanas después de la fecundación. El crecimiento no es aparente externamente, pero internamente aumenta la materia seca, que formará el endospermo de la semilla.

4ª. De 27 - 33 semanas después de la fecundación. Ocurre la maduración, con el rápido aumento del peso seco y volumen del pericarpio.

En la primera etapa, la broca perfora y abandona el fruto, ya que no encuentra condiciones óptimas (sustrato endurecido). Durante la segunda, perfora el fruto y permanece en el canal de penetración, ya que detecta la formación del endospermo y espera que éste endurezca (Penados y Ochoa 1979). A los 137 días después de la floración (3ª. etapa) la semilla tiene la dureza que permite

al insecto construir sus cámaras de oviposición. La última etapa es la mejor para el desarrollo de su prole (Penados y Ochoa 1979).

Sin embargo, estas etapas están relacionadas con la altitud, pues conforme aumenta, el desarrollo del fruto es más lento, debido a la temperatura y la luminosidad (Dr. Olger Borbón 1995, ICAFE, com. pers.).

Manejo

Las principales medidas para combatir la broca son cinco: legales, culturales, biológicas, químicas e integradas.

El combate legal se realiza mediante cuarentenas establecidas en las fronteras de cada país, donde los inspectores impiden la entrada de cualquier medio portador de la broca, para evitar o retardar su diseminación (Hananía 1989).

Con las prácticas culturales se pretende crear un ambiente desfavorable para el insecto. Algunas son la poda del cafeto, de árboles de sombra y control de malezas (Solís 1987). La broca tiene varios hospedantes tales como *Cajanus cajan* y *Oxyanthus* spp, estas especies pueden constituir un reservorio para el insecto (Borbón 1991).

Las prácticas de pepena (recolección de frutos en el suelo) y repela (recolección de frutos residuales en el arbusto) deben realizarse inmediatamente después de la cosecha, ya que estos frutos son fuentes potenciales de inóculo para la próxima fructificación (Solís 1987). La recolección manual de frutos prematuros dañados se recomienda en los países donde hay más de dos floraciones, debido a lluvias tempranas o rocío, (Solís 1987).

El combate químico debe efectuarse durante la época de mayor migración de hembras (Hananía 1989). En Guatemala, por ejemplo, en las zonas de 300 a 900 msnm, las aspersiones se hacen de fin de abril a fin de julio, y de 900 a 1500 msnm se hacen de fin de julio a octubre (Hananía 1989).

Para combatir al insecto se han utilizado satisfactoriamente: endosulfán 35 EC (Thiodan) y dicrotophos (Bidrín) (Hananía 1989), por lo que el primero es ampliamente conocido en zonas cafetaleras. Las aspersiones se dosifican con 1500 ml por 100 gal de agua/ha (Martínez 1983). Esta recomendación puede variar, y las dosis más utilizadas comercialmente son de 0.5 a 2.5 l/ha. Las frecuencias de aplicación varían según el número de floraciones y la aplicación se efectúa aproximadamente tres meses después de cada floración, cuando el fruto está por concluir su estado semi-lechoso (Martínez 1983).

En México se recomienda el uso del Thiodan 35 EC cuando la cereza está maciza, pero en estado lechoso, en la proporción de 0.8 l en 300 l de agua/ha (Villaseñor 1987). La aspersion se repite si se presume que se ha iniciado una nueva generacion y se observan hembras perforando nuevas cerezas. Para ello, son indispensables las inspecciones sistematicas en campo.

La broca tiene varios enemigos naturales. Los más importantes y estudiados son los parasitoides, tales como los himenópteros *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis* (Bethylidae) y *Heterospilus coffeicola* (Braconidae) (Ticheler 1963). Otras especies son hongos entomopatógenos, como: *Beauveria bassiana* y *Spicaria javanica* (Ticheler 1963).

SUSCEPTIBILIDAD DIFERENCIAL DE ENEMIGOS NATURALES A LOS INSECTICIDAS

Las plagas secundarias de todo cultivo representan un peligro potencial y constante para ellos, pero se mantienen por debajo de niveles de daño económico especialmente por la acción de sus enemigos naturales (Berryman 1982). Estos son de gran importancia en la regulación de insectos plagas, aún en sistemas simplificados (Croft 1975). Puesto que la mayoría de ellos (parasitoides y depredadores) son insectos,

también son susceptibles a los insecticidas (van den Bosch 1971).

En América Central, actualmente las plagas secundarias del café no representan una amenaza real, quizás por la presencia de enemigos naturales que las mantienen en un bajo nivel poblacional (Wille y Fuentes 1975, Quezada y Rodríguez 1989, Hanson 1991). Hay evidencia de que los fungicidas utilizados en cafetales pueden afectar los ácaros depredadores de ácaros herbívoros (Tetranychidae) (Jackson y Ford 1973, Childers y Enns 1975, Van Lon y Wysoki 1978, en Hanson 1991). Ello podría causar brotes de éstas y provocar un uso más intenso de acaricidas e insecticidas para su control, lo que podría alterar el control natural ejercido contra otros artrópodos que son plagas potenciales (Hanson 1991).

El efecto de los insecticidas sobre los enemigos naturales de plagas potenciales fue evidente desde la década de los 30, cuando en los EE.UU. hubo brotes repentinos de plagas. Estos fueron atribuidos a los efectos nocivos de aquéllos sobre el balance entre las plagas y sus enemigos naturales (Croft 1975).

Croft (1975) sugiere que existe una susceptibilidad diferencial a los insecticidas entre los insectos herbívoros

y sus parasitoides y depredadores. Sin embargo, Newsom (1974) indica que los herbívoros y los depredadores son afectados de manera análoga.

Existen dos maneras generales de cómo la susceptibilidad diferencial puede manifestarse: a) brotes repentinos de plagas secundarias y b) resurgimientos de plagas primarias.

En todos los cultivos existen plagas secundarias, que lo son por la acción represora de sus enemigos naturales. Si éstos son perturbados se podría presentar un brote repentino de estas plagas, convirtiéndose en primarias (Huffaker 1971, van den Bosch 1971, Newsom et al. 1976, Berryman 1982).

Los resurgimientos ocurren cuando la población de la plaga aumenta a mayores niveles de los que había previamente a las aplicaciones de insecticidas no selectivos. Esto se debe a que los insecticidas usualmente destruyen poblaciones de insectos, incluyendo a enemigos naturales que ejercen cierto control sobre las plagas (Huffaker 1971, Croft 1975). Aunque ambos sufren el efecto directo del insecticida, los enemigos naturales se ven doblemente afectados por la eliminación de sus hospedantes (alimento), a diferencia de los herbívoros, que tienen alimento disponible (cultivos) (Kremer 1971).

Así, el efecto adverso de un insecticida será mayor sobre las poblaciones de enemigos naturales (Newsom 1974). La

plaga, al quedar sin este control, puede incrementar sus poblaciones.

La susceptibilidad diferencial de los enemigos naturales puede explicarse por factores anatómicos, fisiológicos, etológicos y ecológicos (Croft 1990).

Las características anatómicas más importantes son el tamaño pequeño de los parasitoides, en comparación con las plagas, y su cuerpo desnudo, sin cubierta protectora, como sí la tienen muchos herbívoros. Así, los parasitoides toman mayor cantidad de insecticida por unidad de peso, por lo que alcanzan más rápido la dosis letal del insecticida, y el contacto directo del producto con su cuerpo es mayor (Croft 1990).

En cuanto a los factores fisiológicos, los herbívoros, por alimentarse de plantas, están sujetos al estrés bioquímico para detoxificar sustancias de defensa (alcaloides, rotenoides, etc.) (Gordon, en Croft 1975). Esto lo hacen mediante oxidasas de función múltiple, que convierten sustancias lipofílicas en moléculas solubles, fácilmente excretables (Krieger *et al.* 1971). Su actividad es mayor en especies herbívoras polífagas que en oligófagas o monófagas, y los insectos herbívoros podrían detoxificar sustancias tóxicas naturales o insecticidas sintéticos más

eficientemente que un depredador o un parasitoide (Krieger et al. 1971)

Entre los factores etológicos más importantes destacan la intensa actividad de búsqueda de los parasitoides para encontrar a sus hospedantes. Esto propicia un mayor riesgo a la exposición al insecticida, a diferencia de algunas plagas, que al ser más sedentarias pueden escapar de ésta (Croft 1990). Además, la intensa actividad de aseo de los parasitoides hace que se impregnen por todo el cuerpo, aún cuando hayan sido solo ligeramente rociados por un insecticida (Gratwick, en Croft 1990), lo cual es desventajoso con productos de contacto. En el laboratorio, Kuhner et al. (1985) observaron que los adultos de *Diaeretiella rapae* contaminaron todo su cuerpo con un herbicida, debido al intenso aseo de sus patas, alas y cabeza. Esto sugiere que la toma de insecticidas puede ser mayor en parasitoides que en sus huéspedes (Croft 1990).

Los factores ecológicos se basan en el principio de Lotka-Volterra. Este establece que la tasa de natalidad del parasitoide se incrementará conforme aumente el número de hospedantes, mientras que la tasa de mortalidad del hospedante se incrementará conforme aumente el número de parasitoides, debido a la asimetría de las ecuaciones de crecimiento de ambos (Wilson y Bossert 1971). Así, si dos

especies (parasitoide y plaga) son destruidas por un insecticida a una misma tasa, la población de la plaga aumentará, y la del parasitoide disminuirá, ambas proporcionalmente, incrementándose la plaga progresivamente (Wilson y Bossert 1971).

ENDOSULFAN

Características químicas y físicas

El endosulfán fue desarrollado e introducido a mediados de los años 50 (Maier y Bode 1968), y se ha clasificado en el grupo de los hidrocarburos clorados, aunque no es un hidrocarburo clorado puro. Los insecticidas clásicos de este grupo contienen solamente los elementos carbono, hidrógeno, cloro y, a veces, oxígeno. Este, además contiene oxígeno y azufre en un grupo funcional del sulfito, el cual lo distingue de los hidrocarburos clorados persistentes, por sus efectos fisiológicos y su comportamiento en el ambiente (Hoechst 1990).

Se obtiene mediante la adición de hexaclorociclopentadieno y el cis-butano-1, 4-diol, seguido con la reacción del producto resultante con cloruro de thionyl (National Research Council of Canada 1975). Consiste en una mezcla de alfa- y beta-isómeros en una proporción de 70:30.

Tiene un punto de ebullición de 79-100°C. Su solubilidad en agua es baja, de 60-150ng/l (National Research Council of Canada 1975), y se incrementa con pH ácidos (Shuttleworth, en World Health Organization 1984).

La solubilidad varía de 5 - 65% en otros solventes (Maier y Bode 1968). Tiene una presión de vapor de $1 \cdot 10^{-5}$ mm Hg a 25°C (World Health Organization 1975)

El producto está disponible en diversas formulaciones, tales como polvos mojables (17.5, 35 y 50%, gránulos (5%), concentrados emulsionables (17.5, 25 y 35%), polvos (1,3,4 y 5%), y a ultra bajo volumen (World Health Organization 1975). Es usualmente vendido en forma de hojaldras cristalinas pardas y con olor a terpeno (Maier y Bode 1968).

Actúa por contacto e ingestión y ha sido usado para controlar insectos en frutas, hortalizas, té, café y tabaco. Dependiendo del tipo de cultivo y el área de explotación, las dosis de aplicación varían entre 0.45 y 1.4 kg/ha. Los intervalos mínimos entre la última aplicación y la cosecha varían entre 0 - 42 días.

Es principalmente aplicado al aire con aspersores, lo cual puede resultar en pérdidas por deriva y en contaminación del aire. Entre 1970 y 1972, se examinaron muestras de Thiodan,

en el aire donde el alfa endosulfán tuvo una concentración media de 111.9 ng/m³, y el beta endosulfán 22 ng/m³, lo que indica que el isómero alfa es más persistente.

Su presencia en ambientes acuáticos no parece ser muy difundida, pero se han encontrado residuos en ríos aledaños a explotaciones agrícolas y áreas donde es manufacturado. La vida media de ambos isómeros en el agua varía de 4 a 7 días, en agua de río que recibe descargas industriales, o agua normal (pH 7 con saturación normal de oxígeno), respectivamente. Sin embargo, la degradación depende de los niveles en que se presenten dichos isómeros. Bajo condiciones anaeróbicas, a pH = 7, la vida media se incrementó cerca de 5 semanas, y a pH = 5.5 alcanzó casi 5 meses (Greve, en World Health Organization 1984). Más del 80% del endosulfán en el agua puede ser eliminado mediante filtración y casi en su totalidad con tratamientos de carbón activado.

El alfa isómero se disipa más rápidamente en el suelo que el beta-isómero (Byers et al. 1965) y el último es más adsorbido por el suelo. El principal producto de degradación del endosulfán, es el sulfato de endosulfán, debido a su lenta degradación (Tomlin 1994). Este metabolito es degradado por los tejidos vegetales en un 50% en 3-7 días. La degradación completa de todo el producto (alfa y beta

endosulfán y sulfato de endosulfán) en campo varía de 6-8 meses (Tomlin 1994).

Modo de acción

Los insecticidas ciclodienos, como el aldrín, endrín y endosulfán, bloquean los receptores de GABA (ácido gama aminobutanoico), que es un probable neurotransmisor de las sinapsis neuromusculares en los insectos, provocando una inhibición del flujo de cloro. Por ello, los insectos y vertebrados muestran una hiperexcitación, debido a la intoxicación con estos compuestos (Ware 1983).

El lindano y ciclodieno afectan los receptores no colinérgicos. Las sinapsis neuromusculares en los insectos no son colinérgicas, y los probables neurotransmisores son L-ácido glutámico y GABA (Elizabeth Carazo 1994, Universidad de Costa Rica, com. pers.). Por ejemplo, en la cucaracha *Blaberus craniifer*, los síntomas provocados por el endosulfán, *in vivo*, son distintos a los del lindano (Hoechst 1990).

A diferencia de los hidrocarburos clorados, persistentes, el endosulfán provoca tanto una reducción notable de monoaminoxidasa en el encéfalo de *B. craniifer*, afectando el sistema catecolamina durante el proceso de intoxicación; también, aumenta la actividad de creatina quinasa en su encéfalo,

produciéndose una degradación más intensa de fosfocreatina durante la fase de intoxicación (Hoechst 1990).

Estudios de detoxificación en *Spodoptera littoralis* demostraron que alfa-endosulfán a diferencia del DDT, actúa antagónicamente con el sistema glutationa-S transferasa, una enzima importante para detoxificar sustancias y crear resistencia, debido a ello la posibilidad que tienen los organismos en crear cierto tipo de resistencia a este producto es baja (Hoechst 1990).

Efecto sobre enemigos naturales

Durante sus años de uso, en el campo, se ha observado que el endosulfán es menos tóxico para insectos benéficos que para los insectos herbívoros (Hoechst, 1990). En Guatemala, en parcelas de cafeto tratadas dos veces con una dosis de 2 l/ha, el número de avispas parasitoides (*Cephalonomia stephanoderis*) disminuyó en 21.2%, mientras que en la parcela tratada con un insecticida organofosforado, lo hizo en 63% (Klein 1989); una semana después la población de avispas tratadas con Thiodan se recuperó completamente, lo cual no sucedió en la otra parcela.

El endosulfán es eficaz y selectivo contra del áfido de la manzana *Eriosoma lanigerum*, ejerciendo una acción poco

nociva hacia *Aphelinus mali*, su parasitoide (Finkenbrink, en World Health Organization 1984). Esto se comprobó al hacer una aplicación con paratión, que eliminó a los enemigos naturales también. Dicho autor, después de hacer una aplicación de endosulfán en el invernadero, observó que el áfido *Macrosiphon solani* mostró hasta 98% de parasitoidismo.

Pierza y Fisher (1965) en el en campo, observaron el efecto del endosulfán y DDT contra *Aphytis africanus*, que parasita a la escama roja en cítricos (*Aonidiella aurantii*). Hubo un mayor parasitismo en las parcelas tratadas con el primero.

Bartlett 1966, categorizó el endosulfán en el grupo de toxicidad nula para insectos benéficos. Encontró una nula o baja toxicidad con endosulfán a bajas concentraciones, y una baja toxicidad en altas concentraciones para el parasitoide *Metaphycus luteolus* (Encyrtidae). En otro estudio se probó el efecto nocivo de dicrotofos y endosulfán en *Anagyrus kivuensis* (Encyrtidae), parasitoide de *Planococcus kenyae*, y todos los tratamientos mostraron porcentajes de mortalidad inferiores con endosulfán (Evans, en Hüttenbach 1969).

Shorey y Hale 1963 determinaron que el endosulfán es muy selectivo para el áfido (*Myzus persicae*) y no para el parasitoide *Aphidius matricariae*, en durazno.

Brun 1992 probó el efecto de dos insecticidas (Thiodan 35 EC, y Actellic 50 EC), sobre *Cephalonomia stephanoderis* y *Phymastichus coffea*, parasitoides de la broca de café. Los resultados con el método de concentraciones letales al 50%, señalan al Thiodan como el menos tóxico para los parasitoides. Se obtuvo una DL50 de 35.5 mg/l de endosulfán en 6 h de exposición para *P. coffea*, mientras que el Actellic tuvo un valor de 4.68 mg/l. Por su parte en 24 h de exposición a estos productos, *C. stephanoderis* presentó una DL 50 de 62.8 mg/l para el endosulfán, y de solo 3.25 mg/l para el Actellic.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El experimento se realizó en dos cafetales, en Costa Rica, uno con floraciones "erráticas" (La Isabel, Turrialba, Cartago) y otro con floraciones definidas (Yurustí, Santo Domingo, Heredia).

En Yurustí, en la zona de vida de bosque húmedo premontano (Tosi 1969), se presentan las siguientes características agroclimáticas: 1150 msnm, temperatura media de 21°C, 85% H.R, y precipitación anual de 1850-2000 mm. Los suelos son Typic dystrandept y la pendiente es de 1 a 2%. Es una explotación comercial de ocho años de edad y sin sombra, con una densidad de plantación de 11,111 plantas/ha. Las variedades cultivadas son Catuaí rojo y Catuaí amarillo.

En La Isabel, en la zona de vida de bosque muy húmedo premontano (Tosi 1969), las características son: 650 msnm, temperatura media de 22.5°C, 80-85% HR y precipitación anual de 2678 mm. Los suelos son Typic humitropept y presentan una pendiente del 5%. Es una explotación comercial de ocho años de edad y con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*), con una densidad de plantación de 6.000 plantas/ha. La variedad cultivada es Caturra.

Descripción del experimento y tratamientos

El área experimental fue de 12.250 m² en ambas localidades. Cada unidad experimental constó de 1.225 m² (35 x 35m) incluyendo los bordes, de 3 m en cada lado de la parcela; la parcela útil fue de 841 m². En Yurustí, algunas parcelas no presentaban el cuadrado exacto de 35 x 35, por la forma del terreno. En Yurustí cada unidad experimental constó de 1388 plantas y en La Isabel de 750 plantas.

Hubo cuatro tratamientos (frecuencias de aplicación de endosulfán) más el testigo (sin aplicación). Se utilizó la dosis de 1.5 l/ha y se aplicó en los siguientes períodos, a partir de la floración principal de cada localidad:

1. Sin aplicación (T0)
2. A los 40 días (T1)
3. A los 40 y 80 días (T2)
4. A los 40, 80 y 100 días (T3)
5. A los 40, 80, 100 y 120 días (T4)

La floración principal en La Isabel y Yurustí ocurrió el 8 y el 27 de abril de 1994, respectivamente.

Las unidades experimentales se ubicaron en el campo según un diseño completamente al azar. Tuvieron una separación mínima de 50 m en La Isabel y 20 m en Yurustí, para evitar

interferencias. Hubo dos réplicas por tratamiento, por lo que hubo un total de 10 parcelas por localidad.

Sobre el suelo se colocaron recipientes amarillos (tonalidad "honda" Dr. Paul Hanson 1995, Universidad de Costa Rica, com. pers.) como trampas (palanganas plásticas de 20 cm de diámetro y de 7 cm de profundidad) con agua y detergente para recolectar los insectos. Hubo nueve trampas por unidad experimental, repartidas en tres triplas, cada una en un tercio de la unidad experimental; en cada muestreo se escogieron tres surcos dentro de la parcela útil y en cada uno se colocaron tres trampas, a 7 m entre trampas y 6 m entre surcos, como mínimo. Las nueve trampas en cada unidad experimental constituyeron una observación.

Se efectuaron ejercicios de calibración directa antes de cada aplicación de endosulfán, tomándose como referencia la descarga de agua en 20 m lineales de cafetal. Las aplicaciones se realizaron con bomba manual de espalda.

Antes de comenzar las aplicaciones, se hizo un muestreo en cada parcela, como referencia de las poblaciones iniciales de insectos y de la frecuencia de plagas secundarias. En cada parcela los muestreos de insectos se realizaron a los 2, 14, 26 y 38 días después de la 1a. y 4a. aplicaciones, y sólo a los 2 y 14 días, después de la 2a. y 3a. Así se

completaron 13 muestreos por repetición, incluyendo el de referencia (130 observaciones por localidad). Las trampas permanecían en campo durante 40 h capturando insectos. El contenido de las nueve trampas en cada parcela se vertió en una cubeta plástica y se filtró el agua en un tamiz No. 70, quedando solo insectos dentro del mismo. Posteriormente se colocaron los insectos en pequeñas bolsas plásticas debidamente identificadas y con alcohol al 70%. En el laboratorio, se separaron, contaron e identificaron solo los himenópteros.

A su vez, se efectuaron muestreos a través del tiempo para detectar posibles brotes de las siguientes plagas en cada unidad experimental: minador (*Leucoptera coffeella*), cochinilla harinosa (*Planococcus citri*) y escama del cafeto (*Saissetia coffeae*). Se hicieron cinco muestreos en cada localidad y unidad experimental. El primero fue el de referencia, y los demás se realizaron tres días después de cada aplicación, con excepción del segundo muestreo en Yurustí, donde debido a las condiciones climáticas adversas (lluvia) se efectuó seis semanas después (cuatro días antes de la segunda aplicación).

Para las dos primeras plagas, se eligieron 20 plantas al azar en cada parcela y se tomó una bandola (rama) de cada planta en la parte media-inferior del arbusto. Para el

minador se contó el número total de hojas de cada bandola, y la frecuencia de ataque que contenían dichas hojas, y se obtuvo el porcentaje; para la cochinilla se escogió una bandola nueva (de la misma planta), y en ella se cuantificó el número total de glomérulos y el número de éstos afectados por la plaga, obteniendo la frecuencia porcentualmente. Para la escama se observó su frecuencia (presencia o ausencia de ésta) en las ramas y/o frutos de una bandola escogida al azar, en la parte media de los arbustos; se obtuvo el porcentaje de frecuencia en una muestra de 20 plantas.

De este modo se muestrearon un total de 1.000 plantas en cada localidad (2.000 en total), durante el período de estudio.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorio, con diferente número de réplicas por tratamiento.

En el caso de los parasitoides (Cheloninae, Microgastrinae, Encyrtidae, Eulophidae y Telenominae), se hicieron cuatro análisis de varianza, utilizando los datos de los muestreos correspondientes a cada aplicación.

Para el minador y la cochinilla, se efectuó el mismo tipo de análisis y se hicieron cuatro análisis de varianza, cada uno con el muestreo de plagas correspondiente después de cada aplicación. Para la escama, la medida fue cualitativa, por lo que no se pudo realizar análisis de varianza y su medición se basó en porcentajes de frecuencia.

Los datos de las frecuencias de plagas secundarias fueron transformados utilizando Arcosen $\sqrt{x/100}$; y para los parasitoides se utilizó $\log(x) + 1$.

RESULTADOS

Debido a la naturaleza de los experimentos, las aplicaciones de endosulfán se hicieron en diferentes épocas. Por tanto, los tratamientos se diferenciaron conforme avanzaron las aplicaciones. Por ejemplo, tras la primera aplicación, hubo dos tipos de tratamientos: el testigo y todos los demás. No fue sino después de la última aplicación, que quedaron diferenciados todos los tratamientos.

1. Abundancia de herbívoros

1.2 La Isabel, Turrialba.

L. coffeella: Inicialmente, antes de las aplicaciones de endosulfán, su frecuencia fue baja, menor a 6%, en todas las parcelas, aunque levemente mayor en el testigo (Fig. 1A). Esta tendencia se mantuvo durante el experimento, sin diferencias ($p > 0.05$); los valores variaron entre 0.5 - 8.6% (Anexo 1).

Después de la 1a. aplicación, se incrementó en todos los tratamientos, alcanzando los mayores valores en el 2o. muestreo. Entre la 1a. y 2a. aplicaciones, en T0 se mantuvo constante, en T1, T2 y T4 disminuyó, y T3 tuvo un ligero incremento; las diferencias entre tratamientos fueron

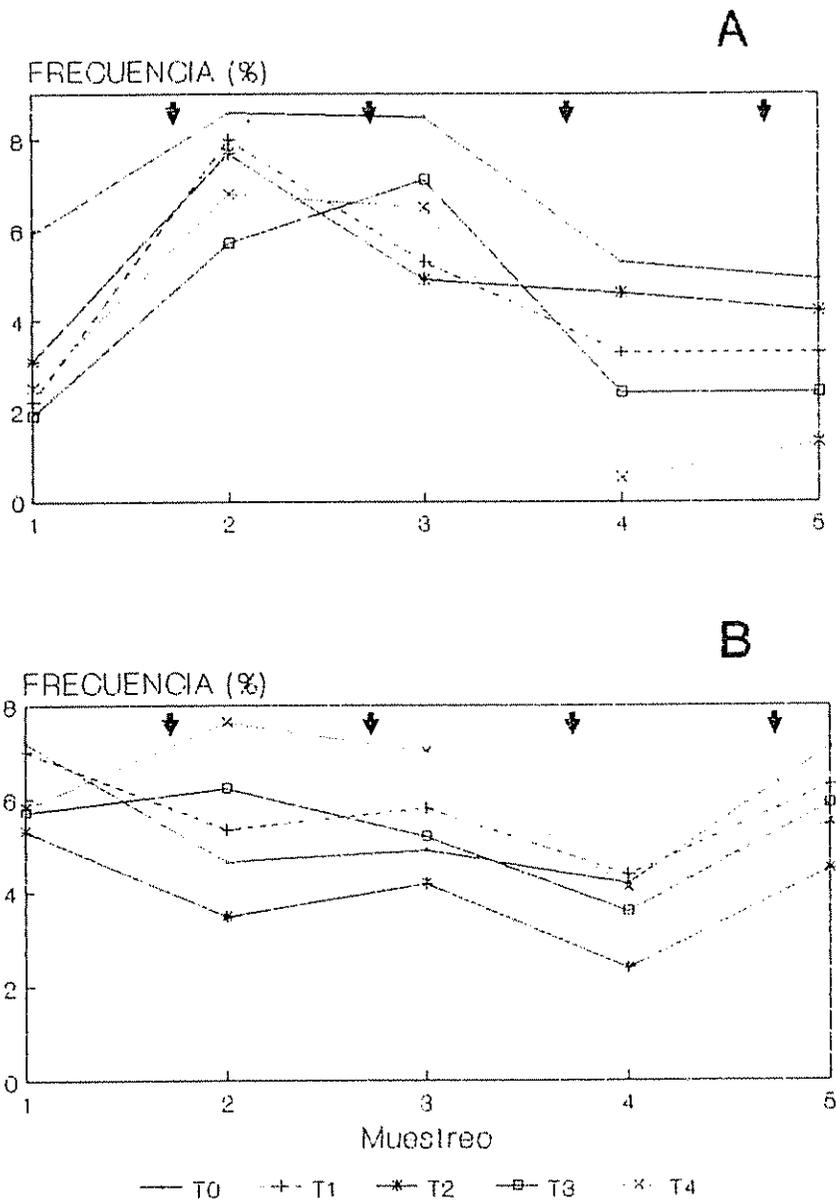


Figura 1. Frecuencia de *L. coffeella* en La Isabel (A) y Yurustí (B) durante el período de estudio. 1994. (Las flechas indican las fechas de aplicación de endosulfán).

leves ($p > 0.05$). Después de la 3a. aplicación, disminuyó en todos, especialmente en T4. Hubo diferencias ($p < 0.05$) entre ellos; T0, T1 y T2 fueron iguales entre sí, T1 igual a T3, y ambos distintos de T0 y T2 (Cuadro 1). Posteriormente, después de la 4a. aplicación, los valores se mantuvieron estables en todos, con grandes diferencias ($p < 0.01$) entre ellos; T0, T1 y T2 fueron iguales entre sí y diferentes de T3 y T4, mientras que T1, T2 y T3 fueron iguales entre sí y diferentes de T4 (Cuadro 1).

P. citri: Inicialmente la frecuencia fue muy baja, menor de 1.5%, en todas las parcelas, aunque levemente mayor en el testigo. Esta tendencia se mantuvo durante el experimento (Fig. 2A); los valores variaron entre 0 - 1.5% (Anexo 2).

Después de la 1a. aplicación, disminuyó en todos los tratamientos, alcanzando los menores valores en el 2o. muestreo. Entre la 1a. y 2a. aplicaciones, T0 y T3 se mantuvieron constantes, y T1, T2 y T4 aumentaron levemente; las diferencias entre tratamientos fueron leves ($p > 0.05$). Después de la 3a. aplicación, el T0 y T3 se mantuvieron constantes, T2 y T4 aumentaron levemente, y T1 tuvo un incremento más marcado, pero sin diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. Después de la 4a. aplicación, T1 y T3 se mantuvieron constantes, T0 y T2 tuvieron un leve incremento, y T4 disminuyó, pero sin diferencias ($p > 0.05$) (Cuadro 1).

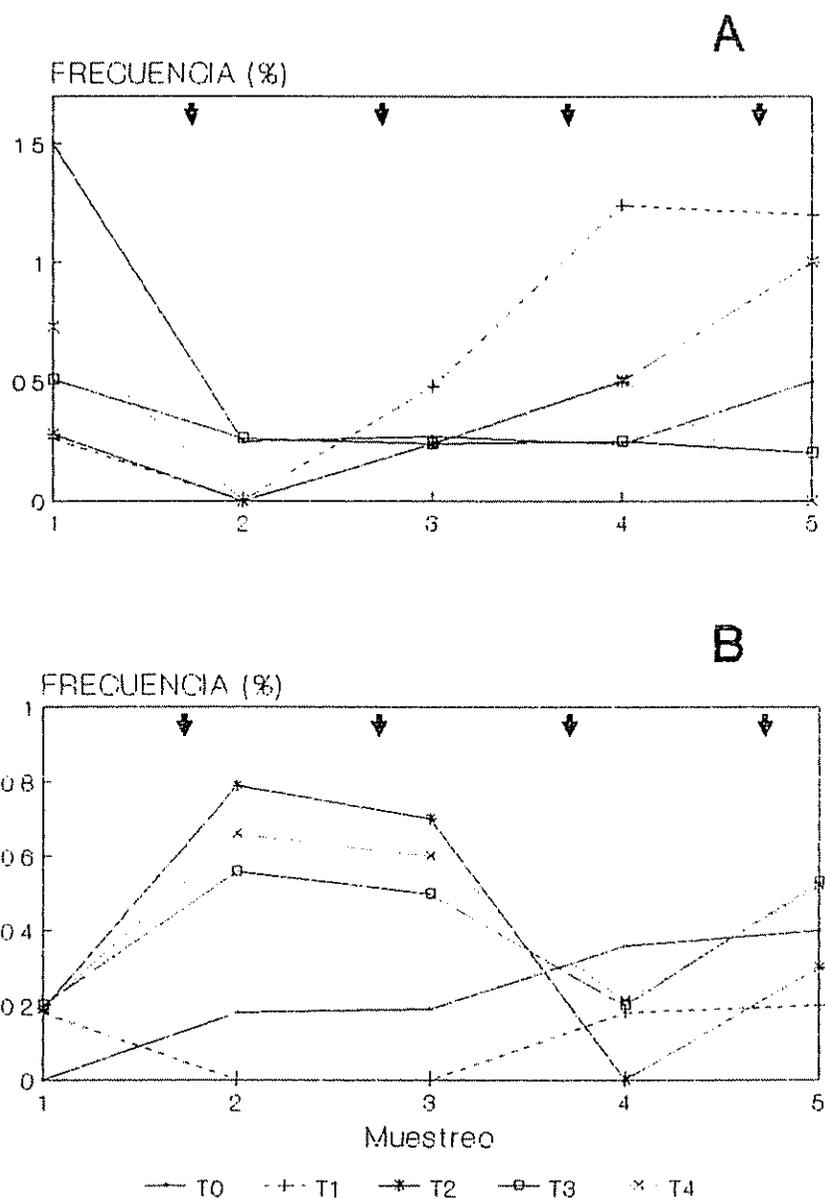


Figura 2. Frecuencia de *P. citri* en La Isabel (A) y Yurustí (B) durante el período de estudio. 1994. (Las flechas indican las fechas de aplicación de endosulfán).

Cuadro 1.

Análisis de varianzas del promedio de la frecuencia de *C. correae* (♀) (1970), por muestreo, en La Isabela.

	Muestreo			
	1	2	3	4
<i>C. correae</i> (♀)				
F	N.S	4.5	4	44
RP	0.07	0.27	0.67	0.88
D.V.	17.52	14.54	14.62	15.06
<i>C. citra</i>				
F	N.S	N.S	7.5	1.5
RP	0.14	0.02	0.41	0.1
D.V.	207.40	113.87	65.93	67.56

F = valor calculado, RP = Coeficiente de determinación, D. V. = Coeficiente de variación.

Los datos se transformaron con $\text{Arco sen } (\sqrt{x+100})$.

No significativo (N.S), significativo (44) o altamente significativo (44)

según la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

S. coffeae: La frecuencia se midió en forma distinta de las demás plagas, ya que se contabilizó solo su presencia o ausencia en el arbusto. Puesto que no se cuantificó el número de escamas, no se realizó análisis estadístico.

Inicialmente fue menor de 20% en todas las parcelas. Los valores variaron entre 5 - 45% (Anexo 3). Después de la 1a. aplicación se incrementó en T2, T3 y T4, en T1 se mantuvo constante, y en T0 disminuyó (Fig. 3A).

Entre la 1a. y 2a. aplicaciones, en T0 y T3 aumentó, en T2 y T4 disminuyó, y en T1 se mantuvo constante. Después de la 3a. aplicación, en T0, T1, T2 y T4 aumentó, en T4 alcanzó los mayores niveles, y en T3 disminuyó. En el último muestreo, en T0, T1 y T3 se mantuvo constante, y en T2 y T4 disminuyó; las frecuencias fueron similares ($p > 0.05$) entre tratamientos.

1.3 Yurustí, Heredia.

L. coffeella: Inicialmente su frecuencia fue baja, menor a 8%, en todas las parcelas (Fig. 1B). Esta tendencia se mantuvo durante el experimento, sin diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos; los valores variaron entre 3.5 - 7.6% (Anexo 1).

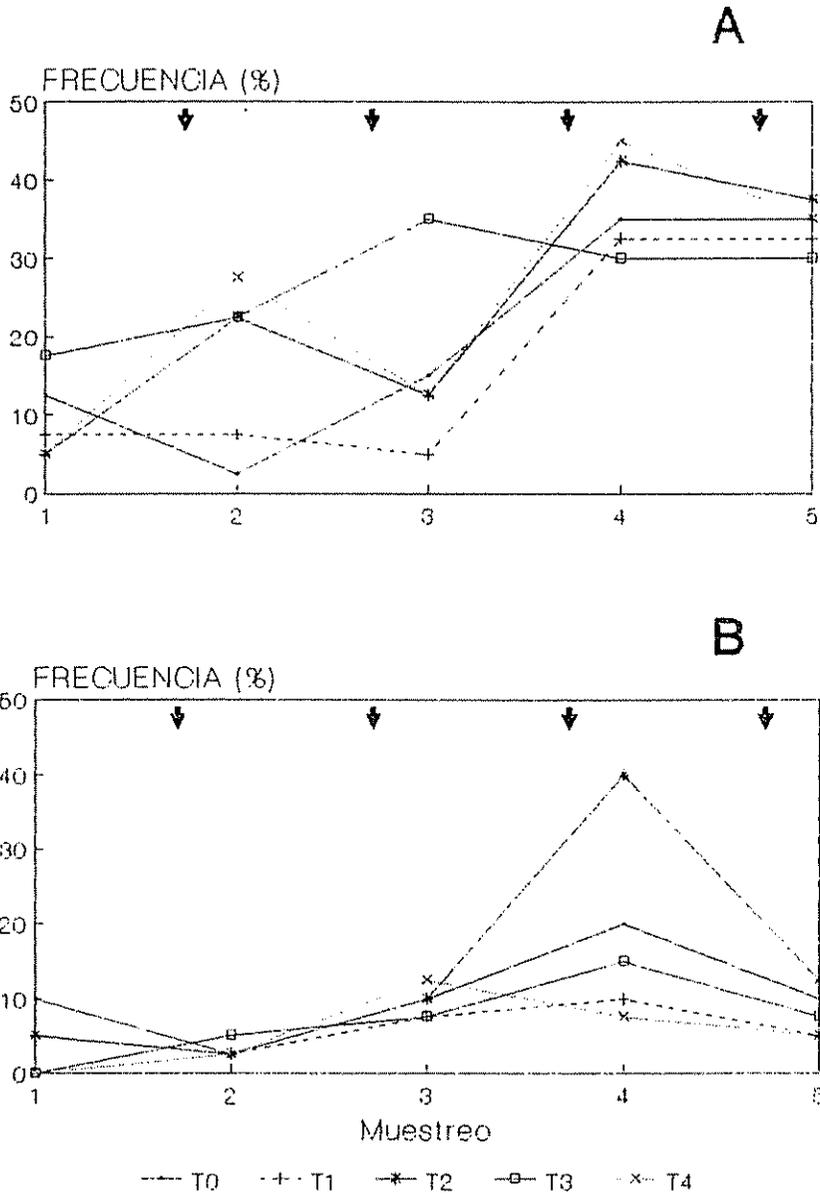


Figura 3. Frecuencia de *S. coffeae* en La Isabel (A) y Yurustí (B) durante el período de estudio. 1994. (Las flechas indican las fechas de aplicación de endosulfán).

Después de la 1a. aplicación, en T0, T1 y T2 disminuyó, mientras que en T3 y T4 se incrementó, levemente en todos. Entre la 1a. y 2a. aplicaciones, en T3 y T4 disminuyó, pero en los demás tratamientos se incrementó; estas diferencias fueron leves ($p > 0.05$). Después de la 3a. aplicación disminuyó en todos los tratamientos, alcanzando los menores valores en el 4o. muestreo, pero sin diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. Después de la 4a. aplicación se incrementó en todos los tratamientos, pero no hubo diferencias ($p > 0.05$) entre ellos (Cuadro 2).

P. citri: Inicialmente la frecuencia fue muy baja, menor de 0.4%, en todas las parcelas. Esta tendencia se mantuvo durante el experimento (Fig. 2B); los valores variaron entre 0 - 0.8% (Anexo 2).

Después de la 1a. aplicación, se incrementó en todos los tratamientos, excepto en T1, donde disminuyó, alcanzando los menores valores en el 2o. muestreo; estas diferencias fueron leves ($p > 0.05$). Entre la 1a. y 2a. aplicaciones, en T2, T3 y T4 disminuyó, en T0 aumentó levemente y T1 se mantuvo constante; hubo diferencias ($p < 0.01$) entre tratamientos, siendo T0 y T1 iguales entre sí y distintos de T2 (Cuadro 2). Después de la 3a. aplicación, en T2, T3 y T4 disminuyó y en T0 y T1 se incrementó, sin diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. Después de la 4a. aplicación se incrementó en

Cuadro 2

Análisis de varianza del promedio de la frecuencia de *L. coffeella* y *P. citri*,
por muestreo, en Yurusti

	Muestreo			
	1	2	3	4
<i>L. coffeella</i>				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.04	0.01	0.31	0.67
C.V	19.34	15.82	21.93	7.18
<i>P. citri</i>				
F	N.S	**	N.S	N.S
R ²	0.10	0.79	0.17	0.30
C.V	72.89	36.95	145.66	59.55

F = Valor calculado, R² = Coeficiente de determinación, C.V. = Coeficiente de variación.

Los datos se transformaron con Arcosen $\arcsin(x/100)$.

No significativo (N.S), significativo (*) y altamente significativo (**)
según la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

todos los tratamientos, con diferencias leves entre sí ($p > 0.05$).

S. coffeae: La frecuencia se midió en forma distinta de las demás plagas, como se indicó previamente. Inicialmente fue menor a 12% en todas las parcelas. Los valores durante el experimento variaron entre 0 - 40% (Anexo 3)

Después de la 1a. aplicación hubo un incremento leve en T3 y T4, y en T0, T1 y T2 disminuyó, y después de la 2a. se incrementó en todos los tratamientos. Entre la 2a. y 3a. aplicaciones, en T0, T1, T2 y T3 aumentó (especialmente en T2), y en T4 disminuyó levemente. Después de la 4a. aplicación, disminuyó en todos los tratamientos (Fig. 3B).

2. Abundancia de parasitoides

2.1 La Isabel, Turrialba.

Estuvieron representadas 27 familias y subfamilias de himenópteros parasitoides. De éstas, cinco incluyen especies que atacan plagas secundarias del café: Cheloninae (Braconidae), Microgastrinae (Braconidae), Encyrtidae, Eulophidae y Telenominae (Scelionidae) (Dr. Paul Hanson 1995, Universidad de Costa Rica, com. pers.).

Después de cada aplicación se hicieron varios muestreos, cuyo número no fue uniforme. Después de la 1a. aplicación se efectuaron el 2, 3, 4 y 5; después de la 2a., el 6 y 7; después de la 3a., el 8 y 9; y después de la 4a., el 10, 11, 12 y 13. Es decir, hubo 13 muestreos en cada parcela de cada localidad, incluyendo el inicial de referencia. El último muestreo en La Isabel se omitió del análisis, pues hubo hurto de las trampas.

Cheloninae: Inicialmente, antes de las aplicaciones de endosulfán, el número de individuos fue bajo, menor de 1, en todas las parcelas (Fig. 4A). Esta tendencia se mantuvo durante el experimento; los valores promedio variaron entre 0 - 3 individuos (Anexo 4). No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos, para ninguno de los muestreos (Cuadro 3).

Microgastrinae: Inicialmente, el número de individuos fue bajo, menor de 2, en todas las parcelas (Fig. 5A). Esta tendencia se mantuvo durante el experimento; los valores promedio variaron entre 0 - 3.5 individuos (Anexo 4). En ninguno de los muestreos hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 3).

Encyrtidae: Inicialmente, el número de individuos fue bajo, menor de 14, en todas las parcelas (Fig. 6A); los valores

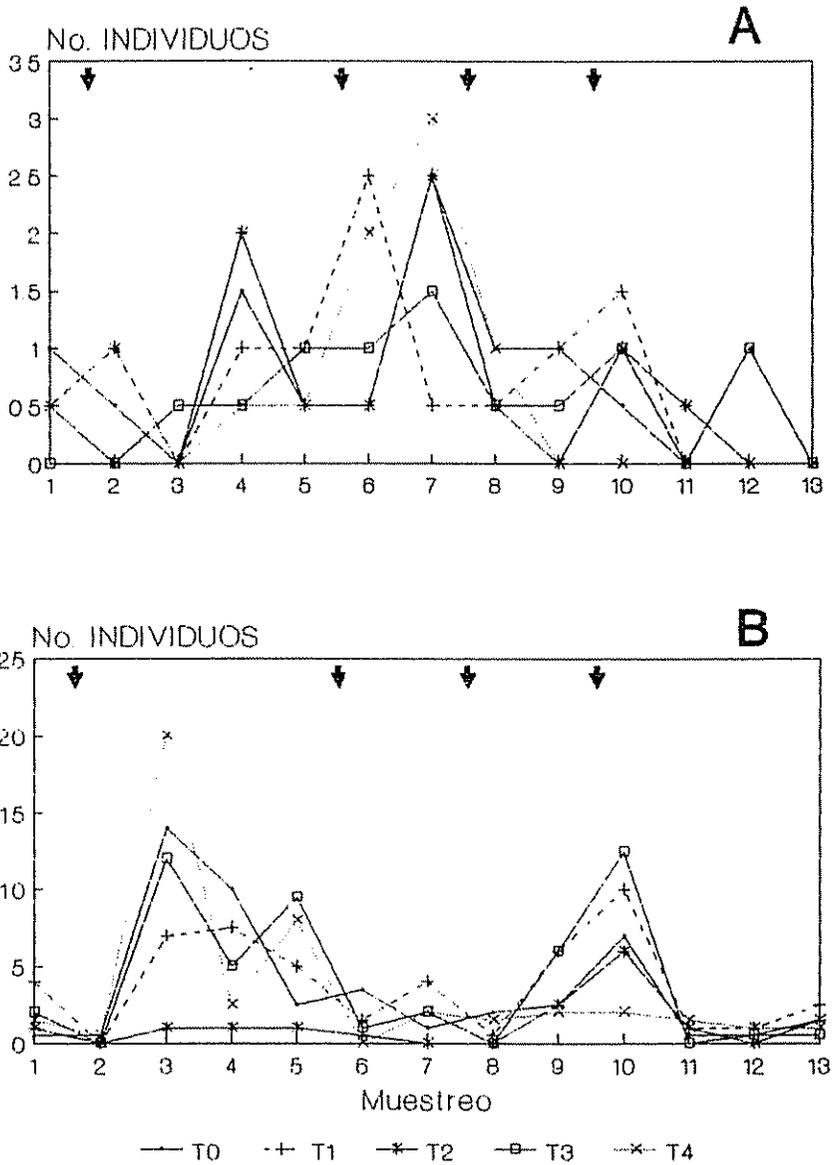


Figura 4. Número promedio de Cheloninae por fecha de muestreo, en La Isabel (A) y Yurustí (B) durante el período de estudio. 1994. (Las flechas indican las fechas de aplicación de endosulfán).

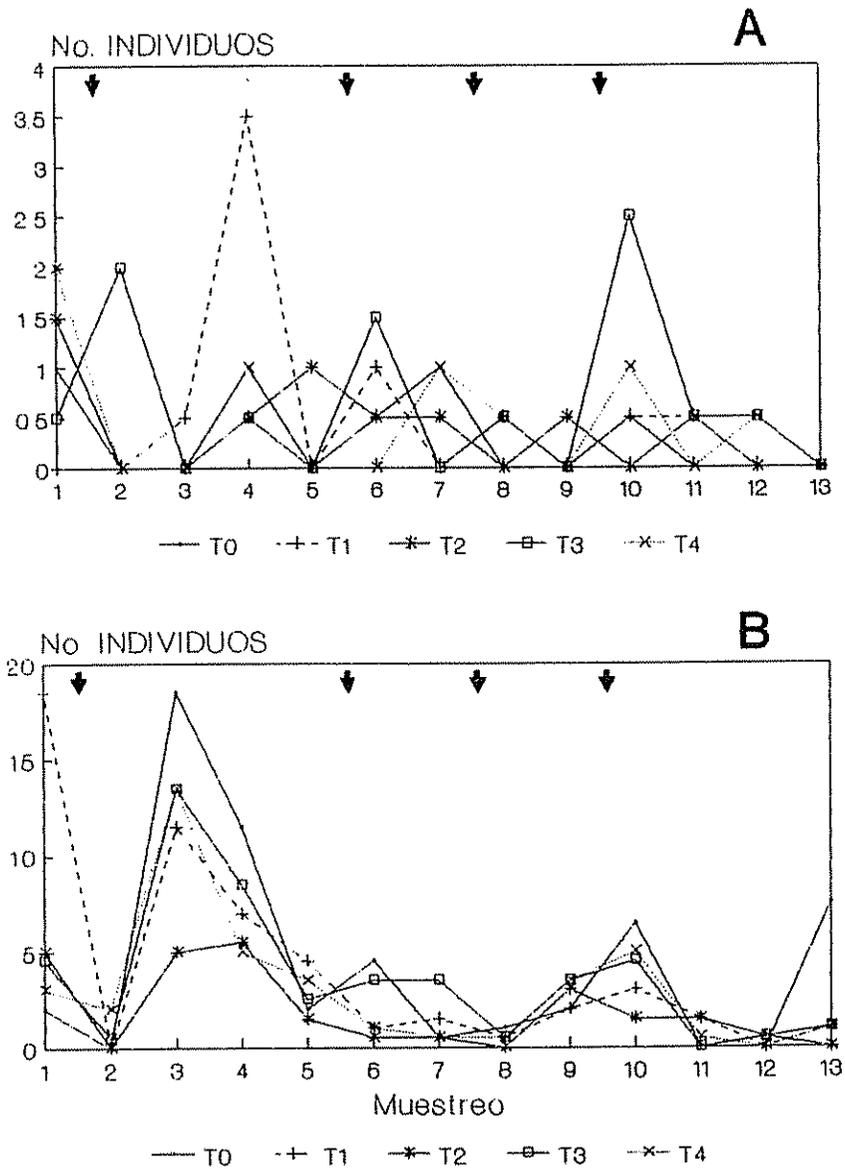


Figura 5. Número promedio de Microgastrinae por fecha de muestreo, en La Isabel (A) y Yurustí (B) durante el período de estudio, 1994. (Las flechas indican las fechas de aplicación de endosulfán).

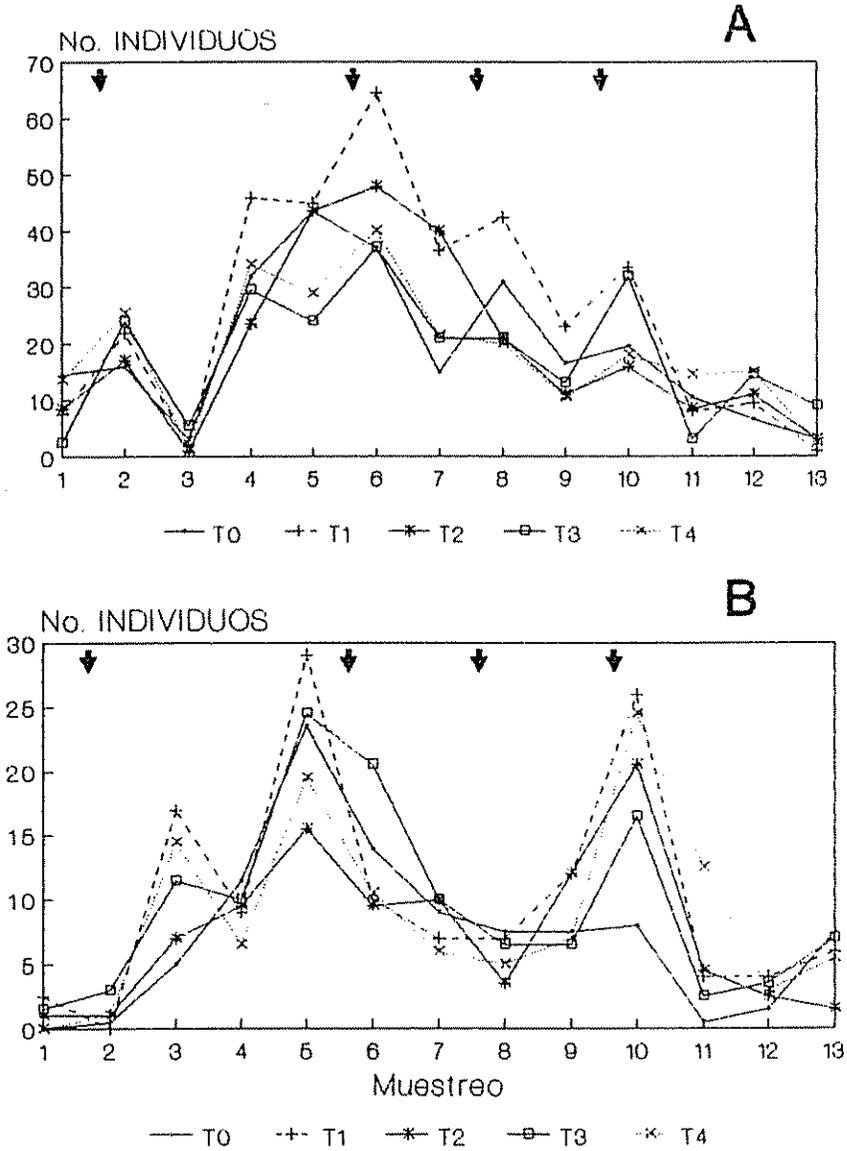


Figura 6. Número promedio de Encyrtidae por fecha de muestreo, en La Isabel (A) y Yurustí (B) durante el período de estudio, 1994. (Las flechas indican las fechas de aplicación de endosulfán).

promedio variaron entre 1 - 64.5 individuos (Anexo 4). No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos para ninguno de los muestreos (Cuadro 3).

Eulophidae: Inicialmente, los números fueron bajos, menores de 1, en todas las parcelas (Fig. 7A). Los valores promedio variaron entre 0 - 5.5 individuos durante el experimento (Anexo 4). No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos en ninguno de los muestreos (Cuadro 3).

Telenominae: Inicialmente, los números fueron bajos, menores de 6, en todas las parcelas (Fig. 8A). Los valores promedio variaron entre 0 - 39 individuos durante el experimento (Anexo 4). Hubo diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos solamente para el primer análisis (muestreos 2, 3, 4 y 5) (Cuadro 3), siendo T1 diferente de T0.

2.2 Yurustí, Heredia.

Estuvieron representadas 28 familias y subfamilias de himenópteros parasitoides. De éstas, cinco pueden incluir especies que atacan plagas secundarias del café: Cheloninae (Braconidae), Microgastrinae (Braconidae), Encyrtidae, Eulophidae y Telenominae (Scelionidae). Además continuamente apareció una especie de Tiphidae, que parasita larvas de *Phyllophaga* spp.

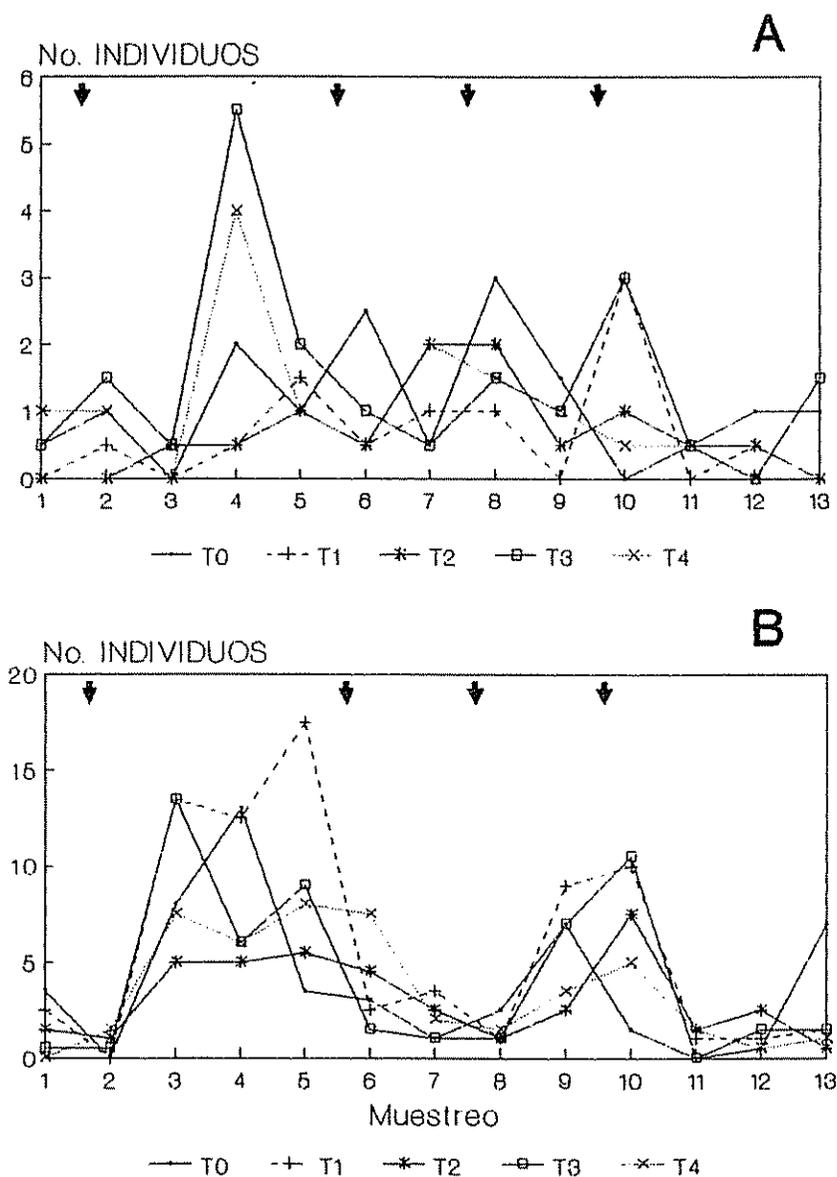


Figura 7. Número promedio de Eulophidae por fecha de muestreo, en La Isabel (A) y Yurustí (B), durante el período de estudio. 1994. (Las flechas indican las fechas de aplicación de endosulfán).

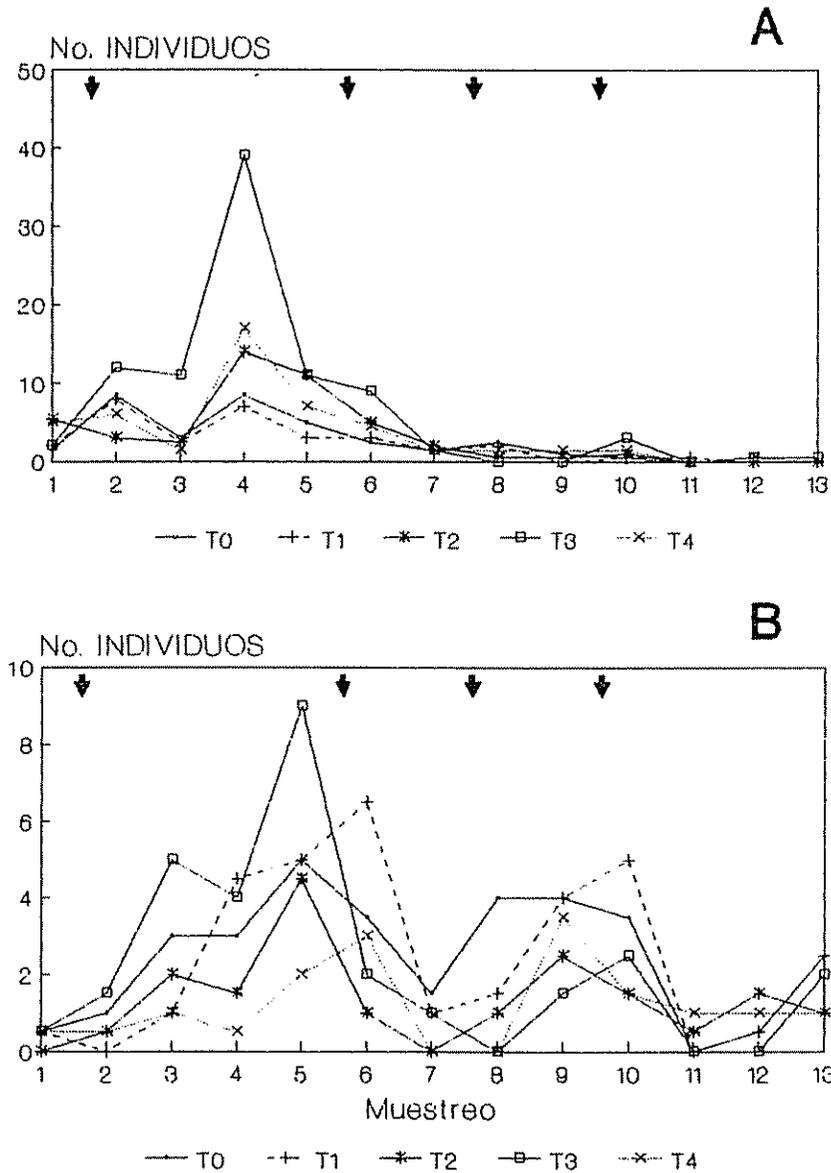


Figura 8. Número promedio de Telenominae por fecha de muestreo, en La Isabel (A) y Yurusti (B), durante el período de estudio, 1994. (Las flechas indican las fechas de aplicación de endosulfán).

Cuadro 3
 Análisis de varianza del número promedio de parasitoides de plagas
 secundarias en La Isabel.

Análisis				
	I	II	III	IV
Cheloniinae				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.000075	0.05	0.48	0.26
C.V.	55.41	55.68	55.43	90.10
Microgastrinae				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.61	0.02	0.28	0.48
C.V.	36.41	111.89	129.00	93.07
Encyrtidae				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.001	0.71	0.25	0.08
C.V.	8.75	6.21	21.17	21.48
Eulophidae				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.48	0.52	0.53	0.55
C.V.	11.13	27.94	50.39	45.88
Telenominae				
F	†	N.S	N.S	N.S
R ²	0.94	0.30	0.25	0.67
C.V.	3.20	46.76	71.43	61.21

Para el análisis I se fusionaron los muestreos 2, 3, 4 y 5; para el II, el 6 y 7; para el III, el 8 y 9; para el IV, el 10, 11, 12 y 13.

F = Valor calculado, R² = Coeficiente de determinación, C.V. = Coeficiente de variación.

Los datos se transformaron con $\log(x) + 1$.

No significativo (N.S), significativo (†) y altamente significativo (**)
 según la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Cheloninae: Inicialmente, el número de individuos fue bajo, menor de 5, en todas las parcelas (Fig. 4B); los valores promedio variaron entre 0 - 20 individuos (Anexo 5). No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos, para ninguno de los muestreos (Cuadro 4).

Microgastrinae: Inicialmente, el número de individuos fue bajo, menor de 19, en todas las parcelas, aunque levemente mayor en T1 (Fig. 5B); los valores promedio variaron entre 0 - 18.5 individuos (Anexo 5). En ninguno de los muestreos hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4).

Encyrtidae: Inicialmente, el número de individuos fue bajo, menor de 3, en todas las parcelas (Fig. 6B); los valores promedio variaron entre 0 - 29 individuos (Anexo 5). No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos para ninguno de los muestreos (Cuadro 4).

Eulophidae: Inicialmente, los números fueron bajos, menores de 4, en todas las parcelas (Fig. 7B); los valores promedio variaron entre 0 - 17.5 individuos (Anexo 5). No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos en ninguno de los muestreos (Cuadro 4).

Telenominae: Inicialmente, los números fueron bajos, menores de 1, en todas las parcelas (Fig. 8B). Los valores promedio

variaron entre 0 - 9 individuos (Anexo 5). No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos en ninguno de los muestreos (Cuadro 4).

Cuadro 4
Análisis de varianza del número promedio de parasitoides de plagas
secundarias en Yurusti.

Análisis				
	I	II	III	IV
Chalcidinae				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.28	0.76	0.16	0.40
C.V.	19.61	21.82	62.02	33.94
Microgasterinae				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.59	0.15	0.26	0.49
C.V.	12.91	51.75	31.69	44.35
Encyrtidae				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.02	0.41	0.71	0.39
C.V.	8.42	8.31	5.41	27.32
Eulophidae				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.32	0.55	0.76	0.31
C.V.	5.20	14.69	15.99	25.56
Telenominae				
F	N.S	N.S	N.S	N.S
R ²	0.01	0.44	0.29	0.19
C.V.	9.32	38.41	57.16	58.63

Para el análisis I se fusionaron los muestreos 2, 3, 4 y 5; para el II, el 6 y 7; para el III, el 8 y 9; para el IV, el 10, 11, 12 y 13.

F = Valor calculado, R² = Coeficiente de determinación, C.V. = Coeficiente de variación.

Los datos se transformaron con $\log(x) + 1$.

No significativo (N.S), significativo (*) y altamente significativo (**) según la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

DISCUSION

En ambas localidades, la frecuencia de insectos herbívoros fue muy baja. En ningún caso, las aplicaciones de endosulfán provocaron brotes repentinos de éstos.

L. coffeella mostró frecuencias casi constantes durante el experimento, y similares entre las localidades. En ambas, los tratamientos mantuvieron valores cercanos a sus mediciones de referencia y al testigo, lo cual sugiere que estas son las frecuencias normales del insecto en los cafetales estudiados. Los únicos tratamientos con diferencias significativas fueron T3 en el 4o. muestreo y T3 y T4 en el 5o. muestreo en La Isabel (Anexo 4); sin embargo, las diferencias entre tratamientos observadas en el campo fueron mínimas.

La frecuencia de *P. citri* fue mucho menor que la de *L. coffeella* en ambas localidades, nunca superior al 2%, lo cual sugiere que las pequeñas variaciones observadas son aleatorias. En ambas localidades, los tratamientos mantuvieron valores cercanos a sus mediciones de referencia y al testigo, lo cual sugiere que estas son las frecuencias normales del insecto en los cafetales estudiados. Sólo en el 3er. muestreo en Yurustí hubo diferencias estadísticas entre

tratamientos (Anexo 5), pero ello quizás sea un artificio estadístico, ya que las frecuencias nunca superaron el 1% allí.

S. coffeae presentó frecuencias más altas en ambas localidades que las otras plagas, debido al método de muestreo, que cuantificó solo su presencia o ausencia en el arbusto. Sin embargo, la severidad fue muy baja en ambas y el daño ocasionado al cultivo fue nulo.

Las bajas frecuencias de estos insectos herbívoros podrían deberse tanto a factores abióticos como bióticos. Dentro de los primeros destacan la lluvia, temperatura y prácticas culturales como la poda; dentro de los segundos, sus enemigos naturales, especialmente himenópteros parasitoides.

En Costa Rica, el café se cultiva principalmente dentro de la franja de los 500 hasta 1700 msnm, y en zonas que presentan precipitaciones anuales de 1000 - 4000 mm (Coste 1968).

Estas condiciones de temperaturas moderadas (20 - 25°C) y estables, y de alta humedad, crean condiciones favorables para que los insectos herbívoros se reproduzcan todo el año. Las zonas donde se realizó la investigación reúnen dichas características (Figs. 9, 10). La alta precipitación en las localidades se presentó desde abril hasta octubre (Fig. 9),

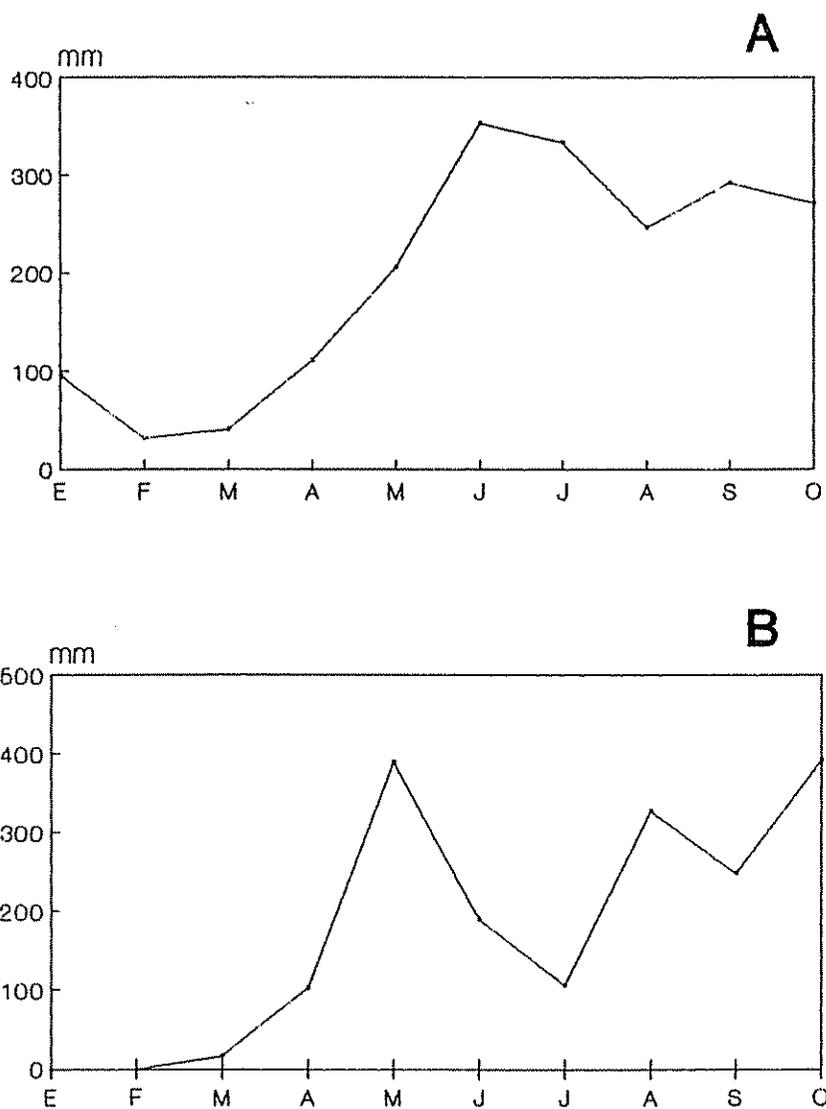


Figura 9. Precipitación mensual en La Isabel (A) y Yurustí (B), durante el período de estudio. 1994.

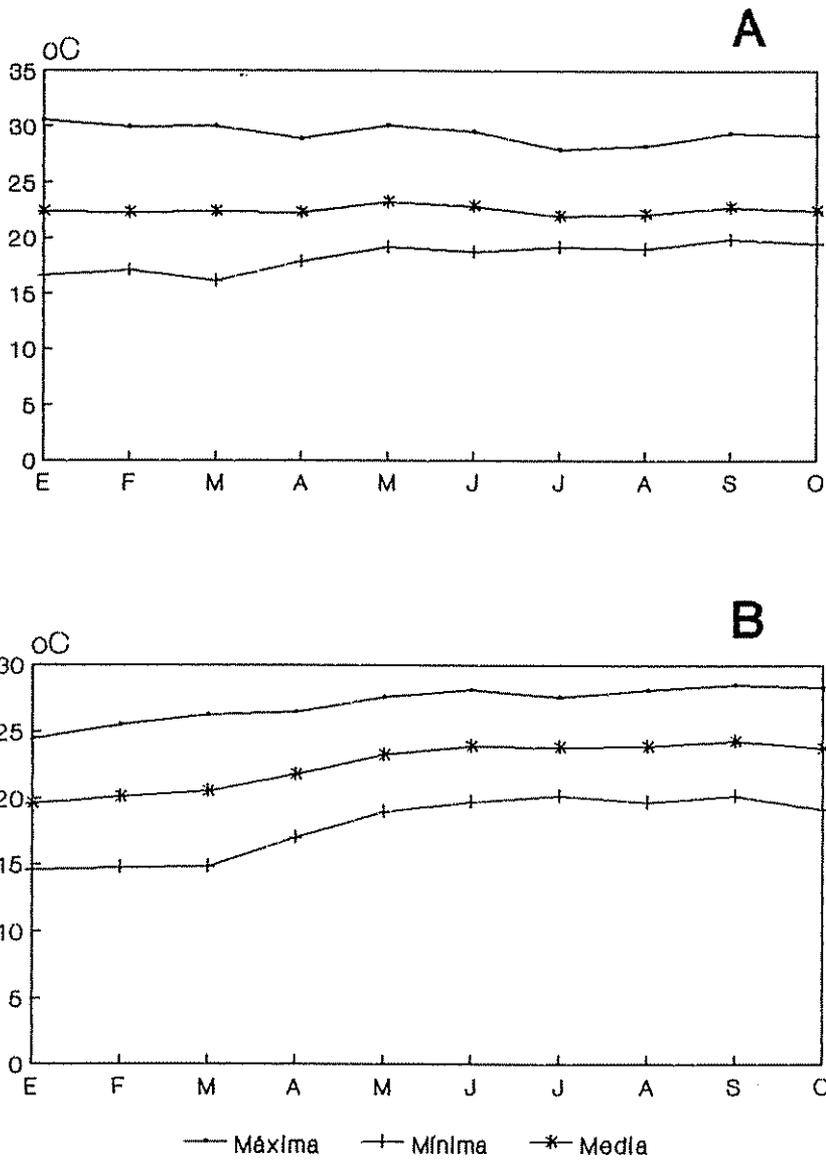


Figura 10. Temperatura media mensual en La Isabel (A) y Yurustí (B), durante el período de estudio. 1994.

época que coincidió con los muestreos. En *L. coffeella*, el agua sobre las hojas dificulta la oviposición (Le Pelley 1968), y en *P. citri* y *S. coffeae* ejerce un efecto directo sobre sus ninfas y adultos (IHCAFE 1990). Dado que los cafetales tenían sombra escasa o nula, en La Isabel y Yurustí, respectivamente, la lluvia penetra fácilmente, mojando mejor el follaje y afectando directamente ninfas y adulto de *P. citri* y *S. coffeae*, que están más expuestas. Las temperaturas registradas no difirieron mucho de las óptimas para el desarrollo de *L. coffeella*, *P. citri* y *S. coffeae*, que son de 25°C, 26°C y 26°C, respectivamente (Le Pelley 1968), por lo que quizás siempre favorecieron la reproducción de las tres especies.

Las prácticas culturales, como la poda, contribuyen a mantener los cafetales con niveles bajos de herbívoros. En ambas localidades se practica la poda baja, la cual elimina casi todo el arbusto, lo que reduciría las poblaciones de estos tres insectos, que son poco móviles (Le Pelley 1968).

Sin embargo, son sus enemigos naturales los que posiblemente ejercen una acción reguladora *sensu stricto* de sus poblaciones, clave para su control natural. Ellos, quizás también favorecidos por la estabilidad climática en ambas localidades, y por la continua disponibilidad de presas,

aparecieron constantemente (Figs. 4-8). Hubo parasitoides específicos de estos grupos de plagas secundarias, tales como Cheloninae y Microgastrinae (Braconidae), que atacan lepidópteros; Encyrtidae, que atacan escamas y cochinillas; Eulophidae, que atacan minadores; y Telenominae, que parasitan huevos de lepidópteros.

Los parasitoides específicos de plagas secundarias fueron análogos entre localidades, así como también el número total de especies de parasitoides de otros insectos, no incluidos aquí; sólo los Tiphidae, que atacan larvas de *Phyllophaga* spp., fueron exclusivos de Yurustí, quizás favorecidos por la altitud o posiblemente la mayor abundancia de sus presas allí.

Los parasitoides específicos de plagas secundarias fueron análogos entre localidades, así como también el número total de especies de parasitoides de otros insectos, no incluidos aquí; sólo los Tiphidae, que atacan larvas de *Phyllophaga* spp., fueron exclusivos de Yurustí, quizás favorecidos por la altitud o la mayor abundancia de sus presas allí.

Algunos parasitoides fueron más abundantes que otros en cada localidad, y también hubo diferencias entre localidades. Estas últimas no son fácilmente atribuibles a un factor específico, debido al efecto de la combinación de factores tales como la densidad de siembra, sombra, temperatura,

precipitación, humedad relativa, etc. sobre cada especie en particular.

La abundancia observada para cada grupo de parasitoides dependió al menos de dos aspectos: el nivel taxonómico al cual se identificaron y su especificidad. Los grupos identificados hasta subfamilia (Telenominae, Cheloninae y Microgastrinae) resultaron poco abundantes. Los Encyrtidae fueron mucho más abundantes que los Eulophidae, por ser más generalistas.

Los Telenominae mostraron números bajos, pero uniformes, entre localidades, resultando ser el grupo más homogéneo entre ellas. Hubo diferencias solo inicialmente, especialmente en el 4o. muestreo en La Isabel (Fig. 8), pero esto quizás se debió al azar, ya que las poblaciones se estabilizaron para el siguiente muestreo en todas las parcelas. Los representantes de esta subfamilia consumen huevos de lepidópteros (Paul Hanson 1995, Universidad de Costa Rica, com. pers.).

Los Cheloninae y Microgastrinae son enemigos específicos de larvas de lepidópteros. Sus números fueron bajos, quizás por la poca disponibilidad de larvas, debido en parte al efecto previo del parasitismo de huevos por Telenominae.

Los Encyrtidae tienen varios hospedantes, como cochinillas, escamas, áfidos, huevos y larvas de lepidópteros (Hanson 1991). Ello podría explicar su gran abundancia, a pesar de los bajos números de las plagas secundarias estudiadas aquí. Los Eulophidae, en cambio, son parasitoides específicos de minadores, al no existir altas poblaciones de esta plaga, sus enemigos naturales no pueden incrementar su población.

Aparentemente los parasitoides no fueron afectados por las aplicaciones de endosulfán, ya que sus números no variaron significativamente entre tratamientos durante el experimento. Esto indica que sus poblaciones se restablecen rápidamente, y/o recolonización rápida, o que el endosulfán fue poco tóxico para ellos (Shorey y Hale 1963, Bartlett 1966, Evans 1967, Klein 1989). La expectativa de brotes repentinos de plagas secundarias, debida a la disminución de las poblaciones de sus enemigos naturales por el empleo de endosulfán para combatir a la broca, es poco factible bajo las condiciones evaluadas. Se utilizaron dosis y frecuencias de aplicación mayores que las recomendadas y no hubo desequilibrios en el agroecosistema.

Si las aplicaciones son bien dirigidas y si se utilizan la dosis recomendadas (1.0 - 1.5 l/ha) y frecuencias de aplicación de 1 - 3 veces al año (Dr. Olger Borbón 1995, ICAFE-MAG, com. pers.), se esperaría que el sistema lo

tolere. No obstante, su uso excesivo podría afectar a los enemigos naturales y originar brotes repentinos de estas plagas, como se ha demostrado para otros cultivos (Smith y van den Bosch 1967, DeBach 1974).

El efecto regulatorio de los enemigos naturales sobre las plagas secundarias estudiadas se ilustra indirectamente, al perturbar el agroecosistema del café. En Costa Rica con las erupciones del volcán Irazú, entre 1963-1965 hubo constante caída de ceniza, que posiblemente tuvo efecto abrasivo sobre enemigos naturales, por tener su cuerpo descubierto y porque su intensa actividad de búsqueda los expone más a la ceniza (Wille y Fuentes 1975). En cambio, *L. coffeella* se protege entre el mesófilo de la hoja, y *P. citri* posee una cubierta cerosa que la cubre, así como hábitos gregarios que impiden que agentes externos afecten a todos los individuos. Este efecto diferencial quizás propició los brotes repentinos de ambas plagas, al igual que del ácaro *Oligonychus yothersi*, que teje una tela protectora.

En contraste con dicha perturbación, provocada por la caída diaria de ceniza durante varios años, las aplicaciones de endosulfán en el experimento fueron esporádicas y de efecto aparentemente nulo sobre las poblaciones de parasitoides. Así, en ausencia de perturbaciones severas y prolongadas, parece ser que las poblaciones de enemigos naturales

reprimen a las de las plagas potenciales (Figs. 1-3) y, a su vez, por su relación denso-dependiente (Huffaker y Messenger 1969, DeBach 1974, Berryman 1982), sus poblaciones permanecen bajas (Figs. 4-8). Esta es una evidencia clara de la gran estabilidad del agroecosistema de café, y sustenta con datos de campo el hecho de por qué en Costa Rica, históricamente, el cultivo de café no ha sido afectado seriamente por insectos plagas (Hilje *et al.* 1989).

Aparentemente los parasitoides no fueron afectados por las aplicaciones de endosulfán, ya que sus números no variaron significativamente entre tratamientos durante el experimento. Esto indica que sus poblaciones se restablecen rápidamente, y/o recolonización rápida, o que el endosulfán fue poco tóxico para ellos (Shorey y Hale 1963, Bartlett 1966, Evans 1967, Klein 1989). La expectativa de brotes repentinos de plagas secundarias, debida a la disminución de las poblaciones de sus enemigos naturales por el empleo de endosulfán para combatir a la broca, es poco factible bajo las condiciones evaluadas. Se utilizaron dosis y frecuencias de aplicación mayores que las recomendadas y no hubo desequilibrios en el agroecosistema.

Si las aplicaciones son bien dirigidas y si se utilizan la dosis recomendadas (1.0 - 1.5 l/ha) y frecuencias de

aplicación de 1 - 3 veces al año (Dr. Olger Borbón 1995, ICAFE-MAG, com. pers.), se esperaría que el sistema lo tolere. No obstante, su uso excesivo podría afectar a los enemigos naturales y originar brotes repentinos de estas plagas, como se ha demostrado para otros cultivos (Smith y van den Bosch 1967, DeBach 1974).

El efecto regulatorio de los enemigos naturales sobre las plagas secundarias estudiadas se ilustra indirectamente, al perturbar el agroecosistema del café. En Costa Rica con las erupciones del volcán Irazú, entre 1963-1965 hubo constante caída de ceniza, que posiblemente tuvo efecto abrasivo sobre enemigos naturales, por tener su cuerpo descubierto y porque su intensa actividad de búsqueda los expone más a la ceniza (Wille y Fuentes 1975). En cambio, *L. coffeella* se protege entre el mesófilo de la hoja, y *P. citri* posee una cubierta cerosa que la cubre, así como hábitos gregarios que impiden que agentes externos afecten a todos los individuos. Este efecto diferencial quizás propició los brotes repentinos de ambas plagas, al igual que del ácaro *Oligonychus yothersi*, que teje una tela protectora.

En contraste con dicha perturbación, provocada por la caída diaria de ceniza durante varios años, las aplicaciones de endosulfán en el experimento fueron esporádicas y de efecto aparentemente nulo sobre las poblaciones de parasitoides.

Así, en ausencia de perturbaciones severas y prolongadas, parece ser que las poblaciones de enemigos naturales reprimen a las de las plagas potenciales (Figs. 1-3) y, a su vez, por su relación denso-dependiente (Huffaker y Messenger 1969, DeBach 1974, Berryman 1982), sus poblaciones permanecen bajas (Figs. 4-8). Esta es una evidencia clara de la gran estabilidad del agroecosistema de café, y sustenta con datos de campo el hecho de por qué en Costa Rica, históricamente, el cultivo de café no ha sido afectado seriamente por insectos plagas (Hilje et al. 1989).

CONCLUSIONES

1. Los cafetales mostraron ser un agroecosistema estable, desde el punto de vista de las relaciones recíprocas de abundancia entre los insectos herbívoros y sus parasitoides.
2. El endosulfán no afectó adversamente las poblaciones de parasitoides, ni provocó brotes repentinos de las plagas secundarias del cafeto.

RECOMENDACIONES

1. Continuar estudios análogos a éste durante varias temporadas del cultivo, para evaluar las repercusiones de las aplicaciones de endosulfán a largo plazo.
2. De ingresar la broca a Costa Rica, realizar muestreos eficientes para ubicarla bien y concentrar las aplicaciones de insecticidas, respetando las recomendaciones técnicas de su modo de empleo, en cuanto a momentos y dosis de aplicación.

BIBLIOGRAFIA

- ABREGO, L.; CASTILLO, J.A.; TRIGUEROS, L.F. 1963. Enfermedades y plagas del cafetal en El Salvador. Instituto Salvadoreño del Café. Boletín Informativo. Suplemento No. 19. 71 p.
- ALTIERI, M.A. 1976. Regulación ecológica de plagas en agroecosistemas tropicales (un ejemplo: mono y policultivos de maíz y frijol, diversificados con malezas). Tesis Mag.Sc. Bogotá, Colombia, ICA. p 14.
- BAKER, P.S. 1986. Biología, ecología y hábitos de la broca. In Curso regional sobre manejo integrado de plagas del café. San Pedro Sula, Honduras, IICA-PROMECAFE. p 1-2.
- BARTLETT, B.R. 1966. Toxicity and acceptance of some pesticides fed to parasitic hymenoptera and predatory coccinelids.- Journal of Economic Entomology (EE.UU) 59: 1142-1149.
- BERRYMAN, A.A. 1982. Biological control, thresholds, and pest outbreaks. Environmental Entomology. (EE.UU.)11: 544-549.
- BIANCHINI, C. 1956. Estudios fisiológicos y de fungicidas sobre *Pellicularia* "Mal de hilachas", especialmente en café. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 60 p.
- BORBON, O. 1991. La broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1967). San José, Costa Rica, Programa Cooperativo ICAFE-MAG. 50 p.
- BRUN, L.A.; DECAZY, B. 1992. Etude de la toxicite de l'endosulfan sur l'entomofaune parasitaire du scolyte des fruits de cafeier, *Hypothenemus hampei* (Ferr). (Coleoptera:Scolytidae). Cafe Cacao Thé (Francia) 36(2): 121-128.
- BYERS, R.A.; WOODHAM, D.W.; BOWMAN, M.C.G. 1965. Residues on coastal Bermuda grass, trash and soil soil treated with endosulfan. Journal Economic Entomology. 58: 160-161.
- CANADA, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1975. Endosulfan: its effects on environmental quality (NRC Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, Report No. 11, Subcommittee of Pesticides on Related Compounds, Subcommittee Report No. 3, Publication No. NRCC 14098 of the Environmental Secretariat).

- CONWAY, G. 1985. Agrosystem analysis. Agricultural Administration no. 20.
- COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1978. Manual de recomendaciones para cultivar café. 3. ed. San José, Costa Rica. p. 30-68.
- COSTE, R. 1968. El café. Editorial Blume Barcelona, España. 285 p.
- CROFT, B.A.; BROWN, A.W.A. 1975. Responses of arthropod natural enemies to insecticides. Annual. Review. of Entomology (EE.UU). 20: 285-335.
- _____. 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. New York, J. Wiley. 723 p.
- DeBACH, P. 1974. Biological control by natural enemies. Cambridge, Cambridge University Press. 323 p.
- de GRAAFF, J. 1986. The economics of coffee, Economics of crops in developing countries No 1. Pudoc Wageningen. Netherlands. 294 p.
- DONIS, J. 1988. Incidencia de plagas insectiles en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo sol y sombra en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 193 p.
- ECHANDI, E. 1957. La quema de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* n. sp. Revista. Porol. Tropical. 5(1):81-102.
- _____. 1959. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk y Cooke. Turrialba (C.R.) 9(2): 54-67.
- ECHEVERRIA MORALES, G. 1972. Breve historia del café. San José, Costa Rica, Trejos. 106 p.
- ELTON, C.S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. London, Methuen
- FASSBENDER, H.W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE/GTZ. 491 p.
- FIGUEROA, A. 1986. Reconocimiento de nemátodos en café (*Coffea arabica* L.). In Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Subdirección de Investigaciones Agrícolas. Informe anual de labores. San José, C.R. p. 13-14.

- HALL, C. 1976. El café y el desarrollo histórico-geográfico de Costa Rica. San José., Editorial Costa Rica Universidad Nacional. 208 p.
- HAMILTON, D.W. 1967. Injurious and beneficial insects in coffee plantations of Costa Rica and Guatemala. *Journal of Economic Entomology* (EE.UU.) 60(5): 1409-1413.
- HANANIA, C. 1989. Cafeto. *In* Andrews, K; Quezada, J.R. Manejo integrado de plagas, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. p. 432-443.
- HANSON, P. 1991. Los parasitoides asociados al cafeto en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (C.R.) 20-21: 8-10.
- HILJE, L; CARTIN, V; MARCH, E. 1989. El combate de plagas agrícolas dentro del contexto histórico Costarricense. *Manejo Integrado de Plagas* (C.R.) 14: 68-86.
- HOECHST. 1990. Thiodan. Manual del producto. Informaciones actuales sobre sus propiedades y su comportamiento. Frankfurt. 35 p.
- HOYT, S.C; CALTAGIRONE, L.E. 1971. The developing programs of integrated control of pests of apples in Washington and peaches in California. *In* Huffaker, C.B; (ed). *Biological Control: proceedings of an AAAS Symposium, 1971.*
- HUFFAKER, C.B; MESSENGER, P.S; DeBACH, P. 1969. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. *In* Huffaker, C.B; (ed). *Biological Control: proceedings of an AAAS Symposium, 1971.*
- HUFFAKER, C.B. 1971. The ecology of pesticide interference with insect populations. *In* symposium agricultural chemicals harmony or discord for food, people and the environment (1971, Sacramento, California). *Proceedings.* Ed. J.E. Swift. Berkeley, University of California p. 104-107.
- HÜTTENBACH, H. 1969. Selective insecticides in integrated pest control as illustrated by THIODAN (Endosulfan). *Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* (Alemania). 76(11/12): 37-47.
- IICA/OIRSA. 1965. 1a reunión técnica internacional sobre plagas y enfermedades de los cafetos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Publicaciones misceláneas 23, San José, Costa Rica. 4 p.

- INSTITUTO DEL CAFE DE COSTA RICA. 1990. Estadísticas cafetaleras In Curso Regional sobre Fundamentos de la Caficultura Moderna (8, 1990, Turrialba, Costa Rica). Memorias. San José, Costa Rica, IICA/AID-ROCAP/CATIE. Módulo 3, 15 p.
- _____. 1994. El café en la economía nacional. In Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José, Costa Rica. p. 95-108.
- INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFE. 1990. Manual de plagas y enfermedades del café. Tegucigalpa, Honduras. 61 p.
- ISIC (Instituto salvadoreño de Investigaciones del Café). 1978. Manual técnico del cultivo del café en El Salvador. Santa Tecla, El Salvador. 141 p.
- JACKSON, G.J.; FORD, J.B. 1973. The feeding behaviour of Phytoseiulus persimilis (Acarina:Phytoseiidae), particularly as affected by certain pesticides. *Annals of applied Biology*. 75: 165-171.
- JANZEN, D.H. (ed.). 1983. Costa Rican natural history. Chicago, University of Chicago Press. 816 p.
- KLEIN, E. 1989. Impact of Thiodan on beneficial arthropodes in cotton in Ethiopia and Thailand. Hoechst Corporation. Biological Research Laboratory.
- KRANZ, J.; SCHMUTTERER, H.; KOCH, W. 1977. Diseases, pests and weeds in tropical crops. Great Britain, J. Wiley. 666 p.
- KREMER, F.N. 1971. Change of species dominance among pests of intensively protected pome fruit crops in Italy. *Pflanzenschutz-Nachrichten* 24: 232-238.
- KRIEGER, R.I.; FEENY, P.P.; WILKINSON, C.F. 1971. Detoxification enzymes in the guts of caterpillars: an evolutionary answer to plant defense? *Science (EE.UU)*, 172: 579-581.
- KUHNER, C; KLINGAUF, F.; HASSAN, S.A. 1985. Development of laboratory and semi-field methods to test the side effect of pesticides on *Diaeretiella rapae* (Hym: Aphidiidae). *Meded. Facult. Landbouww; Rijks. Gent (Holanda)* 50(2b):531-538.
- Le PELLEY, R.H. 1968. Pests of coffee. London, Longmans Green. 590 p.

- MAIER-BODE, H. 1968. Properties, effect, residues and analytics of the insecticide endosulfan. Residue Reviews. 22: 1-44.
- MARTINEZ, J.J. 1983. Campaña nacional contra la broca del fruto del café en Honduras. In Alonzo, F. (ed). La broca y su control. Guatemala, IICA-PROMECAFE. p. 25-32.
- MATA, H. 1993. Malezas frecuentes en las zonas cafetaleras de Costa Rica. San José, Costa Rica, ICAFE-MAG 149 p.
- NEWSOM, L.D. 1974. Predator insecticide relationships. Entomophaga Mem. Ser. 7: 13-23.
- _____; L.D; SMITH, R.F; WHITCOMB, W.H. 1976. Selective pesticides and selective use of pesticides. In Theory and practice of biological control. Eds. C.B. Huffaker; P.S Messenger. New York, Academic Press. p. 565-591.
- OSTMARK, H.E. 1974. Economic insect pests of bananas. Annual Review of Entomology (EE.UU.) 19:161-175.1974
- PENADOS, R.; OCHOA, H. 1979. La consistencia del fruto del café y su importancia en el control de broca. ANACAFE No. 181: 10-16.
- PIERZA, H.; FISHER, J. 1965. Red scale and red spider populations in citrus as affected by insecticidal treatments. S. A. Citrus J. p.11.
- PRICE, P.W. 1975. Insect ecology. New York, J. Wiley. 514 p.
- PROGRAMA COOPERATIVO ICAFE-MAG. 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. 6 ed. San José, Costa Rica, ICAFE-MAG. 122 p.
- QUEZADA, J.R.; RODRIGUEZ, A. 1989. Brote de larvas de Rothschildia orizaba (Lepidoptera: Saturniidae) en café, una experiencia en manejo integrado de plagas. Manejo Integrado de Plagas (C.R.) 12: 21-32.
- RICKLEFS, R.E. 1979. Ecology. 2 ed. New York, Chiron Press. 966 p.
- ROBERTS, F.S. 1958. Insects affecting banana production in Central América. Proceeding of the 10th International Congress of Entomology 3:411-415.
- SAUNDERS, J; ENRIQUEZ, G. 1989. Cacao. In Andrews, K; Quezada, J.R. Manejo integrado de plagas. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. p. 458-470.

- SHEEHAN, W. 1986. Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification. *Environmental Entomology*. 15(3): 456-460.
- SHOREY, H. H.; HALE, R.L. 1963. Control of green peach aphid on peppers. *California Agriculture (EE.UU.)*. 17: 10-11.
- SMITH, R.F.; VAN DEN BOSCH, R. 1967. Integrated control. In Kilgore, W.W.; Douthett, R.L. (eds). *Pest control*. New York, Academic Press, p. 295-297.
- SOLIS, H. 1987. Medidas de control de broca del fruto del cafeto *H. hampei* oficialmente recomendadas en El Salvador. In Urbina, N.; Decazy, B. II Taller Internacional sobre la broca del grano del cafe (*Hypothenemus hampei*, Ferr.). IICA. p 73-74.
- SOUTHWOOD, T.R.E.; WAY, M.J. 1970. Ecological background to pest management. In Rabb, R.L.; Guthrie, F.E. (eds). *Concepts of pest management: proceedings of a conference, 1970, Raleigh, North Carolina*. Raleigh, N.C., North Carolina State University. p. 20.
- STEPHENS, C.S. 1984. Ecological upset and recuperation of natural control of insect pests in some Costa Rican banana plantations. *Turrialba (Costa Rica)* 34:101-105.
- TICHELER, J. 1963. Estudio analítico de la epidemiología del escolítido de los granos de café, *Stephanoderes hampei* Ferr., en Costa de Marfil. *CENICAFE (Col.)* 14(4): 223-294.
- TOMLIN, C. ed. 1994. *The Pesticide Manual: A world compendium*. 10 ed. London, British crop protection council-The Royal society of chemistry. 1341 p.
- TOSI, J. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical.
- URBINA, N. 1987. Descripción general de la broca del fruto del cafeto. In N. Urbina (ed.) *Control de la broca del cafeto. Control de residuos de pesticidas usados en café. Informe final. Proyecto Regional de Control de Pestes del Café*. PROMECAFE. 1-28.

- VAN DEN BOSCH, R. 1971. Experimental field studies on upsets and resurgences of pest populations associated with agricultural chemicals. In symposium agricultural chemicals harmony or discord for food, people and the environment (1971, Sacramento, California). Proceedings. Ed. J.E. Swift. Berkeley, University of California p. 104-107.
- VILLASEÑOR, A. 1987. Caficultura moderna en México. Chapingo, Méx., Agrocomunicación Sáenz Colín y Asociados. 461 p.
- WARE, G.W. 1983. Pesticides, theory and application. New York, W.H Freeman. 308 p.
- WAY, M.J.A. 1971. A prospect of pest control. Inaugural lecture as professor of applied zoology. London, Imperial College of Science and Technology. 162 p.
- WELLMAN, F.L. 1956. Enfermedades, insectos y malezas del café y su control mediante el uso de productos químicos. IICA (C.R.). Publicación Miscelánea No. 7. 43 p.
- WHO (World Health Organization); FAO (Food and Agriculture Organization). 1975. Data sheets on pesticides No 15: Endosulfan 12 p.
- WILLE, A.; FUENTES, G. 1975. Efecto de la ceniza del Volcán Irazú (C.R) en algunos insectos. Revista de Biología Tropical (C.R.) 23(2): 165-175.
- WILSON, E.O.; BOSSERT, W.H. 1971. A primer of population biology. Massachusetts, Sinauer 192 p.
- WORLD COFFEE INFORMATION CENTER. 1970. Café: impacto económico. Washington. 32 p.
- World Health Organization. 1984. Endosulfan. Genova 62 p. (Environmental Health Criteria No. 40).

Anexo 1

Frecuencia promedio de *L. coffeella* por fecha de muestreo, durante el periodo de estudio, 1994.

	MUESTREOS														
	1			2			3			4			5		
	TH	TA	%	TH	TA	%	TH	TA	%	TH	TA	%	TH	TA	%

La Isabel															
T0	640	38	5.9	523	45	8.6	477	41	8.5	508	27	5.3	505	25	4.9
T1	670	15	2.2	475	38	8.0	446	24	5.3	474	16	3.3	474	16	3.3
T2	635	20	3.1	514	40	7.7	486	24	4.9	514	24	4.6	490	21	4.2
T3	667	13	1.9	518	30	5.7	435	31	7.1	454	11	2.4	454	11	2.4
T4	783	20	2.5	522	36	6.8	440	29	6.5	539	3	0.5	591	8	1.3

Yurusti															
T0	442	32	7.2	473	22	4.7	465	23	4.9	516	22	4.2	421	30	7.1
T1	509	36	7.0	430	23	5.3	426	25	5.8	445	20	4.4	460	29	6.3
T2	486	28	5.7	514	18	3.5	513	22	4.2	497	12	2.4	526	24	4.5
T3	451	26	5.7	497	31	6.2	495	26	5.2	444	16	3.6	370	22	5.9
T4	442	26	5.8	484	37	7.6	514	36	7.0	435	18	4.1	465	26	5.5

TH = Total de hojas; TA = Total de hojas afectadas															

Anexo 2

Frecuencia promedio de *P. citri* por fecha de muestreo, durante el periodo de estudio, 1994.

	MUESTREOS														
	1			2			3			4			5		
	TG	TA	%	TG	TA	%	TG	TA	%	TG	TA	%	TG	TA	%
La Isabel															
T0	384	6	1.5	385	1	0.2	359	1	0.3	408	1	0.2	388	2	0.5
T1	374	1	0.3	404	0	0.0	416	2	0.5	402	5	1.2	402	5	1.2
T2	353	1	0.3	416	0	0.0	405	1	0.2	460	2	0.5	393	4	1.0
T3	386	2	0.5	383	1	0.2	416	1	0.2	392	1	0.3	392	1	0.2
T4	408	3	0.7	405	0	0.0	405	1	0.2	388	2	0.5	411	0	0.0
Yurusti															
T0	556	0	0.0	540	1	0.2	515	1	0.2	545	2	0.4	417	2	0.4
T1	538	1	0.2	469	0	0.0	457	0	0.0	542	1	0.2	415	1	0.2
T2	503	1	0.2	506	4	0.8	505	4	0.7	514	0	0.0	313	1	0.3
T3	494	1	0.2	531	3	0.6	512	3	0.5	491	1	0.2	371	2	0.5
T4	514	1	0.2	451	3	0.7	459	3	0.6	455	1	0.2	384	2	0.5

TG = Total de glomérulos; TA = Total de glomérulos afectados

Anexo 3

Frecuencia promedio de *S. coffeae* por fecha de muestreo, durante el periodo de estudio, 1994.

	MUESTREOS														
	1			2			3			4			5		
	TP	PA	%	TP	PA	%	TP	PA	%	TP	PA	%	TP	PA	%

La Isabel															
T0	40	5	12.5	40	1	2.5	40	6	15	40	14	35	40	14	35
T1	40	3	7.5	40	3	7.5	40	2	5	40	13	32.5	40	13	32.5
T2	40	2	5.0	40	9	22.5	40	5	12.5	40	17	42.5	40	15	37.5
T3	40	7	17.5	40	9	22.5	40	14	35	40	12	30	40	12	30
T4	40	2	5.0	40	11	27.5	40	5	12.5	40	18	45	40	14	35

Yurusti															
T0	40	4	10	40	1	2.5	40	4	10	40	8	20	40	4	10
T1	40	2	5	40	1	2.5	40	3	7.5	40	4	10	40	2	5
T2	40	2	5	40	1	2.5	40	4	10	40	16	40	40	5	17.5
T3	40	0	0	40	2	5.0	40	3	7.5	40	6	15	40	3	7.5
T4	40	0	0	40	1	2.5	40	5	12.5	40	3	7.5	40	2	5

TP = Plantas muestreadas; PA = Numero de plantas afectadas															

Anexo 4

Número promedio de parasitoides por fecha de muestreo, durante el período de estudio, en La Isabel, 1994.

Especie	Muestreo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T0 (Testigo)													
Cheloninae	1	0.5	0	1.5	0.5	0.5	2.5	1	1	0.5	0	0	0
Microgastrinae	1	0	0	1	0	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
Encyrtidae	14.5	16	3	32	43.5	37	15	31	16.5	19.5	10.5	6.5	3
Eulophidae	0.5	1	0	2	1	2.5	0.5	3	1.5	0	0.5	1	1
Scelionidae	1.5	8.5	3	8.5	5	2.5	1.5	2.5	1	0.5	0	0	0
T1													
Cheloninae	0.5	1	0	1	1	2.5	0.5	0.5	1	1.5	0	0	0
Microgastrinae	0	0	0.5	3.5	0	1	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0
Encyrtidae	7.5	22	2	46	45	64.5	36.5	42.5	23	33.5	8	7.5	1
Eulophidae	0	0.5	0	0.5	1.5	0.5	1	1	0	3	0	0.5	0
Scelionidae	2	8	2.5	7	3	3	1.5	2	0	0.5	0.5	0	0
T2													
Cheloninae	0.5	0	0	2	0.5	0.5	2.5	0.5	0	1	0.5	0	0
Microgastrinae	1.5	0	0	0.5	1	0.5	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0
Encyrtidae	8.5	17	1	23.5	43.5	48	40	21	11	16	8.5	11	3
Eulophidae	0	0	0.5	0.5	1	0.5	2	2	0.5	1	0.5	0.5	0
Scelionidae	5.5	3	2.5	14	11	5	2	0.5	0.5	1	0	0	0
T3													
Cheloninae	0	0	0.5	0.5	1	1	1.5	0.5	0.5	1	0	1	0
Microgastrinae	0.5	2	0	0.5	0	1.5	0	0.5	0	2.5	0.5	0.5	0
Encyrtidae	2.5	24	5.5	29.5	24	37	21	21	13	32	3	14.5	9
Eulophidae	0.5	1.5	0.5	5.5	2	1	0.5	1.5	1	3	0.5	0	1.5
Scelionidae	2	12	11	39	11	9	1.5	0	0	3	0	0.5	0.5
T4													
Cheloninae	0.5	1	0	0.5	0.5	2	3	1	0	0	0	1	0
Microgastrinae	2	0	0	1	0	0	1	0.5	0	1	0	0.5	0
Encyrtidae	13.5	25.5	1.5	34	29	40	21.5	20	10.5	18	14.5	15	2.5
Eulophidae	1	1	0	4	1	0.5	2	1.5	1	0.5	0.5	0	0
Scelionidae	5	6	1.5	17	7	4.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0.5	0

Anexo 5

Número promedio de parasitoides por fecha de muestreo, durante el periodo de estudio, en Yurusti, 1994.

Especie	Muestreo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T0 (Testigo)													
Cheloniinae	0.5	0.5	14	10	2.5	3.5	1	2	2.5	7	0.5	0.5	1.5
Microgastrinae	2	0	18.5	11.5	2	4.5	0.5	1	2	6.5	0	0	7.5
Encyrtidae	0	0.5	5	11.5	23.5	14	9	7.5	7.5	8	0.5	1.5	7.5
Eulophidae	3.5	0	8	13	3.5	3	1	2.5	7	1.5	0	0.5	7
Scelionidae	0.5	1	3	3	5	3.5	1.5	4	4	3.5	0	0.5	2.5
T1													
Cheloniinae	4	0	7	7.5	5	1.5	4	0.5	6	10	1	1	2.5
Microgastrinae	18.5	0	11.5	7	4.5	1	1.5	0.5	2	3	1.5	0	1
Encyrtidae	2.5	0	17	9	29	10	7	7	12	26	4	4	6
Eulophidae	2.5	0	13.5	12.5	17.5	2.5	3.5	1	9	10	1	1	1.5
Scelionidae	0.5	0	1	4.5	5	6.5	1	1.5	4	5	0	0.5	2.5
T2													
Cheloniinae	1	0	1	1	1	0.5	0	0	2.5	6	1	0	1.5
Microgastrinae	5	0	5	5.5	1.5	0.5	0.5	0	3	1.5	1.5	0.5	0
Encyrtidae	1	1	7	9.5	15.5	9.5	10	3.5	12	20.5	4.5	2.5	1.5
Eulophidae	1.5	1	5	5	5.5	4.5	2.5	1	2.5	7.5	1.5	2.5	0.5
Scelionidae	0	0.5	2	1.5	4.5	1	0	1	2.5	1.5	0.5	1.5	1
T3													
Cheloniinae	2	0	12	5	9.5	1	2	0	6	12.5	0	0.5	0.5
Microgastrinae	4.5	0.5	13.5	8.5	2.5	3.5	3.5	0.5	3.5	4.5	0	0.5	1
Encyrtidae	1.5	3	11.5	10	24.5	20.5	10	6.5	6.5	16.5	2.5	3.5	7
Eulophidae	0.5	0.5	13.5	6	9	1.5	1	1	7	10.5	0	1.5	1.5
Scelionidae	0.5	1.5	5	4	9	2	1	0	1.5	2.5	0	0	2
T4													
Cheloniinae	1.5	0.5	20	2.5	8	0	2	1.5	2	2	1.5	1	1
Microgastrinae	3	2	13.5	5	3.5	1	0.5	0.5	3.5	5	0.5	0	1
Encyrtidae	0	1	14.5	6.5	19.5	10.5	6	5	7	24.5	12.5	3	5.5
Eulophidae	0	1.5	7.5	6	8	7.5	2	1.5	3.5	5	1.5	0.5	1
Scelionidae	0.5	0.5	1	0.5	2	3	0	0	3.5	1.5	1	1	1