

Impacto del uso del endosulfan y clorpirifos sobre abejas, *Apis mellifera*, en ecosistemas cafeteros colombianos

Impact of endosulfan and clorpiriphos on *Apis mellifera* in colombian coffee ecosystems

.....
 María Teresa Jiménez R.¹
 Alex E. Bustillo P.²
 Jesús Emilio Luque Z.³

Resumen

Para medir el impacto del uso de insecticidas en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari), se evaluó el efecto causado por el endosulfán (Thiodan 35 EC) y el clorpirifos (Lorsban 4E) sobre la abeja mielera, *Apis mellifera* L. El ensayo se realizó en la estación central «Naranjal», de Cenicafe en Chinchiná (Caldas), utilizando tres colonias de abejas. Para determinar el efecto de dichos insecticidas, se evaluó la mortalidad causada en los adultos, las variaciones en las áreas de cría, la presencia de residuos de los insecticidas en la miel e individuos muertos y el comportamiento desarrollado por las abejas. Los resultados muestran que ambos insecticidas causaron mortalidad a las abejas aún después de 11 semanas de evaluación; las mayores mortalidades ocurrieron los primeros 25 días, siendo más altas con el tratamiento endosulfan. Se observó disminución en la capacidad de oviposición de las reinas y cambios notorios en su comportamiento, efecto que fue más drástico en la colmena del tratamiento endosulfan, donde se observó mayor agresividad y un marcado debilitamiento frente al ataque de patógenos y otros insectos. En abejas muertas se detectaron trazas del insecticida endosulfan pero no de clorpirifos. Se concluye que estos insecticidas tienen un impacto considerable sobre las abejas en ecosistemas cafeteros.

Palabras claves: Broca del café, Insecticidas, Endosulfan, Clorpirifos, Abejas, *Apis mellifera* L.

Summary

To measure the impact of insecticides: endosulfan and clorpiriphos, used to control the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari), on honey bee, *Apis mellifera* L. populations, a field experiment was conducted at Central Research Station of Cenicafe «Naranjal» in Chinchina, Colombia. Effect of these insecticides was evaluated using three bee colonies located near coffee fields and data were collected on adult bee mortality, size of bee colony, residues of insecticides on honey and insect cadavers, and observations were recorded on bee behavior. Results showed that both insecticides caused adult bee mortality even after 11 weeks of insecticide spray; highest mortalities were recorded during the initial 25 days. Effect of endosulfan treatment was more severe than clorpiriphos causing higher mortalities, reduction of queen fertility, more bee aggressiveness and colony weakening to diseases and other pests. Residues of endosulfan were recorded from dead bees but not with clorpiriphos. It is concluded that these insecticides have a considerable impact on honey bees in coffee ecosystems.

Key words: Coffee berry borer, Insecticides, Endosulfan, Clorpiriphos, Bees, *Apis mellifera* L.

Introducción

El café es uno de los cultivos más importantes de las Américas, su importancia aumenta si se tiene en cuenta el aspecto socio-económico; el cultivo mantiene muchas familias en el campo y genera millones de empleos

directos e indirectos (Bustillo 1995). Desde el inicio de la caficultura en el país, el uso de insecticidas ha sido prácticamente nulo, lo cual ha permitido que insectos plaga, como el minador, mantengan un equilibrio biológico al preservarse sus enemigos naturales (Bustillo et al. 1993, Villalba et al. 1995).

Con la aparición de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), considerada como una plaga difícil de controlar, que ocasiona graves daños en el cultivo, se buscan estrategias para su control, utilizando e integrando diferentes prácticas disponibles, con el fin de mantener las poblaciones del insecto a niveles que no originen pérdidas económicas y, así evitar, impactos ambientales negativos en el ecosistema cafetero a largo plazo (Duque 1995).

Un manejo inadecuado de la broca, omitiendo, principalmente, la cosecha permanente de granos maduros, sobremaduros y secos, ha generado un falso concepto, en cuanto a que este insecto sólo puede controlarse con insecticidas (Cenicafe 1994). Si éstos se utilizan irracionalmente pueden causar un impacto negativo en el ecosistema, como son: los residuos tóxicos en agua, suelo y aire, en los tejidos animales y vegetales y la mortalidad en la vida silvestre y fauna benéfica. Además pueden afectar el comportamiento de los organismos y alterar el balance ecológico a través de cambios en las relaciones depredador - presa (Barbera 1989).

El propósito de este trabajo fue estudiar el efecto del endosulfan (organoclorado: ciclodieno) categoría toxicológica I y el clorpirifos (organofosforado) categoría toxicológica III, utilizados para el control de la broca, sobre el comportamiento y desarrollo de colonias de abejas mieleras, consideradas como uno de los insectos más benéficos para el hombre, no sólo por los productos alimenticios que suministran, sino por ser eficientes polinizadores y un habitante natural de los ecosistemas cafeteros.

Revisión de literatura

Los beneficios aportados por la polinización con insectos no se limitan solamente a los cultivos; la ausencia de estos insectos podría tener un efecto drástico sobre la vegetación de regiones no cultivadas por la desaparición de muchas plantas que fijan nutrientes y ayudan a la fertilización del suelo. Sin la polinización con insectos, que asegure frutas, bayas y semillas, esenciales para la vida silvestre, muchas formas de vida desaparecerían. Por lo tanto la polinización con abejas es un elemento esencial en la cadena ecológica global (Mosquera 1994).

¹ Bióloga. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

² Investigador Principal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe, Disciplina de Entomología, Chinchiná, Colombia.

³ Profesor, Facultad de Agronomía, Universidad de Colombia, Apartado Aéreo 14490, Santafé de Bogotá D.C., Colombia.

El empleo de insecticidas para la protección de los cultivos exige tecnología y conocimiento de sus efectos, pues los principios activos utilizados pueden tener efectos secundarios en poblaciones de abejas, las cuales pueden intoxicarse al establecer contacto con materias nocivas, por vía respiratoria y por ingestión de sustancias tóxicas contenidas en los alimentos (Fritzch y Bremer 1975).

Cuando las abejas se exponen a insecticidas organofosforados u organoclorados, presentan parálisis o movimientos anormales, y la reina también puede comportarse anormalmente, poniendo huevos en patrones irregulares. En colonias que han sobrevivido a altas dosis de insecticidas, se ha observado construcción de celdas reales extras o reemplazos inusuales de la reina (Kostantinovic 1977).

El Sayed y Abdel Aal (1973) determinaron el efecto de la temperatura sobre la actividad de la colinesterasa sobre abejas jóvenes, las cuales se sometieron a tratamientos con clorpirifos, encontrando que la inhibición aumentaba al incrementar la temperatura.

Giordani *et al.* (1979) realizaron un estudio en Italia, donde demostraron la toxicidad del endosulfan sobre las abejas. Las aplicaciones de este insecticida, para controlar curculiónidos, las afectan aún cuando hayan cesado su actividad forrajera diaria, ya que recolectan néctar y polen de flores contaminadas y lo llevan dentro de las colmenas. Además, Arzone (1986) evaluó la toxicidad de insecticidas y fungicidas sobre abejas encontrando que el endosulfan fue más tóxico y persistente que lo registrado por sus productores.

Mazzonne y Viggiani (1988) estudiaron el efecto de 39 pesticidas sobre *A. mellifera* encontrando que todos los fungicidas y la mayoría de herbicidas evaluados no eran tóxicos o lo eran moderadamente, mientras que los insecticidas mostraron diferentes grados de toxicidad, clorpirifos, exhibió una toxicidad moderada, atribuible a su poca persistencia en el ambiente.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en la Subestación Central «Naranjal» de Cenicafé, ubicada en el municipio de Chinchiná (Caldas), a 1400 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 20,7° C; 78% de humedad relativa y una pluviosidad promedio de 2711 mm (Jaramillo 1995) en el período comprendido entre los meses de abril y agosto de 1994.

Se emplearon tres cámaras de cría de la abeja, conformadas por 10 cuadros, con suficien-

te reserva alimenticia, contenido de huevos, larvas, pupas, obreras, zánganos y su respectiva reina, y las colonias se sortearon aleatoriamente para destinar una colonia a cada tratamiento (Tabla 1). Estas se colocaron sobre bases de ladrillo a una distancia del suelo de 50 cm; las colonias uno y dos se ubicaron en lotes de café de dos años de edad, de 2.200 m² de área y sembrados a una distancia de 2 x 1 m; la colonia testigo se ubicó en un lote alejado de la influencia de cualquier tipo de control.

Las dosificaciones de los insecticidas utilizados fueron las recomendadas para el control de la broca (Tabla 1). Las aspersiones de los insecticidas se realizaron 120 días después de ocurrida la floración, período en el cual el fruto se encuentra más susceptible de ser atacado por la broca. Estas aspersiones se dirigieron a los árboles de café, con un equipo Triunfo 40-100-10, boquilla TX-3, con un flujo de 190 cc/min a 40 libras/pulgada².

Los parámetros evaluados fueron:

Mortalidad: Inmediatamente, después de finalizar cada una de las aplicaciones con los insecticidas, se inició el registro del número de individuos muertos encontrados en cercanía de las colonias, realizándolo diariamente por espacio de 62 días. Para facilitar la visualización y recolección de éstos, el suelo alre-

dor de cada colonia fue tapizado con bolsas plásticas de color blanco (Fig. 1).

Áreas de cría: Con el fin de determinar el área total ocupada por las reinas para realizar su oviposición en cada cámara, se utilizó la metodología estandarizada por Al-Tikrity *et al.* (1972), cuyo instrumento de medición (Fig. 2) permite calcular fácilmente las áreas y determinar las variaciones de éstas a través del tiempo. Las mediciones se hicieron semanalmente por un período de 11 semanas; durante las primeras dos semanas y previamente a la aplicación de los insecticidas se registraron las áreas de cría, con el propósito de conocer el comportamiento de oviposición de cada reina.

Residuos de insecticidas en miel y adultos muertos: Semanalmente se tomaron muestras de miel (20cc) en cada colonia, las cuales junto con las muestras de los individuos muertos fueron enviadas al Laboratorio de la Química del Café (LIQC) en donde se realizaron análisis de cromatografía de gas-líquido para determinar la presencia de los insecticidas.

Adicionalmente a la evaluación de estos parámetros, se realizaron observaciones del comportamiento desarrollado por las abejas sometidas a cada uno de los tratamientos, para ser comparados con los observados en la colonia testigo.



Figura 1. Ubicación de las colonias de abejas dentro de cada parcela experimental

Análisis estadístico: Con la información de todas las evaluaciones de las áreas de cría se procedió al ajuste de una función (ANAVA), que describiera el comportamiento de oviposición de cada una de las reinas como efecto de cada producto, para proceder a compararla con respecto al testigo absoluto. Como unidad experimental se utilizaron las cámaras de cría y las repeticiones correspondieron a cada medición realizada a través del tiempo durante 11 semanas. Lo anterior se complementó con un análisis que describió la presencia de residuos en la miel y abejas muertas, el comportamiento desarrollado por las abejas sometidas a los tratamientos y el número promedio de individuos muertos encontrados cerca a cada colonia.

Resultados y Discusión

Antes de realizar la aspersión de cada uno de los insecticidas, en las tres colonias experimentales se observó un comportamiento muy similar de las obreras, caracterizado por un flujo continuo de entradas y salidas a las cámaras, el cual iniciaban en las primeras horas del día, portando grandes cantidades de polen. Una vez asperjados los insecticidas (colonias 1 y 2) este comportamiento varió radicalmente ya que la actividad de vuelo disminuyó y, por ende, la entrada de alimento. Se observaron numerosas abejas posadas sobre la tapa, plataforma de vuelo y en cercanía de las colonias con síntomas de temblores y convulsiones, con las alas y probóscide extendidas, pérdida del sentido de la orientación reflejado en la realización de vuelos en uno y otro sentido sin tener un objetivo fijo; este comportamiento concuerda con lo registrado por Fritzsch y Bremer (1975). En la colonia correspondiente al tratamiento con endosulfan se desarrolló una marcada agresividad, impidiendo el acercamiento a la colonia, mientras que en la colonia del tratamiento con clorpirifos esta agresividad fue menos acentuada y por el contrario se observaron abejas posadas en las hojas de los árboles vecinos a la colonia que manifestaron una respuesta retardada a los estímulos externos. Este comportamiento se prolongó durante cinco días después de la aspersión de los insecticidas, luego de los cuales las colonias retornaron a una aparente normalidad.

A pesar de que las abejas son capaces de regresar a la colmena antes de morir, como lo demostró Morse (1959), el número de abejas registrado no es el real, debido al instinto de autoconservación que poseen, por el cual retiran los individuos muertos lo más alejado posible de la colonia para evitar la propagación de enfermedades (Camargo 1972). Sin embargo este número es suficiente para evaluar el impacto causado por los insectici-

Tabla 1. Dosis recomendadas para el control de *Hypothenemus hampei*

Ing. Activo	Nombre	Formulación	Categoría Toxicológica	Dosis* (l/Ha)	Colonia de abejas
Endosulfan	Thiodan 35EC	C.E	I	1,7	1
Clorpirifos	Lorsban 4E	C.E	III	1,8	2
Testigo					3

* Bustillo et al. (1993).

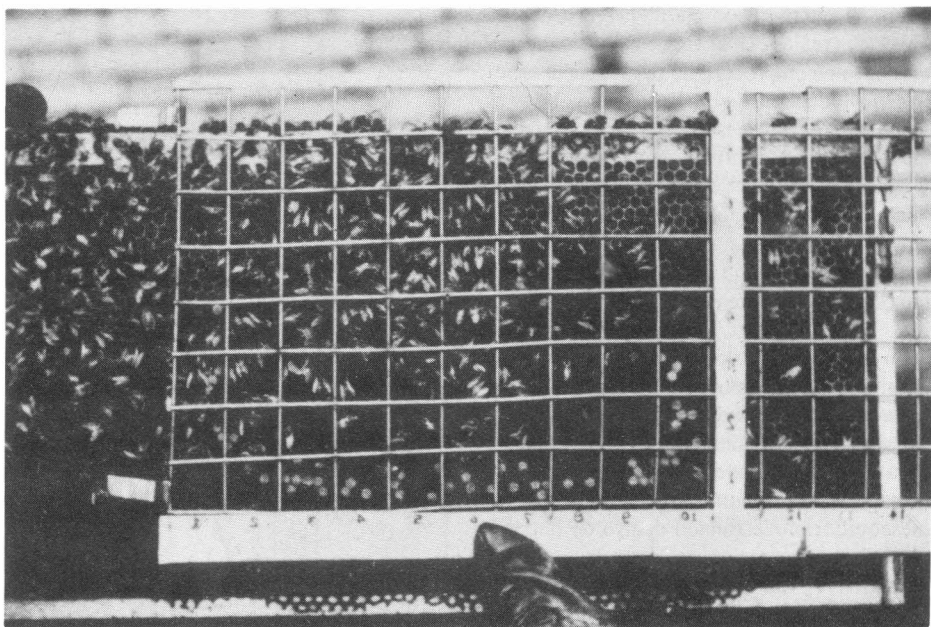


Figura 2. Instrumento utilizado para la medición de las áreas de cría en colonias de *Apis mellifera* L.

das, observándose alta mortalidad en las colonias. El efecto del endosulfan fue más prolongado (25 días), causando no solo mortalidad en los adultos sino en los estados inmaduros desde el inicio de la aspersión (Fig. 3). En relación al tratamiento clorpirifos la mortalidad se prolongó por espacio de 15 días y se registró 24 horas después de asperjado (Fig. 4).

Al analizar estadísticamente esta variable (análisis univariado al 5%) no se detectaron diferencias significativas entre el efecto causado por los insecticidas, pero sí al compararlos con respecto al testigo (Fig. 5).

Cuando una colonia se encuentra muy débil a causa de la reducción en su población de abejas, es muy sensible al ataque de otros insectos o agentes patógenos (Camargo 1972). Esta fue la situación observada en la colonia sometida al tratamiento con endosulfan, en don-

de, en la novena semana de evaluación, se registró un pico alto de mortalidad (Fig. 3), además de numerosas abejas enfermas que presentaban abultamiento del abdomen: se observaron copiosas deyecciones de color amarillo en el interior de la cámara, en la plataforma de vuelo y en cercanías de la colonia. La incapacidad de las abejas para emprender el vuelo fue manifiesta. Además, se encontró una elevada población de hormigas del género *Solenopsis* sp., invadiendo la colonia aprovechando la incapacidad defensiva de la colmena.

Las pérdidas causadas por los insecticidas sobre la población de obreras incide directamente sobre el equilibrio biológico de las colonias debido a que funciones pre-establecidas en cada casta varían inevitablemente; las abejas que hasta en ese momento se dedicaban a la alimentación, limpieza y mantenimiento tienen que salir en búsqueda del alimento nece-

sario para su supervivencia, descuidándose tanto las nuevas generaciones como la alimentación de la reina, reduciéndose las áreas de cría (Fritzch y Bremer 1975).

En relación con el tratamiento de endosulfan, la reducción de las áreas de cría fue más drástica, iniciándose a partir de la quinta semana de evaluación (Fig. 6), resultado que sugirió el posible impacto directo del insecticida sobre la reina, causando su muerte inmediata o alguna disminución en su capacidad de oviposición, alteraciones que fueron detectadas por las abejas las cuales hacia la sexta semana de evaluación iniciaron la construcción de celdas reales con el fin de seleccionar una nueva reina en procura de perpetuar la especie. La reducción de las áreas de cría llegó al punto mínimo hacia la novena semana en donde no se encontró ningún cuadro que contuviera reserva alimenticia, cría abierta (huevos, larvas) o cerrada (pupas). Esta colonia tiende a la recuperación hacia la décima semana de evaluación en donde se registraron las áreas de cría correspondientes a la nueva reina.

Con respecto a la colonia perteneciente al tratamiento con clorpirifos, a pesar de que no ocurrió un impacto directo sobre la reina, si se observó una disminución en las áreas de cría, particularmente hacia las semanas séptima y octava, resultado que se atribuye al desequilibrio ocasionado dentro de la colonia por efecto de la mortalidad, sin embargo, gracias a la extraordinaria fertilidad de la reina, la colonia tuvo la capacidad de recuperarse, reemplazando los individuos muertos, reanudándose así la dinámica y la división de trabajo en la colmena, aunque esta recuperación nunca logró superar o igualar al testigo el cual siempre mostró una tendencia a aumentar sus áreas de cría a través del tiempo (Fig. 5).

En cuanto a los análisis cromatográficos realizados a las muestras de miel, no se detectó la presencia de insecticidas, debido a que en el momento de su aplicación, los cafetales no se encontraban en máxima floración, siendo necesario el abastecimiento de néctar a partir de otras especies vegetales no contaminadas.

En el caso de las abejas muertas analizadas, se registró la presencia de trazas de endosulfan, las cuales variaron entre 0,02 ppm y 0,6 ppm, lo cual es explicable por la afinidad de este producto con los tejidos grasos del insecto.

A la luz de estos resultados, se concluye que el uso indiscriminado de insecticidas en la zona cafetera causará un impacto negativo sobre la fauna benéfica, cuya severidad variará de acuerdo con el tipo de insecticida, tecnología de aspersión empleada y a las frecuencias y

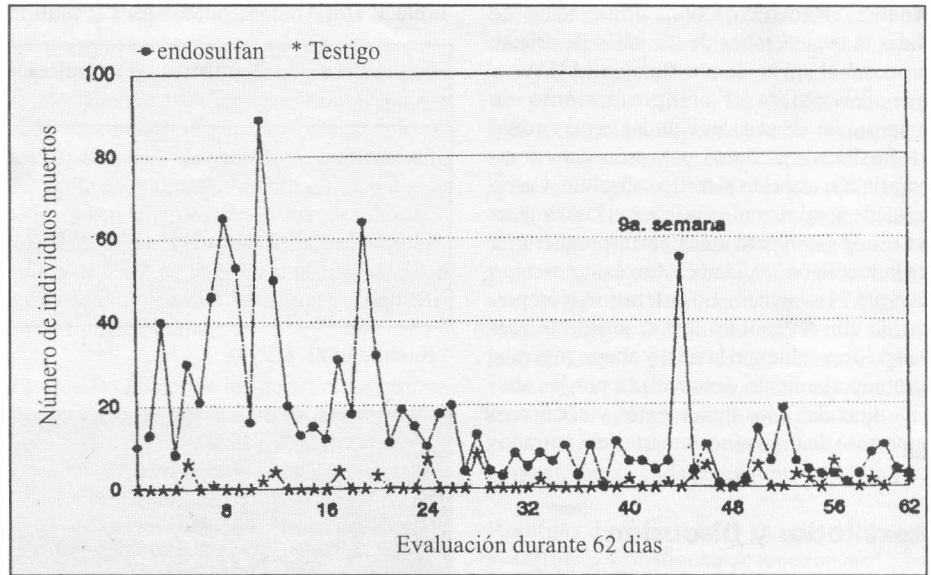


Figura 3. Mortalidad diaria de *A. mellifera* L., por efecto del insecticida endosulfan.

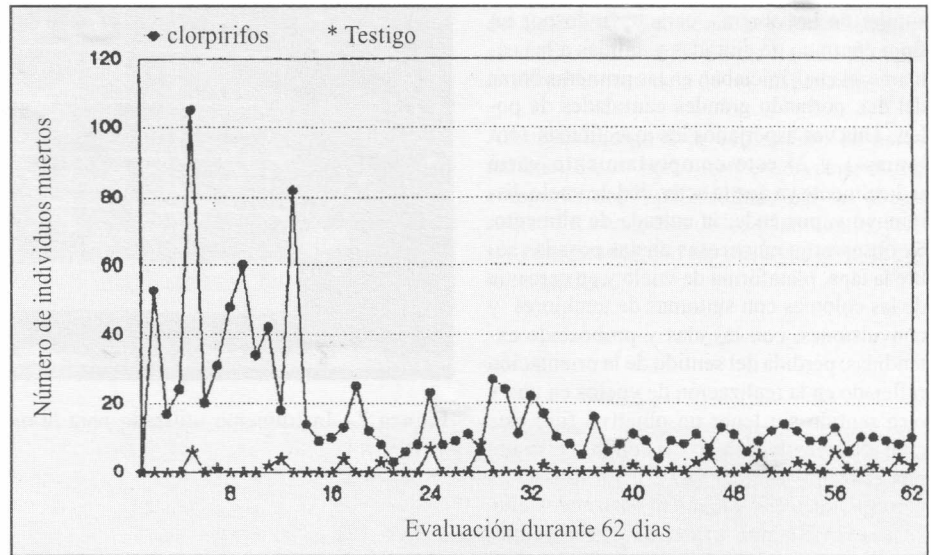


Figura 4. Mortalidad diaria de *A. mellifera* L., por efecto del insecticida clorpirifos.

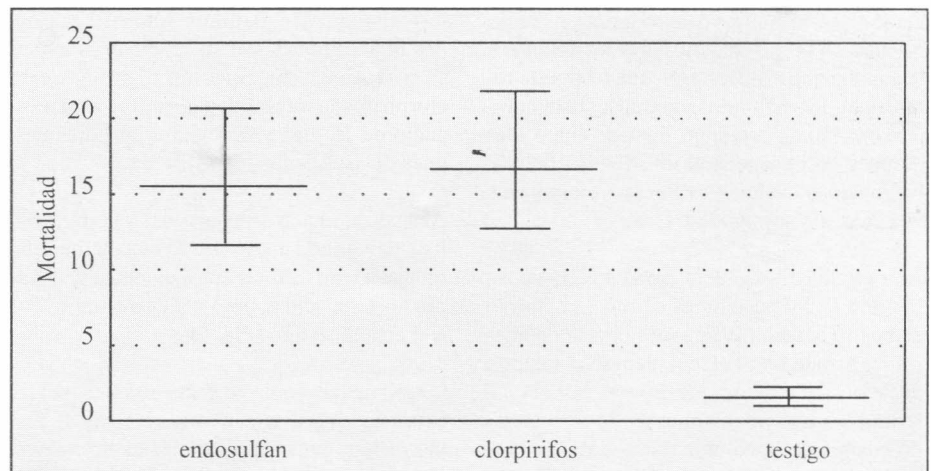


Figura 5. Mortalidad promedio de *A. mellifera* L., causada por los insecticidas endosulfan y clorpirifos al cabo de sesenta y dos días (Límite de confianza 95%).

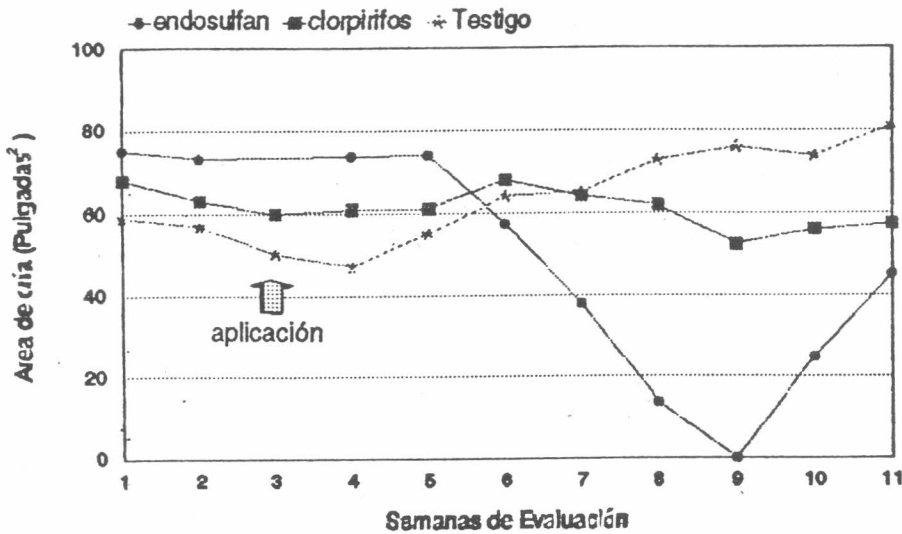


Figura 6. Efecto de endosulfan y clorpirifos sobre la mortalidad de colonias de *A. mellifera* L del área de cría.

épocas de aplicación, generando como consecuencia nuevos problemas fitosanitarios que limitarán las opciones de actividades productivas como la apicultura, entre otras.

Bibliografía

AL -TIKRITY, W.S.; HILLMANN, R.C.; BENTON, A.W., CLARKE, W.W. 1972. New instrument for brood measurement in a honey bee colony. American Bee Journal (Estados Unidos) v. 1, p. 20-26.

ARZONE, A. 1986. Accertamento della tossicità dei fitofarmaci verso l'ape Apicoltura in Sardegna. Istituto de Entomologia e Apicoltura. Univ. Torino. Turin Italy No. 22: 63-67. (Resumen consultado en Review of Applied Entomology (Inglaterra) v. 76 no. 1, p. 51.

BARBERA, C. 1989. Pesticidas Agrícolas. 4a. ed. Barcelona (España). Ediciones Omega. 603p.

BUSTILLO, A. 1995. El uso del hongo *Beauveria bassiana* como un componente en un programa de manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei*. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, Bogotá (Colombia), julio 26-28, 1995. Memoria SOCOLEN Bogotá. p. 79-85.

BUSTILLO, A.; VILLALBA, D.; CHAVES, B. 1993. Consideraciones sobre el uso de insecticidas químicos en la zona cafetera en el control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. En Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, Cali (Colombia), julio 13-16. Memorias SOCOLEN. p. 152-158.

CAMARGO M.F.J. 1972. Manual de apicultura. Editora Agronomica Ceres. Sao Paulo (Brasil) 252 p.

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE 1994. Chinchiná (Colombia). Peligros del uso de insecticidas para el control de la broca del café. Brocarta (Colombia) No. 19, 1-2. Enero 30.

DUQUE, H. 1995. Investigación socioeconómica en Manejo Integrado de la Broca. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, Bogotá (Colombia), Julio 26-28, 1995. Memoria: SOCOLEN. p. 91-101.

EL- SAYED, A.M.K.; ABDEL- AAL Y.A.I. 1973. *In vivo* and *in vitro* anticholinesterase activity of Matacil and Dursban in relation to temperature. Zeitschrift Angewandte Entomologie (Alemania). 73(2):132-136. (Re-

sumen en Review of Applied Entomology v. 63. no. 8, p. 791-792.1975.

FRITZCH, W.; BREMER, R. 1975 Higiene y profilaxis en apicultura. Zaragoza (España). Editorial Acribia. 182 p.

GIORDANI, G.; SABATINI, A.G.; CELLI, G.; NARDI, M. 1979. Endosulfan e api. Ripercussioni dei trattamenti con endosulfan su *Apis mellifera* L. bottinante in campi di medica da seme in fiore di Bologna (Italia) 34: 126-143 (Resumen en Review of Applied Entomology v. 69 no. 4, p. 247. 1988).

JARAMILLO, A. 1995. Comunicación personal. Disciplina de Entomología, Cenicafe, Chinchiná.

KOSTANTINOVIC, B. 1977. Influence of some pesticides on egg-laying capacity of queen bees and the role of queen supersedure international beekeep congress, 26. Proceedings. p. 469-470. Citado por CRANE, E.; WALKER, P. 1993. The impact of pest management on bees and pollination. London Tropical Development and Research Institute. 107 p.

MAZZONE, P.; VIGGIANI, G. 1988. Effetti collaterali di fitofarmaci su artropodi utili. Bolletino del laboratorio de entomologia agraria-Filippo Silves. 45:59-66. (Resumen en Review of Applied Entomology, 1991. p. 280.)

MORSE, R. A. 1959. Unpublished data. Department of Entomology. Cornell University Ithaca, New York. Citado por: GARY, N. 1960. A trap to quantitatively recover dead an abnormal honeybees from the hive. Journal of Economic Entomology v. 53 no. 5, p. 782-785.

MOSQUERA, R. 1994. Importancia de polinización en el Cultivo del Café (*Coffea sp*) y Otros Cultivos de la Zona Cafetera. Cali (Colombia) Comité de Cafeteros del Valle. Unidad de Diversificación y Fomento Cafetero. (Mimeografiado). 14 p.

VILLALBA, D.; BUSTILLO, A.; CHAVES, B. 1995. Evaluación de Insecticidas Químicos para el Control de la Broca del Café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá (Colombia), Julio 26-28, 1995. Memorias SOCOLEN. p. 109-114.