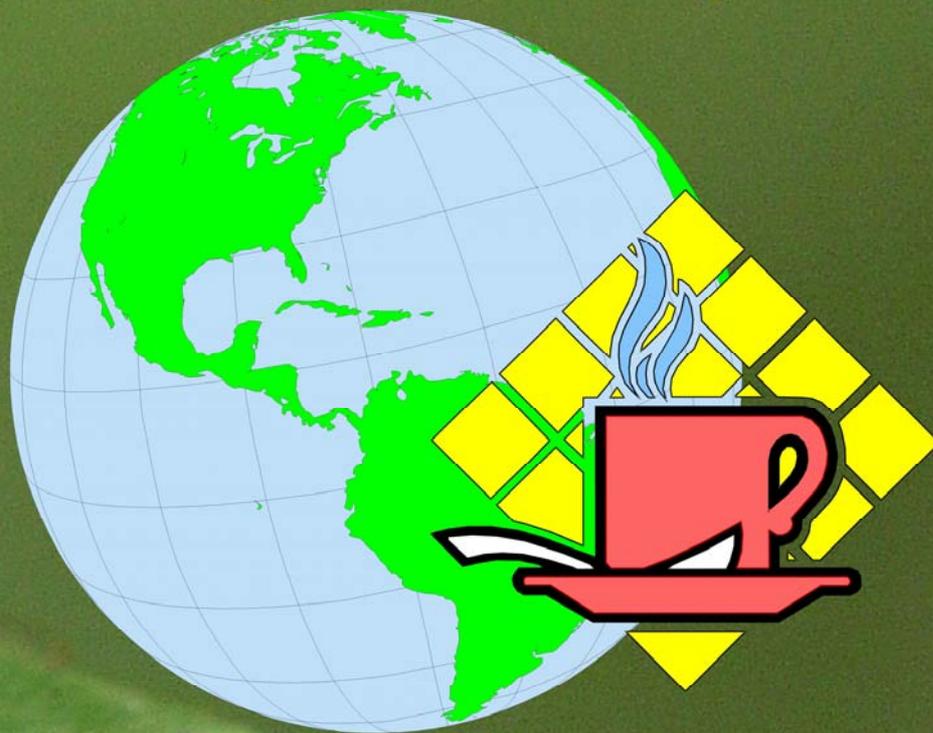


La Broca del Café en América Tropical Hallazgos y Enfoques



Editores:

**Juan F. Barrera
Armando García
Víctor Domínguez
Cándido Luna**

La presente obra es resultado de un Simposio Internacional realizado en como evento paralelo al VII Congreso Latinoamericano de Entomología y XLII Congreso Nacional de Entomología, celebrados en Acapulco, Guerrero, México, del 17 al 21 de junio de 2007. Participaron investigadores y técnicos de varios países cafetaleros de América Tropical que desarrollan investigaciones y programas operativos contra la broca del café (**Hypothenemus hampei**), con el objetivo de compartir hallazgos y enfoques para mejorar el manejo de esta importante plaga que afecta a miles de agricultores.



La Broca del Café en América Tropical:
Hallazgos y Enfoques

LA BROCA DEL CAFÉ EN AMÉRICA TROPICAL: HALLAZGOS Y ENFOQUES

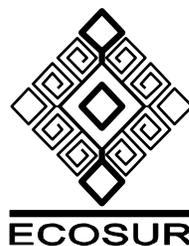
EDITADO POR:

JUAN F. BARRERA
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR, MÉXICO

ARMANDO GARCÍA
IICA-PROMECAFÉ, GUATEMALA

VÍCTOR DOMÍNGUEZ
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO, MÉXICO

CÁNDIDO LUNA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO, MÉXICO



MÉXICO

SOCIEDAD MEXICANA DE ENTOMOLOGIA

CONSEJO DIRECTIVO 2005-2007

Cándido Luna León

Presidente

Jorge R. Padilla Ramírez

Primer Vicepresidente

Sergio G. Stanford Camargo

Segundo Vicepresidente

Marcela P. Ibarra González

Secretaria

José Luis Rosas Acevedo

Tesorero

EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

José Pablo Liedo Fernández

Director General

Lorena Soto

Director de División

Guillermo Ibarra Núñez

Director de Unidad

Jorge Toledo

Jefe de Departamento

Responsable Editorial

Sociedad Mexicana de Entomología, A. C.

Insecto de la Portada: La broca del café, *Hypothenemus hampei*

Diseño de la Portada: Juan F. Barrera

Primera edición: 2007

©**Editores:** Juan F. Barrera, Armando García, Víctor Domínguez y Cándido Luna

©**Para la presente edición:** El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Antiguo Aeropuerto Km. 2.5, Tapachula. C. P. 30700, Chiapas, México, www.ecosur.mx

ISBN: 978-970-9712-43-8

ISBN: 978-970-9712-44-5 **versión disco compacto**

@ D. R. Todos los derechos reservados conforme a la ley

Impreso y Hecho en México

Printed and Made in Mexico

PRÓLOGO

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) ha forjado una historia de más de 90 años en la cafecultura de América tropical. Los productores de café de la basta mayoría de los países cafetaleros de esta región del mundo, saben lo que la presencia de la broca significa en daños para la calidad y rendimiento del aromático grano. En un esfuerzo por reducir estas pérdidas, los países afectados llevan a cabo campañas o programas en contra de esta temible plaga. Asimismo, realizan investigaciones para generar conocimientos y tecnologías que contribuyan a crear o fortalecer estrategias y tácticas de manejo.

La presente obra titulada "*La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques*", es resultado del Simposio Internacional Broca del Café, realizado en Acapulco, Guerrero, México, del 17 al 21 de junio de 2007 en el marco del VII Congreso Latinoamericano de Entomología y XLII Congreso Nacional de Entomología. En el Simposio se expusieron 15 ponencias que representaron a nueve países: Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Panamá y República Dominicana.

Algunas de las ponencias expusieron la situación actual de la broca del café, enfatizando en los problemas y avances logrados por los programas operativos o campañas de control, capacitación y difusión.

Otras ponencias dieron a conocer importantes resultados logrados por la investigación, desde aspectos tan básicos como la genética de la broca hasta nuevas alternativas de control todavía por explorar como los nematodos entomopatógenos.

Otras más, proporcionaron información que permite mejorar, a través de la ecología química, el desempeño de agentes de control biológico como los parasitoides; o mediante la cosecha sanitaria mejorar la eficiencia del trapeo de la broca, una de las tácticas más novedosas y llamativas para los productores de café por su capacidad para eliminar las brocas procedentes de las emergencias masivas durante la intercosecha.

Además de estos hallazgos, se dieron a conocer nuevos enfoques para el manejo de la broca como fue el caso del manejo Holístico de Plagas, estrategia que se vislumbra como el paso siguiente en la evolución del Manejo Integrado de Plagas.

Sin duda, esta obra será del interés de todo aquel que pretenda actualizarse sobre los hallazgos más recientes en la investigación y manejo de la broca del café, pero también, estamos seguros, estimulará la imaginación de quienes insatisfechos, se atreven a explorar nuevos rumbos, nuevos enfoques.

LOS EDITORES

16 de Junio de 2007, Tapachula, Chiapas, México

PARTICIPANTES

Luis Augusto Alejo Domínguez. Ingeniero Agrónomo Especialista en Zonas Tropicales, egresado en 1999, de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. Coordinador de la Campaña contra la Broca del Café en San Luis Potosí del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de SLP (CESAVESLP) desde 1999. Experiencia en el manejo integrado de plagas con énfasis en broca del café. Habilidad en la reproducción masiva de *Beauveria bassiana* y reproducción de los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* para el control de la broca del café.

Elmer Moisés Arias Zepeda. Técnico del Departamento de Protección Vegetal, Fundación Salvadoreña para investigaciones del café (PROCAFÉ), El Salvador.

Juan Francisco Barrera Gaytán. Doctor en Entomología Aplicada egresado en 1994 de la Universidad Paul Sabatier, Toulouse, Francia. Investigador de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) desde 1983. Experto en bioecología y manejo integrado de plagas en cafetales con énfasis en la broca del café. Muestreo para la toma de decisiones, control biológico y manejo holístico de plagas. Ex-presidente de la Sociedad Mexicana de Control Biológico. Editor de "Tres Plagas del café en Chiapas" (2002) y co-editor de "El Cafetal del Futuro (2006).

Arturo Bello Rivera. Ingeniero Agrónomo especialista en Parasitología Agrícola egresado de la Universidad Autónoma Chapingo en 2002. Del 2003 a la fecha ha trabajado para la Dirección General de Sanidad Vegetal-SENASICA-SAGARPA, como responsable de las Campaña Fitosanitarias Manejo Fitosanitario del Agave, Cochinilla Rosada, Campaña Preventiva Contra la Palomilla del Nopal (*Cactoblastis cactorum*) y participa en la implementación y desarrollo de la Campaña contra Broca del Café en México.

Pablo Benavides Machado. Ingeniero Agrónomo egresado en 1993 de la Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. Doctor en Entomología y Genética egresado en 2003 de Purdue University, Indiana, E.U.A. Investigador desde 1993 y Coordinador de la Disciplina de Entomología del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ). Experto en Manejo Integrado de Plagas, Control Biológico y Genética de Insectos.

José Efraín Camilo. Técnico del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), República Dominicana.

Oscar Guillermo Campos Almengor. Ingeniero Agrónomo, licenciado en Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala. Estudios de postgrado en el CIRAD CP, Montpellier, Francia, Universidad de San Carlos y Colegio de Ingenieros Agrónomos de Guatemala, en reproducción de insectos benéficos con dietas artificiales y evaluación de impacto ambiental. Impulsor en Guatemala del Manejo Integrado de la broca, con 28 años de labor en investigación en la Asociación Nacional del Café (ANACAFE), con énfasis en broca del café.

Guillermo Canet. Presidente ejecutivo de PROMECAFE, Guatemala.

Alfredo Castillo Vera. Doctor en Entomología y Acarología egresado en 2005 del Colegio de Posgraduados, México. Investigador de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) desde 1986. Experto en biología y ecología de insectos plaga, con énfasis en control biológico, manejo de plagas y protección de cultivos tropicales.

Toribio Contreras. Técnico del Consejo Dominicano del Café (CODOCAFE), República Dominicana.

Pilar Chiu Alvarado. M. en C. en Entomología y Acarología egresada en 1999 del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. Candidato a doctor por la Universidad de Oxford, Inglaterra. Área de interés: entomología, control biológico de plagas con parasitoides y ecología química de parasitoides.

Kathy M. Dalip. PhD (1999) de la University of the West Indies en Manejo de Plagas. Entomólogo del Caribbean Agricultural Research and Development Institute, Belice, especializado en manejo y epidemiología de plagas. Participó como coordinador del proyecto de Control Biológico de la Broca del Café en Jamaica de 2001 a 2004.

Víctor Manuel Domínguez Márquez. Doctor en Entomología y Acarología egresado en 2002 del Colegio de Posgraduados, México. Profesor Investigador de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero, México desde 1983. Con especialidad en control biológico, con énfasis en control microbial. Actualmente desarrolla el proyecto: "Colecta e identificación de hongos entomopatógenos nativos para su utilización en control biológico de plagas agrícolas en el estado de Guerrero".

Bernard Pierre Dufour. Doctor en Parasitología, Patología y Relaciones Ecofisiológicas, egresado en 1982 de la Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, Francia. Investigador del CIRAD desde 1982. Experto en control de plagas de café y cacao. Especializado en control biológico de la broca del café, en tecnología y estrategia del trapeo y técnicas olfatométricas. Co-inventor de la trampa BROCAP.

Felipe Franco Franco. Universidad de El Salvador y Fundación Salvadoreña para Investigaciones del café (PROCAFÉ), El Salvador.

Jaime Gómez Ruiz. Doctor en Ecología y Desarrollo Sustentable egresado en 2005 de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Investigador de ECOSUR desde 1992. Alta experiencia en manejo integrado de plagas en cafetales con énfasis en la broca del café y sus enemigos naturales.

Edgar Armando García González. Doctor en Entomología Aplicada egresado en 1991 de la Universidad Paul Sabatier, Toulouse, Francia. Ha sido encargado del Departamento de Capacitación/Divulgación y coordinador del Área Protección Vegetal de la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ), Guatemala; consultor internacional de FAO, IICA, SASA, AMBEC, IDES; asesor técnico del Programa Café de CODOCAFE/IDIAF, República Dominicana; coordinador de Proyectos Internacionales de Broca del Café de IICA-PROMECAFÉ, Guatemala y actualmente es Especialista Técnico de PROMECAFE.

Margarito González Coutiño. Ingeniero Agrónomo especialista en Parasitología Agrícola, egresado en 2002 de la Universidad Autónoma Chapingo. Auxiliar de Inspección Fitozoosanitaria en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, D.F. (2003-2006). Actualmente, Profesional Ejecutivo de Servicios Especializados enlace "C", Coordinador de la campaña contra la broca del café, carbón parcial del trigo y trips oriental, en la Dirección de Protección Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal.

Julio César Grande Meléndez. Técnico del Departamento de Protección Vegetal, Fundación Salvadoreña para investigaciones del café (PROCAFÉ), El Salvador.

Adán Hernández. Doctor egresado en 1997 de la escuela doctoral Ecología y Evolución de la Universidad Montpellier II, Montpellier, Francia. Investigador de La Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café (PROCAFÉ) desde 1991. Experto en Nematología y manejo integrado de plagas del cultivo del cafeto. Responsable del programa de protección vegetal de PROCAFÉ y de los laboratorios de control biológico de la broca, laboratorios de diagnóstico fitosanitario. Forma parte del comité editor del Manual del Caficultor, editado en 2007.

Joel Herrera Muñoz. Técnico agrícola fundador del Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, hoy El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Tapachula, Chiapas, México en 1974. Con más de 30 años de experiencia como técnico del proyecto Manejo Integrado de Plagas de ECOSUR. Ha trabajado con plagas del algodón (*Anthonomus grandis*) y del café (*Hypothenemus hampei*). Experiencia en trapeo y control biológico de broca con parasitoides.

Candido Luna León. Maestro en Ciencias en Entomología y Acarología egresado del Colegio de Posgraduados, México. Profesor Investigador de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero, México. Actualmente es Presidente de la Sociedad Mexicana de Entomología.

Gusland E. McCook. MSc (pasante) de la University of the West Indies en Producción y Protección de Plantas. Agrónomo e investigador del Coffee Industry Board de Jamaica. Participó como investigador del proyecto de Control Biológico de la Broca del Café en Jamaica de 1999 a 2004.

Harry Pérez Armuelles. Maestría en Protección Vegetal, egresado de la Universidad Nacional de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2006. Funcionario de la Coordinación Regional de Sanidad Vegetal-MIDA, Chiriquí desde 1999. Vigilancia fitosanitaria. Coordinador del Programa de la Broca del fruto del cafeto en Panamá

Martín Ramírez Del Ángel. Maestro en Ciencias en Protección Vegetal egresado en 1999 de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. Subdirector de Campañas en la Dirección General de Sanidad Vegetal, dependiente del Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Experiencia en la planeación, organización, supervisión y evaluación de campañas fitosanitarias. Desde 1994 coordina la operación de la campaña contra la broca del café. Trabajo desarrollados sobre metodologías de muestreo, normatividad fitosanitaria y experto técnico en la certificación de productos agrícolas, reconocimiento otorgado por la Entidad Mexicana de Acreditación.

Dwight E. Robinson. PhD (1997) de la University of the West Indies en Manejo de Plagas y Plaguicidas. Profesor en el Departamento Life Sciences de la Faculty of Pure and Applied Sciences desde 2001, especializado en entomología y manejo de plagas. Asesor técnico del proyecto de Control Biológico de la Broca del Café en Jamaica de 1999 a 2004.

Marcial Rodríguez Rodríguez. Maestro en Sanidad Vegetal, énfasis en entomología en 1984, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, Coordinador del Programa Manejo Integrado de Plagas del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE), Honduras. Cinco años como jefe Nacional de Cuarentena Agropecuaria de Honduras.

Mainor Rojas Barrantes. Ingeniero Agrónomo, Magíster en Producción de Cultivos de la Universidad de Chile, Santiago de Chile. Coordinador del Programa de Investigación en Entomología, Centro de Investigaciones en Café, Instituto del Café de Costa Rica.

Julio Cesar Rojas León. Doctor en ecología química por la Universidad de Oxford, Inglaterra en 1998. Investigador de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Su área de interés incluye el estudio del comportamiento y la ecología sensorial de los insectos. Ha estado investigando el involucramiento de feromonas en el comportamiento sexual y de agregación de triatomíneos, lepidópteros y curculiónidos, así como el comportamiento de localización de hospederas de insectos herbívoros y parasitoides, entre ellos el estudio de la relación tritrófica cafeto-broca-parasitoides.

Susana Romero Bautista. Ingeniero Agrónomo especialista en Parasitología Agrícola, egresada en 2004 de la Universidad Autónoma Chapingo. Auxiliar en la Subdirección de Cordones Cuarentenarios Fitozoosanitarios Norte Centro, en la Dirección General de Inspección Fitozoosanitaria México, D.F. (2004-2006). Actualmente, Profesional Ejecutivo de Servicios Especializados enlace "C", Coordinador del Programa Nacional contra Broca del Café en los Estados de Puebla, Veracruz y Tabasco, Coordinador de las campañas contra langosta, moniliasis del cacao y moko del plátano, en la Dirección de Protección Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal.

Armando Virgen. Técnico de la Línea de Ecología Química de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en Tapachula, Chiapas, México.

AGRADECIMIENTOS

Estamos muy agradecidos con los renombrados expositores, quienes aceptaron nuestra invitación para participar en el Simposio Internacional sobre Broca del Café 2007. También, queremos expresar nuestro agradecimiento a los patrocinadores de este Simposio, quienes hicieron posible la participación de los expositores. En particular, se agradece al Ing. Guillermo Canet y al Dr. Armando García del IICA-PROMECAFÉ, organismo que financió la participación de los expositores provenientes de América Central y El Caribe. Al Ing. Alberto Soria V., director de BIOTROPIC, S.A. de C.V., empresa productora de organismos de control biológico localizada en Zapópan, Jalisco. México, quien financió el viaje y estancia del Dr. Pablo Benavides de Colombia. Al Dr. Javier Trujillo Arriaga, director general de Sanidad Vegetal (SENASICA-SAGARPA), que hizo posible la participación del M. en C. Martín Ramírez Del Ángel. A la Campaña contra la Broca del Café en San Luis Potosí que apoyó la participación del Ing. Luis Augusto Alejo Domínguez. ECOSUR, a través de las líneas de investigación de Ecología Química y Manejo Integrado de Plagas financiaron la participación del Dr. Bernard Dufour (El Salvador), la M. en C. Pilar Chiu-Alvarado, el Dr. Alfredo Castillo Vera y el Dr. Juan F. Barrera. También nuestro reconocimiento al Consejo Directivo 2005-2007 de la Sociedad Mexicana de Entomología, especialmente al M. en C. Cándido Luna León, Presidente, por habernos dado la oportunidad y el espacio para llevar a cabo este Simposio como evento paralelo al VII Congreso Latinoamericano de Entomología y XLII Congreso Nacional de Entomología, celebrados en Acapulco, Guerrero, México, del 17 al 21 de junio de 2007. Adalberto Aquino contribuyó con la impresión de las portadas y encuadernación del libro y Giber González apoyó con en la logística de la paginación y fotocopiado.



www.biotropic.com.mx

*“Soluciones Biológicas para
la Agricultura Moderna”*

CONTENIDO

Prólogo	<i>i</i>
Participantes	<i>iii</i>
Agradecimientos	<i>vii</i>
EL PAPEL REGIONAL DE PROMECAFE EN INVESTIGACIÓN, CAPACITACIÓN Y CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ (THE REGIONAL ROLE OF PROMECAFE IN RESEARCH, TRAINING AND CONTROL OF THE COFFEE BERRY BORER). GUILLERMO CANET BRENES & ARMANDO GARCÍA , PROMECAFE, GUATEMALA.....	1
35 AÑOS DE EXPERIENCIAS SOBRE LA BROCA DEL CAFÉ EN GUATEMALA (35 YEARS OF EXPERIENCES ON THE COFFEE BERRY BORER IN GUATEMALA). OSCAR G. CAMPOS-ALMENGOR , ANACAFE, GUATEMALA.....	7
ACCIONES Y ESTRATEGIAS ANTE LA BROCA DEL CAFÉ EN COSTA RICA (ACTIONS AND STRATEGIES AGAINST THE COFFEE BERRY BORER IN COSTA RICA). MAINOR ROJAS BARRANTES , CICAFAE, COSTA RICA.....	17
MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFÉ EN HONDURAS (INTEGRATED COFFEE BERRY BORER MANAGEMENT IN HONDURAS). MARCIAL RODRÍGUEZ , IHCAFÉ, HONDURAS.....	25
MANEJO DE LA BROCA DEL CAFÉ EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ (COFFEE BERRY BORER MANAGEMENT IN THE REPUBLIC OF PANAMA). HARRY PÉREZ ARMUELLES , MIDA, PANAMÁ.....	33
THE EFFECT OF <i>CEPHALONOMIA STEPHANODERIS</i> (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE) ON INFESTATIONS OF THE COFFEE BERRY BORER <i>HYPOTHENEMUS HAMPEI</i> (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN JAMAICA [EFECTO DE CEPHALONOMIA STEPHANODERIS (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE) SOBRE LA INFESTACIÓN DE LA BROCA DEL CAFÉ HYPOTHENEMUS HAMPEI (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN JAMAICA]. DWIGHT E. ROBINSON, KATHY M. DALIP & GUSLAND MCCOOK , CARDI, UWI, CIB, JAMAICA.....	37
SITUACION DE LA BROCA DEL CAFÉ EN REPUBLICA DOMINICANA (SITUATION OF THE COFFEE BERRY BORER IN THE DOMINICAN REPUBLIC). TORIBIO CONTRERAS Y JOSÉ E. CAMILO , CODOCAFE, IDIAF, REPÚBLICA DOMINICANA.....	43
DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFÉ EN EL SALVADOR (IMPLEMENTATION OF THE INTEGRATED COFFEE BERRY BORER MANAGEMENT PROGRAM IN EL SALVADOR). ADÁN HERNÁNDEZ, ELMER MOISÉS ARIAS ZEPEDA & JULIO CESAR GRANDE MELÉNDEZ , PROCAFÉ, EL SALVADOR.....	57
CAMPAÑA NACIONAL CONTRA LA BROCA DEL CAFÉ EN MEXICO: OPERACIÓN Y PERSPECTIVAS (NATIONAL PROGRAM AGAINST THE COFFEE BERRY BORER IN MEXICO: IMPLEMENTATION AND PERSPECTIVES). MARTÍN RAMÍREZ DEL ÁNGEL, MARGARITO GONZÁLEZ C., ARTURO BELLO R. & SUSANA ROMERO B. , DGSV-SAGARPA-SENASICA, MÉXICO.....	73
CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ EN SAN LUIS POTOSI, MÉXICO: SITUACION ACTUAL, PROBLEMÁTICA Y SOLUCIONES. (CONTROL OF THE COFFEE BERRY BORER IN SAN LUIS POTOSÍ, MEXICO: CURRENT SITUATION, BACKGROUND AND SOLUTIONS). LUIS A. ALEJO DOMÍNGUEZ , CESVSLP, MÉXICO.....	83
EVALUACIÓN DEL TRAMPEO EN EL MARCO DEL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFÉ (EVALUATION OF THE TRAPPING TECHNIQUE INSIDE THE INTEGRATED COFFEE BERRY BORER MANAGEMENT). BERNARD P. DUFOUR, FELIPE FRANCO FRANCO & ADÁN HERNÁNDEZ , CIRAD/PROMECAFE/ PROCAFÉ, EL SALVADOR.....	89

ASPECTOS GENÉTICOS DE LA BROCA DEL CAFÉ (GENETIC ASPECTS OF THE COFFEE BERRY BORER). PABLO BENAVIDES MACHADO , CENICAFÉ, COLOMBIA.....	101
NEMATODOS PARÁSITOS DE LA BROCA DEL CAFÉ (PARASITIC NEMATODES OF THE COFFEE BERRY BORER). ALFREDO CASTILLO VERA , ECOSUR, MÉXICO.....	111
COMPORTAMIENTO DE LOCALIZACION DE HUESPED POR LOS PARASITOIDES DE LA BROCA DEL CAFÉ (HOST LOCATION BEHAVIOR BY THE COFFEE BERRY BORER'S PARASITIDS). P. CHIU-ALVARADO, A. VIRGEN & J. C. ROJAS , ECOSUR, MÉXICO.....	121
RIESGO-VULNERABILIDAD HACIA LA BROCA DEL CAFÉ BAJO UN ENFOQUE DE MANEJO HOLÍSTICO (RISK-VULNERABILITY TO THE COFFEE BERRY BORER UNDER A HOLISTIC MANAGEMENT APPROACH). JUAN F. BARRERA, JOEL HERRERA & JAIME GÓMEZ , ECOSUR, MÉXICO.....	131

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 1-6. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

EL PAPEL REGIONAL DE PROMECAFE EN INVESTIGACIÓN, CAPACITACIÓN Y CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ

The regional role of PROMECAFE in research, training and control of the coffee berry borer

GUILLERMO CANET BRENES & ARMANDO GARCÍA

Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico de la Caficultura en Centroamérica, Panamá, República Dominicana y Jamaica. Oficinas del IICA Guatemala, Calzada Roosevelt, 6-25, zona 11 Edificio No.4 INCAP, Apdo. Postal 1815, Guatemala, C. A. armando.garcia@iica.org.gt

Palabras Clave: PROMECAFE, broca, investigación, Mesoamérica.

CONTENIDO

1. Introducción.....	2
2. Antecedentes.....	2
2.1. PROMECAFE.....	2
2.2. Broca del café.....	3
3. Proyectos de Cooperación e Investigación	3
3.1. Proyecto Control Biológico con Parasitoides	3
3.1.1. Participantes y objetivos	3
3.1.2. Introducción de parasitoides a la región	4
3.1.3. Producción de parasitoides en finca	4
3.1.4. Dietas artificiales para la broca.....	4
3.1.5. Parasitoides y MIB.....	4
3.1.6. Formación de recursos humanos.....	4
3.1.7. Estudios complementarios.....	4
3.1.8. Impacto del proyecto.....	5
3.2. Proyecto Manejo Integrado de Broca	5
3.2.1. Participantes y objetivos	5
3.2.2. Proceso participativo y parcelas MIB	5
3.2.3. Introducción de <i>Phymastichus coffea</i>	5
3.2.4. Formación de recursos humanos	5
3.2.5. Impacto del proyecto.....	5
4. Conclusiones.....	6
5. Agradecimientos.....	6
6. Literatura Citada.....	6

Resumen

PROMECAFE es una red de investigación y cooperación en café formada por los institutos del café de Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Jamaica, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. En 29 años, ha contribuido a mejorar la caficultura de estos países, conjugando esfuerzos regionales para un trabajo cooperativo y participativo,

realizando acciones coordinadas dentro de alianzas estratégicas. Desde 1982, inició un periodo muy importante de investigación y capacitación en broca del café (*Hypothenemus hampei*), realizando estudios bioecológicos y de control del insecto, que permitieron orientar programas de Manejo Integrado de la Broca (MIB) y reducir el uso de insecticidas y el costo de combate. Se desarrolló el control biológico con la introducción y multiplicación de parasitoides y entomopatógenos. Se estableció la cría rural de parasitoides y se desarrolló la trampa y los atrayentes

de captura. La capacitación y el intercambio de información tecnológica han sido importantes, apoyando a otros países, fuera de la región. Los avances han sido notables, generando mucha información sobre la broca y su manejo en México, Centroamérica y El Caribe. Técnicos y agricultores se familiarizaron con la plaga y la tecnología para su manejo y adoptaron tecnologías participativas. Esto se ha reflejado en la reducción de la infestación y la mejora de la calidad del grano, siendo ahora el MIB una práctica común en la región.

Abstract

PROMECAFE is a network of the coffee institutes of Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica, Panama, Dominican Republic and Jamaica, as well as the Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture and the Tropical Agricultural Research and Higher Education Center, for cooperation and research in coffee. During 29 years, it has contributed in improving coffee production in these countries through common regional efforts in a cooperative and participative work, carrying out coordinated activities in strategic alliances. An important period of research and training on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) began since 1982. Population ecology and pest management studies were carried out. These studies allowed an adequate orientation of Integrated Management of coffee berry borer (IMB) and reduction of the use of pesticides and management costs. Biological control was developed through introduction and multiplication of parasitoids and entomopathogens. The rural rearing of parasitoids was established with growers and traps and attractants were developed. The exchanges of technical information and experiences have been crucial in aiding countries within and beyond the region. Great advances have been made, generating a great deal of information on the pest and its management throughout Mexico, Central America and the Caribbean. Coffee growers and technicians have become familiarized with the pest and its management, and they have adopted participative methodologies. These have been reflected in reduction of infestation and improvement of quality of the grain, making the IMB a common practice in the region.

1. Introducción

PROMECAFÉ, es decir, el Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura en Centroamérica, Panamá, República Dominicana y Jamaica, dependiente del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), ha desarrollado importantes actividades en torno a la investigación y transferencia de tecnología sobre broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae).

El objetivo de este trabajo es describir los antecedentes del programa y sus principales aportes en los últimos 29 años.

2. Antecedentes

2.1. PROMECAFE

En 1977, el IICA tuvo en consideración la ejecución de un proyecto con el propósito de mejorar y desarrollar la tecnología aplicada a la caficultura de la región mesoamericana. Así, en 1978 surgió PROMECAFE (IICA-PROMECAFÉ 1988, 1999).

La estrategia principal de PROMECAFE fue hacer frente a las amenazas sanitarias (la broca del fruto, *H. hampei*, detectada en Guatemala en 1971, y la roya de la hoja *Hemileia vastatrix*, detectada en Nicaragua en 1976), nunca antes vistas en la caficultura regional y ante las cuales los organismos de la región no estaban preparados.

Inicialmente, su ejecución estuvo dirigida por el IICA con participación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), los cinco países Centroamericanos, México, Panamá y República Dominicana, quienes suscribieron un convenio de operaciones para tal fin, y con el cual también se hizo posible la concurrencia del apoyo técnico y financiero.

Para el arranque del programa fue determinante un aporte del ex Instituto Brasileño del Café (IBC). Posteriormente, otras contribuciones para proyectos específicos vinieron del Instituto de Investigaciones en Café-cacao (IRCC), absorbido por el Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Francia; la Comisión Económica Europea (CEE), del Centro de Investigaçao das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), Portugal; las Universidades de Vicosá y Campinas, Brasil; de Programa para América Central de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos (AID-ROCAP); y más recientemente del Fondo Común para los Productos Básicos (FCPB); del Banco Interamericano de Desarrollo- Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (BID-FONTAGRO); y actualmente de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI).

PROMECAFÉ cuenta con una dirección superior, constituida por el Consejo Directivo, integrado por los titulares de los organismos cafeteros miembros, el IICA, el CATIE y los cooperantes. Además, un Secretario Ejecutivo y un Comité Técnico, constituido por los Gerentes Técnicos de las instituciones.

Las acciones del Programa responden a demandas tecnológicas prioritarias de sus socios; los productos están documentados y valorados positivamente en evaluaciones externas realizadas desde 1984. Con todo ello se ha continuado la investigación y transferencia de tecnología, la vinculación y la cooperación horizontal recíproca entre los países miembros, definiendo a su vez una mayor pertenencia al programa. Esta apreciación y reconocimiento ha resultado en continuidad, por lo cual

el convenio original de los países con IICA y CATIE ha sido suscrito por periodos consecutivos.

En la actualidad los socios de PROMECAFE son los siguientes:

- Asociación Nacional del Café, ANACAFE, Guatemala.
- Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, PROCAFE, El Salvador.
- Consejo Salvadoreño del Café, El Salvador.
- Instituto Hondureño del Café, IHCAFE, Honduras.
- Instituto del Café de Costa Rica, ICAFE, Costa Rica.
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá.
- Consejo Dominicano del Café, República Dominicana.
- Coffee Industry Board, CIB, Jamaica.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

El objetivo general de PROMECAFE es desarrollar una caficultura competitiva y sostenible, en aspectos relacionados con el desarrollo de los agronegocios, la calidad del café, la innovación tecnológica y la equidad en la distribución de los ingresos, contribuyendo a la reducción de la pobreza rural, la conservación de los recursos naturales y a la calidad ambiental en todos los países del Programa.

PROMECAFE tiene como visión que la caficultura sea una actividad sostenible y competitiva en el mercado internacional, que utilizando sistemas de producción que combinen tecnologías apropiadas y sustentables, y adecuadas políticas y mecanismos de comercialización, conlleve al mantenimiento de la empresa cafetalera como actividad rentable, duradera, amigable con el medio ambiente y equitativa entre sus actores.

2.2. Broca del café

La broca del café *H. hampei*, es sin ninguna duda la plaga mas preocupante para la caficultura mundial. Si nos referimos a los numerosos datos publicados desde hace más de setenta años sobre los niveles de infestación de este insecto en los diferentes países, así como a las pérdidas de rendimientos, de los cuales el insecto es la causa principal, hablamos de pérdidas directas en frutos y en peso de los frutos, que pueden ser considerables en el caso de fuertes infestaciones; y de pérdidas indirectas si nos referimos a la depreciación de la calidad comercial del café.

La idea de convivir con la broca se ha abierto camino; entonces se debe luchar para bajar los niveles de infestación a valores económicamente aceptables. Los problemas socioeconómicos de la cadena café y las exigencias en materia de la protección del ambiente, hacen que el Manejo Integrado de la Broca (MIB) se haya vuelto un modelo a seguir para la mayoría de los

países productores y en particular para los países de la región de PROMECAFE. Sin embargo, el nivel de conocimientos sobre la bioecología de la broca es aún insuficiente para pretender hoy en día, la instalación de una lucha integrada que tendría, por ejemplo, todas las ventajas de la lucha química, sin sus inconvenientes. No obstante, una primera etapa ha sido superada con el desarrollo del control biológico que numerosos adeptos desean ver reforzada con el fin de constituir el principal eslabón del MIB (Dufour et al. 1999).

La broca fue introducida accidentalmente hacia 1913 en Brasil, donde se puso en evidencia en 1924. Las primeras tentativas de lucha biológica comenzaron desde 1929 con la introducción del parasitoides *Prorops nasuta* Waterson proveniente de Uganda. Su introducción en América Central es relativamente reciente; se registró en 1971 en Guatemala, donde fue objeto de una severa campaña de lucha. Se dispersó rápidamente en los países vecinos: Honduras en 1977, México en 1978, El Salvador en 1981, luego en Nicaragua en 1988. La región de El Caribe se vio también afectada: 1978 en Jamaica, 1995 en Republica Dominicana. Ecuador y Colombia no escaparon a la diseminación. En el continente Americano, además de los países citados, la broca se encuentra en Cuba, Haití, Bolivia, Perú y Venezuela. Los países del área que más recientemente han sido contaminados son Costa Rica en 2002 y Panamá en 2005.

3. Proyectos de Cooperación e Investigación

Un periodo muy importante de investigación y capacitación en broca del café inició en 1982 gracias al apoyo financiero de AID-ROCAP y al apoyo técnico del IRCC, Francia. Se reforzaron los recursos para la investigación y se realizaron los estudios bioecológicos, de control químico, estudios sobre umbral económico de control, sobre medidas sanitarias en post cosecha, entre otros. Por efecto de la tecnología desarrollada, la disminución del uso de insecticidas de alto riesgo, ha sido importante en la región, con una considerable disminución del costo de combate. Gracias al apoyo internacional, proyectos regionales de investigación, capacitación y desarrollo, han sido realizados en la región de Mesoamérica. A continuación se describen los principales logros de estos proyectos.

3.1. Proyecto Control Biológico con Parasitoides

3.1.1. Participantes y objetivos

Este proyecto inició su concepción y negociación en 1985 con la participación del Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (CIES), hoy El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), de México; ANACAFE, Guatemala; Fundación PROCAFE, El Salvador y el IHCAFE de Honduras; cuyos objetivos principales fueron: introducir los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* Betren y *P. nasuta*, provenientes de África

Ecuatorial; desarrollar metodologías de cría artificial, producción y liberación de estos agentes de control; así como evaluar su establecimiento, efectividad parasítica sobre la broca en campo. Así también conllevaba el propósito de capacitar al personal técnico de los países participantes en su utilización, equipamiento y operación de unidades de laboratorio y de crianza artesanal; todo lo cual fue alcanzado en el proyecto, cuya terminación fue en 1994 con la aprobación de los países participantes, las organizaciones cooperantes: CIRAD-CP, el Instituto Internacional de Control Biológico (IIBC) del CABI de Inglaterra y la Unión Europea (UE) como contribuyente financiero (García et al. 1994).

3.1.2. Introducción de parasitoides a la región

El control biológico de la broca inició en la región con este proyecto, con la introducción de los citados parasitoides en 1988 y 1989, provenientes de Kenia y Togo, previa cuarentena en el Reino Unido, con la cooperación del IIBC y apoyo financiero del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Canadá, al CIES (hoy ECOSUR), en Tapachula, Chiapas, México y de allí posteriormente a otros países de PROMECAFE a partir de 1990 (Barrera et al. 1990). Se realizaron diversos estudios de base en laboratorio y campo sobre los parasitoides, que permitieron conocimiento sobre la multiplicación en laboratorio, biología, liberación, establecimiento y parasitismo en campo, así como fuentes alternas de alimento. Permitieron también desarrollar estrategias para el control biológico en finca.

3.1.3. Producción de parasitoides en finca

Los trabajos para que los cafecultores produjeran sus propios parasitoides en el modelo de crías rurales en finca, iniciaron en 1990. Con periodos de capacitación en servicio, se desarrolló la cría de parasitoides como una tecnología nueva, sencilla, económica y de fácil utilización; esquema que a la fecha continua, lo cual significó una reacción positiva de los productores de café a esta nueva tecnología (Campos-Almengor 2005).

3.1.4. Dietas artificiales para la broca

Por las limitantes de cría de parasitoides en época de inter cosecha, en 1991 se iniciaron pruebas en México, con dietas artificiales para la crianza de broca, con el apoyo de un especialista del Instituto Agronómico do Paraná (IAPAR), Brasil. En 1992 se seleccionaron 10 dietas artificiales, iniciando ese año, pruebas experimentales de producción de *C. stephanoderis* sobre brocas procedentes de dietas. En 1994 se logra obtener una dieta merídica para la reproducción de la broca con fines de producción masiva de broca y parasitoides (Villacorta y Barrera 1996).

3.1.5. Parasitoides y MIB

Por iniciativa de los organismos cafeteros de la región se continúa la cría de estos enemigos naturales, ampliando la escala de liberaciones con participación del sector privado y comenzó la integración con otros medios de control para establecer programas de manejo integrado de la plaga. Los estudios a escala comercial en finca, sobre la efectividad y costo de aplicación del programa MIB, demostraron que este, contribuye significativamente a la producción de la empresa cafetalera. Demostraron también que la cosecha sanitaria, es una actividad rentable y fundamental para reducir niveles de infestación de broca en próximo periodo.

3.1.6. Formación de recursos humanos

El intercambio de técnicos en el exterior fue importante; estudiantes universitarios realizaron su servicio social y presentaron tesis de grado. Funcionarios de las instituciones, concluyeron estudios de Maestría en México y Doctorado en Francia; estudiantes franceses realizaron tesis de Maestría en Centroamérica, bajo el marco de cooperación con PROMECAFE; y un buen número de operarios fueron capacitados para la producción de parasitoides en crías rurales en todos los países. Tesis de grado, manuales prácticos, folletos, trifoliales, videos, entre otros, fueron editadas y divulgadas. Se intercambió información tecnológica, y se apoyo a otros países con capacitación y diseño de programas nacionales de manejo de la plaga.

3.1.7. Estudios complementarios

Otros estudios complementarios al proyecto de control biológico antes descrito, realizados con el apoyo técnico de PROMECAFE, CIRAD y de los institutos cafeteros de Nicaragua y El Salvador, permitieron avanzar con el control biológico de broca.

En Nicaragua, el proyecto MIP-CATIE-MAG-INTA-NORAD y el IICA, desarrollando la tecnología del hongo *Beauveria bassiana*.

En El Salvador, a partir de 1995, se continuaron los estudios para perfeccionar los componentes de manejo integrado de broca, con lo que se definió una curva de eficacia de *C. stephanoderis*.

Inician en ese periodo las investigaciones sobre trampas para atracción y captura de broca como medio adicional de combate. Los resultados mostraron que la mezcla etanol-metanol tiene excelente capacidad atractiva de broca; se estudió entonces la difusión del atrayente y se completó el esquema tecnológico de trapeo, creando la trampa BROCAP, y definiendo características de los recipientes y cantidad de trampas por hectárea.

3.1.8. Impacto del proyecto

Sin duda los avances de investigaciones y de desarrollo tecnológico han sido notables en estos años en los que se ha generado mucha información sobre la broca del café y su manejo en México, Centroamérica y El Caribe. Estos resultados, permitieron la difusión y adopción de la tecnología entre técnicos y productores en los países de la región de PROMECAFE, quienes se familiarizaron con nuevas tecnologías y el dominio tecnológico para el manejo de la plaga. De esta forma se abrieron con el control biológico de la broca del café nuevas perspectivas, con lo cual el MIB es ahora práctica común entre técnicos y caficultores de la región; lo que ha permitido mantener la broca bajo control, con disminución en el uso de insecticidas y cuidando la calidad del grano.

3.2. Proyecto Manejo Integrado de Broca

3.2.1. Participantes y objetivos

En 1998, PROMECAFE inició la ejecución del proyecto de Manejo Integrado de Broca (Proyecto MIB). Guatemala, México, Honduras y Jamaica participaron en el proyecto, cuyo propósito fue desarrollar estrategias de manejo integrado de la plaga con énfasis en control biológico, propiciando la participación de los pequeños caficultores, la complementación de estudios y la integración y difusión de los sistemas MIB y recursos biológicos en los países de la región. El proyecto fue financiado por el Fondo Común de Productos Básicos (FCPB), el apoyo de la Organización Internacional del Café (OIC) y la administración y dirección técnica del IIBC del CABI Internacional (García et al. 2002).

3.2.2. Proceso participativo y parcelas MIB

Se establecieron y manejaron parcelas MIB en trabajo participativo con caficultores. Un diagnóstico inicial, proporcionó la información utilizada como punto de partida para la implementación de las parcelas y de los programas participativos en el manejo del cultivo y de la broca del café. El trabajo participativo con productores fue orientado a capacitar al pequeño productor en la tecnología de producción de café y en el manejo, aprovechamiento y administración de sus recursos. Se condujeron parcelas demostrativas de manejo integral del cultivo y MIB, capacitándolos en la ejecución de las actividades de MIB a través de reuniones de grupo y demostraciones de método bajo el concepto de aprender haciendo.

3.2.3. Introducción de *Phymastichus coffea*

Un nuevo parasitoide, *Phymastichus coffea* LaSalle, fue introducido a la región, a partir de CENICAFE, Colombia. Los laboratorios en los países participantes, albergaron con éxito su multiplicación y desarrollo. Más

de tres millones de insectos fueron producidos durante el proyecto y liberados en diferentes condiciones climáticas en fincas cafetaleras. Estudios de adaptabilidad, parasitismo y dispersión fueron realizados en condiciones diversas, garantizando con ello su establecimiento y colocándolo como un enemigo natural de la broca muy prometedor. El parasitoide es ahora producido y liberado en fincas en países de la región, con buen éxito; el manejo comercial en finca se encuentra en marcha. En la cooperación técnica horizontal, se introdujo el control biológico a Jamaica. Personal del CIB, del Caribbean Agricultural Research and Development Institute (CARDI) y productores fueron capacitados. Los estudios realizados demostraron su establecimiento y multiplicación en campo. Otros países como El Salvador y Costa Rica, igualmente recibieron e iniciaron el desarrollo de este enemigo natural.

3.2.4. Formación de recursos humanos

Importante fue la formación de técnicos de las instituciones cafetaleras. Reuniones técnicas, cursos y talleres de formación fueron realizados en varios países. Ocho profesionales realizaron sus tesis de grado (cinco Ingenieros Agrónomos, dos Maestrías, un Doctorado). Artículos técnicos fueron producidos y compilados en un Compendio Técnico; además, boletines, compilaciones, informes, tesis de grado, y un video sobre las actividades del proyecto.

3.2.5. Impacto del proyecto

Los resultados del proyecto fueron importantes. A los investigadores, el proceso participativo les permitió la discusión de doble vía para el diseño de programas de trabajo de acuerdo a necesidades del cafecultor. A los agricultores, esta experiencia les despertó gran interés de participación para resolver sus problemas técnicos, reflejado en la realización de actividades del cultivo, MIB y manejo de sus recursos naturales, actividades que anteriormente les eran desconocidas.

Los cafecultores adoptaron la tecnología participativa, mejoraron la productividad de sus plantaciones y bajaron las infestaciones de broca, mejorando la calidad del grano y en consecuencia sus ingresos. Ellos diversificaron sus ingresos en sus pequeñas propiedades y continuaron las acciones del proyecto. Por ejemplo, la unidad piloto Chicolá, en Guatemala, aprovechan la pulpa de café para la producción de abono orgánico y pie de cría de lombrices "Coqueta Roja" (*Eisenia foetida*), en forma semi industrial, para su comercialización y uso en sus plantaciones. En México, se desarrolla el programa de las Escuelas de Campo para Agricultores (ECA) y de los Comités de Investigación Agrícola Local (CIAL), como modelo al trabajo participativo con cafecultores (Barrera 2002).

4. Conclusiones

La broca del café es una plaga exótica en América, y como tal, carece del conjunto de enemigos naturales que en su lugar de origen la mantienen generalmente controlada. Los únicos intentos de utilizar enemigos naturales de la broca en América han sido los casos de los parasitoides *C. stephanoderis*, *P. nasuta*, *P. coffea* y el hongo *B. bassiana*.

No cabe duda que en los últimos 15 años se ha generado mucha información sobre el control biológico de la broca en México, Centro América y El Caribe. En el caso particular de *C. stephanoderis*, se encuentran disponibles procedimientos de uso, material divulgativo y constantemente se promueven e imparte formación a productores y técnicos.

Muchos años de esfuerzo para controlar la plaga, años de investigaciones y de desarrollos tecnológicos. Los avances han sido notables; el MIB parece ser la estrategia más adecuada para luchar con esta plaga, ya que ninguno de los métodos disponibles ha logrado por sí solo reducir sus poblaciones a niveles que no causen daños económicos.

Sin duda, PROMECAFE ha sido pionero y ha jugado un papel muy importante en los avances de investigaciones y de desarrollo tecnológico del MIB, como estrategia que une armónicamente varios métodos de monitoreo y control, dándole preferencia a medidas que no causen daños económicos ni ambientales. PROMECAFE ha propiciado las condiciones idóneas para que se genere mucha información sobre la broca del café y su manejo en México, Centroamérica y El Caribe, y ha apoyando programas MIB en otros países fuera de la región. Con ello se ha demostrando que el trabajo cooperativo y participativo, dentro de alianzas estratégicas, es sin lugar a dudas la mejor forma de enfrentar el futuro, fortalecida en la idea del Programa Cooperativo Regional Para el Desarrollo Tecnológico y la Modernización de la Caficultura de Centroamérica, Panamá, República Dominicana y Jamaica-PROMECAFE-.

5. Agradecimientos

PROMECAFE desea agradecer a las instituciones socias del programa y sus técnicos; a las instituciones y

los organismos cooperantes; y a los cafecultores y cafecultoras, que han apoyado los programas de investigación en broca del Café en Mesoamérica.

6. Literatura citada

- Barrera, J.F. (editor). 2002. Tres plagas del café en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, México. 198 p.
- Barrera, J.F., F. Infante, M. Vega, O. González, E. Carrillo, O. Campos, R. Muñoz, A. Serrano, J.J. Osorto, B. Decazy & D. Moore. 1990. Introducción de *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) a Centroamérica para el control biológico de la broca del cafeto, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Turrialba, 40: 570-574.
- Campos-Almengor, O. 2005. Manejo integrado de la broca del café en una finca de producción comercial en Guatemala. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 38-45.
- Dufour, B., J.F. Barrera & B. Decazy. 1999. La broca de los frutos del cafeto: ¿la lucha biológica como solución?, p. 293-325. En: B. Bertrand & B. Rapidel (eds.), Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica. CIRAD, IICA.
- García, A., W. de la Rosa, R. Muñoz & M. Vega. 1994. Investigaciones referentes al control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), mediante la utilización de Parasitoides de origen africano. Informe Técnico Final. IICA-PROMECAFE. Guatemala. 50 p.
- García, A., J. Barrera, R. Muñoz & K. Dalia. 2002. Informe final proyecto Manejo Integrado de Broca del Café, MIB- OIC- CFC- CABI- IICA/ PROMECAFE. Guatemala.
- IICA-PROMECAFE. 1988. PROMECAFE, Diez años de labores 1978-1988. Costa Rica. 173 p.
- IICA-PROMECAFE. 1999. Compendio de resultados de la acción de PROMECAFE. 1993-1998. Honduras, 113 p.
- Villacorta, A. & J.F. Barrera. 1996. Techniques for mass rearing of the parasitoid *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) on *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) using an artificial diet. Vedula, 3: 45-48.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 7-16. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

35 AÑOS DE EXPERIENCIAS SOBRE LA BROCA DEL CAFÉ EN GUATEMALA

35 years of experiences on the coffee berry borer in Guatemala

OSCAR G. CAMPOS-ALMENGOR

Programa Manejo Integrado de la Broca (MIB), Asociación Nacional del Café (ANACAFE), 5ª. Calle 0-50, Zona 14, Ciudad de Guatemala, Centro América. oscarc@anacafe.org

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei*, detección, erradicación, investigación, Manejo Integrado, Guatemala.

CONTENIDO

1. Introducción.....	8
2. La broca del café en Guatemala.....	8
2.1. Detección e importancia económica.....	8
2.2. La Campaña Nacional contra la broca.....	8
2.2.1. Foco de infestación y cordón fitosanitario.....	9
2.2.2. Dispersión de la broca (1971-1978).....	9
2.2.3. Cuarentena.....	9
2.2.4. Erradicación de cafetos y cosechas prematuras.....	9
2.2.5. Reestructuración de la Campaña.....	9
2.2.6. Clausura de la Campaña.....	10
2.3. Actividades de investigación de ANACAFÉ.....	10
2.3.1. Proyectos de bioecología y control.....	10
2.3.2. Proyectos regionales.....	11
2.3.3. Principales logros del control biológico.....	11
2.3.3.1. Introducción de <i>C. stephanoderis</i>	11
2.3.3.2. Laboratorios artesanales.....	11
2.3.3.3. Liberación en campo de <i>C. stephanoderis</i>	12
2.3.3.4. Dispersión en campo de <i>C. stephanoderis</i>	12
2.3.3.5. Introducción de <i>P. coffea</i>	12
2.3.3.6. Liberación de <i>P. coffea</i>	12
2.3.3.7. Dispersión de <i>P. coffea</i>	12
2.3.3.8. Ciclo biológico de <i>P. coffea</i>	13
2.3.4. Trampas y atrayentes.....	13
2.3.5. Programa MIB.....	13
2.3.5.1. Muestreo.....	13
2.3.5.2. Control manual.....	13
2.3.5.3. Control cultural.....	13
2.3.5.4. Control biológico con parasitoides.....	13
2.3.5.5. Control etológico.....	14
2.3.5.6. Control químico.....	14
3. Comentarios.....	14
4. Perspectivas.....	15
4.1. <i>Beuveria bassiana</i>	15
4.2. <i>Prorops nasuta</i>	15
4.3. <i>Phymastichus coffea</i>	15
4.4. <i>Cephalonomia stephanoderis</i>	15
5. Conclusión.....	15
6. Literatura Citada.....	15

Resumen

La broca del café *Hypothenemus hampei* fue detectada en Guatemala en septiembre de 1971. Por decreto se creó la Campaña Nacional Contra la Broca como instrumento legal para su prevención y control. Con la clausura de la Campaña en 1982, la Asociación Nacional del Café absorbe las labores de investigación. A partir de 1984, se participa en proyectos regionales de investigación sobre broca coordinados por PROMECAFÉ. Como producto de estos proyectos, se logra la introducción de los parasitoides de origen africano *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*. A partir de 1992, se transfiere la tecnología de producción de *C. stephanoderis* a los caficultores, quienes a través del establecimiento de Unidades Rurales de Producción, producen y liberan en campo sus propios parasitoides. Estudios de adaptación reportan el establecimiento de *P. coffea*. Estudios en 2004 y 2005, orientados a evaluar diseños artesanales de trampas para captura de la broca, indicaron que el diseño "Trampa Broca" superó a otros diseños evaluados. El cúmulo de conocimientos generados por la investigación de más de tres décadas, ha contribuido a estructurar el Programa de Manejo Integrado de la Broca, cuya aplicación a escala comercial ha demostrado sus bondades económicas y ambientales para la caficultura guatemalteca. Dentro de las perspectivas, se impulsan nuevos estudios bioecológicos con *P. nasuta* y *P. coffea*. De igual manera se realizarán a partir de 2007, estudios sobre control microbiano de la broca con el hongo *Beauveria bassiana*.

Abstract

The coffee berry borer *Hypothenemus hampei* was detected in Guatemala in September 1971. A National Program for prevention and control of this pest was implemented by the Government. The program was finished in 1982 and the research activities were continued by the Asociación Nacional del Café. Since 1984, it is participated in regional projects of research on *H. hampei* coordinated by PROMECAFÉ. As products of these projects, three insect parasitoids from Africa were introduced to Guatemala: *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* and *Phymastichus coffea*. Beginning from 1992, a mass technology production of *C. stephanoderis* is transferred to the growers, who implemented Rural Production Units in their farms to rear and release parasitoids in their coffee plantations. Field studies showed the establishment of *P. coffea*. Field studies conducted in 2004 and 2005 to evaluate different handmade trap designs to capture adults of *H. hampei* indicated that "Trampa broca" was the better trap design. The great amount of knowledge generated by research in more than three decades has contributed to organize an Integrated Management of Broca, whose application has showed to be economically and environmentally suitable for the Guatemalan coffee

industry. New biological and ecological studies on *P. nasuta* and *P. coffea* are planning for the future, as well studies on microbial control using *Beauveria bassiana* against broca will start in 2007.

1. Introducción

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), constituye el principal problema entomológico para la caficultura mundial; los daños ocasionados a las cerezas por el escolitido, merman su peso y calidad, incidiendo en incrementos considerables en los volúmenes de fruta madura para su conversión en café oro, provocando millonarias pérdidas a la economía de los países productores del grano. La presente publicación, tiene como finalidad hacer una revisión sobre 35 años de presencia de *H. hampei* en la caficultura guatemalteca, abordando aspectos relacionados con su detección, acciones para su control y posible erradicación, logros de investigación, y la construcción de un programa de Manejo Integrado de la Broca (MIB).

2. La broca del café en Guatemala

2.1. Detección e importancia económica

En Guatemala, la broca fue detectada en septiembre de 1971, en una finca del municipio de Chicacao en el Departamento de Suchitepéquez (Hernández & Sánchez 1972). Para poner en relieve la importancia económica de la broca para la caficultura guatemalteca, se debe indicar que el cultivo constituye la principal fuente de empleo en el agro nacional y el mayor generador de divisas por concepto de agro exportaciones. Su cultivo ocupa un área de 245,700 ha, con un rendimiento promedio nacional de 974 kg de café oro/ha. Durante el periodo 1998-1999 a 2002-2003, se exportó un promedio de 5'531,158 quintales de café oro, que representaron un ingreso anual de US \$414'999,710 (ANACAFÉ 2004). Registros de la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ), reportan la existencia de 60,000 productores del grano, de los cuales, 80% son pequeños productores. Estas cifras destacan la importancia económica y social del cultivo para el país.

2.2. La Campaña Nacional contra la broca

Por Decreto Gubernativo 19-73 del 30 de mayo de 1973, fue creada la campaña para la localización, prevención, control, combate y erradicación de la broca del café, CAMBROCA, integrada con el Ministerio de Agricultura, ANACAFÉ, Ministerio de la Defensa Nacional y la Universidad de San Carlos de Guatemala, con los objetivos siguientes:

- Mantener delimitada el área afectada, a nivel de finca, mediante rastreos constantes.

- Controlar la plaga, hacia su posible erradicación.
- Mantener a un mínimo las pérdidas del caficultor.
- Mantener delimitado el cordón fitosanitario de seguridad para evitar la dispersión de la plaga a otras zonas cafetaleras de la república y países vecinos.

Las acciones inmediatas de la CAMBROCA fueron la determinación del foco de infestación y el cordón fitosanitario.

2.2.1. Foco de infestación y cordón fitosanitario

Mediante rastreos, se determinó un foco inicial de 26 fincas que hacía un total de 1,434 ha. Rastreos posteriores revelaron su presencia en 27 fincas más, haciendo un total de 53 fincas con broca, todas dentro del área original. Las fincas citadas estaban localizadas en los municipios de Chicacao, Santa Bárbara, Río Bravo, San Juan Bautista, Patulul y San Miguel Panán, del departamento de Suchitepéquez, y el municipio de Santiago Atitlán, del departamento de Sololá, manteniéndose esa situación hasta 1972. Establecido el foco de infestación, se tendió un cordón fitosanitario de 17,283.78 ha con el fin de iniciar labores de control y posible erradicación (Hernández & Sánchez 1972). Sin embargo, para 1974 la broca había rebasado el cordón fitosanitario, reportándose 17,285 ha afectadas. (ANACAFÉ 1974).

2.2.2. Dispersión de la broca (1971-1978)

Desde su apareamiento en 1971, con un foco inicial de infestación de 1,434 ha localizado en los departamentos de Suchitepéquez y Sololá, para 1978 la broca alcanzó un incremento de 93,556 ha, que representaron el 38.1% del área cultivada a nivel nacional, afectando un total de 908 fincas distribuidas en diez departamentos del país (Cuadros 1 y 2), (ANACAFE 1978).

En Guatemala la broca alcanzó una rápida distribución y dispersión por el hecho de haberse ubicado inicialmente en el centro de una región cafetalera, lo que favoreció su dispersión en dos direcciones, es decir, al noroeste y sureste, siguiendo un comportamiento lineal en el número de hectáreas invadidas (Baker et al. 1989).

Cuadro 1. Dispersión de la broca del café en Guatemala (1971-1978). ANACAFE (1978).

Año	Número de fincas	Área afectada (has)
1971	26	1,434
1972	79	14,328
1973	173	25,202
1974	284	33,753
1975	580	58,872
1976	688	67,302
1977	749	78,909
1978	908	93,556

2.2.3. Cuarentena

Se establecieron puestos de cuarentena orientados al control de productos agrícolas especialmente café, banano, plátano, almácigo de café, vehículos que transportaban trabajadores de fincas de café, y otros específicos provenientes de áreas declaradas con la presencia de broca. Requisito indispensable para salir de áreas afectadas lo constituyó la presentación de un certificado de fumigación de los vehículos expedido en el lugar de su procedencia. La cuarentena también se extendió a los beneficios de exportación, donde se realizaron fumigaciones de café en oro, pergamino, cereza y natas en un volumen de 349,251 quintales de 100 libras españolas (ANACAFÉ 1974).

2.2.4. Erradicación de cafetos y cosechas prematuras

Durante el período 1972-1975, se erradicaron cafetos obedeciendo a la necesidad de eliminar los fuertes focos de infestación existentes, que representaban una amenaza para fincas libres de la plaga. La actividad se desarrolló a nivel de fincas y en áreas urbanas, erradicándose un total de 1,778 ha del cultivo. Como consecuencia de los altos niveles de infestación de la plaga, se efectuó una cosecha prematura de 23,000 quintales de café verde, indemnizando ANACAFÉ a los propietarios de las fincas por un monto de Q 93,000.00 (Campos et al. 1985).

Cuadro 2. Dispersión de la broca del café por Departamentos en Guatemala (1971-1978). ANACAFE (1978).

Departamento	Número de fincas	Área (ha)	% afectado del total
Suchitepéquez	345	28,500	30.46
Quetzaltenango	179	18,380	19.64
Chimaltenango	105	13,095	13.99
Escuintla	51	10,051	10.74
Retalhuleu	85	8,750	9.35
San Marcos	78	9,685	10.35
Sololá	18	1,419	1.51
Santa Rosa	16	2,086	2.22
Sacatepéquez	8	977	1.04
Guatemala	23	613	0.65
TOTALES	908	93,556	100.00

2.2.5. Reestructuración de la Campaña

Después de varias reuniones a nivel de directivos de los Servicios de Sanidad y Cuarentena Vegetal de los países del área y titulares de agricultura de la región, se llegó a la conclusión que dada la dispersión de la plaga, a pesar de las medidas de cuarentena agropecuaria de

control y divulgación, llevadas a cabo por la República de Guatemala, se hacía imposible su erradicación, señalándose la conveniencia de aunar esfuerzos para realizar un eficiente Programa de Control en los lugares infestados y de prevención para las regiones aún libres del insecto (OIRSA 1977).

En 1976, se reestructura CAMBROCA sobre nuevos lineamientos, basando su accionar en las secciones de Rastreo, Cuarentena, Asistencia Técnica e Investigación. La sección de Rastreo continuó monitoreando zonas libres para establecer el avance de la plaga. Los puestos de control en carreteras fueron suprimidos, y su función se enfocó a la supervisión de bodegas en fincas y la expedición de certificados sanitarios al momento de realizar los envíos de café con destino a los beneficios de las exportadoras. Lo relevante de esta reestructuración, fue la supresión de las medidas coercitivas vigentes durante el período 1973-1976 (Campos et al. 1985).

La nueva sección de Asistencia Técnica, se orientó a brindar servicios de asesoría técnica a cafecultores afectados por la plaga con programas de capacitación y control. La sección de Investigación, en su inicio, desarrolló estudios enfocados a la evaluación de insecticidas, dosis y épocas para el control de la broca, en vías de un uso técnico y racional. En el período 1973-1976 se evaluaron 14 insecticidas para el control de la plaga. Durante el período indicado, se desarrollaron las investigaciones siguientes (Campos et al. 1985):

- Estudio de progenie de broca en el campo.
- Distribución espacial en los estratos altitudinales de la planta y bandolas
- Fenología del fruto del cafeto.
- Estudio en laboratorio sobre longevidad de la broca, hábitos, hospederos, pérdidas en cosecha.

En el Cuadro 3, se presenta las medidas de control implementadas en el período 1971-1979.

2.2.6. Clausura de la Campaña

Con el avance incontenible de la plaga hacia áreas libres, no se alcanzaron los objetivos que en su creación y reorganización inspiraron la CAMBROCA, razón por la fue clausurada por medio del Acuerdo Gubernativo del 15 de enero de 1980. La Subgerencia de Asuntos Agrícolas de ANACAFÉ, asumió la conducción de las actividades del control de la broca (Campos et al. 1985).

2.3. Actividades de investigación de ANACAFÉ

2.3.1. Proyectos de bioecología y control

ANACAFÉ por conducto de su Departamento de Investigaciones, absorbió las investigaciones sobre la broca, impulsando proyectos orientados a profundizar los conocimientos sobre su bioecología y control.

Cuadro 3. Medidas de control de la broca contempladas en la CAMBROCA.

Medidas de control	Objetivo
Rastreo en cafetales	Delimitar con precisión el área afectada
Cordón de cuarentena fitosanitaria	Evitar la dispersión hacia zonas libres
Identificación y diagnóstico de la plaga	Monitorear muestras de áreas libres
Control Legal	Puestos de control de productos agrícolas; detección y cuarentena del café beneficiado, banano y plátano en fincas
Control Cultural	Cosecha prematura del café, pepena de frutos del suelo y repela de frutos residuales en la planta. Tratamiento térmico con agua en punto de ebullición de los frutos del control manual.
Control Químico	Espolvoreos al suelo, tratamiento de café maduro y de pulpa, aspersiones en labores de pequeños productores y fincas
Erradicación de cafetos en fincas y áreas urbanas	Detener el avance de la plaga y su posible erradicación.
Divulgación	Orientar y concienciar a cafecultores en la lucha contra la plaga.

Entre los trabajos realizados por la Campaña y el Departamento de Investigaciones, se encuentran los siguientes:

- El gandul *Cajanus cajan* como hospedero de la broca (Campos 1983).
- Hábitos de la broca en el campo (Campos 1982).
- Fenología del fruto de cuatro cultivares de *Coffea arabica* L. (Campos et al. 1989).
- Método de muestreo de broca por extracción de frutos (Campos et al. 1990).
- Sustratos de café para la cría de broca en condiciones de laboratorio (Campos 1990).
- Muestreo y umbrales para broca (Decazy 1989a).

- Niveles y umbrales de daños (Decazy 1989b).
- Atractividad de frutos de varios cultivares de café a la broca con olfatometría (Duarte et al. 1989).
- Pérdidas en cosecha por broca en función de porcentajes de infestación (Ochoa et al. 1989).
- Fluctuación de poblaciones de la broca en dos localidades (Ochoa et al. 1990).
- Resistencia genética de *Coffea* spp. a la broca en laboratorio (Villagrán 1992).

Éstas, y otras investigaciones referentes al control químico, han contribuido a la integración del Manejo Integrado de la Broca (MIB) en Guatemala.

2.3.2. Proyectos regionales

La participación de ANACAFÉ en proyectos de cooperación regional sobre investigaciones de la broca, coordinados por PROMECAFE, fortaleció la investigación y propició el acercamiento e intercambio técnico con investigadores de la región Mesoamericana, América del Sur y Europa. Los proyectos en los que se participó fueron los siguientes:

- ANACAFÉ-PROMECAFE/IICA-ROCAP/AID. 1984-87.
- Investigaciones referentes al control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferr.), mediante la utilización de parasitoides de origen africano (COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA/ANACAFÉ/ PROMECAFE/IICA). 1989-1994.
- Manejo integrado de la broca del café (CFC-OIC-CABI-PROMECAFE). 1998-2001.
- Control biológico clásico de la broca del café con parasitoides de origen africano.

Como producto de la participación en los Proyectos Regionales, se tuvo la introducción de los parasitoides de origen africano *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, *Prorops nasuta* Waterston y *Phymastichus coffea* LaSalle.

2.3.3. Principales logros del control biológico

2.3.3.1. Introducción de *C. stephanoderis*

En la región Mesoamericana, el control biológico clásico con parasitoides de origen africano, tuvo su origen en 1985 en Estado de Chiapas, México, en donde a través de la colaboración tripartita entre la Dirección General de Sanidad Vegetal, Productores de la Unión Regional de Productores de Café "Tacaná" y el Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (CIES, hoy El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR) (Barrera 2005).

El 3 de mayo de 1990 se introducen a Guatemala 416 especímenes de *C. stephanoderis* provenientes del CIES de Tapachula, Chiapas, México (Campos et al. 1991).

2.3.3.2. Laboratorios artesanales

A dos años de iniciado el control biológico (1990-1992), la tecnología de producción controlada de *C. stephanoderis* fue transferida a los cafecultores, a través de un proceso de capacitación impulsado bajo el lema "aprender haciendo", impartido en el laboratorio de Control Biológico de ANACAFÉ, ubicado en la finca "Buena Vista", municipio de San Sebastián, Departamento de Retalhuleu.

Cuadro 4. Unidades de producción del parasitoide *C. stephanoderis* en Guatemala. 1992-2006.

Región cafetalera/ Departamento	Municipio	Unidades de producción	
I/San Marcos	El Rodeo	2	
	Malacatan	1	
	Nuevo Progreso	1	
	El Tumbador	11	
	La Reforma	2	
I/Quetzaltenango	El Quetzal	2	
	Coatepeque	1	
	Colomba	14	
	Flores	1	
II/Retalhuleu	Génova	2	
	El Asintal	2	
	Nuevo San Carlos	2	
II/ Quetzaltenango	San Felipe	2	
	San Andrés Villa Seca	1	
	El Palmar	5	
	III/Suchitepequez	Cuyotenango	1
		San Pablo	2
		Jocopilas	
		San Antonio	2
		Such.	
		Santo Tomas	1
		Samayac	2
San Francisco Zap.		1	
Chicacao		1	
Santa Bárbara		2	
Patulul	2		
II/Chimaltenango	San Miguel	2	
	Pochuta		
III/Esquintla	San Pedro	1	
	Yepocapa		
	Esquintla	1	
IV/Santa Rosa	Cabecera		
	Barberena	1	
V/Huehuetenango	La Democracia	1	
	San Pedro Necta	1	
	Santa Cruz	1	
	Barillas		
	La Tinta	1	
VI/Cobán A.V.	La Tinta	1	
Total		72	

En 1992 se instalaron las primeras cinco Unidades Rurales de Producción de Parasitoides en Fincas, localizadas en cuatro municipios de los departamentos

de Retalhuleu y Suchitepéquez, que geográficamente corresponden a la Región II de ANACAFÉ. Para 1993, se contaba con 17 unidades, distribuidas en 13 municipios de los departamentos de Suchitepéquez, Chimaltenango, Retalhuleu, Quetzaltenango y San Marcos, en las Regiones I y II de ANACAFÉ.

Durante el periodo 1992-2006, se instalaron 72 unidades de producción en 32 municipios, en nueve departamentos del país, con una producción del orden de los 170 millones de parasitoides. La distribución geográfica de las unidades de producción se detalla en el Cuadro 4.

La mayor concentración de unidades se localiza en los Departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez y Chimaltenango. Debe resaltarse que este logro, es fruto del esfuerzo de los cafecultores, y explica de alguna manera, porque el proyecto se considera exitoso y se mantiene vigente después de 16 años.

2.3.3.3. Liberación en campo de *C. stephanoderis*

La producción de 170 millones de parasitoides generados por las fincas, más 28 millones del laboratorio de Control Biológico "Buena Vista" de ANACAFÉ, suman 198 millones de parasitoides liberados en campo. Los niveles de parasitismo encontrados en frutos infestados, han fluctuado entre 3.9% a una altitud de 887 metros sobre al nivel del mar (Brito-Terraza 2005), hasta 45.5% a 994 msnm (Esteban 2005). Estos resultados, y las experiencias reportadas sobre su aplicación comercial en finca (Campos 2005a), muestran al control biológico con parasitoides, como alternativa viable para la lucha contra la broca del café en Guatemala.

2.3.3.4. Dispersión en campo de *C. stephanoderis*

Para medir la dispersión de *C. stephanoderis*, se utilizaron parcelas experimentales de dos hectáreas, haciéndose una georeferenciación a partir del punto central de liberación. Las parcelas se dividieron en 25 cuadrantes de 800 m² (20 x 40 m). Se midió el nivel de infestación de broca en cada uno de los cuadrantes de las parcelas, previo a la liberación de 20,000 parasitoides en el cuadrante central. Ocho días después de la liberación de los parasitoides, se recolectaron muestras de 1,000 frutos brocados subdivididas en 40 frutos por cuadrante para cada localidad, disecándose

en el laboratorio para establecer el parasitismo como condición necesaria para medir la dispersión del parasitoides, encontrándose en las muestras de frutos brocados un 45.5 % de parasitismo (Esteban 2005).

Se realizó un análisis de geostatística, con el que se estableció que sólo la información generada en una localidad (Chocolá), se adecuó a los modelos de ajuste. A través del Semivariograma Isotrópico, se determinó una capacidad máxima de dispersión de *C. stephanoderis* de 87 m a partir del punto de su liberación y una mayor concentración de parasitoides entre 0 y 35.8 m del punto de liberación. Con base al mapa de contorno, se determinó que los parasitoides de dispersaron en dirección noroeste, situación relacionada con la dirección del viento para esa localidad, que fue de 0.69 m/s (Esteban 2005).

2.3.3.5. Introducción de *P. coffea*

La introducción de *P. coffea* a Guatemala, luego de las consultas con las instituciones cafetaleras y de las gestiones legales necesarias para cumplir con la reglamentación fitosanitaria del país, se realizó en mayo y junio de 1999, a partir de CENICAFÉ, Colombia. Actualmente, el laboratorio Buena Vista, alberga con éxito su multiplicación. Los estudios de adaptabilidad, parasitismo y dispersión en campo, en diferentes condiciones ecológicas, muestran resultados interesantes (Anónimo 2002).

2.3.3.6. Liberación de *P. coffea*

Estudios fueron realizados en siete localidades del sur-occidente del territorio nacional, localizadas entre los 480 y 1,080 msnm para evaluar la adaptación de *P. coffea*. Se utilizaron cafetos de *C. canephora* var. Robusta y *C. arabica*. Los parasitoides se liberaron en bandolas infestadas por *H. hampei* y se cubrieron con mangas entomológicas. Se obtuvieron parasitismos de 15 a 46% (Cuadro 5).

2.3.3.7. Dispersión de *P. coffea*

Con una duración de dos años, se realizó el estudio de dispersión de *P. coffea*, utilizando una parcela de 10 ha; en una plantación comercial de *C. arabica*, variedad Caturra, con 5,000 cafetos/ ha, árboles de Chalum (*Inga xalapensis*), que proyectaban 40% de sombra y con 16% de infestación de broca; en la plantación, ubicada

Cuadro 5. Parasitismo de *P. coffea* en Guatemala.

Localidad	Altitud (m)	Temperatura (°C)	Especie de <i>Coffea</i>	Parasitismo (%)
1	700	26	<i>arabica</i>	46
2	850	23	<i>arabica</i>	15
3	1,040	21	<i>arabica</i>	23
4	480	27	<i>canephora</i>	32
5	650	26	<i>canephora</i>	33
6	880	23	<i>canephora</i>	21
7	1,080	21	<i>canephora</i>	30

a 700 msnm, se registraba precipitación de 3,800 mm, temperatura de 24 °C y humedad relativa de 76%. La dispersión fue medida en cuadrantes, derivándose del área de estudio, 210 cuadrantes de 438 m² cada uno, liberándose en el cuadrante central 10,000 parasitoides.

Con observaciones a cada 15 días hasta 90 días post-liberación, con muestras de 10 frutos brocados (broca en el canal de penetración), se estableció que el parasitoide se dispersó hacia los cuatro puntos cardinales, pero el mayor desplazamiento se dio en la dirección noreste y sudeste, probablemente influenciada por la dirección de los vientos. En dirección norte y sur, la dispersión fue de 157 m, y un desplazamiento más reducido, de 52 y 74 m ocurrió en dirección oeste y noroeste respectivamente (Anónimo 2002).

2.3.3.8. Ciclo biológico de *P. coffea*

Se investigó en laboratorio, el ciclo biológico de *P. coffea* a 20, 24, 27 y 30 °C ± 1 con humedad relativa de 75% ± 10, y se utilizaron granos de café pergamino con humedad de 30 y 35%. La duración del ciclo (huevo a emergencia de adultos) a 20, 24, 27 y 30 °C, fue de fue de 50, 29, 25 y 24 días respectivamente (Cuadro 6) (Gento-Reyes 2002).

Cuadro 6. Duración de los estados de desarrollo de *P. coffea* en laboratorio.

Estado	Temperatura (°C)			
	20	24	27	30
Huevo	7	5	3	3
Larva	16	10	9	9
Pupa	27	14	13	12
Total	50	29	25	24

2.3.4. Trampas y atrayentes

En 1977, se realizaron en Guatemala los primeros estudios sobre control etológico, evaluándose placas de madera de diferentes colores cubiertas con vaselina sólida inodora como pegante. Los resultados no fueron los esperados, y los trabajos se suspendieron.

En los años 1999-2000, se cooperó en la evaluación de la trampa BROCAP, diseñada por el CIRAD-CP de Francia y la Fundación PROCAFÉ de El Salvador. Con estos trabajos, se retomaron los estudios sobre trampeo, evaluándose diferentes diseños artesanales de trampas. Como producto de estas evaluaciones, surgieron los diseños conocidos como trampa de embudo y "Ecolo-Trampa".

En 2004 se evaluaron cuatro diseños de trampas y colores. Los análisis estadísticos revelaron diferencias a nivel de diseños, siendo superior el diseño ECOIAPAR capturando broca (Cuadro 7), mientras que para la

variable color no se estableció diferencia estadística (Campos 2005b). A raíz de estos resultados, ANACAFÉ, sugirió a los cafeticultores el uso de este diseño.

En 2006 se evaluaron dos nuevos diseños, comparados contra el diseño ECOIAPAR. El análisis estadístico reportó diferencia entre tratamientos, estableciéndose que el diseño denominado "Trampa Broca", capturó las mayores poblaciones de broca durante el período de estudio, razón por la que ANACAFÉ recomendó su uso a partir de 2007 (Campos 2007) (Cuadro 8).

2.3.5. Programa MIB

Después de 35 años de presencia de la plaga en Guatemala, con el aporte de la investigación, se ha logrado estructurar e implementar un Programa de Manejo Integrado de la Broca (MIB), basado en consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas predecibles. El programa comprende las estrategias que a continuación se describen.

2.3.5.1. Muestreo

Se recomienda aplicarlo entre los 60 y 90 días después de la floración principal, por razón de encontrarse la broca adulta en ese período en el canal de penetración del fruto, siendo más vulnerable a la acción del control. Se recomienda el método de muestreo propuesto por ANACAFÉ, que consiste en la distribución sistemática de 20 sitios de muestreo formados de cinco plantas cada uno, en un área no mayor de cinco manzanas (3.5 ha), extrayéndose al azar 100 frutos por sitio (Decazy 1989a).

2.3.5.2. Control manual

Se basa en la recolección en postcosecha de los frutos remanentes en el suelo (pepena) y la planta (repela) y de frutos brocados en la nueva cosecha (repase). Contribuye significativamente a reducir las poblaciones de la plaga al limitar la disposición de frutos para su desarrollo (Campos 2005a).

2.3.5.3. Control cultural

El control de malezas, manejo del tejido productivo del cafeto y la poda de los árboles para regular la sombra en las plantaciones, contribuyen a que las poblaciones de broca no se incrementen, como ocurre en ausencia de estas prácticas (Brito-Terraza 2005).

2.3.5.4. Control biológico con parasitoides

Se lleva a cabo en fincas que cuentan con Unidades Rurales de Producción del parasitoide *C. stephanoderis* (Campos 2005a).

Cuadro 7. Evaluación de diseños y colores de trampas para captura de broca. Promedios de captura de broca por trampa (Campos 2005b).

Diseño	Mes							Total
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
ECOIAPAR roja	740	3,399	7,843	1,345	8	4	3	13,342
ECOIAPAR transparente	666	2,924	5,191	602	6	4	6	9,399
Ecolo-trampa roja	294	913	5,040	392	2	4	3	6,648
Ecolo-trampa transparente	585	1,378	2,439	423	5	8	2	4,840
BROCAP	618	1,546	3,338	197	4	2	0	5,715

Cuadro 8. Evaluación de tres diseños de trampa para captura de broca. Promedio mensual y total por trampa (Campos 2007).

Diseño	Mes						Total
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	
Trampa BROCA	651	300	2,142	904	75	3	4,075
Dos Ventanas	616	324	1,155	415	59	2	2,571
ECOIAPAR	511	200	1,125	301	57	4	2,198

2.3.5.5. Control etológico

Se realiza a través del uso de trampas cebadas con los alcoholes etanol y metanol de alto grado de pureza en relación 1:1. La densidad de trampas es de 12 por manzana (17/ha) (Campos 2005b).

2.3.5.6. Control químico

En el MIB, se considera como la última alternativa a la que debe recurrirse para el control de la plaga. Su uso se justifica solo en focos con altos índices de infestación. Aplicaciones generalizadas son innecesarias.

3. Comentarios

El análisis de lo acontecido en 35 años de presencia de la broca del fruto del café, permite arribar a las siguientes consideraciones:

- Los esfuerzos realizados por la Campaña Nacional Contra la Broca (CAMBROCA), orientados al control y erradicación de la plaga, lograron en su momento detener el ritmo del avance de la plaga. Sin embargo, a 10 años de su detección, la broca logró superar los cordones fitosanitarios y establecerse en nuevas áreas de producción, razón por lo que puede decirse "que llegó para quedarse" y que los caficultores deben aprender a coexistir con ella, a través de la implementación de medidas de control, orientadas a manejar sus poblaciones a niveles bajos que afecten en mínimo la economía del productor.

- El Programa de MIB, es fruto de la investigación, un trabajo de años en los que se forjó y modeló cada una de las tácticas lo componen.
- Durante la primera década de presencia de la plaga, su control se centró en el uso de insecticidas, realizándose en forma indiscriminada, dos y hasta tres aspersiones por cosecha, con repercusiones graves para la ecología, economía y la salud humana. Esta situación se revierte a través de la implementación del MIB, lográndose reducir el uso de los volúmenes de insecticidas hasta en un 75%, y en buen número de casos, prescindir de su uso, con todos los beneficios que esto conlleva.
- En abono a favor del beneficio ambiental del MIB, debe destacarse que la introducción en 1990 de los parasitoides de origen africano, enemigos naturales de la broca, constituyó todo un acontecimiento en la historia del control de plagas que afectan cultivos en Guatemala, y en particular del cafeto. Exitosamente *C. stephanoderis* se encuentra establecido en aquellas regiones con presencia de Unidades Rurales de Producción, en donde las mismas fincas producen y liberan los parasitoides, generando un sistema de manejo más armonioso con la naturaleza.
- El control etológico a través del uso de trampas, ha contribuido grandemente en la lucha contra la broca, como lo indican los millones de adultos de *H. hampei* capturados en los últimos años. El uso de trampas, además de capturar broca, ha traído

el beneficio ambiental del reciclaje de botellas de plástico.

- Experiencias de la aplicación comercial del MIB, muestran claros beneficios económicos, por lo que debe considerarse su implementación como una acertada inversión para las empresas cafetaleras.

4. Perspectivas

4.1. *Beuveria bassiana*

En el corto y mediano plazo, se espera incorporar al programa MIB, el control microbiano con el uso del hongo entomopatógeno *B. bassiana*. Trabajos de investigación se han iniciado en ese sentido, y para la cosecha 2007-2008 se espera contar con resultados preliminares de su evaluación comercial en campo.

4.2. *Prorops nasuta*

Con el fin de superar algunas limitantes que representan su producción en condiciones de laboratorio y su adaptación en campo, se realizan estudios para conocer aspectos sobre su biología y reproducción a escala semi-comercial. Investigaciones de campo orientadas a conocer detalles sobre su adaptación y capacidad como regulador biológico de la broca, se realizan a partir de 2007.

4.3. *Phymastichus coffea*

En 2007, se han retomado los trabajos de la dieta artificial para la cría de broca, con el fin de superar la limitante que representa la escasez en poscosecha del sustrato natural (granos de café) para la reproducción controlada de broca. Con el soporte de la dieta, se espera mejorar los índices de reproducción de *P. coffea* y avanzar en la fase de investigación de campo y su uso comercial a nivel de finca.

4.4. *Cephalonomia stephanoderis*

Promover con el apoyo de autoridades y extensionistas de ANACAFÉ, mayor difusión del control biológico con parasitoides, despertando el interés y participación del cafeticultor como actor principal, para el establecimiento y mayor distribución regional de Unidades Rurales de Producción de Parasitoides.

5. Conclusión

Los beneficios económicos y ambientales de la aplicación comercial del MIB han sido demostrados, pese a ello, una gran mayoría de cafeticultores aún no adopta esta tecnología, privándose de los beneficios económicos y ambientales que representa su implantación. En este sentido, se hace necesario promover los mecanismos que favorezcan la adopción

de esta tecnología por parte de un mayor número de agricultores.

6. Literatura citada

- Anónimo. 2002. Proyecto Manejo Integrado de la Broca del Café. Informe Final, p. 104-117. CFC-OIC-CABI-PROMECAFE. CFC/ICO/02. Cali, Colombia.
- [ANACAFÉ] Asociación Nacional del Café. 1974. Informe de Actividades. División de Asuntos Agrícolas. Guatemala, 150 p.
- [ANACAFÉ] Asociación Nacional del Café. 1978. Informe de Actividades. División de Asuntos Agrícolas. Guatemala, 96 p.
- [ANACAFÉ] Asociación Nacional del Café. 2004. Datos de producción y exportación de café, realizada a todo destino, ejercicios 1998-2003. Guatemala. 2 p.
- Baker, P.S., J.F. Barrera & J.E. Valenzuela. 1989. The distribution of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in southern Mexico: A survey for a biocontrol project. *Tropical Pest Management*, 35: 163-168.
- Barrera, J. F. 2005. Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas, p. 1-13. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Barrera, J.F., F. Infante, M. Vega, O. González, E. Carrillo, O. Campos, R. Muñoz, A. Serrano, J.J. Osorto, B. Decazy & D. Moore. 1990. Introducción de *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) a Centroamérica para el control biológico de la broca del cafeto, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Turrialba*, 40: 570-574.
- Brito-Terraza, L.N. 2005. Evaluación del manejo integrado de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) Coleoptera: Scolytidae, en plantaciones comerciales de café en finca "La Perla", Municipio de Chajul, Departamento de Quiché. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Quetzaltenango, Guatemala. 44 p.
- Campos, O. 1982. Estudio de hábitos de la broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei* Ferr 1867) en el campo, p. 38-49. En: V Simposio Latinoamericano sobre Caficultura. PROMECAFE. San Salvador, El Salvador.
- Campos, O. 1983. El Gandul *Cajanus cajan* como hospedero de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) en Guatemala, p. 155-159. En: II Simposio Latinoamericano sobre Caficultura. PROMECAFE. Guatemala.
- Campos-Almengor, O. 1990. Evaluación de 3 sustratos de café para la cría de broca en condiciones de laboratorio. En: Resúmenes IV Taller Regional Sobre la Broca del Fruto del Cafeto. PROMECAFE. San Salvador, El Salvador.
- Campos-Almengor, O.G. 2005a. Manejo integrado de la broca del café en una finca de producción comercial

- en Guatemala, p. 38-45. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Campos-Almengor, O.G. 2005b. Evaluación de diseños de trampas para el control de la broca. Revista El Cafetal. Ene. 2005: 5-9.
- Campos-Almengor, O.G. 2007. Trampa Broca: nuevo diseño para incrementar la captura de la broca del fruto del caféto *Hypothenemus hampei*. Revista El Cafetal. Ene. 2007: 6-7.
- Campos, O., A. Morales, H. Ochoa, A. Sánchez & E. Vásquez. 1985. Protección vegetal. Revista Cafetalera 259: 31-53.
- Campos, O., A. Morales, H. Ochoa, A. Sánchez & E. Vásquez. 1985. Protección vegetal. Revista Cafetalera 259: 31-53.
- Campos, O., J. Flores & D. Santos. 1989. Estudio de la fonología del fruto de cuatro cultivares de *Coffea arabica* L., p. 1-13. En: III Taller Regional de Broca. PROMECAFE. Antigua, Guatemala.
- Campos-Almengor, O., B. Decazy & E. Carrillo. 1990. Método de muestreo de broca (*Hypothenemus hampei*) por extracción de frutos. En: Resúmenes IV Taller Regional Sobre la Broca del Fruto del Cafeto. PROMECAFE. San Salvador, El Salvador.
- Campos, O., E. Carrillo, A. Barrios & R. Kestler. 1991. Avances del proyecto de control biológico de la broca del fruto del caféto en Guatemala. En: Resúmenes XIV Simposio de Caficultura Latinoamericana. PROMECAFE. Panamá.
- Decazy, B. 1989a. Muestreo y umbrales para la broca del fruto del caféto *Hypothenemus hampei* Ferr., p. 59-70. En: III Taller Regional de Broca. PROMECAFE. Antigua, Guatemala.
- Decazy, B. 1989a. Niveles y umbrales de daños económicos de las poblaciones de la broca del fruto del caféto *Hypothenemus hampei* Ferr., p 117-123. En: III Taller Regional de Broca. PROMECAFE. Antigua, Guatemala.
- Duarte, M., B. Decazy, L. Villain & E. Carrillo. 1989. Determinación de la atractividad de frutos de varios cultivares de café a la broca del fruto del caféto *Hypothenemus hampei* F., utilizando el método de olfatometría a nivel de laboratorio, p. 103-115. En: III Taller Regional de Broca. PROMECAFE. Antigua, Guatemala.
- Esteban D., Mateo. 2005. Evaluación de la capacidad de dispersión y parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis*, parasitoide de la broca del fruto del caféto (*Hypothenemus hampei*) en tres zonas altitudinales del suroccidente de la caficultura guatemalteca. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Quetzaltenango, Guatemala. 44 p.
- Hernández, M. & A. Sánchez. 1972. La broca del fruto del café. Asociación Nacional del Café. Guatemala. 11:1-72.
- [OIRSA] Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. 1977. XXV Reunión del Comité Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria CIRSA. Vol. I. Guatemala, 325 p.
- Ochoa, H., O. Campos, B. Vidal & B. Decazy. 1989. Determinación de pérdidas en la cosecha por broca del fruto del caféto *Hypothenemus hampei* Ferr. en función de diferentes porcentajes de infestación, p. 81-86. En: III Taller Regional de Broca. PROMECAFE. Antigua, Guatemala.
- Ochoa, H., E. Carrillo & B. Decazy. 1990. Fluctuación de poblaciones de la broca del fruto del caféto (*Hypothenemus hampei* Ferr) en dos localidades. En: Resúmenes IV Taller Regional Sobre la Broca del Fruto del Cafeto. PROMECAFE. San Salvador, El Salvador.
- Gento-Reyes, J.C. 2002. Evaluación de aspectos biológicos de la avispa de Togo (*Phymastichus coffea*), parasitoide de la broca del fruto del caféto (*Hypothenemus hampei*) en el laboratorio de ANACAFÉ, San Sebastián, Retalhuleu, Guatemala. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Mazatenango, Suchitépéquez, Guatemala. 94 p.
- Villagrán, W., E. Carrillo & B. Decazy. 1992. Evaluación de la resistencia genética de varias especies y cultivares de *Coffea* spp. a la broca del fruto (*Hypothenemus hampei* Ferr.1867) en condiciones de laboratorio, p. 50-55. En: Memoria técnica de investigaciones en café 90-91. ANACAFÉ. Guatemala.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 17-23. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

ACCIONES Y ESTRATEGIAS ANTE LA BROCA DEL CAFÉ EN COSTA RICA

Actions and strategies against the coffee berry borer in Costa Rica

MAINOR ROJAS BARRANTES

Programa de Entomología, Centro de Investigaciones en Café (CICAPE), Instituto del Café de Costa Rica (Icafe). Apartado postal 131-3009, Heredia, Costa Rica. mrojas@icafe.go.cr

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei, Broca del Café, Manejo Integrado, Investigación.*

CONTENIDO

1. Introducción.....	18
2. Situación de la Broca en Costa Rica.....	18
3. Acciones ante la plaga.....	19
3.1. Acciones legales.....	19
3.2. Investigación.....	19
3.2.1. Desarrollo del fruto de café.....	19
3.2.2. Ciclo biológico de la broca.....	20
3.2.3. Dinámica poblacional de la broca.....	20
3.2.4. Muestreo.....	20
3.2.5. Control manual.....	20
3.2.6. Trampas y atrayentes.....	20
3.2.7. Control biológico con <i>Beauveria bassiana</i>	21
3.2.8. Control biológico con parasitoides.....	21
3.2.9. Control químico.....	21
3.2.10. MIB.....	21
3.3. Capacitación y transferencia de tecnología.....	21
3.3.1. Actividades previas a la detección de broca.....	21
3.3.2. Divulgación.....	21
3.3.3. Coordinación interinstitucional.....	21
3.3.4. Capacitación y asistencia técnica.....	21
4. Estrategias de manejo.....	21
4.1. Manejo cultural.....	21
4.2. Registros.....	22
4.3. Control manual.....	22
4.4. Control etológico.....	22
4.5. Control biológico con <i>Beauveria bassiana</i>	22
4.6. Control químico.....	22
5. Conclusiones.....	22
6. Literatura citada.....	23

Resumen

La estrategia de Manejo Integrado de la Broca del Café (*Hypothenemus hampei*) (MIB) en Costa Rica se inició antes de que la plaga fuera reportada en el país en diciembre del año 2000, resultado que se evidencia con las bajas pérdidas experimentadas por los productores en la mayoría de las áreas cultivadas con

café. La estrategia ante la broca ha contemplado acciones previas a la detección de la plaga, durante la época de dispersión, así como la labor permanente de investigación y transferencia de tecnología. Las acciones previas a la detección incluyeron la instauración de la Comisión Nacional de Broca en 1998, formulación del Programa Nacional de Prevención y Control Integrado de la Broca, publicación de leyes y decretos, monitoreos

de la plaga en la zona fronteriza con Nicaragua y otras áreas del país, puestos de cuarentena en fronteras, así como capacitación a técnicos y productores. Con la detección de la broca se declaró el estado de emergencia nacional y se impidió el traslado de café de zonas con broca a zonas libres de la plaga. Se establecieron puestos de cuarentena desde 2000 hasta 2004 para evitar la diseminación del insecto hacia áreas libres. Se desarrolló una campaña nacional de información y capacitación haciendo énfasis en el MIB. Se intensificó la investigación del comportamiento de la plaga en relación con el ambiente, así como el estudio de prácticas de control cultural, manual, etológico, biológico y químico. Se implementaron parcelas demostrativas que incluían las mejores prácticas de manejo del cultivo. Se estudió el efecto de los ataques de la broca sobre las pérdidas de rendimiento de beneficiado y se implementó un sistema de ajuste de pérdidas por concepto de café brocado. Se implementó el laboratorio de producción de *B. bassiana*. Actualmente se continúa con la capacitación constante al sector cafetalero y se investigan diversas estrategias de control. El esfuerzo que ha realizado el Icafe, el Estado, otras organizaciones y los mismos productores por medio del manejo integrado del cultivo, ha logrado mantener niveles de ataque inferiores al 3% como promedio nacional.

Abstract

The strategy of Integrated Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) Management (IBM) in Costa Rica began before the pest was reported in the country in December 2000. As a result, low losses have been experienced by producers in most of the areas cultivated with coffee. The strategy against the borer has contemplated previous actions for detection of the pest during dispersion, as well as permanent work of research and transference of technology. Previous actions for detection included the establishment of the National Commission of Coffee Berry Borer in 1998, formulation of the National Program of Prevention and Integrated Management of the Coffee Berry Borer, publication of laws and decrees, inspections of the pest in the border zone with Nicaragua and other areas of the country, quarantine positions in borders, as well as training to technicians and producers about the pest. With the detection of *H. hampei* in the country a national emergency situation was declared and it was forbidden the transport of coffee from infested to free areas of the pest. Quarantine positions settled down from 2000 to 2004 to avoid the dissemination of the insect towards free areas. It was developed a national campaign of information and training, doing emphasis in the IBM. Research on biology and ecology of the pest, as well as the study of cultural practices, recollection of berries, ethological, biological and chemical control, was intensified. Demonstrative plots were implemented that included the best practices for pest management. The

effect of the borer's attack on losses in coffee mill process was studied and a system of adjustment of losses by concept of bored bean coffee was implemented. The laboratory of production of *Beauveria bassiana* was implemented to produce the fungus formulated in rice. At the moment it is continued with constant training to coffee industry and diverse strategies of pest management are investigated. The effort done by ICAFE, the State, and other organizations and growers using IMB showed a national average of infestation less than 3%.

1. Introducción

El área cultivada con café en Costa Rica, según reporte a diciembre del 2006, es de 97,614 ha y la producción nacional de la cosecha 2005-2006 correspondió a 2'333,648 fanegas (1 fanega = 400 litros de café cereza), registrándose una productividad de 23.86 fanegas/ha. En esa misma cosecha el 92.2% de los productores registraron entregas inferiores a las 100 fanegas de café, aportando en conjunto el 42.2% de la producción nacional. Costa Rica exportó 1.82 millones de quintales de 46 kg de café oro de la cosecha 2005-2006, por un valor FOB de US \$221.66 millones (Icafe, 2006). El 60% del área cultivada con café se ubica sobre los 1,000 metros sobre el nivel del mar.

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) se ha citado como la plaga más seria del café, con capacidad de causar grandes pérdidas a nivel de plantación y grano almacenado, al disminuir rendimiento, calidad física y organoléptica de la bebida y arriesgar incluso la salud, al favorecer el desarrollo de microorganismos.

En Costa Rica se detectó la presencia de la plaga en el año 2000 y desde antes ya se avanzaba con respecto a investigación e información al sector cafetalero.

En los últimos años se ha continuado con el estudio del comportamiento de la plaga en las diferentes regiones del país, así como el perfeccionamiento de las prácticas de control cultural, biológico, etológico y químico.

Se ha reforzado la transferencia de tecnología por medio de asistencia técnica especializada, actividades grupales, publicaciones y campañas radiales, con el fin de llegar a todos los productores de café con la información que requieren para mantener pérdidas mínimas causadas por la broca.

2. Situación de la broca del café en Costa Rica

La broca del café se detectó en Costa Rica en diciembre del año 2000 y para junio del 2005 se encontraba distribuida en un área cercana a las 15,000 ha (Borbón 2005).

En la actualidad la plaga se ha distribuido casi por todas las regiones cafetaleras del país, con un promedio nacional de ataque en campo que no superó el 3% en la cosecha 2005-2006 (Fig. 1).

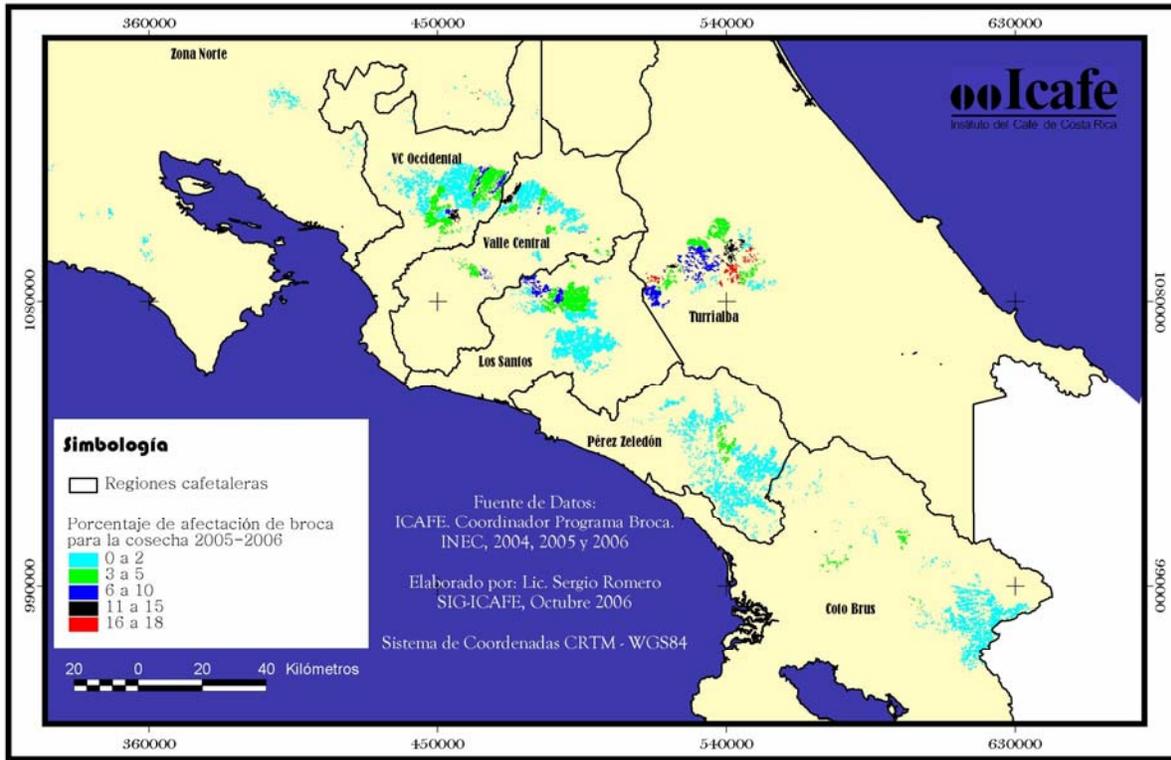


Fig. 1. Distribución y ataque de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) durante la cosecha 2005/2006 en las regiones cafetaleras de Costa Rica. Icafe, 2006.

La región cafetalera de Turrialba es la que presentó los mayores ataques y esto se ha relacionado con las floraciones múltiples durante un periodo de varios meses, que mantiene la planta con frutos casi todo el año y esto favorece la multiplicación de la plaga.

3. Acciones ante la plaga

3.1. Acciones legales

Las acciones previas a la detección de la broca del café incluyeron la creación de la Comisión Nacional para la Prevención de Entrada de la Broca del Fruto del Cafeto a Costa Rica y su posterior manejo una vez ingresada a territorio nacional, por el Decreto No. 27274-MAG de 1998 (Anónimo 1998b) y obligación a los propietarios para dar asistencia técnica a los cafetales por Decreto No. 27064-MAG de 1998 (Anónimo 1998a).

Se mantuvo monitoreos de la plaga en la zona fronteriza con Nicaragua y otras áreas del país, puestos de cuarentena en fronteras, así como capacitación a técnicos y productores acerca de la plaga.

Con la detección de la broca en el país en diciembre del 2000 se declaró el Estado de Emergencia Nacional

por la Plaga Cuarentenaria Broca del Cafeto por Decreto No. 29218-MAG (Anónimo 2001).

En marzo del 2001 se obligó a beneficiar el café en lugares de producción y se prohibió trasladar café de zonas brocadas a zonas libres.

También en el 2001 se publicó la Ley de Protección Fitosanitaria No. 7664-MAG (Anónimo 1997).

Se establecieron puestos de cuarentena desde el 2000 hasta el 2004 para evitar la diseminación del insecto hacia áreas libres de la plaga.

3.2. Investigación

3.2.1. Desarrollo del fruto de café

Se ha estudiado el desarrollo del fruto de café y su acumulación de materia seca con respecto a los ataques de la broca en 19 localidades cafetaleras del país.

Los resultados indican que bajo las condiciones de Costa Rica, los frutos alcanzan el 20% de materia seca desde los 100 hasta los 172 días después de la floración, siendo las zonas más bajas donde se alcanza primero ese porcentaje (Fig. 2).

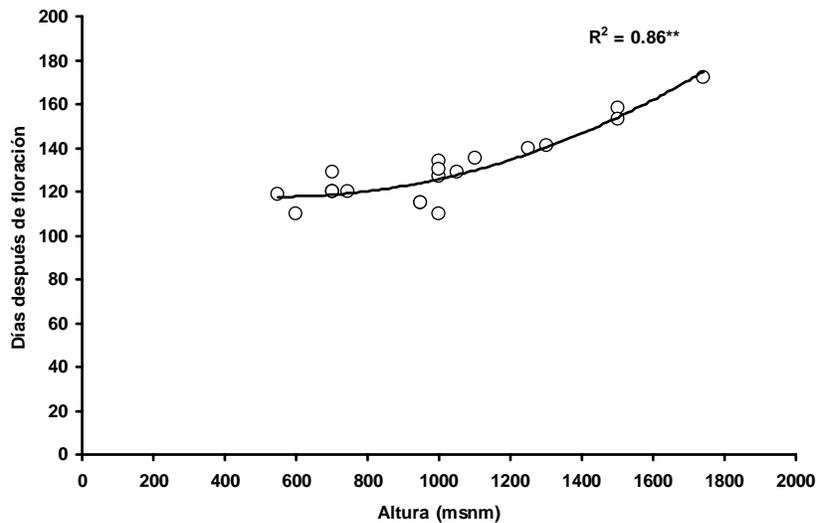


Fig. 2. Acumulación del 20% de materia seca en frutos de café según la altitud en diferentes regiones cafetaleras de Costa Rica. Icafe, 2006.

3.2.2. Ciclo biológico de la broca

El ciclo de reproducción de la plaga bajo diferentes ambientes también se ha estudiado, variando según la altitud desde 40 días en las zonas más bajas, hasta 93 días en las zonas con mayor altitud.

Bajo esta última condición, se logra llegar al inicio de la recolección sin que haya una nueva generación de adultos dentro de los frutos, facilitando el control de la plaga.

3.2.3. Dinámica poblacional de la broca

La dinámica de población de brocas en los frutos residuales después del fin de la recolección en el suelo y la planta se ha estudiado en diferentes zonas cafetaleras del país, encontrando poblaciones que aumentan durante periodos secos y disminuyen por efecto de las lluvias. Las poblaciones altas del suelo se relacionan con las épocas de mayor captura en trampas y emergen más rápido, mientras las poblaciones de la planta migran más lentamente buscando atacar nuevos frutos. El efecto de las lluvias es claro sobre la mortalidad de la broca presente en los frutos del suelo.

3.2.4. Muestreo

Se estudió el método de muestreo de café cereza para establecer las pérdidas que causa la broca en los rendimientos de beneficiado del café de acuerdo a los niveles de ataque y se implementó un sistema de rebajos para aplicarse al productor al momento de la entrega de café por concepto de café brocado.

3.2.5. Control manual

Se ha desarrollado investigación y validación sobre prácticas de control manual de la plaga, por ejemplo, se ha llegado a obtener una reducción sobre el 30% de ataque en lotes donde se realizó la cosecha sanitaria, con respecto a los lotes donde no se realizó esa práctica. También se implementaron parcelas demostrativas que incluían las mejores prácticas de manejo del cultivo, con el propósito de fortalecer la transferencia de tecnología.

3.2.6. Trampas y atrayentes

Desde 1999 se iniciaron pruebas para desarrollar la trampa para captura de broca, con fines de monitoreo y control de la plaga (Borbón et al. 2000). Se concluyó que la mezcla de metanol y etanol en proporción 3:1 fue la mejor para atraer brocas hacia las trampas. Se inició con un diseño de trampas de embudo múltiple con cinco vasos, la cual luego se cambió a tres vasos y obteniendo el mismo resultado. También se pasó de la membrana difusora a un difusor simple (gotero), obteniendo mejores resultados y bajando el costo.

De 2004 en adelante se empezó a evaluar la trampa artesanal hecha a partir de la botella desechable de gaseosa de 2 l, obteniendo excelentes resultados y a bajo costo. Actualmente se está evaluando un prototipo de trampa que captura la broca sin necesidad de usar un líquido como solución de captura. Las trampas de embudo múltiple y difusores se distribuyen a los productores a mitad del costo.

3.2.7. Control biológico con *Beauveria bassiana*

La investigación y desarrollo del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* ha sido una de las áreas principales de trabajo y es actualmente una de las principales opciones de control biológico con que cuentan los productores costarricenses para hacer frente a la broca.

Se han aislado y evaluado diferentes cepas nativas recolectadas en distintas áreas cafetaleras del país, sometiéndolas a pruebas de laboratorio (agresividad, tolerancia a la luz ultravioleta, estudios moleculares, capacidad de esporulación, crecimiento en medio artificial y mezclas con coadyuvantes y otros productos) y de campo (cepas, dosis y número de aplicaciones).

Por otro lado, se implementó el laboratorio de producción de *B. bassiana* con capacidad para producir más de 45,000 kg/año del hongo formulado en arroz, el cual se distribuye al productor sin costo.

3.2.8. Control biológico con parasitoides

La investigación con parasitoides se basó en evaluaciones realizadas en fincas donde se realizaron liberaciones inundativas de *Prorops nasuta* Waterston y *Phymastichus coffea* LaSalle importados, llegando a obtener un promedio de 40% de control con ambos parasitoides (Borbón 2005).

Actualmente se están realizando gestiones para reactivar la producción de parasitoides en CICAFFÉ, con el objetivo de realizar investigación y brindar pies de cría y capacitación a los interesados en producir sus parasitoides.

3.2.9. Control químico

El control químico es la última opción del manejo integrado de la plaga y se recomienda solo en casos estrictamente necesarios. Se han venido evaluando alrededor de 10 productos para control de broca en diferentes ambientes, con el objetivo de tener diferentes productos alternativos que realicen buen control de la plaga y sean amigables con el ambiente y el caficultor.

3.2.10. MIB

En términos del Manejo Integrado de la Broca (MIB) se continúa investigando en cada región cafetalera con el propósito de ajustar y perfeccionar las prácticas de manejo, tratando de lograr el máximo aporte de cada una de ellas al más bajo costo económico, social y ambiental.

3.3. Capacitación y transferencia de tecnología

3.3.1. Actividades previas a la detección de broca

La capacitación a productores, técnicos y beneficiadores de todo el país se inició antes de la

detección de la plaga en el 2000. Las actividades de transferencia de tecnología realizadas por el Instituto del Café (Icafe) y el Servicio Fitosanitario del Estado con mucha frecuencia incluían información sobre la broca del café, los daños que era capaz de causar, cómo detectarla y las mejores prácticas de manejo.

3.3.2. Divulgación

A partir de 2001 se desarrollaron campañas de información por medio de la radio, televisión, periódico, vallas publicitarias, afiches, material divulgativo y una gran cantidad de actividades grupales, todas tratando el tema de la broca del café.

3.3.3. Coordinación interinstitucional

Se ha trabajado en conjunto con el Servicio Fitosanitario del Estado, las Agencias de Extensión Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Beneficios, Cooperativas, Universidades, Asociaciones de Productores, la empresa privada, entre otros, para hacer llegar a todo el sector cafetalero la información más acertada sobre el manejo de la plaga.

3.3.4. Capacitación y asistencia técnica

Además de la divulgación masiva, el Icafe dio alta prioridad a la capacitación y asistencia técnica personalizada, para lo cual los técnicos de la Institución han dedicado un alto porcentaje de su tiempo a visitar fincas con problemas de broca en cada región, haciendo énfasis en el manejo integrado de la plaga.

Por otro lado, se logró capacitar a todos los técnicos relacionados con la actividad cafetalera en el país, dotándolos del conocimiento y las herramientas necesarias para hacer frente a la plaga de la mejor manera. De esa forma, se ha logrado multiplicar la labor de capacitación a los productores bajo el esquema de manejo integrado del cafetal. Los estudiantes universitarios y de Colegios Agropecuarios relacionados con la actividad cafetalera también han recibido capacitación sobre el manejo de la plaga.

4. Estrategias de manejo

4.1. Manejo cultural

Las prácticas culturales para manejo de la broca son bien conocidas por el productor y ampliamente utilizadas a lo largo de los años. Consisten en promover un ambiente adecuado para la producción de café y facilitar las labores de control manual de la plaga, entre ellas:

- Regulación de la sombra, para reducir la humedad, permitir la entrada de luz y favorecer la ventilación.

- Poda del café, con el mismo objetivo de la regulación de la sombra además de facilitar la recolección. En fincas grandes se recomienda la poda por lote después de una buena repela y dejar plantas trampa para recolectarlas 45 días después.
- Deshija, para una buena formación de la planta y facilitar la recolección.
- Control de malezas, para facilitar la labor de junta durante la cosecha y después de la cosecha.
- Uniformidad varietal del lote, con el fin de concentrar las floraciones y la recolección.
- Fertilización, para aumentar la producción y disminuir el flote y la pérdida de rendimiento.

4.2. Registros

Se ha promovido que los productores mantengan actualizados sus registros de fechas y magnitud de las floraciones en su cafetal, así como evaluaciones periódicas del ataque de la broca en cada lote, posición del insecto en el fruto y mortalidad de la plaga después de una aplicación. Esta información le permitirá al técnico y al mismo productor tomar las mejores decisiones sobre el manejo de la plaga.

4.3. Control manual

Las prácticas de control manual se han insertado exitosamente en la cultura de manejo de la plantación por parte de los productores, teniendo presente que estas prácticas constituyen la porción mayor del manejo integrado de la plaga. Estas prácticas consisten en eliminar la mayor parte de la población residual de brocas remanentes en la plantación después de la cosecha, así como la reducción de la población que se está estableciendo en los frutos de la cosecha siguiente. Estas prácticas son:

- Cosecha eficiente, recolectando todos los frutos maduros de la planta.
- Junta, realizada durante y después de la labor de cosecha.
- Repela, recogiendo todos los frutos presentes en la planta al final de la recolección.
- Repela sanitaria, labor recomendada cuando por algún motivo quedaron en la planta más de cinco frutos sin recolectar.
- Granea sanitaria, realizada desde los 60 días después de la floración para eliminar los frutos,

generalmente verdes, donde se ha establecido la plaga.

4.4. Control etológico

Se aplica por medio de la colocación de 20 trampas por hectárea durante el periodo de migración de la broca, con las primeras lluvias después del periodo seco. En regiones con periodo seco más corto se recomienda instalar las trampas inmediatamente después de finalizada la recolección. Estudios realizados por Icafe indican que los picos de captura en casi todas las regiones de Costa Rica se presentan de marzo a mayo. Las trampas utilizadas son las de embudo múltiple distribuidas por Icafe y las artesanales de botella desechable elaboradas por los productores. El difusor es único para todo el país, utilizando la mezcla de metanol y etanol en proporción 3:1. Las capturas dependen de la cantidad de broca residual, pero se ha constatado que las trampas pueden proteger varias fanegas de café.

4.5. Control biológico con *Beauveria bassiana*

El desarrollo de la producción de *B. bassiana* en el laboratorio de Icafe se ha venido ajustando a la recomendación y utilización de este entomopatógeno para control de la broca. Actualmente se recomienda realizar dos aplicaciones del hongo al año, la primera durante el periodo de migración del insecto (si las condiciones de humedad lo permiten) y la segunda aproximadamente un mes después. Se recomienda la aplicación de 10 kg de la formulación en arroz por hectárea para alcanzar una concentración de conidias suficiente para lograr un buen control. La aplicación de *B. bassiana* en Costa Rica se ha venido generalizando, en tanto que la información obtenida de la investigación en diferentes regiones indica que en promedio se alcanza el 30% control con esta práctica.

4.6. Control químico

Esta práctica forma parte del manejo integrado, pero se ha capacitado al productor para que sea utilizado como último recurso, de hecho el uso de insecticida para control de broca en Costa Rica es mínimo. El uso de insecticida se ha recomendado cuando el ataque ha superado el 5% en el campo y el insecto se encuentra ubicado en el canal de penetración, utilizando el producto y dosis recomendados, así como todo el equipo de protección.

5. Conclusiones

La broca del café se ha diseminado casi por todas las regiones cafetaleras de Costa Rica, constituyéndose en la plaga de mayor interés económico para la actividad cafetalera. Se ha trabajado arduamente en investigación, capacitación y transferencia de tecnología desde antes del ingreso de la plaga al país, mientras el

productor costarricense ha aprendido a convivir con la plaga y aplica las prácticas de manejo integrado del cultivo que se han venido recomendando. El resultado de este esfuerzo se manifiesta en los bajos niveles de ataque que se presentaron durante la cosecha 2005/2006 en la mayoría de las regiones cafetaleras.

Se continuará investigando en cada región cafetalera con el propósito de ajustar y perfeccionar las prácticas de manejo, tratando de lograr el máximo aporte de cada una de ellas al más bajo costo económico, social y ambiental. Esto se conseguirá con el esfuerzo de todo el sector cafetalero, el Instituto del Café, el estado y las organizaciones, avanzando juntos para mantener el prestigio de nuestro grano de oro.

6. Literatura citada

- Anónimo. 1997. Ley de Protección Fitosanitaria No. 7664-MAG. La Gaceta No. 83. 8 de abril de 1997.
- Anónimo. 1998a. Decreto N° 27064-MAG. La Gaceta No. 178. 11 de septiembre de 1998.
- Anónimo. 1998b. Decreto N° 27274-MAG. La Gaceta No. 181. 17 de septiembre de 1998.
- Anónimo. 2001. Decreto N° 29218-MAG. La Gaceta. 22 de diciembre del 2001.
- Borbón, O. 2005. Experiencias sobre el Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, p. 58-61. Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de La Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Borbón M., O., O. Mora A., A.C. Oehlschlager & L.M. González. 2000. Proyecto trampas, atrayentes y repelentes para el control de la broca del fruto de cafeto, *Hypothenemus hampei* F. (Coleoptera: Scolytidae), p. 331-348. En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. 2 al 6 de octubre de 2000, San José, Costa Rica.
- [Icafe] Instituto del Café de Costa Rica. 2006. Informe sobre la Actividad Cafetalera de Costa Rica. San José, Costa Rica. 51 p.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 25-32. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFÉ EN HONDURAS

Integrated Coffee berry borer Management in Honduras

MARCIAL RODRÍGUEZ

Departamento de Investigación Agrícola, Programa de Manejo Integrado de Plagas, Instituto Hondureño del Café, Centro de Investigación y Capacitación Jesús Aguilar Paz, La Fé, Ilama Santa Bárbara, Honduras. marcialrr49@yahoo.es

Palabras Clave: *Café de Honduras, Broca del Café, Manejo Integrado de Plagas, Control Cultural, Trampas, Control Biológico.*

CONTENIDO

1. Introducción.....	26
2. Establecimiento de un programa MIB.....	26
3. Control cultural.....	27
3.1. Cosecha supervisada.....	27
3.2. Pepeña y repela.....	27
4. Control biológico con parasitoides.....	27
4.1. Biología.....	27
4.2. Cría.....	28
4.3. Establecimiento.....	28
4.4. Liberaciones.....	29
4.5. Evaluación.....	29
4.6. Crías rurales.....	29
5. Control etológico.....	30
5.1. Primeros intentos.....	30
5.2. Trampas artesanales.....	30
5.3. Atrayente.....	31
6. Conclusiones.....	31
7. Literatura citada.....	31

Resumen

La integración de todos los métodos de control, o Manejo Integrado de la Broca (MIB), es la opción más promisoriosa y segura para combatir la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Este manejo puede variar de una zona a otra dependiendo de diversos factores, pero se puede afirmar que se pueden mantener niveles no dañinos de ataque sin necesidad de recurrir a los insecticidas químicos. El método principal para reducir las poblaciones de broca es la reducción de sus fuentes de infestación por medio de control cultural, realizar una buena cosecha y la recolección de frutos del suelo y planta (pepeña y repela). El control etológico con trampas con atrayentes es otra opción importante para la reducción de las poblaciones y para el monitoreo de la broca en Honduras. Adicionalmente, el control de la broca con agentes biológicos se ha tornado de mucha

importancia mediante el uso de tres especies de parasitoides (*Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*), ya que ejercen una acción de control permanente y amigable al ambiente, con niveles de parasitismo desde 2.5 hasta 50%. Como conclusión se puede decir que hoy en día se dispone en Honduras de suficientes herramientas para manejar adecuadamente esta plaga, y cada día se hace más necesario usarlas, ya que los países importadores de café están limitando sus compras si no se cumplen ciertas medidas ambientales o cuando los envíos de café superan los límites de residuos químicos permisibles. Los caficultores Hondureños a través del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE), están basando su producción de café en un sistema MIB, como una estrategia para lograr a corto, mediano y largo plazo una caficultura próspera y sostenible.

Abstract

The integration of all available control methods, or Integrated Borer Management (IBM), is the most promising and safe option to manage the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). The IBM can vary from one region to other depending on different factors, but still we can be sure, base on available data, that coffee farmers can keep borer attacks under non economic damage levels without using chemical pesticides. The most effective method to reduce the borer infestation levels is to eliminate the sources of infestation through cultural practices of control such as making good harvesting practices and ensuring that no coffee berries are left neither on the coffee trees nor the ground (pepena y repela). The use of traps with attracting solutions to *H. hampei* adults is another very important strategy used in Honduras to control and monitor this pest. Additionally, the control of the borer with biological agents has become very important, by using three species of parasitoids (*Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*). These parasitoids play a continuous and environment friendly control action, with parasitism ranges from 2.5 to up to 50%. As a conclusion, it can say that currently in Honduras we have enough control strategies to manage in an appropriate way *H. hampei*, and nowadays this becomes very important since coffee importers countries are restricting coffee imports if the product does not fulfill specific food safety and environmental requirements. The Honduran coffee producers through IHCAFE's action are basing their production on an IBM program, as a strategy to ensure in the short, medium and long term a prosperous and sustainable coffee production.

1. Introducción

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es por mucho la plaga más importante del cultivo del café. Fue detectada en Honduras en 1977 y debido a la carencia de enemigos naturales y al desconocimiento de su biología y comportamiento, por parte de los productores y técnicos, se diseminó e incrementó, casi en todas las zonas cafetaleras del país. A esto se sumó, como agravante, la caída de los precios del café.

Actualmente se está implementando un sistema de Manejo Integrado de Broca (MIB) que involucre principalmente, estrategias culturales, biológicas y etológicas. Los avances en investigación de algunos países cafetaleros vecinos, como México que ostenta un liderazgo en investigación cafetalera, nos permite adaptar o adoptar algunas estrategias relevantes en el control de broca en beneficio de la caficultura nacional.

Por sus características bioecológicas, la broca ha mostrado ser un insecto muy difícil de manejar al emplear un solo método de control, por lo que es imprescindible acudir a todas las estrategias disponibles

para reducir drásticamente sus poblaciones. Esto enmarca un Programa de MIB, cuyo propósito es usar de manera inteligente y armónica diferentes medidas de control, compatibles entre sí para reducir las poblaciones de la broca a niveles que no causen daño económico, dejando como último recurso la opción química.

2. Establecimiento de un programa MIB

La ejecución de un programa MIB tendrá éxito, si se contemplan los siguientes criterios:

- Conocimiento de la biología y comportamiento del insecto nocivo.
- Identificar los factores ambientales que afectan los niveles de población de broca durante el año.
- Búsqueda e identificación de enemigos naturales en el agroecosistema.
- Estudiar la relación existente entre el cultivo y su parte afectada con el organismo plaga.
- Buscar y recopilar información o experiencias de nuevas alternativas de manejo o resultados de investigaciones en otros países.
- Establecer los umbrales de daño económico aplicando el rigor científico para que sean plenamente confiables.
- Realizar monitoreos periódicos de carácter regional o zonal con el fin de establecer las estrategias de manejo de la broca.

La implementación de un programa MIB no tendrá las respuestas esperadas si no se acompaña con un programa fuerte de capacitación y difusión de todas las tácticas consideradas.

El Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ) ha incorporado en la Escuela Superior del Café, que es la encargada de la capacitación formal del sector cafetalero en las escuelas de administradores de fincas y de extensionistas, un módulo de una semana de duración de capacitación en servicio en MIB. Este módulo solamente se imparte en el Centro de Investigación y Capacitación Jesús Aguilar Paz (CIC-JAP) del IHCAFÉ en la Fe, Santa Bárbara, ya que cuenta con la infraestructura necesaria y los laboratorios de cría artificial de broca y parasitoides.

También se tienen los llamados caficultores innovadores ("cafines"), que son caficultores con vocación de servicio, los cuales se capacitan en actividades MIB y otras actividades en producción del café. A ellos se les da asistencia técnica especializada en sus fincas con la obligación de replicar lo aprendido con los caficultores vecinos, y de esta manera, aumentar la cobertura de la extensión cafetalera impartida por IHCAFE.

Por otro lado, en todas las zonas cafetaleras del país se cuenta con programas radiales los cinco días de la

semana, para difundir la estrategia MIB y otras actividades relacionadas con el sector cafetalero.

Estas experiencias han dado buenos resultados en la capacitación, difusión y la implementación de las nuevas tecnologías.

3. Control cultural

3.1. Cosecha supervisada

El último corte del café es muy importante en el sentido de tratar de cosechar todos los frutos existentes en la planta (verdes, sazones, maduros y secos). Esta actividad debe ser supervisada, formando pequeñas grupos de cortadores dirigidos por una persona de más experiencia o capacitación y tratando de dejar el menor número de frutos posibles y evitar así la repela.

En ocasiones hay problemas para contratar los corteros (cortadores) para que realicen esta actividad, por lo que, si es necesario y por su importancia, hay que pagar más cara esta actividad; en otras ocasiones cuando por factores climáticos la maduración de la cosecha se presenta uniforme hay que acelerar su corte, pero por la urgencia y falta de supervisión, dejan muchos granos y es necesario repelar.

3.2. Pepena y repela

La pepena y repela son prácticas que debe realizar todo productor de café, ya que éstas son de las pocas alternativas que tendrá para bajar considerablemente las poblaciones futuras de broca en sus fincas, al eliminar la fuente de alimentación de la plaga.

Por el hábito monófago de la broca, el periodo de post cosecha es el más crítico para su supervivencia, pues la escasez de granos de café afectará significativamente sus poblaciones, por ello es necesario realizar una buena recolección de estos frutos.

En esta etapa del cultivo no es tan importante considerar el porcentaje de frutos infestados, sino la cantidad de frutos presentes en el suelo y las plantas, porque aun con una baja infestación, los insectos sobrevivientes logran afectar la mayoría de los frutos disponibles en este periodo.

En recuentos hechos en la zona del Lago de Yojoa, Honduras en marzo de 2007 se encontró 46% de granos brocados en el suelo y 83% en granos provenientes de la repela. Este porcentaje con el tiempo disminuirá para los granos pepenados y aumentará para los granos repelados, como producto de la migración de brocas del suelo hacia la planta al descomponerse los granos del suelo, lo cual los hace menos apetecibles para el insecto. En este estudio, se recolectaron 3,609 granos en dos metros cuadrados de suelo, y en la parte aérea en cada una de las 24 plantas muestreadas.

Otro aspecto importante a considerar es en zonas lluviosas parte de los frutos que se encuentran en el suelo germinan o se pudren.

Ambas practicas son imprescindibles para el manejo de la broca, pero si se tuviera que priorizar entre una de ellas, deberá elegirse la recolección de frutos de la planta (repela) por razones económicas, por ser preferidos por la broca y porque permanecen disponibles más tiempo.

El costo de la repela en Honduras en marzo de 2007 fue de \$0.74 por libra de café colectado. Aunque el costo es alto, bien paga hacer esta actividad, además de que los granos cosechados pueden ser empleados como substrato para la crianza de los parasitoides.

4. Control biológico con parasitoides

Cuando la broca del café se introdujo a Honduras en 1977, vino solitaria, pues sus enemigos naturales se quedaron en África. Según DeBach (1968), el hecho de que un insecto llegue a alcanzar la condición de plaga significa que las condiciones climáticas y otros factores le han sido razonablemente favorables. Por ello, uno de los mejores medios para modificar las condiciones ambientales y bajar permanentemente la población de una plaga, descansa en el uso de enemigos naturales. La regulación de la abundancia de un organismo plaga debajo del nivel que causa daño económico, es la meta del control biológico aplicado.

Honduras produce tres parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, *Prorops nasuta* Waterston y *Phymastichus coffea* LaSalle. De México se introdujeron *C. stephanoderis* y *P. nasuta* en 1990 y 1993 respectivamente, en tanto que *P. coffea* se introdujo de Colombia en dos envíos en 1999. A la fecha no se ha perdido ninguno de los pies de cría.

En 2006 el laboratorio de cría del IHCAFÉ en la Fe entregó a los productores 11'600,000 parasitoides para su liberación, de los cuales 65% fueron *C. stephanoderis*, 25% *P. nasuta* y 10% *P. coffea*. Para 2007 se tiene la meta para la producción de 20 a 25 millones de parasitoides.

A continuación se presenta un resumen de resultados con el parasitoide *C. stephanoderis*.

4.1. Biología

Esta avispa posee una buena capacidad de búsqueda y es altamente específica de broca. Tiene una alta tasa reproductiva. Para reproducirse busca y coloniza frutos brocados que posean estados inmaduros en su interior. Parasita sobre larvas grandes, prepupas y pupas; oviposita un huevo en la parte ventral de las larvas o en la parte dorso ventral de las pupas. De este huevo eclosionara una larva, la cual se alimenta succionando todos los líquidos internos del huésped. Para pupar, la larva teje un capullo, y días después emergerá el adulto.

Bajo condiciones de campo se ha observado que *C. stephanoderis* coloniza y parasita a estados inmaduros de broca en frutos de café verdes consistentes, sazones, maduros, sobre maduros y secos (Aristizábal et al.

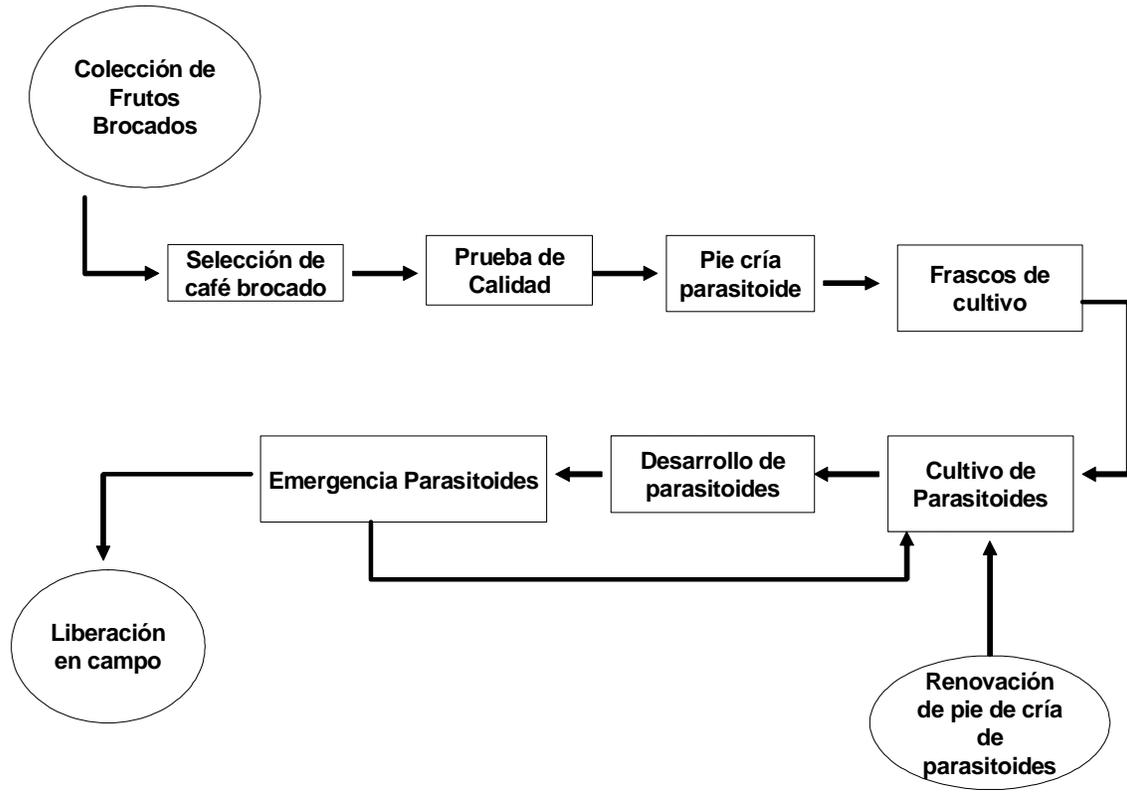


Fig. 1. Sistema de producción de parasitoides y broca del café en Honduras

1998). Al final del desarrollo, se obtienen granos de café con parasitoides de diferentes estados biológicos y la constante emergencia y emigración de adultos, los cuales buscarán a otros frutos infestados para repetir el proceso. Además de la acción parasítica sobre los estados inmaduros de la broca, el parasitoide adulto depreda sobre ellos. La mortalidad adicional que provoca como depredador incrementa su eficacia.

En Honduras, durante la práctica de graniteo, se ha detectado una reducción de frutos brocados al igual que una disminución del parasitismo, ya que muchos de los parasitoides se pierden en los granos recolectados.

4.2. Cría

En términos generales el proceso de cría requiere un suministro permanente de frutos de café infestados con broca, los cuales proporcionan el sustrato en donde se desarrollan los estados inmaduros del parasitoide.

Una vez que el sistema de producción da inicio (Fig. 1), se aumentará la producción de ambos insectos a niveles que permitirán dar inicio a la liberación de los parasitoides en el campo.

Una proporción de parasitoides adultos se queda para sostener el sistema de cría y otra parte se emplea para su liberación en las fincas.

4.3. Establecimiento

En Colombia se evaluaron liberaciones masivas de *C. stephanoderis* en plantaciones de café con altos niveles de infestación de *H. hampei*. Se encontraron parasitismos entre 22 y 65% y se comprobó el establecimiento del parasitoide después de dos años de haber sido liberado (Benavides et al. 1994).

Otros estudios indican que el parasitoide logró establecerse en cafetales con bajos niveles de infestación de broca (inferiores a 5%), registrando parasitismos entre 3.6 y 18.2%. Asimismo, se observó una reducción significativa de la población plaga y se demostró que este parasitoide puede ser utilizado en un programa MIB (Aristizábal et al. 1997, 1998).

En Honduras se han realizado muestreo para medir el establecimiento de *C. stephanoderis*. Los muestreos indican 90% de presencia del parasitoide en las fincas visitadas. Mientras que *C. stephanoderis* se ha encontrado en los frutos de la parte aérea de la planta,

P. nasuta ha sido encontrado tanto en frutos de la planta como del suelo.

4.4. Liberaciones

Con la finalidad de que los parasitoides se establezcan en todas las zonas cafetaleras del país, se hacen liberaciones inoculativas. En Honduras se han adoptado dos tipos de liberación: la convencional que consiste en liberar adultos y la alternativa que consiste en proporcionar al productor frutos de café que llevan parasitoides adultos e inmaduros en su interior.

Para la liberación convencional, los parasitoides adultos se recolectan en el laboratorio en frascos de plástico, posteriormente son llevados a las plantaciones atacadas por la broca. En este caso, deberán tenerse los siguientes cuidados antes de la liberación:

- El mejor periodo de liberación es entre 11 de la mañana y dos de la tarde, cuando ya no existe rocío sobre las hojas.
- Si se pretende liberar después de una lluvia, deberá sacudirse el árbol de 2 a 3 veces para eliminar el agua presente en las hojas y evitar así que los parasitoides mueran ahogados.
- Revisar que las plantas en donde se liberen los parasitoides no existan telas de arañas, y si las hay, deben ser eliminadas.

La otra técnica de liberación se ha implementado en fincas localizadas en zonas alejadas a los centros de producción de parasitoides. Los frutos que contienen adultos e inmaduros del parasitoide se colocan en recipientes de plástico desechables a los cuales se les realiza dos perforaciones en forma de ventana, pero sin despegar las aletas para evitar la entrada de agua. Los recipientes se cuelgan en las plantas de café distribuyéndolos uniformemente. Los parasitoides emergerán tiempo después al cumplir su desarrollo.

4.5. Evaluación

Para medir el impacto de las liberaciones de *C. stephanoderis* (el mismo procedimiento se puede utilizar para las otras especies de parasitoides), se realiza un monitoreo como se describe a continuación:

- En cada parcela o finca en donde se realizarán liberaciones se recolectará un mínimo de 1,000 frutos brocados.
- En post cosecha, la recolección de estos frutos se realizará del suelo y planta (pepena y repela), separando las muestras en diferentes recipientes rotulados para poder diferenciarlos al momento de la disección.

- El frasco (plástico o vidrio) donde se colecta la muestra deberá tener ventilación. En caso que se usara bolsa de manila, la muestra de frutos no podrá trasladarse de inmediato al laboratorio, deberá colocarse en botes con ventilación o sobre papel periódico con el propósito de que los frutos no transpiren.

Los frutos brocados a recolectar pueden ser secos, maduros, sanos y/o verdes. De la totalidad de la muestra se diseccionará el 20% para medir el establecimiento de los parasitoides. Se tomará como criterio de parasitismo la presencia de cualquier estadio del parasitoide encontrado en frutos de café infestados por broca (Barrera et al. 1998).

En Honduras, Muñoz (1995) señala que la sobrevivencia de los parasitoides desde el laboratorio hasta los lugares de liberación fue, en promedio, de 92.7%, y que los porcentajes de parasitismo variaron de 2.5 a 50%.

4.6. Crías rurales

Las crías rurales de *C. stephanoderis* fueron iniciadas en 1994 con una duración de un año. Las financió el Instituto y el Fondo Cafetero Nacional, invirtiendo \$6,890.00 para la compra de material y equipo básico, pago de mano de obra, combustible y lubricantes. Fueron instaladas nueve crías, una por oficina regional del IHCAFE, las que durante un periodo de 10 meses produjeron un total 496,289 adultos, de los que fueron liberados 341,538 individuos vivos. El costo de cada espécimen liberado fue de 1.26 centavos de dólar.

De todos los pies de cría instalada, la que presentó un menor costo de producción por parasitoide fue la de Florida de Opatoro (Regional de Marcala) con un costo de 0.042 centavos de dólar, y la que reportó un mayor costo fue la Trinidad, Santa Bárbara con un valor de 6.68 centavos de dólar por espécimen.

Los siguientes problemas se presentaron al operar las crías rurales:

- Falta de presupuesto en las cooperativas de café orgánico, para hacer sostenible las crías.
- Condiciones climáticas desfavorables: bajas temperaturas que limitan la producción de parasitoides.
- Alta rotación del personal técnico y encargados de la crianza.
- Mala planificación o carencia de ella.
- Falta de socialización del proyecto con los miembros de la cooperativa y falta de apoyo para las crías.
- Falta de supervisión técnica.

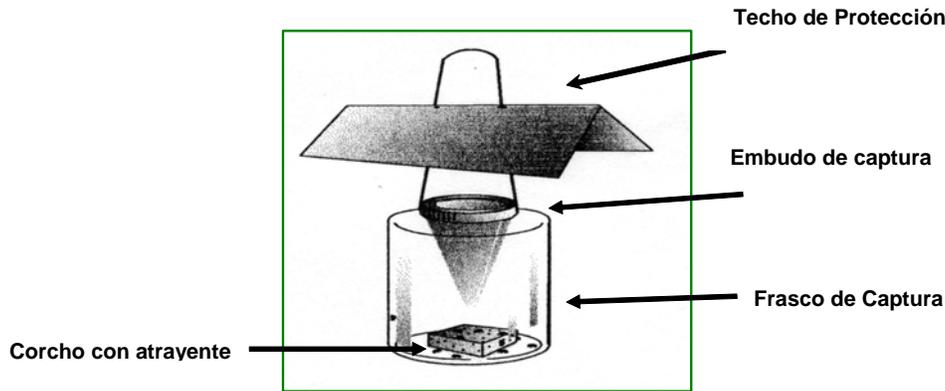


Fig. 2. "Trampa Hampei". IHCAFÉ, Honduras, CIC JAP.

Para 1995 las crías rurales habían desaparecido, y solamente subsistía la del laboratorio de cría de parasitoides del IHCAFÉ localizado en el CIC-JAP, en La Fe, Ilama, Santa Bárbara. Con la privatización del IHCAFÉ en el 2000 no hubo la voluntad política de retomar el programa de las crías rurales, sin embargo, en este año 2007 la administración superior del IHCAFÉ retomó el programa de las crías rurales y está planificado instalar al menos tres crías rurales de *Cephalonomia stephanoderis*. Como estrategia se pretende hacerlo a través de las municipalidades, con fondos de la Estrategia de Reducción de la Pobreza, lo cual aseguraría el financiamiento al menos por tres años. Se considera que al concluir el programa se tendrán diseminados los parasitoides y se habrá buscado otra estrategia de financiamiento para garantizar la sostenibilidad de las crías rurales.

5. Control etológico

5.1. Primeros intentos

Control etológico es el uso de trampas con atrayentes que pueden ser sexuales o alimenticios para atraer a las poblaciones migratorias de insectos, y de esta manera reducir sustancialmente las poblaciones colonizadoras.

En el caso de la broca del café, el uso de trampas con atrayentes es una técnica que se ha desarrollado en las últimas décadas y que proporcionan de una forma sencilla y rápida, información que es útil como indicador del riesgo de ataque de la plaga y es una herramienta muy valiosa en las toma de decisiones de manejo.

En 1993 se iniciaron los primeros trabajos de investigación de trampas con atrayentes en el IHCAFÉ, en donde el Ing. Raúl Muñoz diseñó un tipo de trampa a la cual denominó "Trampa Hampei" (Fig. 2). Con este diseño se lograron hacer capturas entre 50 y 150 individuos adultos/día. Sin embargo, después de las

lluvias la efectividad de la trampa se vio reducida por la rápida volatilización del atrayente, lo que implicó que cada quince días fuera necesario humedecer con atrayente el corcho (difusor).

Debido a este problema, el uso de este diseño fue descontinuado poco después.

5.2. Trampas artesanales

PROCAFÉ de El Salvador y el CIRAD de Francia son las instituciones que desarrollaron la trampa "BROCAP". A pesar que los primeros estudios de trampas con atrayentes fueron implementados por el IHCAFÉ en la década de los años 90, esta estrategia no pudo ser adoptada por los cafecultores. Una de las principales razones de la no adopción, fue la poca o nula difusión.

En el 2003, con la visita a nuestro país por el Dr. Bernard Dufour (PROCAFÉ-CIRAD), el IHCAFÉ retomó el empleo de las trampas con atrayentes, difundiendo esta estrategia a nivel nacional.

Se instalaron trampas en la zona del Tigre y Babilonia ubicados en el lago de Yojoa, siguiendo las recomendaciones de colocar 14 trampas por manzana.

Estudios realizados en el año 2003 por Hugo Henry Paz y Mario Adolfo Ordóñez, investigadores del IHCAFÉ, en cinco localidades del occidente de Honduras sobre la eficiencia en captura de brocas por trampas artesanales (Fig. 3) y trampas BROCAP, concluyeron que la eficiencia de captura era igual y que las trampas artesanales fueron muy baratas (aproximadamente medio dólar por trampa), pero eran menos duraderas; por su parte, la trampa BROCAP fueron muy duraderas pero tuvieron como desventajas el costo y que el embudo fue muy atractivo para los trabajadores de campo que trataban de llevárselo.

En el mes de marzo se colocaron 1,800 trampas artesanales en la finca de Descombros ubicada en el CIC JAP, mostrando buenos resultados en las capturas. A su



Fig. 3. Trampa artesanal.

vez, productores que han sido capacitados en las zonas cafetaleras de Honduras utilizan trampas. También las agencias de extensión tienen planificados eventos de capacitación en la elaboración de trampas artesanales, asimismo tienen disponibilidad del atrayente elaborado por IHCAFÉ.

En el año cafetalero 2006-2007, el IHCAFÉ distribuyó un poco más de 2,000 l de atrayente, para aproximadamente 7,000 manzanas, estimando 14 trampas por manzana; es importante mencionar que existen otras personas o grupos que venden atrayentes, lo cual aumenta la cobertura de trapeo.

5.3. Atrayente

Como atrayente se utilizan los alcoholes sintéticos metanol y etanol en diferentes proporciones. En Honduras se utiliza la proporción 3:1 (metanol: etanol) y la vende el IHCAFÉ a través de las agencias de extensión diseminadas en las zonas cafetaleras.

Cuadro 1. Comparación de la efectividad de dos mezclas de alcoholes en la captura de broca (un solo recuento, después de 5 días de su instalación).

Tratamientos	Trampas (repeticiones)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Metanol (3): etanol (1)	250	185	1030	775	20	25	45	100	28	23	535	28	195
Metanol (3): etanol (1): limpiador "Citrus" (1)	73	290	170	46	115	325	196	375	10	12	18	11	12

En años anteriores se utilizó la mezcla metanol-etanol más una parte de un limpiador de pisos de fragancia "Citrus" para aumentar la atracción en la proporción 3:1:1. A fin de probar la efectividad de esta mezcla se realizaron pruebas en laboratorio con un olfatómetro y se observó que la mejor respuesta de la broca fue con la mezcla 3:1:1. La evaluación preliminar a nivel de campo de la mezcla 3:1 con y sin el limpiador de pisos (trampas artesanales cada 10 m en los bordes de un cafetal abandonado intercalando los dos tratamientos), no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 1), lo que indica que los dos tratamientos fueron iguales. Sin embargo, las evaluaciones aún no terminan pues en este momento se evalúan 150 trampas con un tiempo de trapeo de cuatro meses en recuentos quincenales.

6. Conclusiones

A pesar de toda la problemática que se plantea en el sector cafetalero, el impacto de la estrategia MIB se ha hecho sentir. Creemos que la implementación del control cultural, etológico y biológico va ganando adeptos y va consolidando esta estrategia como la más adecuada para la cafecultura hondureña.

Los avances se han hecho notar al aumentar las solicitudes de obtención de parasitoides y el gran interés de aprender la elaboración de trampas artesanales y el aumento en la demanda de atrayente. Pensamos que el hecho de ser un país pequeño es una fortaleza en la adopción de estas estrategias.

7. Literatura citada

Aristizábal A., L. F., P. S. Baker, J. Orozco H. & B. Chaves C. 1997. Parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem sobre una población de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) con niveles bajos de infestación en campo. Revista Colombiana de Entomología 23: 157-164.

- Aristizábal A., L. F., A. E. Bustillo P., P. S. Baker, J. Orozco H. & B. Chaves C. 1998. Efecto depredador del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre los estados inmaduros de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) en condiciones de campo. Revista Colombiana de Entomología 24: 35-41.
- Barrera, J. F., A. Castillo, F. Infante & J. Gómez. 1998. Diez años de investigación y uso de *Cephalonomia stephanoderis* en México: hechos y nuevos retos, p. 29. En: II Reunión Intercontinental sobre Broca del Café. Del 29 de marzo al 2 de abril de 1998. Tapachula, Chiapas, México.
- Benavides M., P., A. E. Bustillo P. & E. C. Montoya. 1994. Avances sobre el uso del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. Rev. Colombiana de Entomología 20: 247-253.
- DeBach, P. 1968. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. CECSA, México. 949 p.
- Muñoz, R. 1995. Avances sobre control biológico de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferr. por medio de los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*. En: VI Seminario Nacional de Investigación y Transferencia en Caficultura, Tegucigalpa, M.D.C., Honduras.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 33-36. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

MANEJO DE LA BROCA DEL CAFÉ EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

Coffee berry borer Management in the Republic of Panama

HARRY PÉREZ ARMUELLES

Coordinación Regional de Sanidad Vegetal, Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Vía Interamericana, David, Chiriquí, Panamá. harry_perez67@yahoo.com

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei, control biológico, manejo integrado.*

CONTENIDO

1. Introducción.....	33
2. Situación de la broca en Panamá.....	34
3. Manejo de la broca.....	34
3.1. Acciones legales.....	34
3.2. Divulgación y capacitación.....	35
3.3. Programa MIB.....	35
3.3.1. Control etológico.....	35
3.3.2. Control biológico con entomopatógenos.....	35
3.3.3. Control biológico con parasitoides.....	35
4. Investigación.....	36
5. Conclusiones.....	36
6. Literatura citada.....	36

Resumen

Se presenta una revisión sobre la situación actual de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en la República de Panamá. Se menciona la distribución geográfica, la importancia económica y las acciones de la campaña nacional contra esta plaga. Se hace una reseña sobre los trabajos y los resultados obtenidos por el Proyecto Broca del Café en el área de Río Sereno, Distrito de Renacimiento. Se mencionan las acciones legales realizadas, las campañas de divulgación y el programa de Manejo Integrado de la Broca (MIB), desde las prácticas culturales, control etológico, control biológico utilizando hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, y liberaciones de los parasitoides *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*. Se mencionan las experiencias con Escuelas de Campo para Agricultores en el MIB.

Abstract

It is reviewed the current situation of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in the Republic of Panama. It is mentioned the geographic distribution, the economic importance and the actions of the national campaign against this pest. It is presented a review on

works and results obtained by the coffee berry borer project in the area of Río Sereno, District of Renacimiento. The legal actions, delivery of pest management information for coffee growers and the Integrated Coffee Berry Borer Management (IBM) program are mentioned. Particularly, the use of cultural practices, control of the borer with traps, and biological control with entomopathogenic fungi (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) and insect parasitoids (*Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*) are described. The experiences with IBM Farmer Field Schools are mentioned.

1. Introducción

La cafeticultura constituye una de las actividades agrícolas más importantes de la región centroamericana, principalmente por la gran cantidad de mano de obra que genera, la captación de divisas y el desarrollo socioeconómico que propicia en las áreas rurales de los países donde se desarrolla.

En Panamá se reportan 7,166 productores en unas 22,000 has de café, de las cuales el 80% se ubican en la Provincia de Chiriquí. En la cosecha 2005-2006 se produjeron 240,348 quintales de café oro, con una superficie sembrada de 20,029 has y rendimientos

promedio de 12 Qq/ ha. Se estima que la cafeticultura aporta 80% del valor agregado, por encima del banano con 70%. De esta actividad se generan aproximadamente 30,000 empleos permanentes y 70,000 eventuales, principalmente durante la cosecha. La mano de obra representa 52% de los costos de producción y está constituida en su gran mayoría (90%) por indígenas provenientes de la Comarca Ngäbe-Büglé, la cual es mano de obra no calificada. Algunos indicadores señalan que en los lugares de origen de la población indígena existe 90% de desempleo y 51% de mortalidad infantil, por lo cual la cafeticultura representa un fuerte aporte a la economía de este sector marginado del país.

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), considerada la plaga más importante de la cafeticultura mundial, llegó al continente Americano, desde África Ecuatorial a Brasil en 1913. Después de 87 años, su presencia se reportó en Costa Rica en diciembre de 2000, constituyendo un riesgo potencial para la actividad cafetalera de Panamá. En consecuencia, se estableció un sistema de vigilancia fitosanitaria nacional, principalmente en el área fronteriza de Río Sereno en Chiriquí, que permitió mantener al país libre de la plaga durante cinco años, a pesar de la vulnerabilidad de la frontera (existen muchas vías de penetración que no son custodiadas continuamente). Con la detección de la broca en Panamá, se implementaron diversas actividades cuyos resultados y avances se presentan a continuación.

2. Situación de la broca en Panamá

El primer reporte de la presencia de la broca del café en Panamá fue dado para una finca de Bajo Cerrón, Río Sereno, Chiriquí el 7 de junio de 2005, a través de una encuesta fitosanitaria de detección aplicada por técnicos de Sanidad Vegetal, Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). El insecto fue detectado a unos 7 km de la frontera con Costa Rica, en granos de café colectados en una finca de 3.0 ha propiedad del señor Erasmo López que se ubica a 750 msnm. La finca cultiva las variedades Caturra y Catimore, encontrándose mayor incidencia de daño en la segunda de las variedades mencionadas.

Se cree que la plaga pudo ingresar por la frontera con Costa Rica debido al movimiento de cosecheros que se da en esa zona, pues al menos 15,000 indígenas cruzan la frontera para recolectar café en el lado costarricense, y al regreso, transportan herramientas e instrumentos para la cosecha, además de traer granos de café para consumo o semilla.

Para establecer el tamaño del foco de infestación, se implementó un muestreo para revisar cada finca de café situada a un kilómetro de radio a partir del sitio de detección.

Posteriormente las acciones de vigilancia detectaron la plaga en otras fincas ubicadas cerca del foco inicial. El gobierno a través de Sanidad Vegetal, Cuarentena

Agropecuaria y el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), establecieron tres puestos de control internos para evitar la salida de granos de café de la zona afectada.

La dispersión de la broca ha sido lenta. La plaga se encuentra en 15 localidades del Distrito de Renacimiento, entre 750 y 1,186 msnm.

3. Manejo de la broca

3.1. Acciones legales

A raíz de la confirmación de la presencia de la broca del café en Panamá, el MIDA emitió un Resuelto Ministerial en el que se establecen las restricciones del traslado de café (cereza, bellota, pergamino y otros) de un área infestada hacia áreas libres, y donde se estableció como área de cuarentena al Distrito de Renacimiento (Anónimo 2005). En su artículo Sexto, el Resuelto Ministerial establece que solamente se permitirá el traslado de café cosechado en zonas de control cuarentenario hacia áreas libres en las siguientes formas: pergamino seco y oro, con tratamiento de un fumigante y licencia de movilización.

Para efecto del cumplimiento de esta medida, se trabaja con un Comité Técnico de Prevención y Manejo de la Broca del Café, conformado por los sectores público y privado relacionados con el cultivo de café, para establecer los lineamientos para la prevención y el manejo adecuado de la plaga, el cual fue creado por otro Resuelto Ministerial (Anónimo 2001). Este comité elabora dos protocolos para la movilización de café; uno para el movimiento de café de consumo nacional y otro para el café de exportación, basándose en lo establecido en el Resuelto Ministerial No. 064 (Anónimo 2005).

3.2. Divulgación y capacitación

A través de 14 Escuelas de Campo para Agricultores, y de diferentes métodos de extensión como charlas, demostraciones de métodos y resultados, días de campo, se capacitaron 577 productores y 58 técnicos en técnicas de Manejo Integrado de la Broca (MIB).

Adicionalmente se anuncian cuñas radiales en emisoras locales con mensajes en castellano y dialecto Ngäbe Bügle, entrega de hojas volantes, afiches y despleables.

3.3. Programa MIB

El MIB constituye la mejor forma de lucha contra la presencia de la broca, basándose en la selección, integración e implementación de diferentes sistemas de control disponibles, con el fin de reducir las poblaciones de plaga a niveles económicamente tolerables. Basándose en este concepto se recomendó para los productores de Panamá un programa de cinco etapas que deben ejecutar en sus fincas durante todo el año (MIDA 2005):

- Etapas fenológicas del cultivo: defoliación, floración, revestimiento, llenado de fruto y maduración.
- Control manual de broca: cosecha total y juntar, cosecha sanitaria, buena cosecha de café maduro.
- Control cultural de la broca: poda, deshije, arreglo de sombra, control de malezas, fertilización.
- Control etológico y biológico: Uso de trampas, hongos entomopatógenos y uso de parasitoides.
- Control químico: solo en focos.

3.3.1. Control etológico

Desde la aparición de la broca del café en Costa Rica en diciembre de 2000 (Rojas Barrantes 2007), la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal del MIDA implementó un sistema de monitoreo en lugares predisponentes (orillas de camino, orillas de ríos y quebradas, campamentos, lugar de medición de café y lugares sombreados), para determinar la presencia de la broca del café; y un trapeo en “fincas centinelas” de café a nivel nacional, haciendo mayor énfasis en la Provincia de Chiriquí en diferentes áreas de trabajo como Oriente, Gualaca, Potrerillos, Bugaba, Volcán, Boquete y Río Sereno.

Al confirmar la presencia de la broca en cafetales de Río Sereno-Chiriquí, se procedió a la instalación de un sistema de trapeo para bajar poblaciones para lo cual se usaron 20 trampas/ha en 38 fincas. La trampa usada constaba de un difusor o dispensador que contenía 15 a 20 ml de un atrayente compuesto de la mezcla de los alcoholes metanol y etanol.

3.3.2. Control biológico con entomopatógenos

En junio de 2006 se iniciaron los trabajos de aspersiones con entomopatógenos de broca del café, particularmente con *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisoplae* (Metschnikoff) Sorokin en 24 fincas afectadas por la broca en Panamá.

Se considera que estos hongos son un componente fundamental en el desarrollo de un programa MIB que tenga por finalidad la preservación del ambiente y la racionalidad en el uso de insecticidas químicos. Asimismo, se consideran que pueden jugar un papel muy importante en el control de *H. hampei* bajo condiciones de ecosistemas cafetaleros.

Las especies de *Beauveria* causan enfermedades en insectos que se conocen como muscardinas blancas. Se caracterizan por presentar micelio blanco, conidióforos sencillos, irregularmente agrupados o en grupos verticilados, en algunas especies hinchados en la base y adelgazándose hacia la porción que sostiene la conidia.

Las esporas o conidias de *B. bassiana* son las estructuras infectivas y una vez entran en contacto con

el integumento de la broca, germinan y penetran, inmovilizándola a las 48 h como máximo. Luego continúa su desarrollo internamente en el insecto hasta causar su muerte. Las estructuras de reproducción emergen del cuerpo de la broca a los 8.5 días produciendo de nuevo conidias que pueden iniciar un nuevo ciclo de infección. Lo anterior asegura que el hongo se pueda establecer en el cafetal y reproducirse bajo condiciones favorables de humedad y temperatura.

Los técnicos del MIDA le informan a los productores y les asesoran en el uso de esta herramienta de control biológico mediante la confección de desplegables.

En la preparación de la solución fungosa se recomienda introducir el sustrato con el hongo en agua en lo posible desde el día anterior; agregar un centímetro cúbico de aceite agrícola por litro de solución; en lo posible facilitar con la mano la separación del hongo del sustrato y pasar la solución por un colador para que la boquilla de la bomba no se obstruya en el momento de la aplicación; y ajustar el pH entre 5 y 6.

En cuanto a la aplicación, se recomienda aplicar de 2 a 4 kg/ 200 l de agua en la fase inicial; en lo posible aplicar la solución fungosa con nutrientes y en ningún momento en asocio con fungicidas; y aplicar preferentemente en las primeras horas de la mañana.

Asimismo se recomienda seguir un programa de aplicaciones que consiste, en su fase inicial, en hacer tres aspersiones de la solución mencionada cada 10 días, y en la fase final o fase de sostenimiento, después de la última aplicación de la fase inicial, aplicar 1.0 kg/ 200 l de agua una vez por mes durante tres meses.

3.3.3. Control biológico con parasitoides

El control biológico de la broca con parasitoides en Panamá, se inició el 9 de noviembre de 2006 con la introducción de *Prorops nasuta* Waterston y *Phymastichus coffea* LaSalle en 18 fincas ubicadas en seis localidades del Distrito de Renacimiento.

Para realizar esta actividad se organizó un equipo de técnicos con el objetivo de liberar 1'600,000 especímenes de ambos parasitoides. Luego de esta liberación se iniciaron trabajos con la Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, para cuantificar el nivel de parasitismo. Este trabajo consistía en la evaluación de fincas cada 15 días. Para ello, se colectaban 200 granos brocados (100 de árbol y 100 del suelo), que eran llevados al laboratorio en Río Sereno para su disección y registro del nivel de parasitismo.

4. Investigación

En Panamá, la investigación sobre broca del café ha sido incipiente. Desde noviembre de 2006 se tienen los estudios ya mencionados con la Universidad de Panamá, Facultad de Agronomía para determinar el grado de parasitismo de *P. nasuta* y *P. coffea* en cuatro fincas ubicadas en localidades diferentes.

También, se ha colectado una cepa nativa de *B. bassiana* que está en evaluación a nivel de laboratorio y que posteriormente será evaluada en campo.

En colaboración con la Universidad Autónoma de Chiriquí, se inició un estudio de dinámica poblacional de la broca durante 12 meses en cafetales de cuatro fincas ubicadas en Río Sereno en diciembre de 2006. El estudio consistió en colocar 20 trampas/ ha y registrando las capturas de broca cada 15 días.

Por otro lado, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá inició estudios sobre periodos de floración del cafeto.

5. Conclusión

La broca del café se mantiene confinada en la zona bajo control cuarentenario en el Distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí.

A la fecha se han detectado 65 fincas infestadas con un porcentaje de infestación que por debajo del 2%.

Los productores están conscientes del problema y colaboran con el programa MIB.

6. Literatura citada

Anónimo. 2001. Resuelto Ministerial No. ALP-023-ADM-01 Panamá, 3 de abril de 2001.

Anónimo. 2005. Resuelto Ministerial No. DAL 064-05 Panamá, 19 de agosto de 2005.

[MIDA] Ministerio de Desarrollo Agropecuario. 2005. Manejo Integrado de la Broca. Hoja volante.

Rojas Barrantes, M. 2007. Acciones y estrategias ante la broca del café en Costa Rica, p. 17-23. En: J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.), La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 37-42. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

THE EFFECT OF *CEPHALONOMIA STEPHANODERIS* (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE) ON INFESTATIONS OF THE COFFEE BERRY BORER *HYPOTHENEMUS HAMPEI* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN JAMAICA

Efecto de Cephalonomia stephanoderis (Hymenoptera: Bethylidae) sobre la infestación de la broca del café Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae) en Jamaica

DWIGHT E. ROBINSON¹, KATHY M. DALIP² & GUSLAND MCCOOK³

¹Department of Life Sciences, The University of the West Indies, Mona, Jamaica. ²Caribbean Agricultural Research and Development Institute, University Campus, Jamaica. ³Coffee Industry Board, Kingston, Jamaica. gusmac_@hotmail.com

Keywords: *Cephalonomia stephanoderis*, *Hypothenemus hampei*, *Coffee Berry Borer*, *Biological Control*, Jamaica.

CONTENIDO

1. Introduction.....	38
2. Methodology.....	38
2.1. Rearing of <i>C. stephanoderis</i>	38
2.2. Efficacy of <i>C. stephanoderis</i>	38
3. Results and Discussion.....	39
3.1. Rearing of <i>C. stephanoderis</i>	39
3.2. Efficacy of <i>C. stephanoderis</i>	39
4. Conclusions and Recommendations.....	42
5. Acknowledgement.....	42
6. References cited.....	42

Abstract

In 1999, the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei*, parasitoid, *Cephalonomia stephanoderis* was imported into Jamaica from Honduras. The imported parasitoids were reared in a rearing facility constructed for the purpose with a 200-fold increase in the initial population during the first year. Three experimental sites, at Rose Hill in St. Andrew, Mountain Hill in St. Catherine and Greenock in St. Ann, were selected for the release of the parasitoids and monitoring of their impact. The *H. hampei* population was monitored for three months prior to the release of the adult parasitoids. At Rose Hill, the release of *C. stephanoderis* (37,800 adults) resulted in a decline from 57% to 15% coffee berry borer infestation compared to 50% to 28% in the control, after four months. At Mountain Hill in St. Catherine, where 5,000 adults were released, *H. hampei* infestation in the release plot declined from 72% to 10% in five months. This is in comparison to a 90% to 56% decline over a similar period in the control plots. A clear difference was not observed at Greenock (10,000 adults released) as the borer infestation declined by 70-

80% in both the release and control plots after the introduction of *C. stephanoderis* to the release plots.

Resumen

En 1999 se introdujo a *Cephalonomia stephanoderis*, parasitoide de la broca del café *Hypothenemus hampei*, a Jamaica desde Honduras. Los parasitoides importados fueron criados en un laboratorio construido para ese propósito. El primer año se logró un incremento de la población del parasitoide de 200 veces con respecto a la población inicial. Para liberar el parasitoide y evaluar su impacto sobre la broca, se seleccionaron tres sitios experimentales: en Rose Hill, St. Andrew, en Mountain Hill, St. Catherine y en Greenock, St. Ann. La población de *H. hampei* fue monitoreada durante tres meses antes de la liberación de los parasitoides adultos. En Rose Hill, la liberación de *C. stephanoderis* (37,800 adultos) dio como resultado la reducción de 57% a 15% en la infestación de la broca, comparado con 50% a 28% en el testigo después de cuatro meses. En Mountain Hill, donde se liberaron 5,000 parasitoides, la infestación de *H. hampei* en la parcela de liberación declinó de 72% a 10% en cinco meses, en comparación a una reducción

de 90% a 56% en la parcela testigo para el mismo periodo. No se observó una diferencia clara en Greenock (liberación de 10,000 adultos) donde la infestación declinó 70-80% en ambas parcelas experimentales después de la liberación de *C. stephanoderis* en la parcela de liberación.

1. Introduction

The coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), is one of the most limiting pests affecting coffee production in Jamaica. At present, it is estimated that economic losses due to this pest are about US \$2.0 to 3.0 million annually (Coffee Industry Board, pers. comm.).

Since 1978, control of the coffee berry borer within the island has been achieved largely through application of the organochlorine insecticide, endosulfan, and to a lesser extent, by utilizing cultural practices such as the complete removal of berries from trees at the end of the harvest period. However, although effective in controlling *H. hampei* populations, the use of endosulfan has resulted in several ecological and environmental backlashes. Several studies (Robinson & Mansingh 1999, Witter et al. 1999) indicated the presence of endosulfan residues in water, sediment and fauna in rivers and coastal waters of Jamaica. Additionally, data suggest the development of resistance to endosulfan by *H. hampei* populations in different parts of the island (Witter & Mansingh 1997).

This growing evidence of environmental pollution and ecological backlashes resulting from endosulfan application to coffee, coupled with the high economic costs associated with the reliance on the insecticide, prompted the Coffee Industry Board of Jamaica (CIB) to embark on the development of a national Integrated Borer Management (IBM) programme as an alternative to a chemical control programme based on the application of endosulfan. This meant greater emphasis on ecological management, physical control and biological control.

Since there were no parasitoids of the *H. hampei* recorded in Jamaica, a classical biological control programme, involving the introduction of *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae) was launched. The present study examines the rearing of these parasitoids in Jamaica and their subsequent release at selected sites to assess impact on populations of the coffee berry borer.

2. Methodology

2.1. Rearing of *C. stephanoderis*

In May 1999, approximately 3,100 adult *C. stephanoderis* parasitoids were imported into Jamaica from Honduras. They were used to establish cultures reared on field-collected infested dried berries, in 500-ml wide-mouth glass jars covered with muslin, at a ratio of

one parasitoid to three infested berries. Cultures were kept in a dark, quiet rearing room at a mean temperature of 25.8°C (SD 2.96°C, range 18°- 32°C) and mean relative humidity (RH) of 58.1% (SD 15.65%, range 31.0- 93.0%). Cultures were maintained every two days and harvested every 21-23 days after establishment. Harvested parasitoids were used to establish new cultures.

2.2. Efficacy of *C. stephanoderis*

Three sites were selected for assessing the efficacy of the parasitoids against the borer. These were Rose Hill in the parish of St. Andrew (914 metres above sea level, masl); mean annual rainfall – 121 mm), Greenock in St. Ann (551 masl; mean annual rainfall – 103 mm) and Mountain Hill in St. Catherine (435 masl; mean annual rainfall – 128 mm). The sample sites were selected based on the i) incidence of *H. hampei* on the farm, ii) willingness of the farm owner/manager to cooperate and iii) variations in agroecology. In order to have a historical perspective of these sites, existing data were collected from the CIB and the Meteorological Offices of Jamaica. In addition, data on rainfall, humidity, altitude and soil type were collected prior to and during the study period. At each site a plot of pure-stand coffee (0.5 – 1.0 ha) was selected as a release plot, while a similar size plot was selected as a control plot. The control and release plots were separated by natural vegetation and a minimum distance of 0.1 km.

The level and status of the coffee berry borer infestation was measured monthly, prior to and after the release of parasitoids, at each site in each plot on a sample size of 1-2% of the total tree count. Twenty to forty trees were randomly selected along two diagonals and the number of borer infested berries on three randomly selected branches in the top, middle and lower strata of the tree determined. Sample branches were tagged for continued assessment. A sample of 10 infested berries were randomly collected from untagged branches of the sample trees and taken back to the laboratory where they were dissected to determine the numbers and stages of development of *H. hampei*.

In order to achieve as close as possible to a 1:1 ratio of parasitoid: host, or determine the actual ratio, for the initial release of parasitoids, a pre-release estimation was carried out on the total number of infested berries present in the release plots. Samples of infested berries were also taken and dissected in the laboratory to determine the abundance and suitability of the immature stages of the borer. Adult parasitoids were harvested from the laboratory cultures and transported to the experimental plot in glass jars, which were kept in a cooler with ice. They were released either by emptying them from the jars onto sheets of white paper, which were secured to selected coffee trees in the plot or by propping the jars among the branches of the trees and allowing the wasps to leave them in their own time. Releases were done during March and April, 2000.

Based on the coffee berry borer infestation level and numbers of parasitoids available, 37,800, 5,000 and 10,000 parasitoids were released at Rose Hill, Greenock and Mountain Hill, respectively. This represented an approximate parasitoid: host ratio of 1:2, 1:8 and 1:4, respectively. Data were analyzed by analysis of variance.

3. Results and Discussion

3.1. Rearing of *C. stephanoderis*

During the period spanning May 1999 and March 2000, a total of 442,000 adult parasitoids were harvested. The number harvested in the first generation was less than the number used to establish the cultures (Fig. 1). This decline may have been due to the inexperience of the staff and/or the low viability of adults used to establish the cultures as a result of trauma associated with traveling. The relatively low increase in the number of successive generations between July and October 1999 fell well below the expected levels and was much lower than the levels reported in similar facilities in Central America (PROMECAFÉ, pers. comm.). That period coincided with low availability of coffee berries with suitable host stages in the field, thus limiting the availability of the quality host required for the rearing of the parasitoids. During the next three generations (November 1999–January 2000), the number of parasitoids doubled at each generation until the carrying capacity of the facility was reached. This may have been due to an improvement in the skill of the staff and the availability of a larger quantity of suitable host stages. The poor yields from these cultures, which were reared on field-infested coffee berries, supports the need for rearing of a high quantity and quality of the borer as being an integral aspect of any mass-rearing facility for *C. stephanoderis*.

3.2. Efficacy of *C. stephanoderis*

There was a significant ($P \leq 0.001$) difference in borer infestation in the months subsequent to the release of parasitoids at the different pilot sites. The changes in *H. hampei* infestation at Rose Hill followed a similar trend in both release and control plots, but the level of infestation decreased by almost 15% in the release plot compared with only a 3% decline in the control plot, a month after the parasitoids were released (Fig. 2). In the second month after the release, there was a smaller (22.6%) increase in borer infestation in the release plot than that which occurred in the control plot (49.5%). The decline in the release plot was significantly ($P < 0.001$) greater than that observed in the control at this site. The situation was more obvious at Greenock where a significant ($P < 0.001$) decline in the borer infestation (9.3%) was observed in the release plot one month after the parasitoid release, compared to a 46.9% increase in the control plot (Fig. 3). However,

infestation levels fell the next month in both plots by about 74 – 76%.

At Mountain Hill, the *H. hampei* infestation in the release plot declined by about 61% compared to a 24% decline in the control plot during the corresponding month (Fig. 4). Although there was a further reduction in infestation in the second month after release, the decline was not significantly ($P > 0.005$) different in either the control or release plot. The generally greater level of decline in the borer infestation in the release plots when compared to the control plots may be attributed to the release of *C. stephanoderis* in these plots. The initial sharp declines in plots after release of parasitoids was not unexpected as the parasitoids are known to be aggressive (Batchelor et al. 2005) and feeds on all available host stages on entering a berry, before ovipositing eggs in the pupae and prepupae (Abraham et al. 1990). This would result in fewer *H. hampei* adult females being available to infest new berries. The high level of infestation in the plots would have provided ideal feeding conditions for the parasitoids that have been reported to respond to increased host availability with a linear increase in host feeding (Lauzière et al. 1999). This behavior of *C. stephanoderis* is a possible explanation for the sharper initial decline in infestation in the release plots with very high infestation levels. It would be interesting to determine what impact a higher host: parasitoid ratio may have had on the level of infestation as Baker (1995) reported that releases at the rate of five *C. stephanoderis* per infested fruit provides parasitism of 20% or more and reduced infestation down to 0 to 2% in Colombia. This rate of release is much higher than that used in the releases in Jamaica.

It is interesting to note that there were similar fluctuations in the levels of coffee berry borer infestation of the control and release plots at all sites. This may indicate the influence of other naturally occurring factors on the *H. hampei* population as the introduction of the parasitoids was the only pest control intervention which was carried out at these sites. Rainfall seemed not to be a major factor during the stage of the experiment that such data were available, as there was no correlation ($R^2 = 0.105$) or lagged correlation ($R^2 = 0.114$) between infestation and rainfall.

The fact that the levels of borer infestation beyond the third month of the release of the parasitoids followed a similar pattern would suggest that successive generations of the parasitoid were not able to make a distinguishable impact on the *H. hampei* population. This occurred within the context of parasitoid emergence being observed from infested berries collected from the release sites up to ten months after the release, which suggested that the parasitoids had become established in the field.

The inability of *C. stephanoderis* to provide acceptable levels of coffee berry borer control after release and establishment is consistent with the findings of other scientists who report that established

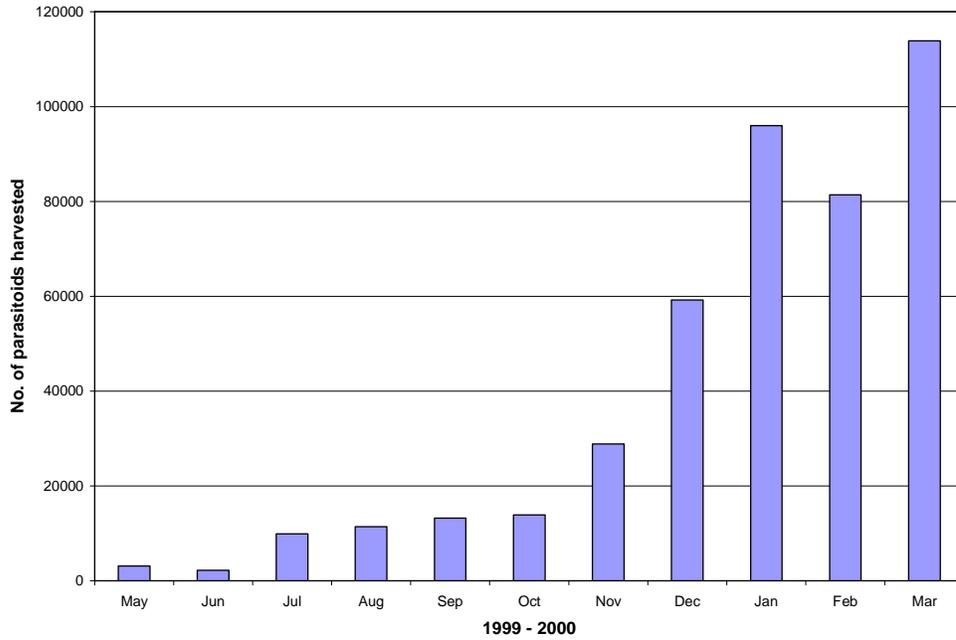


Fig. 1. Emergence of *C. stephanoderis* from cultures established during the period of May 1999 – March 2000.

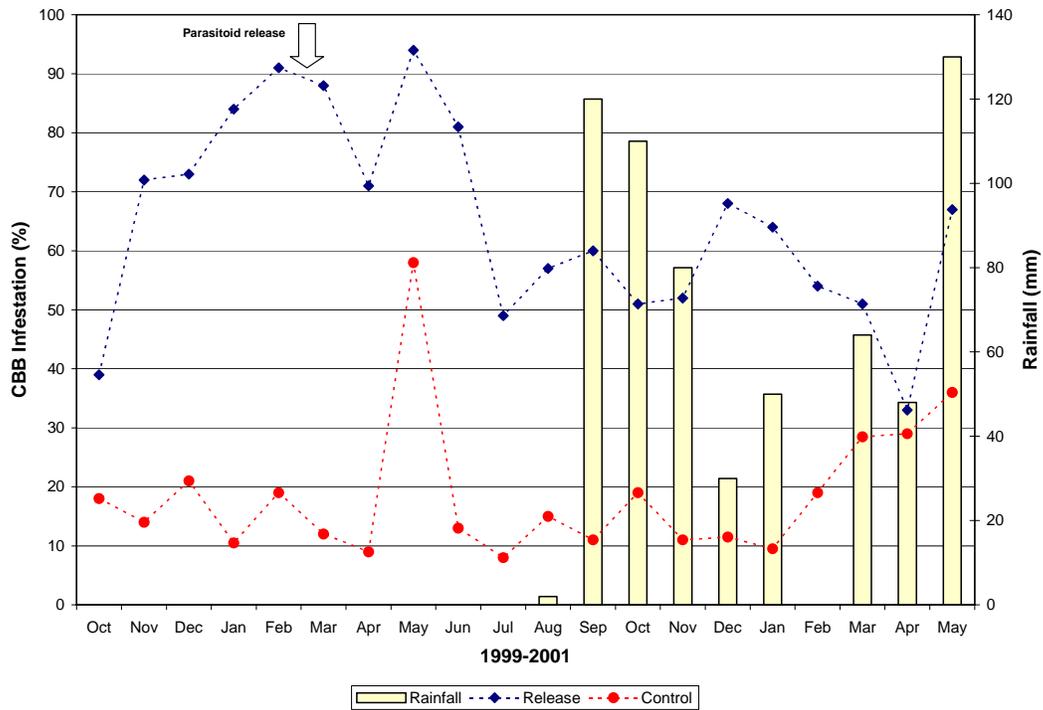


Fig. 2. Fluctuations in the levels (%) of coffee berry borer infestation in release and control plots and total rainfall (mm) at Rose Hill in the parish of St. Andrew, Jamaica, October 1999-May 2001.

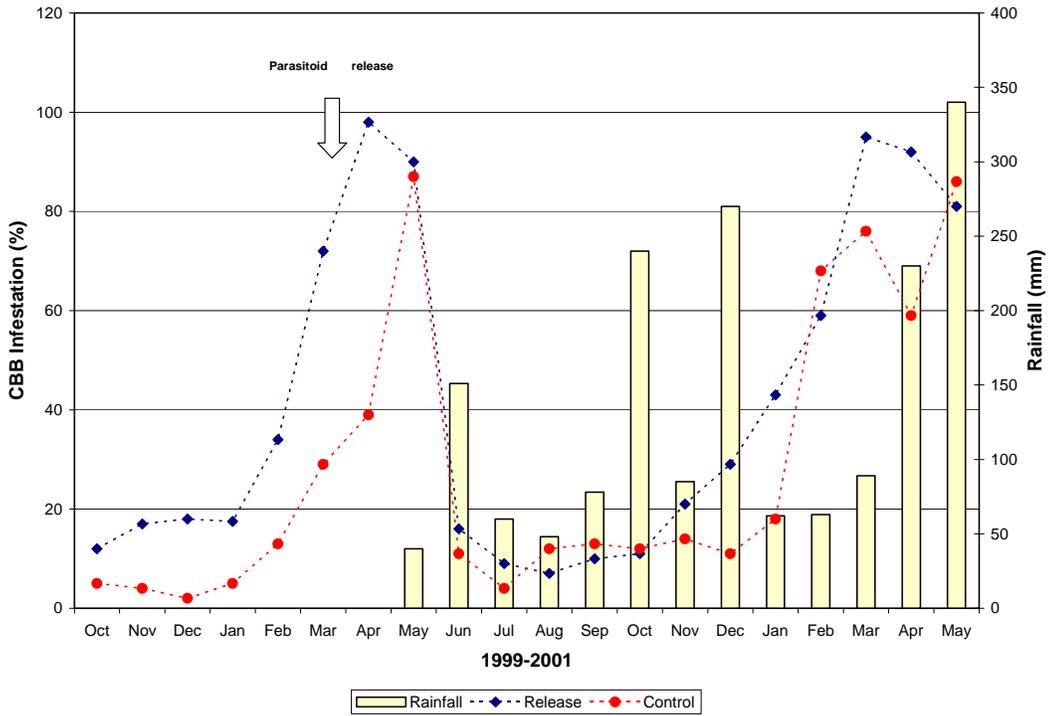


Fig. 3. Fluctuations in the levels (%) of coffee berry borer infestation in release and control plots and total rainfall (mm) at Greenock in the parish of St. Ann, Jamaica, October 1999-May 2001.

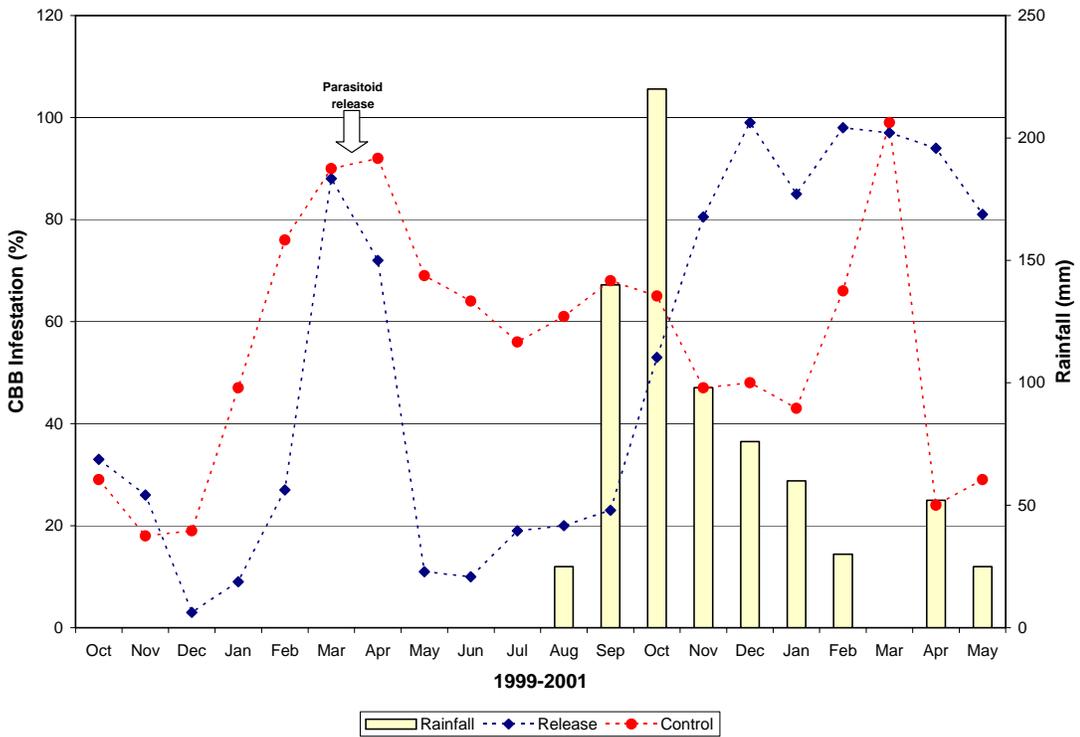


Fig. 4. Fluctuations in the levels (%) of coffee berry borer infestation in release and control plots and total rainfall (mm) at Mountain Hill in the parish of St. Catherine, Jamaica, October 1999-May 2001.

populations of *C. stephanoderis* usually exhibit low parasitism in the field and are therefore not able to provide the required level of *H. hampei* control (Lauzière et al. 2000, Jaramillo et al. 2006). Hence, inundative rather than inoculative releases of the parasitoid will be necessary to significantly manage CBB populations (Barrera 1994, Lauzière et al. 1999).

Our data suggest that the *C. stephanoderis* needs to be part of an overall integrated approach to the management of the coffee berry borer and would require the establishment of quality rearing facilities to provide adequate numbers of parasitoids for inundative releases.

4. Conclusions and Recommendations

The release of *C. stephanoderis* in infested coffee plots had a short-term reductive effect on *H. hampei* populations, suggesting that the parasitoids are a potential tool in the management of the borer. The low recovery of the parasitoids after release and the resurgence of the pest population after the initial decline indicates that one-time parasitoid releases are not sufficient to maintain coffee berry borer populations at tolerable levels during a coffee cropping season and suggests that inundative releases of *C. stephanoderis* will be required as part of an IBM programme.

5. Acknowledgement

We thank PROMECAFE for facilitating the sourcing and importation of the parasitoids into Jamaica and for providing training and technical advice for the rearing, release and monitoring of the parasitoids.

6. References cited

Abraham, Y.J., D. Moore & G. Godwin. 1990. Rearing and aspects of biology of *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae) parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bull. Entomol. Res. 80: 121-128.

- Baker, P. 1995. Desarrollo de MIP para la broca del café, pp. 36-43. XXII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Santafé de Bogotá, 26-28 July, 1995.
- Barrera, J. F. 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae), au Chiapas, Mexique. PhD Thesis. Universidad Paul Sabatier, Toulouse, France. 301 p.
- Batchelor, I.P., I.C.W. Hardy, J.F. Barrera & G. Pérez-Lauchaud. 2005. Insect gladiators II: Competitive interactions within and between bethylid parasitoid species of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Biological Control 33: 194-202.
- Jaramillo, J., C. Borgemeister & P. Baker. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): Searching for sustainable control strategies. Bull. Entomol. Res. 96: 1-12.
- Lauzière, I., G. Pérez-Lauchaud & J. Brodeur. 1999. Influence of host density on the reproductive strategy of *Cephalonomia stephanoderis* a parasitoid of the coffee berry borer. Entomologia Experimentalis et Applicata. 92: 21-28.
- Lauzière, I., G. Pérez-Lauchaud & J. Brodeur. 2000. Effect of female body size and adult feeding on the fecundity and longevity of the parasitoid *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae). Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 103-109.
- Robinson, D. E. & A. Mansingh. 1999. Insecticide contamination of Jamaican environment. IV. Transport of residues from coffee plantations in the Blue Mountains to coastal waters in eastern Jamaica. Env. Monit. & Assess. 54: 125-141.
- Witter, D. & A. Mansingh. 1997. Resistance in the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, to endosulfan in three Jamaican populations, p. 23-24. In: Proc. Third Conf. Pure and Appl. Sc., Univ. West Indies, Mona. Jan. 14-17, 1997.
- Witter, J.V., D.E. Robinson, A. Mansingh & K.M. Dalip. 1999. Insecticide contamination of Jamaican environment. V. Island-wide rapid survey of residues in surface and ground water. Env. Monit. Assess. 56: 257-267.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 43-55. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

SITUACION DE LA BROCA DEL CAFÉ EN REPUBLICA DOMINICANA

Situation of the coffee berry borer in the Dominican Republic

TORIBIO CONTRERAS¹ Y JOSÉ E. CAMILO²

¹ Consejo Dominicano del Café (CODOCAFE), Av. Independencia esq. Calle Larimar No. 58, Santo Domingo, República Dominicana. ² Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Calle Rafael Augusto Sánchez No. 89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, República Dominicana. jecamilo@idiaf.org.do

Palabras Clave: *broca del café, Hypothenemus hampei, manejo integrado, trampa, República Dominicana.*

CONTENIDO

1. Introducción.....	44
2. Situación de la broca en República Dominicana.....	44
2.1. Distribución e importancia económica.....	44
2.2. Acciones de control.....	45
2.2.1. Programa de control químico.....	45
2.2.2. Programa de control biológico.....	45
2.2.2.1. <i>Cephalonomia stephanoderis</i>	45
2.2.2.2. <i>Beauveria bassiana</i>	46
2.2.3. PROMIB.....	46
2.2.4. Programa de trampeo.....	46
2.2.4.1. Cosechas 2002/2004.....	46
2.2.4.2. Cosecha 2004/2005.....	46
2.2.4.3. Cosecha 2005/2006.....	46
2.2.4.2. Cosecha 2006/2007.....	47
3. Investigación.....	47
3.1. Instituciones involucradas.....	47
3.2. Ecología de broca.....	47
3.2.1. Infestación y caída de fruto.....	47
3.2.2. Posicionamiento de la broca en el fruto.....	48
3.3. Cosechas sanitarias.....	49
3.3.1. Graniteo.....	49
3.3.2. Combinación de prácticas sanitarias.....	50
3.3.3. Prácticas sanitarias y <i>C. stephanoderis</i>	50
3.3.4. Prácticas sanitarias y <i>B. bassiana</i>	50
3.3.5. Prácticas sanitarias y trampeo.....	52
3.4. Trampas.....	52
3.5. Insecticidas químicos.....	53
4. Conclusiones.....	53
5. Agradecimientos.....	54
6. Literatura Citada.....	54

Resumen

Se presenta una revisión sobre la situación actual de la broca del café *Hypothenemus hampei* en República Dominicana. Se menciona la distribución geográfica,

importancia económica y un resumen de las acciones realizadas a nivel nacional desde la aparición de la plaga. Se hace una reseña sobre las acciones y avances de investigación con énfasis en resultados obtenidos por

el Consejo Dominicano del Café y el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Se presentan resultados sobre los programas de control químico, control biológico con *Cephalonomia stephanoderis*, el Proyecto de Manejo Integrado de la Broca, las cosechas sanitaria y el trapeo de broca. Se describen resultados de investigación en biología y ecología de la broca, efectos de las cosechas sanitarias (solas y en combinación con la liberación de parasitoides) sobre la infestación, la aspersión de *Beauveria bassiana* y el trapeo. Además, se presentan los hábitos de posicionamiento de la broca para las zonas altas y bajas de producción de café. Se enfatiza en las acciones más importantes y se analiza su impacto con el fin de reducir las pérdidas causadas por la broca de la forma más sostenible posible.

Abstract

This paper shows the current situation of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* in the Dominican Republic. It is also presented the geographic distribution, the economic relevancy and a review of the control activities in all over the country against the pest from it's beginning until nowadays. This review summarizes the developed research conducted by the Consejo Dominicano del Café and the Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. It shows results about the chemical and biological (*Cephalonomia stephanoderis*) control projects, the programme on Integrated Coffee Berry Borer Management, the sanitary harvest and the trapping of *H. hampei*. Results are reported from studies on biology and ecology of *H. hampei*, effect of sanitary harvest (with and without parasitoid releases), *Beauveria bassiana* spays and trapping on infestation. The borer's position in the coffee berry is also reported for coffee plantations located in lowlands and highlands of Dominican Republic. Emphasis is done on the most important actions and their impact is analyzed with the objective to make of the coffee business an activity more sustainable.

1. Introducción

Desde la detección en República Dominicana de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en 1995, el Departamento de Café, hoy día, Consejo Dominicano del Café (CODOCAFE), el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) y la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), entre otras instituciones, han desarrollado una serie de actividades dirigidas a conocer y controlar a esta plaga en las condiciones ambientales y de cultivo del país. Dado que estas acciones e informaciones han sido levantadas bajo los objetivos de diferentes proyectos y en tiempos distintos, una recopilación y análisis de los documentos generados permitirá reagrupar la

información y comprender con más claridad el comportamiento de la broca del café en República Dominicana.

La presente revisión tiene el objetivo de presentar las acciones realizadas e informaciones recopiladas por las instituciones responsables del sector correspondientes a programas de aplicaciones químicas, control biológico utilizando el parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Incluye información del Programa de Manejo Integrado de la Broca del Café (PROMIB) y el Programa de Trapeo desarrollados en el país. Además, presenta resultados de investigaciones realizadas para conocer el comportamiento de la broca en las condiciones de República Dominicana. Asimismo, se presenta informaciones sobre la fluctuación poblacional de la plaga, daños, efecto de las prácticas de cosecha sanitarias (pepena, repela y graniteo) individuales y en combinación con las prácticas de control biológico y trapeo. Finalmente se presentan resultados de dos estudios sobre el comportamiento de la broca y la época más adecuada para efectuar las prácticas mencionadas anteriormente.

2. Situación de la broca en República Dominicana

2.1. Distribución e importancia económica

La broca fue detectada por primera vez en la República Dominicana en agosto del año 1995 en Los Tres Pasos de Chacuey, Municipio de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez (PROMIB 2001). Luego de este hallazgo el Departamento de Café realizó una serie de muestreos a nivel nacional para detectar su presencia en otras zonas cafetaleras. Un mes más tarde se detectó en las provincias de Monte Plata, Duarte, San Cristóbal y el Distrito Nacional, estimándose su dispersión en un área de 600,000 tareas (37,500 ha) (PROMIB 2001). En Octubre del 1995 Oscar Campos (Asociación Nacional del Café, Guatemala) y Bernard Dufour (CIRAD-PROCAFÉ, El Salvador), realizaron una evaluación de las áreas afectadas determinando un porcentaje de infestación de 32%, representativo para unas 340,000 tareas (21,250 ha) donde estaba presente la broca (Campos & Dufour 1995).

Para finales del 1996 se detectó en todas las provincias productoras de café del país y en 70% de las áreas cafetaleras de estas provincias. Los niveles de infestación promedio a nivel nacional fueron de 3.2% (Pérez 1996). Estos datos evidencian que es muy probable que la broca ya existiera en la República Dominicana años antes de ser detectada, hipótesis propuesta por Campos & Dufour (1995). Un monitoreo realizado estimó que el área de café afectada por la broca era de alrededor de 1'000,000 tareas (62,500 ha), cerca de la mitad del área sembrada de café en el país (PROMIB 1999a). En la actualidad la broca se encuentra en todas las zonas de producción de café del país, aunque en menor proporción en las zonas altas (>1,000

msnm). Para 1999 la infestación de broca a nivel nacional fue de 9.2%. Debido a condiciones favorables para su desarrollo y desincentivo de los productores por los bajos precios de café, los niveles de infestación aumentando a 15.4% en el 2002, (CODOCAFE 2002). En el periodo comprendido entre el año cafetalero 2003-2004 hasta el 2004/2005 no se registraron datos precisos sobre los niveles de infestación nacional, sin embargo, se encontraron ataques de la broca entre 8 y 35% en algunas zonas del país. Muestreos realizados a nivel nacional en los últimos meses del 2006 reflejan que el porcentaje de infestación promedio de 6.7% (CODOCAFE 2007), sin embargo, los niveles de infestación pueden aumentar rápidamente si las prácticas de manejo integrado son descuidadas.

Desde su detección en 1995, la broca representa el principal problema fitosanitario en la República Dominicana, reduciendo drásticamente la productividad y la calidad del café. Se estima en promedio que las pérdidas causadas por la broca del café varían desde 19,574 a 24,180 Qq de café anuales, lo que representa aproximadamente una reducción en los ingresos por parte del sector café entre 58 y 72 millones de pesos (US \$1.7 a 2.2 millones) (CODOCAFE 2007).

2.2. Acciones de control

Desde la detección de la broca se han desarrollado diferentes proyectos y programas dirigidos a reducir los niveles de infestación de esta plaga a nivel nacional. Algunos de estos proyectos, como el de control químico o el de cosechas sanitarias, fueron proyectos puntuales dirigidos por la necesidad o condiciones de una cosecha específica y/o la gravedad de la infestación de la broca. Otros proyectos, como el de crianza de parasitoides y de trapeo masivo de broca, buscan un efecto controlador a largo plazo y la reducción significativa de las poblaciones de *H. hampei* en campo.

2.2.1. Programa de control químico

El programa de control químico fue un esfuerzo por reducir al mínimo el desarrollo de la broca en el país. Éste consistió en poner en marcha la fumigación masiva en las zonas cafetaleras donde se encontraba presente la broca hasta 1997. El programa inició con la capacitación de técnicos públicos y privados y productores, donación de equipos de fumigación (bombas, guantes, mascarillas e impermeables) y más de 20,000 l de endosulfan.

2.2.2. Programa de control biológico

2.2.2.1. *Cephalonomia stephanoderis*

El programa de control biológico está focalizado en el uso de parasitoides para el control de la broca. La cría y liberaciones de parasitoides iniciaron en noviembre de 1998. Entre noviembre de 1998 y diciembre de 1999 se establecieron cuatro laboratorios de cría de parasitoides. El objetivo de estos laboratorios fue reproducir el pie de cría recientemente importado (PROMIB 1999a,b).

Los resultados de la introducción, multiplicación y desarrollo de *C. stephanoderis* en República Dominicana han sido interesantes; el parasitoide se encuentra establecido y ha realizando su acción parasítica sobre la broca en todas las zonas donde ha sido liberado, reduciendo la infestación y severidad de la plaga.

En la actualidad el parasitoide se produce en siete unidades de producción y conservación localizadas en zonas cafetaleras importantes del país. Los niveles de producción anual varían desde 500,000 a 2'600,000 parasitoides (Fig. 1) (PROMIB 1999a, b, 2001; CODOCAFE 2007). El CODOCAFE se encarga de estas unidades en servicio a los cafeticultores. El desarrollo del programa contó con el apoyo de PROMECAFE y el acompañamiento técnico por del Dr. Armando García.

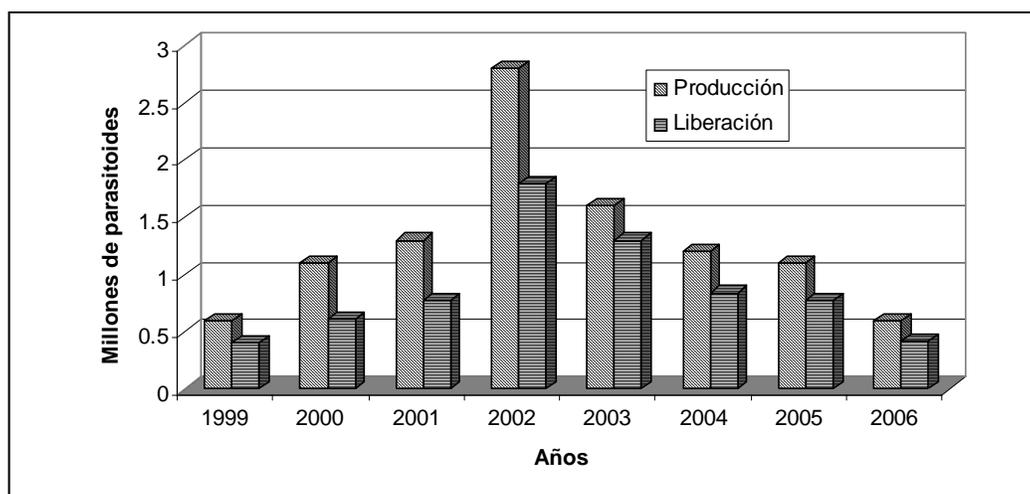


Fig. 1. Producción y liberación del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* en República Dominicana. CODOCAFE (2007).

Los meses de mayor producción de parasitoides son enero, febrero, marzo y abril (50 a 80% del total de producido en el año) (CODOCAFE 2007), debido a que existe mayor demanda y es la época más adecuada para la reproducción del parasitoide. El 70% ó más de los parasitoides producidos han sido liberados en las zonas cafetaleras.

2.2.2.2. *Beauveria bassiana*

Se han aislado, caracterizado y multiplicado en los laboratorios de la UASD diferentes cepas de *B. bassiana* encontradas en diferentes zonas cafetaleras del país, como son: Ocoa, Bonaó, Villa Trinia, La Cumbre, Polo Barahona, El Gajo y Los Arracenes. Las mejores cepas han sido multiplicadas a pequeña escala y asperjadas en el campo como fuente de inóculo. Se observa a *B. bassiana* atacando brocas en 2 a 7% de forma natural.

Al momento no se han establecido laboratorios para la producción masiva, más bien los trabajos han sido enfocados a seleccionar e inocular las mejores cepas en las zonas de mayor incidencia de ataque de la broca.

2.2.3. PROMIB

En 1999 se inició el PROMIB, el cual tenía como objetivo establecer tácticas de control en el marco de una estrategia que permitiera enfrentar adecuadamente la plaga. Este programa estaba compuesto por cuatro áreas principales: capacitación, comunicación, control biológico e investigación y validación. Como resultado se puede citar una campaña publicitaria exitosa, donde se distribuyeron afiches, folletos, hojas divulgativas, además de las cuñas radiales y televisivas. La capacitación sobre el manejo integrado de la broca se impartió a 1,065 técnicos y 91,647 productores de café mediante 4,174 jornadas educativas. Se establecieron 40 parcelas demostrativas ubicadas en las principales zonas productoras de café y se apoyó la investigación aplicada (PROMIB 1999a, b, 2001).

Otro esfuerzo para reducir los niveles de infestación de la broca fue el proyecto de cosechas sanitarias y graniteo. El proyecto inició en octubre del 2000, destinando un monto de RD \$28'833,472.00 (US \$887,183.00) como apoyo e incentivo a los cafecultores para realizar las labores culturales orientadas a reducir la población de la plaga.

2.2.4. Programa de trampeo

En el 2001, con la visita del Dr. Bernard Dufour, consultor del CIRAD-PROCAFÉ en control de plagas y especialista en el trampeo de la broca del café, se estableció la primera parcela de validación de la trampa BROCAP en Los Cacaos. En esta parcela, se obtuvieron los primeros resultados de captura de brocas en el país (Guzmán & Contreras 2003a, b). Una vez confirmada la efectividad de la trampa, en 2002 se inició el Programa

Nacional de Trampeo de la broca del café, el cual sigue ejecutándose hasta el momento.

2.2.4.1. Cosechas 2002/2004

Según García & Contreras (2002), en la cosecha 2002-2003 y 2003-2004 se colocaron 20,000 trampas BROCAP. Las trampas fueron asignadas a productores por un mínimo de cinco meses y luego fueron reasignadas a otros productores, generalmente de zonas más altas, donde aun era tiempo de utilizarlas, para de esta forma aprovecharlas al máximo en el año.

2.2.4.2. Cosecha 2004/2005

Para la cosecha 2004/2005, el programa de trampeo capturó al menos 115 millones de estas brocas (Fig. 2). Para dar una idea del efecto de la captura, a cada broca eliminada se le atribuyó un potencial reproductivo de 30 descendientes (mínimo), con lo cual, la cantidad potencial de brocas eliminadas fue de 3,450 millones. Se ha estimado que estas brocas eliminadas podrían haber causado una pérdida de 4,312 Qq de café oro a la nueva cosecha (2005/2006), equivalente a 12.9 millones de pesos ó US \$396,923.00. La captura de las brocas benefició de manera directa 45,184 tareas (2,824 ha), distribuidas en 854 fincas cafetaleras, con igual número de cafecultores (Guzmán & Contreras 2005).

2.2.4.3. Cosecha 2005/2006

Para la cosecha 2005/2006, el CODOCAFE reanudó el Programa Nacional de Trampeo de Broca, con la utilización de siete mil trampas BROCAP y unas tres mil trampas artesanales. Para prestar este servicio con la mayor eficiencia, las 10 mil trampas fueron colocadas en los puntos críticos de las plantaciones infestadas en las diferentes Gerencias. El período de utilización fue de seis meses, es decir, de febrero a julio del 2006, movilizandolas trampas en las plantaciones con los mayores niveles de infestación, en función de la altitud.

Para apreciar mejor el impacto del programa, se determinó el porcentaje de frutos perforados y de frutos perforados abandonados. Las muestras consistieron en coleccionar 500 frutos (suelo y planta) de tres o cinco fincas por área. Se determinó además la densidad de población de broca (inmaduros y adultos) por submuestra de 10 frutos brocados y se registró la cantidad de brocas capturadas durante el periodo de trampeo. Finalmente se estimó el total de individuos capturados y eliminados mensualmente. El porcentaje promedio de frutos perforados por muestra fue de 34.9, en tanto que el porcentaje de frutos perforados y abandonados fue de 43.0. El número promedio de individuos por muestra en estado inmaduro (huevo, larva, pupa) fue 1.2 y de estado adulto 2.4.

Como estos valores son indicadores de la población residual de brocas en el campo, se compararon las cifras del trampeo anterior con los resultados recientes. Esta

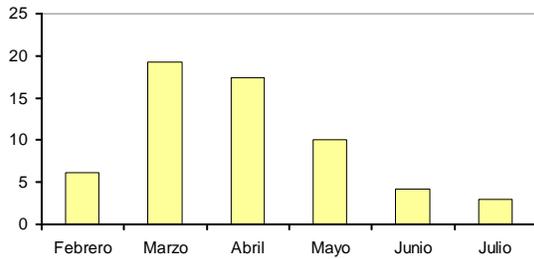


Fig. 2. Millones de brocas capturadas durante el trampeo (Cosecha 2004/2005).

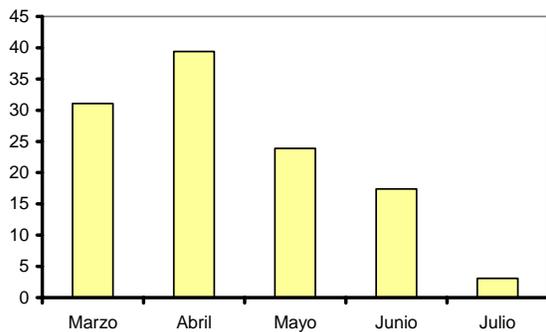


Fig. 3. Millones de brocas capturadas durante el trampeo (Cosecha 2005/2006).

comparación reveló un menor número de estado inmaduro de broca y de estado adulto por fruto, además un bajo porcentaje de frutos perforados con presencia de brocas en el trampeo reciente. Esto confirma una disminución de la plaga en el campo, que fue el objetivo final del programa.

El número de brocas capturadas en febrero-julio de 2006 se muestra en la Fig. 3. La mayor captura se produjo en marzo, abril y mayo con valores de 19.3, 17.4 y 10.0 millones respectivamente, lo cual representa 78% del total de brocas capturadas, que fue estimado en 60 millones (Guzmán & Contreras 2006).

Para esta cosecha el programa benefició 41,657 tareas (2,603 ha), distribuidas en 558 fincas cafetaleras.

2.2.4.2. Cosecha 2006/2007

La comparación de la población encontrada en las muestras analizadas durante el reciente trampeo versus el trampeo anterior, reveló un menor número de estado inmaduro de brocas, un menor número de adultos por fruto y un porcentaje más bajo de frutos perforados con presencia del insecto. Estos datos confirmaron la disminución de la plaga en los cafetales.

En cuanto a captura, los resultados del programa siguen siendo interesantes. Se eliminaron 60 millones de

brocas adultas, cuyos efectos positivos se reflejarán en los bajos niveles de infestación del insecto en la cosecha 2006/2007.

Debido a las malas condiciones y poca cantidad de las trampas BROCAP disponibles, y observado el buen desempeño obtenido con la trampa artesanal CODOCAFE/IDIAF (García & Contreras 2004), el programa elaboró 20,000 trampas para 2006. Adicionalmente se importaron 50,000 trampas BROCAP desde México. Como datos preliminares podemos decir que aunque las trampas son más baratas que las primeras trampas BROCAP importadas, su aspecto es frágil y se ha observado que en campo se rompen o se desarmen (separación del frasco colector y embudo del elemento de choque).

3. Investigación

3.1. Instituciones involucradas

La investigación en café en la República Dominicana es realizada fundamentalmente por dos instituciones de carácter gubernamental: El CODOCAFE y el IDIAF. Adicionalmente, participan universidades como la UASD, El Instituto Superior de Agricultura (ISA) y ONG's, entre otras. El objetivo fundamental de estas instituciones es generar informaciones y técnicas que contribuyan a aumentar los ingresos de los cafecultores incrementando la calidad y productividad del café, aumentando la diversificación de los sistemas de producción y mejorando el posicionamiento del café dominicano en los nichos de cafés especializados.

Este proceso de investigación se lleva a cabo aplicando metodologías participativas, es decir, involucrando a todos los actores de la cadena productiva, desde el productor en la finca hasta los compradores. Las actividades de generación y validación se realizan en fincas representativas de las condiciones físico-biológicas y socioeconómicas que caracterizan las zonas cafetaleras del país. Con este tipo de investigación se hace más rápido y válido el proceso de desarrollo tecnológico y adopción por parte de los cafecultores.

3.2. Ecología de broca

3.2.1. Infestación y caída de fruto

En Villa Trina, provincia Espaillat, se observó en condiciones naturales un incremento progresivo de la broca del café desde un 2 a 5% en el periodo julio-agosto (42 días), de 5 a 10% en los próximos 15 días (agosto), de 10 a 20% en 30 días (agosto-septiembre) y de 20 a 75% en los siguientes 35 días (septiembre-noviembre). Según Guzmán (1999), la agresividad y crecimiento de la plaga en ausencia de medidas de control fue impresionante.

Adicionalmente se estudió el efecto de la broca en frutos prematuros de café para las condiciones de La Cumbre (Camilo 2003a). El total de frutos caídos a los

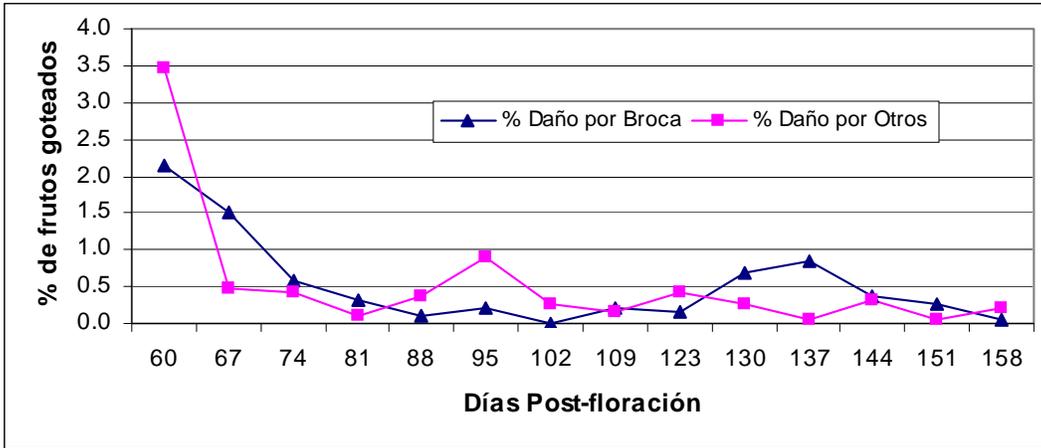


Fig. 4. Caída ("goteo") de frutos de café causado por broca y otros factores.

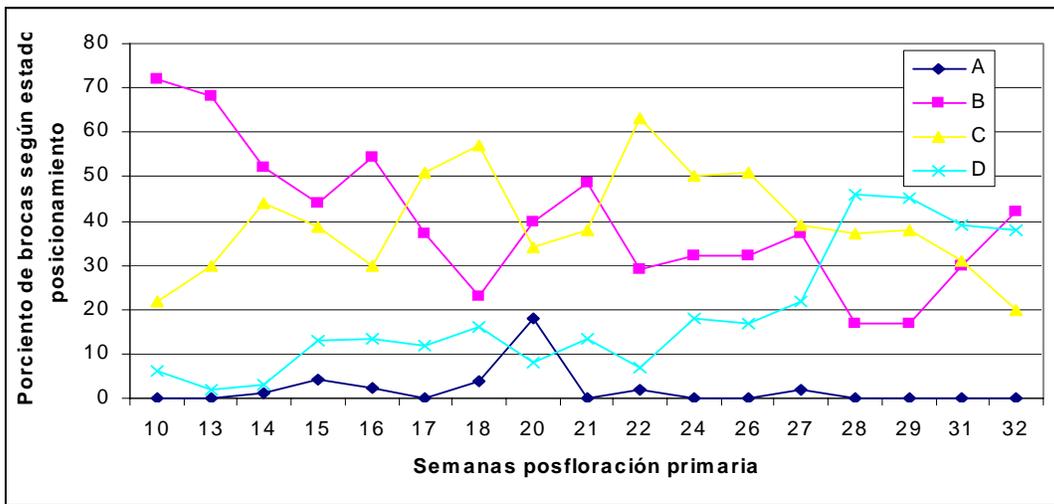


Fig. 5. Comportamiento de perforación o posicionamiento de la broca en el fruto del café según su desarrollo. A, B C y D, escala de Cenicafé, Bustillo et al. (1998)

60 días post-floración (por efecto de la broca y por otros factores) fue mayor del 2% y disminuyó en las observaciones siguientes, como se ilustra en la Fig. 4. Las observaciones confirman el efecto directo de "goteo" de frutos prematuros que provoca la broca cuando ésta ataca entre 60 y 98 días post-floración y concuerdan con las observaciones realizadas por Montoya & Cárdenas (1996). De 60 hasta 158 días post-floración, los frutos goteados afectados por broca o por otros factores disminuyen hasta menos de 1%, lo que sugiere mayor tolerancia de los frutos conforme aumenta la edad. El mayor goteo de frutos por ambos factores se dio a los 158 días post-floración. El porcentaje total de frutos goteados fue 15% del total de frutos en las ramas, correspondiendo por efecto de broca 7.5%. Los frutos caídos tienen un diámetro que varía de 2.5 a 9.5 mm a los 60 días post-floración, aunque los frutos de 6.0 mm de diámetro fueron los más susceptibles a ser goteados.

3.2.2. Posicionamiento de la broca en el fruto

Se realizaron dos estudios del comportamiento de perforación o posicionamiento de la broca en el fruto del café según su edad, uno representativo de zonas bajas (500 a 999 msnm) y otro de zonas altas (mayores a 1,000 msnm). Se observaron brocas en estado de posicionamiento B, C, y D (escala de Cenicafé, Bustillo et al. 1998) desde la semana 10 (71 días post-floración primaria) (Fig. 5). Las brocas en los posicionamientos C y D fueron encontradas en frutos de las floraciones secundarias, ya que para que ésta se encuentre en estado D, el fruto debe de tener entre 90 y 120 días post floración ó 20% de materia seca (Montoya & Cárdenas 1994, Bustillo et al. 1998, Baker 1999).

Entre 50 y 72% de los frutos presentaron brocas en posición B (inicio de perforación del fruto) hasta la semana 16; luego se mantiene entre 30 y 40%. El

número de frutos con brocas en posición C (inicio de perforación del endospermo) aumentó desde 22% en la semana 10 hasta 63% a la semana 22, disminuyendo gradualmente hasta 20% en la semana 32. Es decir, que por 119 días hubo entre un 80 y 90% de las brocas expuestas para su control (Camilo & Olivares 2005a). Este resultado contrasta con los resultados obtenidos en La Cumbre (zona baja 750 msnm) donde la broca estuvo expuesta sólo 35 días (Camilo & Olivares 2003). Luego la broca pasa de los posicionamientos B y C al D, donde es difícil de controlar y cuando realiza el daño directo al fruto.

El porcentaje de frutos con brocas en posicionamiento D se mantuvo entre 3 y 13% hasta la semana 22. A partir de este momento se incrementó hasta 46% en la semana 28 y se mantuvo sobre 38% hasta la semana 32 (Camilo & Olivares 2005a). Este comportamiento es diferente a los resultados de La Cumbre donde el número de frutos brocados en posicionamiento D llegó hasta 80% a las 25 semanas y se mantuvo sobre 60% hasta la semana 32 (Camilo & Olivares 2003).

La oviposición se observó desde la semana 10 post-floración primaria. El número promedio de huevos entre la semana 10 y la 27 fue de 0.42 huevos/fruto, encontrándose mayor número promedio de huevos en las últimas cuatro semanas (1.03 huevos/fruto). La misma tendencia se observó para el número promedio de larvas, el cual fue 0.26 y 0.81/fruto respectivamente (Camilo & Olivares 2005a). Estos promedios muestran una menor agresividad por parte de la plaga en su desarrollo. Resultados diferentes se obtuvieron en La Cumbre donde el rango promedio de huevos por fruto varió de 0.2 a 4.1 desde el inicio hasta el final de la cosecha, y el número promedio de larvas/fruto fue 4.1 (406% mayor).

Tomando en cuenta esta información, para las zonas bajas el periodo óptimo de aplicación de *B. bassiana* o

insecticida químico (si fuera necesario) se encuentra entre 77 y 112 días post-floración primaria, y para las liberaciones de parasitoides entre 112 y 140 días. En zonas altas el periodo óptimo corresponde de 70 a 112 días post-floración primaria para *B. bassiana* y hasta los 182 días para insecticidas químicos, en tanto que las liberaciones de parasitoides se pueden realizar entre 182 y 224 días post-floración primaria.

3.3. Cosechas sanitarias

Para validar el efecto de las prácticas de pepena y repela se seleccionaron tres parcelas a nivel nacional; dos en el sur (Polo y La Lanza, Barahona) y una el norte (Jarabacoa). Para cada parcela se realizaron las prácticas culturales de recolección de frutos remanentes de la cosecha (pepena y repela). Los resultados muestran el efecto controlador de estas prácticas al mantener el porcentaje de infestación de la broca por debajo del 4.0% hasta la cosecha, en 120 días, periodo julio-octubre 1999 (Camilo 2003b, Pérez 2004a).

3.3.1. Graniteo

Se observó que luego del primer graniteo se registró una reducción en el porcentaje de infestación de broca en el campo en todas las parcelas donde se realizó esta práctica. En dos de las parcelas, el nivel de infestación disminuyó de 3 a 2.8%, lo que representa una reducción de 7.6%. En las otras 2 parcelas bajó de 7.2 a 3.3%, para un descenso de 54%.

Contrario al efecto registrado después del primer graniteo, el porcentaje de infestación aumentó en un 91% en las parcelas donde se realizó el segundo graniteo, mientras que el porcentaje de infestación aumentó 47% donde éste no se realizó. Estos aumentos en el nivel de infestación fueron resultado de "olas migratorias" de broca ocurridas entre una y otra observación. El nivel de infestación a los 160 días post-

Cuadro 1. Efecto de diferentes tratamientos de cosecha sanitaria sobre la broca y su costo.

Tratamientos	Frutos brocados (%)	Café brocado (lb/Qq)	Costo/ha (RD\$)
Repela+pepena+graniteo	1	3.5	3,575
Repela	6	4	1,650
Repela+graniteo	5	6.5	3,575
Repela+pepena	7	7.5	4125
Pepena+graniteo	8.8	11	4125
Graniteo	12	28.5	4400
Testigo	14.3	28.8	1925

Cuadro 2. Efecto de diferentes tratamientos de cosecha sanitaria sobre el rendimiento del café y su costo.

Tratamientos	Rendimientos de la finca (Qq/ha)	Costos/ha (RD\$)
Repela+pepena+graniteo	2.8	3,575
Repela	1.9	1,650
Repela+pepena	3.8	3,575
Pepena+graniteo	3.5	4,125
Graniteo	2.7	4,400
Testigo	2.3	1,925

floración primaria fue 5.0% en las parcelas con un solo graniteo y 3.66% en las parcelas con dos graniteos. Para la zona de Polo (Barahona) Pérez (2004a) determinó niveles de infestación de 14.3% en parcelas en las cuales no se realizó ninguna práctica de control de broca. Realizar un graniteo adicional tuvo las desventajas de elevar el costo en 133% y no disminuir significativamente la infestación.

3.3.2. Combinación de prácticas sanitarias

Cuando las prácticas sanitarias se aplicaron de forma combinada (repela+pepena+graniteo), la infestación por planta fue 1.0%, mientras que por cada quintal de café pergamino seco se obtuvieron 3.5 lb de café brocado. El costo total de la aplicación de las tres prácticas fue de RD \$3,575.00/ ha (RD \$233.70/ tarea).

Con la sola aplicación de la repela, la infestación por planta fue 6% y por quintal de café pergamino seco se obtuvieron 4.0 lb de café brocado a un costo de RD \$1,650.00/ ha (RD \$103.25/ tarea).

La repela+graniteo redujo la infestación por planta a 5.0% y 6.5 lb de café brocado/ Q de café pergamino seco a un costo de RD \$3,575.00/ ha (RD \$257.81/ tarea).

Con la repela+pepena la infestación por planta fue 7.0% y se obtuvieron 7.5 lb de café brocado/ Q de pergamino seco.

Con la aplicación de pepena+graniteo a los 120 días después de la floración, la infestación por planta fue 8.8% y 11.0 lb de café brocado/ 100 libras de café pergamino seco a un costo RD \$4,125.00/ ha (RD \$275.00/ tarea) (Cuadro 1).

La infestación por planta fue de 12.0% con un graniteo aplicado a los 120 días después de la floración, mientras que por cada quintal de café pergamino seco se obtuvieron 28.5 lb de café brocado; el costo de esta práctica fue RD \$4,400/ ha.

Resultados similares fueron obtenidos por Mejía et al. (1998) en Colombia, evaluando el efecto de la travesía (primera recolección), concluyendo que la eliminación de los primeros frutos no disminuye los niveles de broca, ni mejora la calidad del café pergamino seco.

En la parcela del agricultor, registrando los días que entró a su parcela y recolectó algunos frutos residuales en su finca, la infestación por planta fue de 14.3% y se obtuvieron 29 lb de café brocado/ Q de café pergamino seco. Analizando los rendimientos por tarea (Cuadro 2), y comparando los costos de las prácticas manuales de manejo de la broca en cada caso, los resultados indican que los mayores beneficios obtenidos con la aplicación de las diferentes prácticas individuales o combinadas solo están relacionados con el manejo agronómico y la productividad de las fincas, lo cual debe ser tomado en consideración al momento de su recomendación.

3.3.3. Prácticas sanitarias y *C. stephanoderis*

Cuando se realizan liberaciones del parasitoide *C. stephanoderis* (C) se observó una reducción de la infestación en los primeros 90 días post liberación para todos los tratamientos (C+repela, C+graniteo, C, testigo). A partir de entonces los niveles de infestación aumentaron hasta los 180 días post liberación. No obstante, se observó una infestación 27.3% menor en los tratamientos donde se liberó el parasitoide (Camilo & Olivares 2005b). Los tratamientos donde se liberó el parasitoide conjuntamente a una de las prácticas de cosecha sanitaria, tuvieron un comportamiento similar (Fig. 6). La misma tendencia se observó en el muestreo para determinar el porcentaje de infestación al momento pico de la cosecha; se registró menor porcentaje de infestación donde se liberaron parasitoides (Cuadro 2). En las parcelas donde se liberaron parasitoides y se realizó una de las prácticas, los porcentajes de infestación fueron menores. Estos resultados constataron el mejor efecto controlador *C. stephanoderis* al usarlo con alguna de las prácticas sanitarias (Camilo & Olivares 2005b).

Según los resultados, el parasitoide permaneció hasta después de la cosecha y se encontraron en promedio de 0.90 en la parcela testigo, hasta 1.28 individuos/ fruto en la parcela donde sólo se liberó *C. stephanoderis*. Esto indica la capacidad de adaptación y dispersión que tuvo el parasitoide en la zona.

3.3.4. Prácticas sanitarias y *B. bassiana*

Los frutos brocados en las parcelas donde se hicieron repela y pepena y se realizaron dos aplicaciones foliares de *B. bassiana* (90 y 120 días después de la floración) fue 4.4%. Con la aplicación de una repela y las dos aspersiones foliares del hongo se obtuvo 5.0% de frutos brocados. Con la aplicación de *B. bassiana* al suelo se obtuvo 7.5% de frutos brocados, mientras que en la parcela testigo se registró 7.2% de frutos brocados (Pérez, 2004b). La infestación en la parcela con la aplicación de *B. bassiana* al suelo se comportó igual que en la parcela testigo. Estos resultados indican que las prácticas de control manual son determinantes en la reducción del daño por broca. También se confirmó que los frutos que caen al suelo no reúnen las condiciones para hospedar la broca durante el periodo intercosecha.

Cuando se utilizó la repela y la combinación repela+pepena+dos aplicaciones de *B. bassiana*, se obtuvo un café pergamino seco de mayor calidad, con 4.0 y 5.0 lb, respectivamente de café brocado/ Q de café pergamino seco. En las parcelas donde solo se aplicó el hongo, los frutos residuales del suelo así como en la parcela testigo la cantidad de café brocado/ Q de café pergamino seco fue de 11.0 y 12.0 lb respectivamente.

Fig. 6. Efecto de diferentes tratamientos de cosecha sanitaria (R= repela, G= graniteo) con y sin liberaciones del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (C) sobre la broca del café. T= parcela testigo.

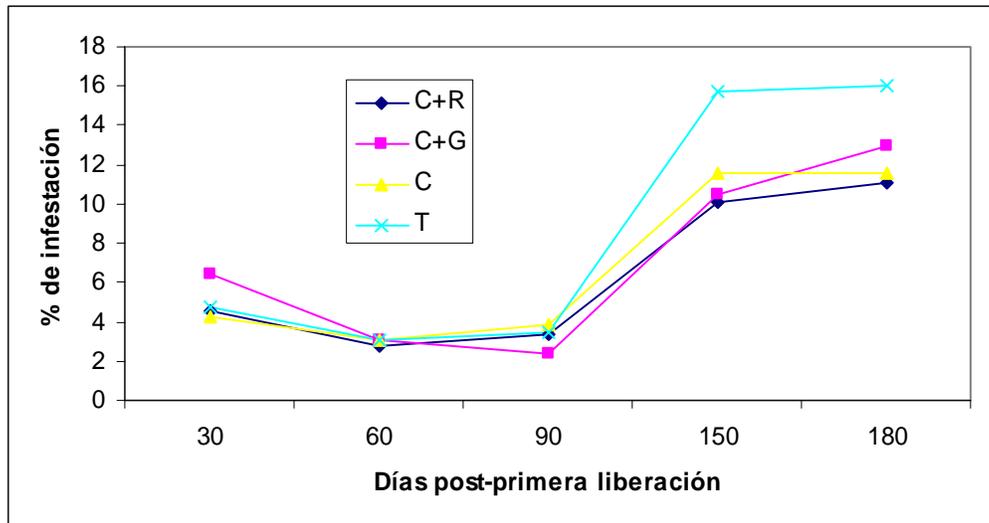
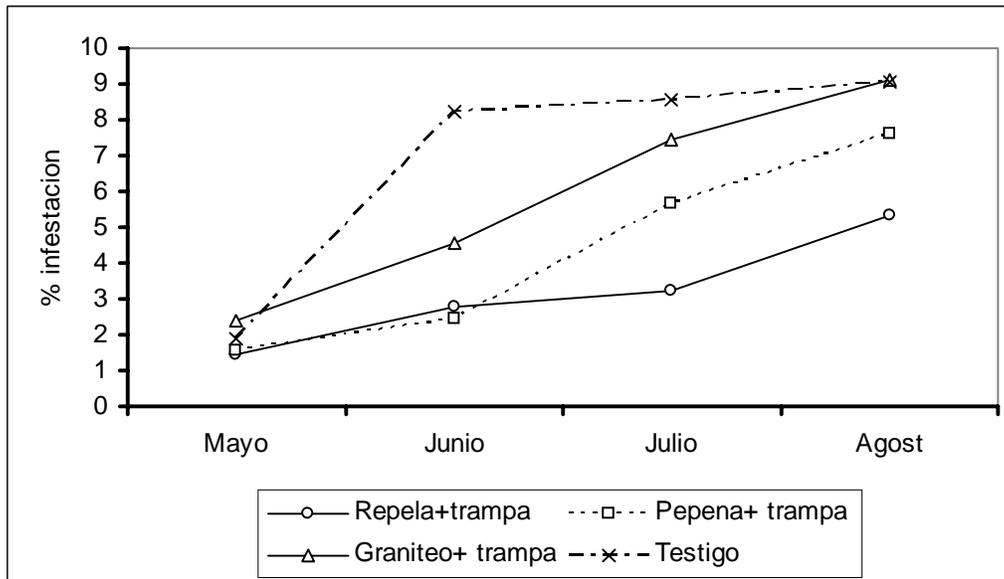


Fig. 7. Efecto de diferentes tratamientos de cosecha sanitaria y uso de trampas sobre la broca del café.



B. bassiana estuvo presente de la misma manera donde fue aplicado de forma foliar, al suelo y en la parcela testigo. La mortalidad de la plaga en los frutos donde se aplicó el hongo fue 34.9% para el tratamiento repela+*B. bassiana*, seguido por 38.8% para la aplicación de pepena+repela+*B. bassiana*. La sola aplicación de *B. bassiana* al suelo logró el menor porcentaje de mortalidad.

Bustillo et al. (1991) encontraron que haciendo una sola aplicación de *B. bassiana* a dosis próximas a 1×10^{10}

conidias por arbusto se obtenía 36% de infección de la broca. Sánchez et al. (1999) evaluaron la efectividad de *B. bassiana* bajo condiciones de campo y encontraron que la aplicación de este hongo causó 35% de mortalidad de broca. Como se observa en el Cuadro 3, la combinación *B. bassiana*+repela resultó ser el tratamiento más económico con solo 10 jornales/ ha y con un costo total de RD \$2,320.00/ ha.

3.3.5. Prácticas sanitarias y trampeo

En la combinación de repela con la trampa BROCAP se obtuvo la menor cantidad de frutos brocados por planta con un 3.2%. En las combinaciones de pepena+trampa y graniteo+trampa, la infestación fue 8.0 y 8.1% respectivamente; en el testigo la infestación por planta fue 12.7% (Fig. 7) (Pérez 2003).

A los 120 días después de la floración, con las combinaciones de la trampa BROCAP+ graniteo y BROCAP+pepena, se capturó la mayor cantidad de brocas. Dado que en estos tratamientos no se recolectaron los frutos dejados en la planta, se confirmó que los frutos que permanecen en los cafetos después de la cosecha son los más importantes que albergan a la broca y los menos expuestos a factores de mortalidad natural del insecto.

En la combinación de la trampa+repela, se obtuvo la menor cantidad de café brocado con un total de 10 lb de café brocado/ Q; en la combinación trampa+pepena fue de 20 lb/ Q y en la combinación trampa+graniteo y el testigo se obtuvieron 35 lb de café brocado/Q de café pergamino seco.

El porcentaje de infestación de broca fue elevado en

Cuadro 3. Costo de diferentes tratamientos de cosecha sanitaria y *Beauveria bassiana* (Bb).

Tratamientos	Costo/ha (RD\$)	Costo Bb/ha (RD\$)	Costo total/ha (RD\$)
Repela+Bb	2,062.00	258.00	2,320
Pepena+Bb	3,093.00	258.00	3,621
Bb al suelo	412.00	515	927
Testigo	0.00	0.00	0.00

Cuadro 4. Costo de diferentes tratamientos de cosecha sanitaria y el uso de trampas para el control de broca. Se incluye el costo de la trampa el primer año.

Tratamientos	Jornales/ha	Costo de trampa (\$RD)	Costo control manual (\$RD)	Costo Tratamiento (\$RD)	Precio Qq de café (\$RD)	Costo en porcentaje del ingreso (\$RD)
Trampa+repela	6	398.15	1,237	1,635.15	5,397	30
Trampa+pepena	13	398.15	2,681	3,079.15	5,397	57
Trampa+graniteo	16	398.15	3,256	3,654.15	5,397	67
Testigo	0.00		0.00	0.00	2,696	0.00

todas las unidades experimentales antes de iniciar el estudio. Se observó que los frutos dejados en la planta fueron más importantes que los que caen al suelo para alojar la broca después de la cosecha.

En estudios realizados por Camilo (2003a) se encontró que la lluvia provocaba la germinación de los frutos en el suelo (27% de los frutos) y que hongos (i.e. *Beauveria*), ácaros e insectos (i.e. hormigas), causan la muerte de la broca en los frutos que caen al suelo. En menos del 1.0% de los frutos infestados la broca puede mantenerse con vida después de 120 días.

De las tres prácticas manuales para control de la broca, la repela es la que utiliza menos cantidad de jornales. En el primer año su costo representó 30% (Cuadro 4) del precio de un quintal de café orgánico. Saldarriaga (1994) evaluó la cosecha periódica, la repela y la cosecha periódica más repela determinado que las prácticas culturales fuera de la cosecha, no sólo reducían los niveles de infestación, sino que además generaban ingreso.

3.4. Trampas

Según Guzmán & Contreras (2003a, b), la trampa BROCAP capturó alrededor de 6,500 brocas/ha/mes con un costo de RD \$880/ha/periodo de cinco meses de trampeo (US \$27.00). Para la zona de Bonao los niveles de capturas fueron mayores, alcanzando a recolectar hasta 83,000 brocas/ha/mes. Las diferencias en las cantidades de broca capturada dependen de la población de broca presente en el campo.

Debido al alto costo y poca disponibilidad de la trampa BROCAP, surgió la necesidad de evaluar cuatro modelos de trampas artesanales. Al inicio del estudio, el porcentaje de frutos brocados por muestras de 100 frutos colectados del suelo fue de 89% en promedio, y el número de brocas adultas por muestras de 10 frutos brocados fue en promedio de 31.4/ fruto y el promedio de individuos en estado inmaduro fue de 20.4/ fruto.

Cuadro 5. Captura de brocas adultas con diferentes tipos de trampas. El costo de fabricación de del modelo L(4) es US \$2.45.

Tipo de trampa	Número de brocas capturadas	Porcentaje
Brocap	36,200	100
Modelo L(4)	34,900	96
Otros Modelos (promedio)	19,487	53

En la observación final a los dos meses de trapeo, los frutos brocados por muestras de 100 frutos colectado del suelo fue de 90% en promedio, muy similar al porcentaje inicial, pero la cantidad de brocas adultas por muestra de 10 frutos brocados fue en promedio de 8.2 brocas/ fruto o sea 23.2 brocas menos por fruto, mientras que el promedio de individuos en estado inmaduro por muestras de 10 frutos fue de 4 individuos/ fruto (16.4 menos inmaduros/ fruto).

La cantidad de brocas capturadas por modelo de trampa a los tres meses de trapeo, fue de 36,200 para BROCAP (mayor captura) y de 34,900 para el modelo L(4), la trampa artesanal de más captura. Los otros modelos evaluados capturaron cantidades similares entre ellas y significativamente menores (43% menor) que el modelo L(4), capturando de 17,036 a 23,300 brocas (García & Contreras 2004) (Cuadro 5). Con respecto al testigo (BROCAP) que representa 100% de captura, el modelo L(4) capturó el 96%. El promedio de

captura de los otros tres modelos fue de 19,487 brocas, que representa el 53% de captura con respecto al testigo.

Se realizaron observaciones de captura durante 12 meses. Como puede observarse en la Fig. 8, en todos los meses hubo captura de brocas. El pico de captura se presentó de enero a abril (periodo post cosecha), con valores de 130 mil brocas capturadas en marzo y 110 mil en abril, con promedio de 3,071 brocas capturadas por mes por trampa (Guzmán & Contreras 2003a, b). Aún cuando en el resto del año (mayo a enero) se capturaron algunas brocas, la captura fue significativamente inferior (276 brocas/mes/trampa), lo cual confirma que el mejor periodo para el trapeo corresponde a los meses poscosecha (enero a abril) en la zona cafetalera de nuestro estudio.

3.5. Insecticidas químicos

En estudios para evaluar la eficiencia de insecticidas químicos se observó que el mayor porcentaje de control se presentó a los 24 días post aplicación con niveles de efectividad de 77 a 83%. Luego de 40 días post aplicación el efecto residual de los productos evaluados fue casi nulo.

4. Conclusiones

En la República Dominicana se han aplicado diversas herramientas para el MIB. Cada programa ejecutado produjo impactos sobre el desarrollo de la plaga, reduciendo los niveles de infestación en el campo. No obstante, los programas y proyectos dirigidos al control de la broca del café deben de ser continuos y a largo plazo para asegurar la sostenibilidad del sistema de producción.

Dentro de las herramientas más efectivas evaluadas

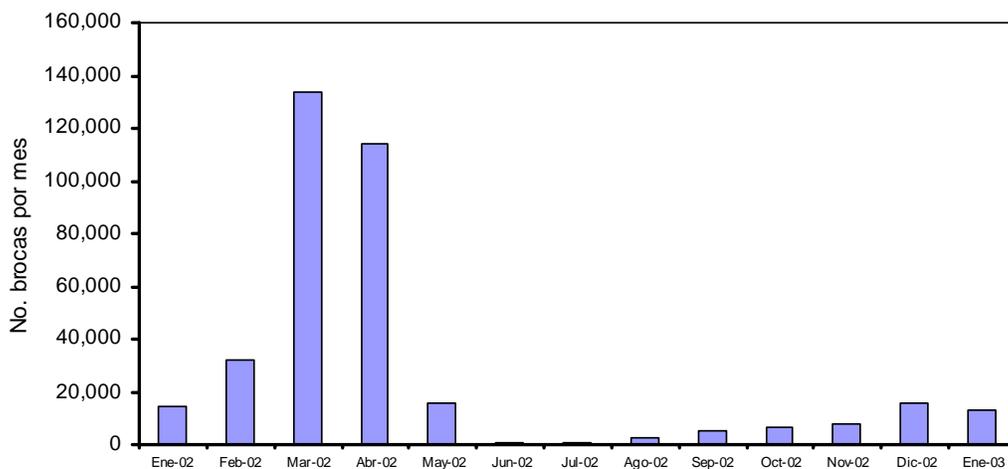


Fig. 8. Número de brocas capturadas por mes en Bonao. Enero 2002- Enero 2003.

y ejecutadas en el país, se encuentran la repela, el trampeo y el control biológico. Para que estas prácticas puedan ser aún más efectivas y adoptadas por la mayoría de los cafecultores, se requiere focalizar esfuerzos y recursos en capacitación de técnicos y productores en cuanto a la importancia de la repela y la época adecuada para su realización, apoyo al programa nacional de trampeo, especialmente en la fabricación y colocación de trampas artesanales y por último hacer más eficientes las unidades de producción de parasitoides y hongos entomopatógenos para aumentar los enemigos naturales de la broca en el campo.

En cuanto al componente de investigación, debe de estar dirigido a estudios que evalúen la relación costo beneficio de las prácticas por separado y/o combinadas (cosechas sanitarias, control biológico, control químico y trampeo), la relación de la plaga con su entorno y la introducción y validación de nuevos enemigos naturales.

5. Agradecimientos

Se agradece a PROMECAFE, el CIRAD, la UASD, a Técnicos del CODOCAFE e IDIAF, a los cafecultores e instituciones públicas y privadas ligadas al sector.

6. Literatura citada

- Baker, P. 1999. La broca del café en Colombia. Informe final del proyecto MIP para el café. DFID-CENICAFE-CABI Bioscience (cntr. 93/1536a). Chinchiná, Colombia. 154 p.
- Bustillo P., A.E., H.A. Castillo, D.A. Villalba G., P.E. Vélez A. & E. Morales G. 1991. Evaluaciones de campo con el hongo *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café en Colombia. Información Científica producida por Cenicafe 1988-1999. Resúmenes No. 3. Centro Nacional de Investigaciones en Café, Chinchiná, Caldas Colombia. 350 p.
- Bustillo P., A.E., M. Cárdenas, G. Villalba, M. Benavides, H. Orozco & F. Posada. 1998. Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchicá, Cenicafe. 134 p.
- Camilo, J. E. 2003a. Efecto de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) sobre la caída de frutos prematuros en La Cumbre. Café, Resultados de Investigación. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 59 p.
- Camilo, J.E. 2003b. Fluctuación poblacional de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en frutos en la planta y remanentes en el suelo en La Cumbre. Café, Resultados de Investigación. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 59 p.
- Camilo, J. E. & F. F. Olivares. 2003. Posicionamiento y número de estados de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) durante el desarrollo del fruto en La Cumbre. Café, Resultados de Investigación. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 59 p.
- Camilo, J. E. & F. F. Olivares. 2005a. Efectos de *Cephalonomia stephanoderis* asociado a dos prácticas culturales de control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Solimán. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 5 p.
- Camilo, J.E. & Olivares, F.F. 2005a. Posicionamiento y número de estados de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) durante el desarrollo del fruto en Cerro Prieto, Juncalito. Investigación. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 7 p.
- Camilo, J. E. & F. F. Olivares. 2005b. Efecto del graniteo sobre el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en La Cumbre. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 5 p.
- Campos, O. & B. Dufour. 1995. Informe de misión técnica a República Dominicana sobre presencia de la broca del café. Programa de Manejo Integrado de la Broca del Café. Secretaria de Estado de Agricultura. Santo Domingo, República Dominicana.
- [CODOCAFE] Consejo Dominicano del Café. 2002. Informe técnico sobre nivel de infestación de la broca del café, Dirección técnica, Consejo Dominicano del Café. Santo Domingo, República Dominicana. 6 p.
- [CODOCAFE] Consejo Dominicano del Café. 2007. Informe técnico sobre el programa de producción de parasitoides 2004 y 2006. Consejo Dominicano del Café. Santo Domingo, República Dominicana. 23 p.
- García, A. & T. Contreras. 2002. Informe sobre el programa de trampeo de la broca del café. Consejo Dominicano del Café. Santo Domingo, República Dominicana.
- García, A. & T. Contreras. 2004. Trampa artesanal para la captura de broca del café diseño y evaluación. Consejo Dominicano del Café. Santo Domingo, República Dominicana. 10 p.
- Guzmán, R.E. 1999. Fluctuación poblacional de la broca del café en Villa Trina, Moca. Programa de Manejo Integrado de la Broca del Café. Secretaria de Estado de Agricultura/Departamento de Café. Santo Domingo, República Dominicana. 8 p.
- Guzmán, R.E. & T. Contreras. 2003a. Validación de la trampa Brocap para la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en San Cristóbal. Café, Resultados de Investigación. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 59 p.
- Guzmán, R.E. & T. Contreras. 2003b. Evaluación de la captura de la broca (*Hypothenemus hampei*) en el curso del año, Bonao. Café, Resultados de Investigación. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 59 p.

- Guzmán, R.E. & T. Contreras. 2005. Informe sobre el programa de trapeo de la broca del café. Consejo Dominicano del Café. Santo Domingo, República Dominicana. 2 p.
- Guzmán, R.E. & T. Contreras. 2006. Informe sobre el programa de trapeo de la broca del café Julio 2006. Consejo Dominicano del Café. Santo Domingo, República Dominicana. 4 p.
- Mejía M., C. G., O. I. Londoño G., P. Benavides M. & E.C. Montoya R. 1998. Evaluación biológica y económica de la eliminación de la traviesa para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Información Científica y Técnica producida por Cenicafé 1988-1998. Centro Nacional de Investigaciones en Café Pedro Uribe Mejía. Colombia. 440 p.
- Montoya, S. & M. Cárdenas. 1994. Biología de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en frutos de café de diferentes edades. Cenicafé 45: 5-13.
- Pérez, Q. 1996. Campaña Nacional de detección y monitoreo de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*, Ferr). Secretaria de Estado de Agricultura, Comisión de Café y Departamento de Café. Santo Domingo, República Dominicana. 21 p.
- Pérez, Q. 2003. Efectividad de la trampa Brocap más la aplicación de prácticas manuales en el manejo de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*, Ferr). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 6 p.
- Pérez, Q. 2004a. Efectividad y eficiencia del control manual de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*, Ferr.) en la zona de Polo. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 6 p.
- Pérez, Q. 2004b. Efectividad de *Beauveria bassiana* en aplicaciones foliares y al suelo y en combinación con prácticas culturales para el manejo de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*, Ferr). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. 11 p.
- [PROMIB] Proyecto Manejo Integrado de la Broca del Café. 1999a. Survey sobre incidencia de broca del café. Programa de Manejo Integrado de la Broca del Café. Secretaria de Estado de Agricultura. Santo Domingo, República Dominicana. 15 al 18 de Junio del 1999. 8 p.
- [PROMIB] Proyecto Manejo Integrado de la Broca del Café. 1999b. Informe PROMIB Enero-Agosto, 1999. Programa de Manejo Integrado de la Broca del Café. Secretaria de Estado de Agricultura. Santo Domingo, República Dominicana. 18 p.
- [PROMIB] Proyecto Manejo Integrado de la Broca del Café. 1999c. Informe PROMIB Enero-Diciembre, 1999. Programa de Manejo Integrado de la Broca del Café. Secretaria de Estado de Agricultura. Santo Domingo, República Dominicana. 21 p.
- [PROMIB] Proyecto Manejo Integrado de la Broca del Café. 2001. Informe final. Proyecto estrategia de apoyo al manejo integrado de la broca del fruto del café. Programa de Manejo Integrado de la Broca del Café. Secretaria de Estado de Agricultura/Consejo Dominicano del Café. Santo Domingo, República Dominicana. 101 p.
- Saldarriaga, G. 1994. Evaluación de prácticas culturales en el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Coleoptera: Scolytidae). Tesis Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia. 57 p.
- Sánchez, F., F. Herrera & R. González. 1999. Efectividad de cuatro tratamientos en el manejo de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en Los Cacaos, provincia San Cristóbal. Tesis. Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Universidad Autónoma de Santo Domingo.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 57-71. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFÉ EN EL SALVADOR

Implementation of the integrated coffee berry borer management program in El Salvador

ADÁN HERNÁNDEZ, ELMER MOISÉS ARIAS ZEPEDA & JULIO CESAR GRANDE MELÉNDEZ

Departamento de Protección Vegetal, Fundación Salvadoreña para investigaciones del café (PROCAFÉ), Avenida Manuel Gallardo, frente a Residencial Monte Sión, Santa Tecla, La Libertad, El Salvador. aherna01@procafe.com.sv

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei*, *pepena*, *repela*, control químico, control biológico, *Cephalonomia stephanoderis*, PROCAFÉ.

CONTENIDO

1. Introducción.....	68
2. Bases del programa MIB en El Salvador.....	68
3. Componentes del programa actual MIB.....	69
3.1. Prácticas culturales.....	69
3.2. Control biológico con parasitoides.....	70
3.3. Control etológico.....	71
3.4. Control químico.....	72
4. Programa de emergencia (2003).....	72
5. Campaña Nacional de control de broca (2004).....	75
6. Evaluación de nuevas tácticas de control.....	75
6.1. Control biológico con <i>Beauveria bassiana</i>	75
6.1.1. Aislamiento y reproducción de cepas nativas.....	76
6.1.2. Patogenicidad en laboratorio.....	76
6.1.3. Patogenicidad en campo.....	78
6.2. Introducción de <i>Phymastichus coffea</i>	78
7. Perspectivas.....	80
8. Literatura citada.....	80

Resumen

La broca del café (*Hypothenemus hampei*) llegó a El Salvador en 1981 y desde el primer momento se consideró que su control debía ser a través de un programa de manejo integrado (MIB). La base del programa fue el estudio de su biología y hábitos en diferentes zonas y el efecto de factores ambientales sobre la dinámica poblacional en los cafetales. El programa actual comprende prácticas culturales (cosecha total, pepena y repela, poda de cafetos y sombra, registro de floraciones y corte de frutos prematuros); control biológico mediante la liberación en los cafetales del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis*; uso de trampas con sustancia atrayente

para capturar hembras colonizadoras; y control químico con insecticida. En 2003 se detectó un ataque severo y se realizó muestreo para conocer los niveles de infestación en las zonas cafetaleras. El muestro indicó infestación de 8.8% en la zona occidental, 14.5% en la zona central y 8.9% en la zona oriental. Tomando en cuenta esos resultados, en enero del 2004 se inició una campaña masiva de difusión de las prácticas MIB a través de radio, periódicos, televisión y charlas a cafeticultores. El objetivo fue disminuir las infestaciones en la cosecha 2004/2005. Los resultados demuestran que la Campaña tuvo un impacto importante, pues la infestación disminuyó en las zonas afectadas: zona occidental 3.8 %, zona central 6.5% y zona oriental 7.6%. A este programa se le suma el uso de cepas

nativas de *Beauveria bassiana*, la introducción del parasitoide *Phymastichus coffea* y un mini programa basado en prácticas agronómicas, poda de café, pepena y trampeo. La Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, PROCAFÉ, mantiene una campaña permanente de difusión del programa MIB.

Abstract

The coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*), first observed in El Salvador in 1981, rapidly became the most important pest of coffee in this country. From the beginning it was considered that its control had to be through an Integrated Borer Management (IBM). The basis of the program was the study of the biology and ecology of *H. hampei* in different coffee zones and the effect of environmental factors on its population dynamics. The current IBM program includes cultural practices (complete harvesting, removal of berries from the plants and ground, pruning of coffee and shade plants, recording of flowering periods and the removal of premature fruits); biological control through the release of the parasitoide *Cephalonomia stephanoderis*; the use of traps with attractive substance to capture adult females; and chemical control with insecticide. In 2003 a severe attack was detected and sampling was conducted to determine the levels of infestation. The sampling shows 8.8% in the Western zone, 14.5% in Central zone and 8.9% in the Eastern zone. Taking these results into account, a massive Campaign against *H. hampei* began in January 2004. Information on IBM was communicated to coffee growers through radio, newspapers, television and workshops. The objective was to reduce the infestations in the crop year 2004-2005. The results demonstrated that the campaign had an important impact on the borer as sampling of coffee plantations indicated a significant reduction in infestation: 3.8 % in the Western zone, 6.5% in the Central zone and 7.6% in the Eastern zone. New tactics were added to this program, the use of native strains of *Beauveria bassiana*, the introduction of the parasitoid *Phymastichus coffea* and an IBM mini-program integrating pruning of the coffee plant, removal of fruits from the plants and ground and trapping. La Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, PROCAFÉ, maintains a permanent information campaign of the IBM program.

1. Introducción

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es el insecto plaga de mayor importancia económica en las plantaciones de cafetos en El Salvador. Antes de su llegada a los cafetales nacionales, el cultivo se mantenía libre de ataques de insectos que causaban pérdidas

severas en forma permanente. Solamente se habían registrado ataques esporádicos de cochinillas, gusanos de raíces, minador de la hoja, chacuatetes, escamas y ácaros. Estos organismos nunca llegaron a convertirse en serias plagas para el cultivo, debido a la estabilidad del ecosistema cafetalero y su abundante biodiversidad, lo cual favorece el desarrollo de entomofauna benéfica y mantiene el equilibrio entre las especies. Esta situación de equilibrio fue afectada por la aparición de la broca, una plaga exótica introducida accidentalmente al continente americano a principios del siglo veinte. Bustillo (2002) menciona que este insecto llegó a lugares con condiciones favorables para desarrollar todo su potencial biótico, y sin ninguna restricción, alcanzó niveles altos de población debido a la ausencia de enemigos naturales con los cuales ha coevolucionado en su lugar de origen.

En Centroamérica, fue detectada por primera vez en Guatemala en 1971. Inmediatamente de este reporte, el Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ISIC), envió personal técnico a la zona afectada para que se familiarizara con el insecto. Se realizaron muestreos continuos en fincas ubicadas en el sector fronterizo con Guatemala y revisiones en los beneficios de la zona occidental y la detectaron en septiembre de 1981 (Vega 1990). En 1982 se reportaron seis fincas con focos de infestación dispersos en una superficie de 225.9 ha, y a mediados de 1983 se detectaron 14 fincas más con un área afectada de 401.7 ha en los municipios de Santa Ana y San Sebastián Salitrillo; en 1985 se había dispersado en los departamentos de Santa Ana, Ahuachapán, Sonsonate, La Libertad y San Salvador en un total de 156 fincas, con una superficie de 10,489.5 ha. De 1986 a 1987 se dispersó a las tres regiones cafetaleras del país, principalmente en las zonas de bajo y media altura (600 a 1200 metros sobre el nivel del mar) (Vega 1990). Con la broca habitando en los cafetales, los cafeticultores cambiaron totalmente las técnicas de cultivo, y fueron afectados sus costos de producción porque para evitar pérdidas y obtener café de buena calidad tienen obligación de implementar medidas de control.

2. Bases del programa MIB en El Salvador

Una vez detectada la plaga, se decidió que el control debía ser mediante programas de Manejo Integrado de Broca (MIB). Se implementaron dos, uno para corto plazo y otro para largo plazo. El de corto plazo, fue de acción inmediata con el objetivo de evitar que las poblaciones de broca se expandieran por todo el país y comprendió las siguientes tácticas (Vega 1991):

- Control mecánico: se recolectaron frutos de café brocados y se destruyeron con agua caliente.



Fig. 1. Etapas del desarrollo de la broca en cafetales de El Salvador durante un año cafetalero.

- Control químico mediante aplicación del insecticida endosulfán.
- Control legal: se instalaron puestos de cuarentena interna en las carreteras de acceso a la zona afectada y se fumigaba con endosulfán los vehículos que salían y los camiones cargados de café se sometían a tratamientos con bromuro de metilo.

Para el largo plazo, se planificó que el programa debía incluir diversas tácticas de control. Para ello se necesitaba hacer investigación a fin de conocer diferentes aspectos biológicos de la broca y evaluar la eficacia de diferentes tácticas. Se estudió la biología y la dinámica poblacional de la broca en diferentes fincas durante un ciclo de cultivo (González 1990, 1991). Después de 27 años de convivir con la plaga y haber realizado diferentes investigaciones, el actual programa MIB se basa en la bioecología del insecto y su relación con la fenología del fruto de café y con las condiciones ambientales (Fig. 1).

Durante la cosecha, la broca se encuentra al interior de los frutos maduros; en el periodo de post cosecha, en los meses de enero, febrero y marzo, se encuentra dentro de los frutos remanentes en el suelo y en las ramas de cafetos de la cosecha anterior. Las primeras lluvias que caen en marzo, abril y mayo originan que las brocas emerjan. De acuerdo a la cantidad de lluvia que cae en ese momento, ocurre la floración de cafetos y comienzan a desarrollarse los nuevos frutos. De junio a octubre se completa el desarrollo del fruto y al mismo

tiempo, las brocas se encuentran en los cafetales esperando que alcancen la consistencia adecuada para perforarlos (Fig. 1).

3. Componentes del programa actual MIB

El actual programa MIB comprende una serie de tácticas que se realizan en cada uno de los estados de desarrollo de los frutos, con el objetivo de reducir las poblaciones de broca a niveles que no causen daño económico y que permita producir café de buena calidad en forma sostenible y competitiva (Cuadro 1) (Hernández 2007).

3.1. Prácticas culturales

Las prácticas culturales tienen como propósito, eliminar las fuentes alimenticias de la broca y modificar el microclima del cafetal para que sea desfavorable a su desarrollo. Se realizan desde el momento de la cosecha y son las siguientes: Cosecha estricta, pepena y repela, poda de cafetos y de árboles de sombra, corte de frutos de floraciones irregulares y su eliminación (Cuadro 1) (Hernández 2007). Algunas de estas actividades se realizan como parte del manejo agronómico anual del cultivo y muchos productores no las toman en cuenta como métodos de control de broca, sin embargo, en algunos casos ya los incluyen en el plan de control.

Cuadro 1. Aplicación de los componentes del programa MIB en El Salvador en un año cafetalero.

Actividades	Meses del año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cosecha estricta												
Pepena y repela												
Poda de cafetos												
Registro de floraciones irregulares												
Trampeo												
Control de malezas												
Poda de árboles de sombra												
Muestreos de niveles de infestación												
Corte de frutos prematuros												
Control químico												
Control biológico (parasitoides)												

3.2. Control biológico con parasitoides

En 1990 se introdujo de México a El Salvador la avispa *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, originaria de Togo, África (PROCAFÉ 1993). Esta introducción fue el producto de un esfuerzo internacional, concertado como parte de un proyecto regional de PROMECAFE en MIB. De 1990 a 1993, PROCAFÉ, realizó investigaciones de laboratorio y campo sobre la biología, adaptación, establecimiento y eficacia de control de este parasitoides (PROCAFÉ, 1994) (Alvarado et al. 1995). A partir de 1994, se impulsó el control biológico mediante dos componentes (PROCAFÉ 1996):

- Institucional, en el cual PROCAFÉ produjo y liberó parasitoides en las fincas cafetaleras, y
- Capacitación a productores sobre técnicas de cría y liberación de parasitoides.

Se proporcionaron servicios gratuitos que incluían: liberación de parasitoides; adiestramiento en laboratorio sobre cría y manejo de parasitoides; dotación de "pie de cría" y utensilios para los laboratorios de los productores; charlas sobre control biológico y MIB; y visitas de asistencia técnica para seguimiento o instalación de nuevos laboratorios. En 17 años de funcionamiento, de 1990 a 2006, los laboratorios de

PROCAFÉ han producido 191 millones de parasitoides y liberaron, 157.5, millones beneficiando a 12,561 fincas cafetaleras con un área total de influencia de aproximadamente 306,262 ha. Por su parte, los laboratorios privados produjeron 47 millones y liberaron 33.5 en 820 fincas en un área de 16,100 ha. Es importante tomar en cuenta que para el funcionamiento de los laboratorios de parasitoides se realizan dos actividades que forman parte del programa MIB, como son: el control manual de la plaga y la liberación de parasitoides, ya que para la cría de estos últimos, es necesario la recolección de café brocado en las fincas durante todo el año. En este sentido, PROCAFÉ recolectó 116,800 lb de café de 1994 a 2000, mientras que los laboratorios de los productores en este mismo periodo, un estimado de 50,000 lb.

El impacto de las liberaciones se ha medido en base al establecimiento y los niveles de parasitismo de *C. stephanoderis* en la población de broca, investigado por cinco años en un total de 238 sitios en los cuales se liberaron parasitoides. Se recuperaron avispidas en 220 lugares, correspondiendo al establecimiento de este parasitoides en el 92% del total de sitios. El parasitismo tuvo variaciones anuales de 11 a 30%, con un promedio general de 22%, el cual puede traducirse como control de la población de broca, que a su vez ha servido para la multiplicación de los parasitoides. Por lo tanto, se

Cuadro 2. Temas de investigaciones efectuados para el desarrollo de la táctica de trampeo en PROCAFÉ, EL Salvador.

Año	Estudios realizados
1997	Pruebas de atractividad con mezclas etanol-metanol en diferentes proporciones. Pruebas de difusión de la mezcla etanol-metanol. Prueba de diferentes modelos de trampa (2), color de difusor (2). Prueba de captura en función de la distribución de las trampas.
1998	Estudios básicos para la elaboración de trampas: Comparación de diferentes modelos de trampa (2 pruebas). Comparación de dos sistemas de difusores (2 pruebas). Determinación de la actividad kairomonal de varias modalidades (3 pruebas). Evaluación del nivel de captura de broca en el campo en el transcurso del día. Evaluación preliminar de la eficacia del trampeo en el período de post-cosecha. Estudio del espectro de acción de los diferentes complejos atractivos. Estudio de los diferentes aspectos de migración-captura.
1999	Evaluación de la distribución de diferentes tratamientos (azar, líneas, grupos, círculo). Comparación de diferentes formulaciones atractivas simples y complejas (terpenos de café <i>canephora</i> y <i>arabica</i> , dosis de limonene y terpenos). Estudio de cuatro modelos y del efecto del color de las trampas. Evaluación de la altura de las trampas "1B" sobre la eficacia de la captura. Efecto de la altura de las trampas "PROCAFÉ" con embudo rojo.
2000	Estudio de la eficacia con el modelo de trampa BROCAP® Validación de BROCAP en parcelas comerciales (4.2 ha en 15 fincas).

puede asegurar que se ha contribuido a la introducción de un enemigo natural de la broca, liberándolo y favoreciendo su establecimiento y distribución en muchas fincas del país, todo lo cual ha contribuido a la reducción de la población de la broca del café (Reyes et al. 1996).

3.3. Control etológico

El trampeo, desarrollado a través de investigación sobre diferentes aspectos (PROCAFÉ 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, Cuadro 2), es una técnica que aprovecha el comportamiento de migración de la broca para capturarla y evitar la colonización de los nuevos frutos que conforman la futura cosecha.

Teniendo como base los resultados de las investigaciones, se diseñó un prototipo de trampa "PROCAFÉ" que sirvió para la creación de la trampa comercial BROCAP® (González & Dufour 2000). Esta trampa (Fig. 2) se compone de un difusor que libera una sustancia semioquímica (mezcla etanol-metanol, 50:50) la cual atrae las brocas hacia el cono de entrada, donde se deslizan y caen en el recipiente de captura que contiene agua y mueren ahogadas.

Tomando en cuenta el comportamiento de la broca, las trampas se cuelgan sobre las ramas de los cafetos a una altura de 1.20 m del nivel del suelo y distanciadas a 24 m entre ellas, hasta completar 12 trampas/mz. Esta,

es la cantidad mínima a utilizar para asegurar un buen resultado de captura. El periodo de post-cosecha es el momento adecuado para el trampeo porque corresponde a una fase biológica de la plaga durante la cual está en dificultad para encontrar su hospedero. Los grandes vuelos de migración son la oportunidad para capturar el mayor número de brocas. Los vuelos aparecen en las primeras lluvias y se presentan en forma de picos con una intensidad que disminuye a medida que bajan las poblaciones residuales (Fig. 3) (González & Dufour 2000, Hernández 2007).

El efecto del trampeo ha demostrado que se reduce la infestación de broca en las parcelas y la eficacia es del 80% en algunos sitios. Esto es bien importante porque se influye directamente sobre el rendimiento de cosecha. Se ha observado que las parcelas con trampeo producen hasta 16% más que las parcelas sin trampeo (PROCAFÉ 2001).

Después de su colocación en el cafetal, las trampas se revisan cada tres semanas para verificar su buen funcionamiento, se quita la broca muerta, se cambia el líquido donde se ahoga y se limpia el cono de captura. También es necesario cambiar el difusor antes que el atrayente se evapore por completo. El trampeo es compatible con el control biológico ya que no atrae ni captura los parasitoides. También es un excelente complemento del control manual por que permite capturar la broca que no se ha eliminado anteriormente.



Fig. 2. Diferentes modelos de trampas para captura de la broca del café. Primeros tres modelos de izquierda a derecha son prototipos artesanales. Extrema derecha: Trampa BROCAP ®

Cuadro 3. Niveles de infestación de frutos brocados por *H. hampei* en las zonas cafetaleras de El Salvador. Julio-agosto 2003.

Actividad	Zona Occidental	Zona Central	Zona Oriental
Manzanas (Mz) Muestreadas (1.0 mz= 0.7 ha)	14, 857	16,162	6,494
Infestación Promedio (%)	8.79	14.45	8.92

De manera más específica, el trampeo evita la presencia de residuos químicos en el grano y no afecta el medio ambiente (Hernández 2007).

3.4. Control químico

En el marco del programa MIB, el control químico es la opción de último recurso ya que presenta fuertes inconvenientes en cuanto a los riesgos de contaminación ambiental e intoxicación humana durante la aplicación, sin embargo, en muchos casos ha sido el único método utilizado.

El insecticida usado tiene como ingrediente activo endosulfan, el cual presenta una eficacia hasta de 90% de control. Su uso tiene como base muchos trabajos de investigación (para una revisión véase Dufour et al. 1999). Para su aplicación se toma en cuenta la medición de los niveles de infestación mediante muestreos. El umbral económico toma generalmente el límite de infestación en 5.0% de frutos brocados. En este sentido, se recomienda aplicarlo en dosis de un litro formulado por manzana (350 g ia/0.7 ha), solamente en los lotes donde la evaluación de la infestación sobrepasa este límite. Este umbral permite evitar aplicaciones

generalizadas y ahorrar producto. La época para hacer la aplicación es en junio, julio o a mediados de agosto, es decir entre 90 a 120 días después de la floración principal, cuando la broca, se encuentra todavía en la entrada del canal de perforación. González (1990), determinó que la broca penetraba solo los frutos que tenían 85 ó más días de promedio de edad a partir de la floración.

4. Programa de emergencia (2003)

Debido a las crisis de bajos precios del café en el mercado internacional durante los años 2002 y 2003, las empresas cafetaleras sufrieron bajas de rentabilidad. Muchos cafecultores, casi no trabajaron o abandonaron las fincas. Esta situación favoreció el incremento de los niveles de infestación de broca, y en el 2003 fueron bastante elevados y significaron un peligro para la producción, la calidad, las exportaciones y para la imagen del café de El Salvador (PROCAFÉ 2004). En el Cuadro 3, se presentan los resultados de un muestreo general realizado en todas las zonas cafetaleras en la cosecha 2003/2004. Se muestrearon 10,463 ha en la zona occidental, 11,381 en la zona central y 4,573 en la

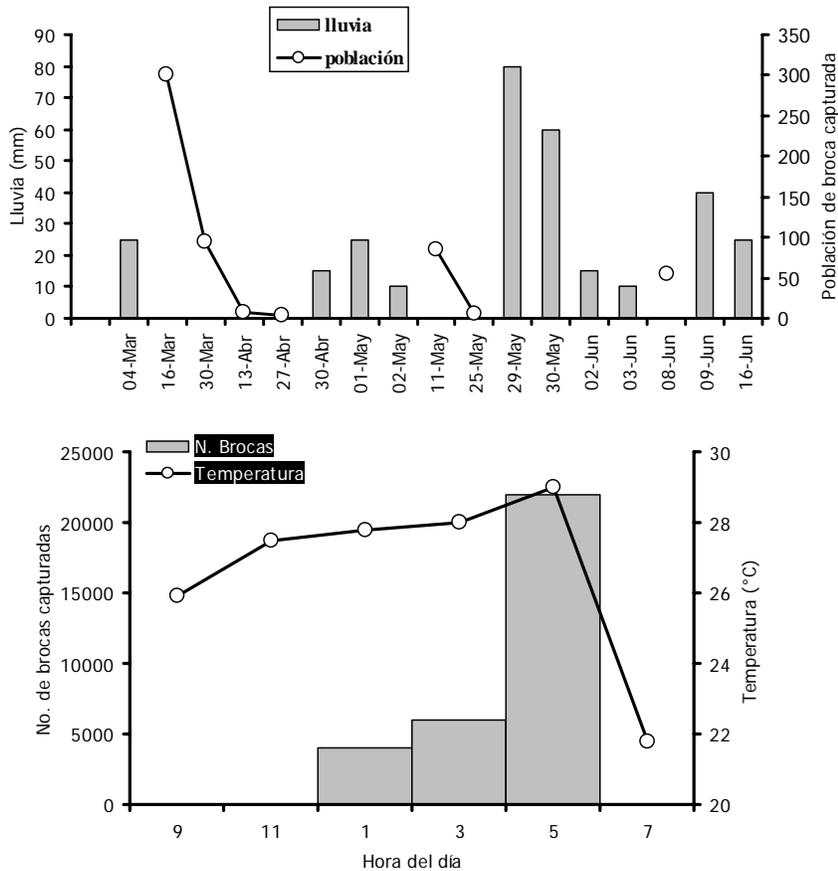


Fig. 3. Efecto de la lluvia sobre la migración de broca del café (arriba) y horario de mayor actividad de las hembras voladoras (abajo) en un cafetal de El Salvador.

zona oriental; los niveles de infestación fueron de 8.8, 14.5 y 8.9% respectivamente.

Como demostración de la gravedad del problema se tomó de referencia que el 25% de infestación en campo podría causar una disminución del 7.5% en el rendimiento uva-oro, lo cual representaría una pérdida de 142,500 Qq oro, que equivale a poner en riesgo US \$9'262,500 (con precios de US \$65.00 por Qq en ese año en la bolsa de Nueva York).

Ante este problema, se puso en marcha el "Programa Nacional para el Combate de la Broca". Los objetivos fueron entre otros:

- Reducir las poblaciones de broca en las zonas de mayor infestación para proteger la cantidad y calidad de la cosecha 2003/2004.
- Establecer las bases para evitar altos niveles de infestación a través de la continuidad de un programa de mediano plazo.
- Coordinar esfuerzos interinstitucionales y garantizar la participación de cafecultores en las acciones previstas para el control de la broca.

El programa fue ejecutado por la Fundación PROCAFÉ y el gobierno, a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) con el apoyo de gremiales, cooperativas cafetaleras y cafecultores a nivel nacional, priorizando las áreas con los índices más elevados de infestación. El MAG, proveyó los insumos como insecticida y trampas BROCAP y firmó una carta convenio con la Fundación PROCAFÉ en la cual se estableció el compromiso de velar por la correcta distribución, supervisión y el buen uso de ellos. Los componentes del programa fueron los siguientes:

- Capacitación y difusión sobre el problema de broca: a través de medios masivos para formar conciencia sobre la importancia de realizar medidas de control.
- Acciones de control químico mediante aplicación de insecticida: únicamente en las fincas de las áreas cafetaleras con índices de infestación que representaban un alto riesgo de pérdidas.

Cuadro 4. Cobertura del Programa MIB en El Salvador. Julio – septiembre, 2003.

Región	No. cafeticultores beneficiados	No. de fincas atendidas	Litros entregados de producto	Trampas BROCAP entregadas	Área protegida en manzanas (1.0 Mz= 0.7 ha)
Occidental	694	696	4,000	4,250	27,388
Central	659	670	4,000	3,500	24,437
Oriental	270	320	4,000	1,000	9,859
Total	1,623	1,686	12,000	8,750	61,684

Cuadro 5. Efecto del Programa MIB sobre la infestación de la broca del café en la cosecha 2004-2005. Muestreo de niveles de infestación. Julio- agosto, 2004.

Actividad	Zona Occidental	Zona Central	Zona Oriental
Manzanas muestreadas	739	970	3250
Infestación promedio (%)	3.8	6.5	7.6



Fig. 4. Modelos de trampas artesanales utilizadas en la Campaña contra la broca del café en El Salvador. BROCAP abajo, extrema derecha.

- Acciones de control a través del uso de trampeo: se entregó a los cafeticultores trampas BROCAP.
- Acciones de control biológico: PROCAFÉ, incentivó a cooperativas y empresas cafetaleras, para reactivar 10 laboratorios para la cría, producción y liberación del parasitoide *C. stephanoderis*.

El Cuadro 4, resume los alcances del programa; se evitó daños a la calidad y la pérdida de 555,156 Qq oro de café para la cosecha 2003/2004, lo que implica que

el programa tuvo un impacto económico al garantizar ingresos con la cantidad de café protegida equivalentes a US \$33'309,360. Como acciones complementarias se liberó cinco millones de parasitoides para ampliar la cobertura y proteger otras áreas que representaban algún riesgo fitosanitario. Asimismo se capacitó a personal de empresas interesadas en establecer o rehabilitar laboratorios para la cría y multiplicación del parasitoide, entregándoles el pie de cría inicial (PROCAFÉ 2003, sin publicar).

Cuadro 6. Evaluación de niveles de control natural de *B. bassiana* sobre poblaciones de broca del café.

Características de daños en los granos	Estado de las brocas en los granos	
	200 frutos con <i>B. bassiana</i>	200 frutos sin <i>B. bassiana</i>
Dañó un grano	52	89
Dañó en mitad o cuarto de grano	36	17
Dañó dos granos	9	43
Dos granos sanos	104	40
Total	201	189
Brocas vivas	16	280
Huevos	0	155
Larvas	4	427
Pupas	21	203
Total de estadios	41	1065
Estadios por fruto	0.2	5

Cuadro 7. Bioensayo de laboratorio para determinar la patogenicidad de *B. bassiana* sobre la broca del café.

Tratamientos	Dosis del hongo	Concentración de esporas por gramo arroz
T0	Testigo (sin hongo)	0
T1	1 g de arroz con <i>B. bassiana</i> /l de agua	3.69×10^7
T2	5 g de arroz con <i>B. bassiana</i> /l de agua	1.84×10^8
T3	10 g de arroz con <i>B. bassiana</i> /l de agua	3.69×10^8
T4	15 g de arroz con <i>B. bassiana</i> /l de agua	5.53×10^8

5. Campaña Nacional de control de broca (2004)

La integración de esfuerzos y voluntades de cafeticultores y entidades relacionadas, permitieron abordar responsablemente un problema de gran magnitud en la cosecha 2003/2004. Se planteó que era necesario continuar aplicando todas las herramientas del manejo integrado para evitar que los niveles de infestación se incrementaran nuevamente y amenazaran la calidad y cantidad de futuras cosechas. Para la cosecha 2004/2005, se llevó a cabo otra campaña a nivel nacional, la cual comprendió actividades como las del año anterior, pero en este caso se inició a partir de enero y se incorporaron otras actividades como las trampas artesanales (Fig. 4) (PROCAFÉ 2005).

Para medir el efecto de la Campaña, se hizo un muestreo en las tres zonas al momento cuando era necesario hacerlo para medir los niveles de infestación y tomar decisión de control químico. Los resultados fueron evidentes; el Cuadro 5 detalla cómo se presentaron los índices de frutos brocados en las tres zonas. Se observó que a nivel general los índices bajaron con respecto a los del año anterior.

6. Evaluación de nuevas tácticas de control

Actualmente se están realizando estudios para la incorporación de dos tácticas de control al programa de manejo integrado, el uso de hongos entomopatógenos y reforzamiento del proyecto de control biológico mediante la introducción del parasitoide *Phymastichus coffea* LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae).

6.1. Control biológico con *Beauveria bassiana*

El hongo *B. bassiana* es un enemigo natural de la broca en varios países productores de café (Bustillo 1995). Tiene un gran potencial en el control biológico de la broca debido a su relativa facilidad de manejo, capacidad de esporulación y persistencia en el campo (Posada & Bustillo 1994, Jiménez-Gómez 1992). En El Salvador se encuentra de forma natural infectando poblaciones de broca en toda la zona cafetalera. Se comprobó su efecto revisando 200 frutos con brocas infectadas y se encontró que habían 184 muertas y 16 vivas, lo cual sugiere que para este caso particular estaba causando 92% de mortalidad (PROCAFÉ 2005) (Cuadro 6).

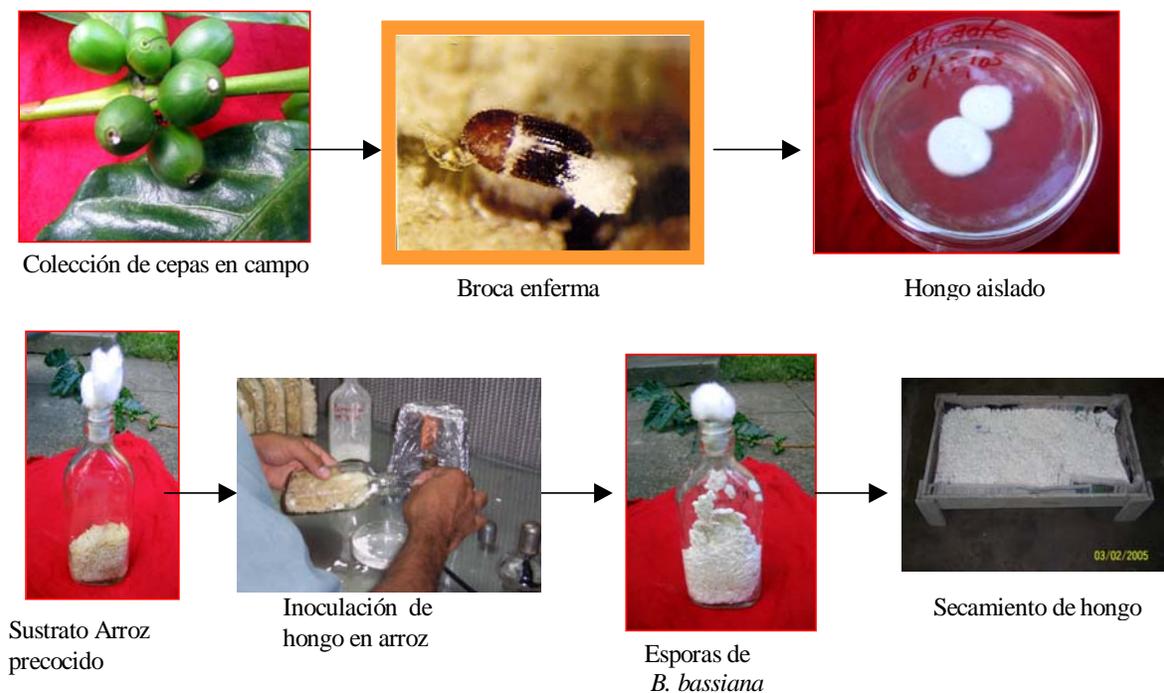


Fig. 5. Metodología para el aislamiento y reproducción de *B. bassiana*.

Cuadro 8. Dosis aplicadas por bombada para determinar la patogenicidad de *B. bassiana* sobre la broca de café en condiciones de campo.

Tratamientos	Dosis del hongo	Concentración de esporas por gramo de arroz
T0	Testigo	0
T1	1 g arroz con <i>B. bassiana</i> /l de agua. 20 g/ bombada	3.69×10^7
T2	5 g arroz con <i>B. bassiana</i> /l de agua. 100 g/ bombada	1.84×10^8
T3	10 g arroz con <i>B. bassiana</i> /l de agua. 200 g/ bombada	3.69×10^8

6.1.1. Aislamiento y reproducción de cepas nativas

Los primeros estudios que se han llevado a cabo comprenden el aislamiento y obtención de cultivos puros del hongo a partir de muestras colectadas en cafetales y perfeccionamiento de la técnica de reproducción masiva (Fig. 5). Los resultados indican que la técnica de producción en sustrato arroz es una forma sencilla y rápida de obtener esporas del hongo, ya que se desarrolló por completo en un periodo de 12 días a partir de la inoculación. Después de este periodo fue cosechado, el tiempo de secado fue de cinco días. Posteriormente se almacena en refrigeración a una temperatura de 4 a 8 °C y bajo estas condiciones se mantuvo viable hasta por seis meses. La producción de esporas por gramo de arroz cosechado fue de 3.69×10^7 (PROCAFÉ 2006).

6.1.2. Patogenicidad en laboratorio

En el laboratorio, se utilizó la metodología propuesta por González et al. (1993). Se realizó un bioensayo mediante un diseño estadístico completamente al azar con cinco tratamientos y 23 repeticiones para cada uno (Cuadro 7). Se tomaron 23 brocas previamente desinfectadas (cada una como repetición y como unidad experimental); se sumergieron en *beakers* conteniendo suspensión de conidias de acuerdo al tratamiento durante un minuto. Posteriormente una broca individual fue colocada con la ayuda de un pincel dentro de un tubo de vidrio esterilizado de 2.0 cm de diámetro por 4.0 cm de altura dentro del cual se depositó un disco de papel filtro humedecido para mantener la humedad relativa adecuada para la infección del hongo, y además, se colocó un grano de café pergamino como sustrato alimenticio e inmediatamente fue taponado con algodón absorbente para evitar la salida de la broca.

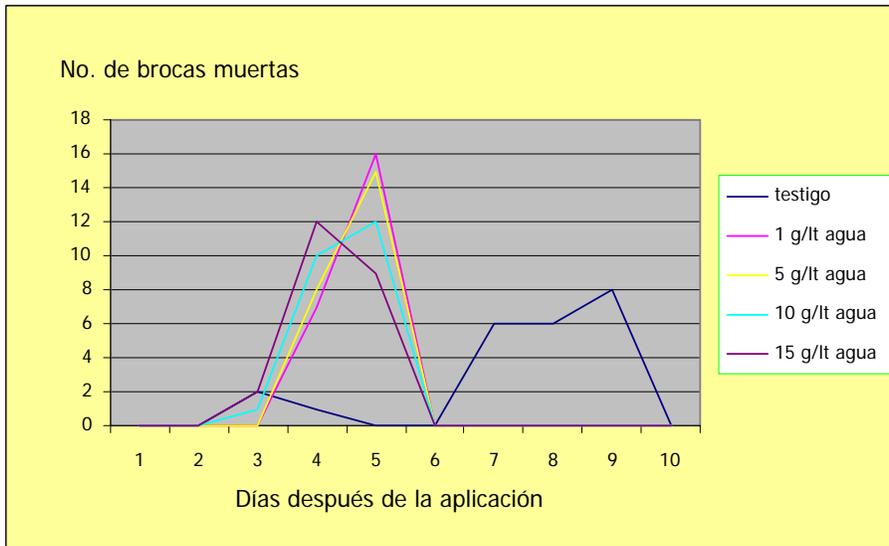


Fig. 6. Mortalidad de broca expuesta a diferentes dosis de *B. bassiana* en laboratorio.

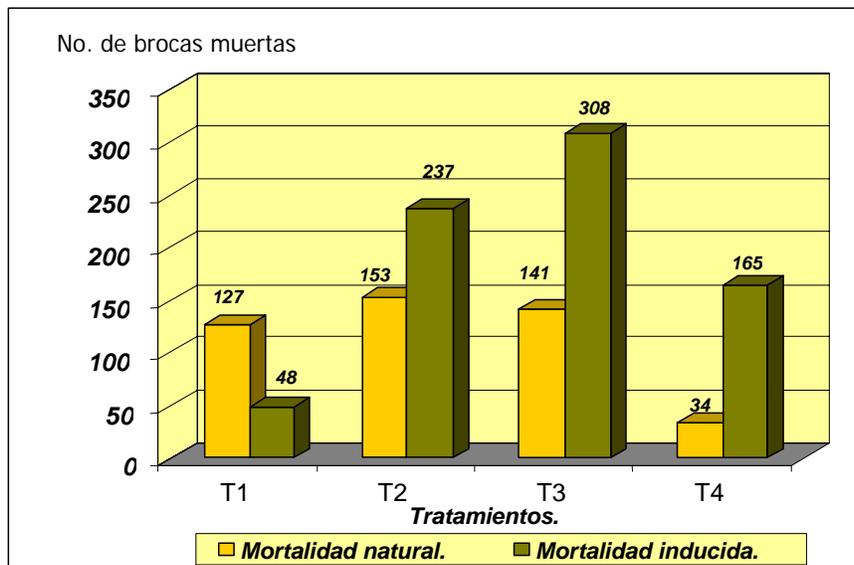


Fig. 7. Mortalidad acumulada de brocas registrada de forma natural por la infección de *B. bassiana* e inducida después de la aplicación en campo.

Los parámetros evaluados fueron: mortalidad de las brocas diariamente, durante 10 días; comportamiento de las brocas; y desarrollo del micelio sobre las brocas. Para ello se utilizó un microscopio estereoscópico facilitando la observación detallada y bisección de los granos.

Los resultados señalan que la actividad de perforación de los granos de café pergamino fue afectada, pues las brocas tratadas con el hongo perforaron 13% de los granos, mientras que las no tratadas 65.2%. Indicando que las brocas infectadas por

B. bassiana poseen una capacidad menor de causar daño y de penetrar los frutos.

El 100% de la mortalidad de las brocas por infección del hongo se presentó al 4° y 5° día en todos los tratamientos (Fig. 6). En el 4° día fue 30.4% para T2, 34.8% T3, 43.5% T4 y 52.2% T5. En el 5° día se registraron porcentajes de 69.6% T2, 65.2% T3, 52.2% T4 y 39.1% T5 (Fig. 6). En el tratamiento testigo no se presentó mortalidad por la infección del hongo ni por agentes contaminantes, pero sí por otras causas como pérdida de patas y antenas. El micelio del hongo llegó a

Cuadro 9. Ingredientes para preparar un litro de dieta artificial para la cría de *H. hampei* (Villacorta 2004)

Ingredientes	Cantidad (ml/g)
Agua esterilizada	500
Café molido	100
Caseína	20
Agar industrial	12
Azúcar	14
Levadura de Cerveza	20
Proteína de Soya	20
Sorbato de potasio	1
Nipagin (Metil Paraben)	1
Formol 37%	2

desarrollarse por completo sobre el cuerpo de las brocas tratadas en 7 días, pudiendo observarse la aparición de éste primeramente en las partes inter segmentares y luego sobre todo el cuerpo. A los diez días el micelio colonizó totalmente el cuerpo de la broca siendo de aspecto algodonoso y color blanco.

6.1.3. Patogenicidad en campo

Se llevó a cabo un estudio en la finca Esmeralda ubicada en el Cantón Lomas de Candelaria del Municipio de Antigua Cuscatlan (13°40'00" N y 89°14'30" O), San Salvador. La variable a estudiar fue la mortalidad de la broca por la infección del hongo.

Se seleccionaron cuatro parcelas como unidades experimentales para cada uno de los tratamientos dentro de las cuales se eligieron 10 cafetos al azar; cada uno como parcela efectiva, haciendo un total de 40 árboles; se marcaron por tratamiento y repetición. La

aplicación se realizó cuando la broca estaba en el interior de los frutos, pero tenía la parte posterior afuera, es decir, las esporas alcanzaron el cuerpo del insecto. Antes de aplicar, a cada árbol elegido se le contó y cortó los frutos que presentaran brocas muertas por la infección natural de *B. bassiana*. El hongo utilizado para el estudio fue un aislado de la misma finca y reproducido en sustrato arroz en los laboratorios de PROCAFÉ, y se aplicó con bomba de mochila (Cuadro 8).

Al cabo de 17 días después de la aplicación se efectuó conteo de frutos presentando taponamiento de color blanco en el orificio de entrada donde las brocas se encontraron muertas por la infección de *B. bassiana* en cada uno de los árboles tratados. Los datos fueron analizados por análisis de varianza y la prueba de Diferencia Mínima Significativa.

El resultado indica que en el cafetal existía control natural elevado, pero al hacer aplicaciones se incrementó, ya que el número de granos con brocas muertas sobrepasó valores de 100% con respecto al conteo inicial (Fig. 7). Lo anterior demuestra que el hongo nativo podría utilizarse eficientemente en la reducción de las poblaciones de la broca como controlador biológico al depositar suficiente inóculo sobre los árboles y frutos de cafeto para inducir o acelerar el proceso de infección de brocas.

6.2. Introducción de *Phymastichus coffea*

Phymastichus coffea ha sido introducida en varios países y las observaciones realizadas sobre su biología y ecología clarifican su real potencial como agente de control de *H. hampei* (Bustillo et al. 2001). La incorporación de este parasitoides en los programas MIB tiene el incentivo de reducir el daño directo producido por la plaga, pues la ataca antes de penetrar el fruto. Sin embargo, para hacer liberaciones en campo es necesario desarrollar un método masivo de cría que

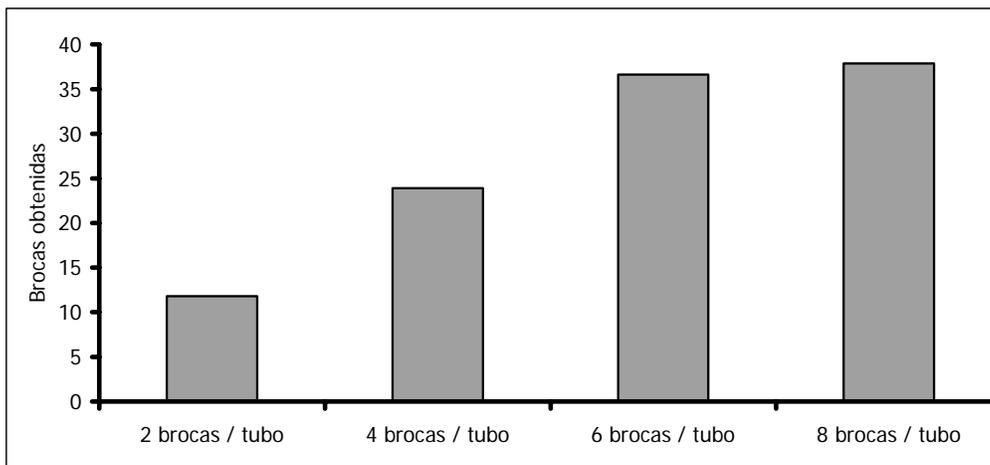


Fig. 8. Número promedio de brocas adultas obtenidas en tubos conteniendo 5.0 ml de dieta artificial a dos meses después de infestación (50 repeticiones; un tubo representó una repetición).



Fig. 9. Posiciones adoptadas por *Phymastichus coffea* al momento de la oviposición sobre la broca en condiciones de laboratorio.

permita una liberación generalizada en el periodo de reinfestación de la broca (Castillo 2005).

PROCAFÉ ha iniciado estudios para obtener un método eficiente de cría masiva de *P. coffea* y su hospedero a través del uso de dietas artificiales. El objetivo es reproducir las brocas en dieta artificial y posteriormente utilizarlas para reproducir el parasitoide. El Cuadro 9 presenta los ingredientes de la dieta de acuerdo a Villacorta (2004).

Los resultados obtenidos dos meses después de la inoculación en tubos, indican que la mejor relación de brocas inoculadas en dieta fue 6 y 8 brocas/tubo, ya que permitieron obtener mayor cantidad de broca respectivamente (Fig. 8).

Además se determinó que el ciclo de vida de *H. hampei* bajo las condiciones en que se realizó la investigación fue de 29.5 días de huevo a adulto.

Para la reproducción de *P. coffea* en broca obtenida de dieta artificial, se preparó dieta y se depositó 15 ml en cajas petri previamente esterilizadas. En cada caja se inocularon hembras adultas de *H. hampei* reproducidas en dieta artificial e inmediatamente se inocularon especímenes adultos de *P. coffea*. Finalmente las cajas se taparon y se colocaron en un cuarto oscuro, a una temperatura de 23–25° C y humedad relativa de 70–

80%. El estudio se completó mediante la instalación de un ensayo con diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones, donde los tratamientos fueron diferentes relaciones poblacionales parasitoide: broca (1:2, 1:3... 1:5, usando 10 parasitoides), y una repetición fue una caja petri con dieta y una relación parasitoide: broca específica.

Se ha podido estudiar algunos aspectos de biología de este parasitoide: la oviposición la realizan generalmente en la región dorsal de la broca y las posiciones adoptadas son muy variables, y ocurrió tanto en el interior del abdomen como en el tórax o en algunas ocasiones se observó ovipositando en el interior de la cabeza (Fig. 9). La duración de la puesta de los huevos dentro del cuerpo de la broca fue muy variable, desde unos pocos segundos hasta unos cuantos minutos. Por lo general solo un parasitoide parasita a una broca, sin embargo en algunas ocasiones se observó dos parasitoides sobre una misma broca. La duración del estado adulto de *P. coffea* fue de dos a tres días. Después de ser parasitada, la broca detiene sus actividades (no se alimenta y no oviposita); se observó que generalmente ésta muere al 5° día. Los días a la emergencia de *P. coffea* fueron de 45 días a partir de la inoculación, bajo las condiciones del estudio. La mejor

relación parasitoide: broca fue de 1:5, la cual permitió obtener un promedio de 31.2 estados adultos por repetición, generalmente un macho y una hembra emergieron de una sola broca, la relación macho/hembra fue de 1:1.6. La emergencia de los parasitoides duró cuatro días, observándose en el primero y segundo día el mayor número; a partir del tercer día disminuyeron las emergencias.

7. Perspectivas

Los daños que causa la broca permiten inferir que las prácticas de control existentes continuarán siendo utilizadas, y en muchos casos, se mejorará su eficacia. El programa MIB será modificado al incorporarle nuevas tácticas de control o se dividirá en mini programas. Las prácticas culturales son efectivas, pero muchos productores no las toman en cuenta. Entonces, el Departamento de Transferencia de Tecnología tendrá que buscar la forma para hacer conciencia en los caficultores sobre la importancia de estos métodos. El trapeo será usado en complementación con las prácticas culturales y no en forma solitaria. Se ha demostrado el efecto de un mini programa en época seca basado en: poda de cafetos y sombra, repela y trapeo, reduciendo los niveles de infestación hasta 90% con respecto a las parcelas testigos (Dufour et al. en prep.).

El control biológico con parasitoides es muy importante; se cuenta con mucha experiencia en el uso de *C. stephanoderis*, pero la incorporación de *P. coffea* sería un gran complemento porque tiene la cualidad de parasitar adultos de broca en el momento cuando están penetrando los frutos. Se cuenta con conocimientos sobre biología y métodos de reproducción de este parasitoide, pero hace falta estudiar su comportamiento en campo.

El control químico ha sido una herramienta muy útil en el control de broca, sin embargo, las grandes tendencias que existen actualmente hacia la producción de cafés diferenciados (orgánico, Eco-Ok, *Rain Forest Alliance*, etc.) y a favor de la protección del ambiente y salud pública, hacen que esta táctica sea cada vez menos usada. Por lo tanto, los otros métodos tendrán un importante papel.

La incorporación de *B. bassiana* al programa es factible porque este hongo actúa sobre la broca matándola, y además, forma parte del control natural en los cafetales. La táctica para usarlo sería lo que se conoce como "control biológico por incremento". Para su uso masivo se debe de aislar, purificar, reproducir y evaluar en campo cepas nativas. Algunas de esas fases ya se han realizado. Ahora se está desarrollando un programa de reproducción mediante el apoyo financiero, del Proyecto de Diversificación Agrícola-USAID, para construir instalaciones y compra de equipo. Una vez superada esta fase, se hará una campaña masiva de información a los productores y técnicos sobre el modo de utilización de este hongo.

8. Literatura citada

- Alvarado, C. A., I. Zepeda Reyes, M. O. González & M. I. Vega. 1995. Evaluación de parasitismo en la broca del fruto del cafeto (*H. hampei*) liberando diferentes niveles de *Cephalonomia stephanoderis*. En: Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. 1992, 15, Xalapa, Veracruz, México. IICA-PROMECAFE. 23 p.
- Bustillo P., A.E. 1995. El uso del hongo *Beauveria bassiana* como un componente en el programa del manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei*, p. 79-85. En: XXII Congreso SOCOLEN. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Bustillo P. A. E. 2002. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. H. F. Ospina Ospina (ed.), Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Chinchiná, Caldas, Colombia. Boletín Técnico No. 24. 40 p.
- Bustillo P., A.E., H. Orozco, O. J. Vergara & B. Chaves, B. 2001. Biología de *Phymastichus coffea* en condiciones de campo. Cenicafé, Colombia 2: 97-103.
- Castillo, A. 2005. Perspectivas de utilización del parasitoide *Phymastichus coffea* en el manejo integrado de la broca, p. 31-37. En: Simposio sobre situación actual y perspectivas de la investigación y manejo de la broca del café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J. F. Barrera (Ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas México.
- Dufour, B., J. F. Barrera & B. Decazy. 1999. La broca de los frutos del cafeto: ¿La lucha biológica como solución?, p. 293-326. En: B. Bertrand & B. Rapidez (eds.), Desafíos de la caficultura en Centroamérica. IICA-PROMECAFE, CIRAD, IRD, CCCR. San José, Costa Rica.
- González, M. O. 1990. Dinámica poblacional de la broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*), p. 215-240. En: Simposio sobre Caficultura Latinoamericana 1989, 12, San Pedro Sula, Honduras. IICA-PROMECAFÉ.
- González, M. O. 1991. Ciclo de vida y hábitos de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei*. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Boletín Técnico, Nueva Serie No. 15, 14 p.
- González, M. O. & B. Dufour. 2000. Diseño, desarrollo y evaluación del trapeo en el manejo integrado de la broca (*Hypothenemus hampei*) en El Salvador, p. 381-396. En: L. Zamora & J. Echeverri (Comp.). Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. 1a. Ed. 19, 2000. ICAFE/PROMECAFE. San José, Costa Rica.
- González, G.M.T., F.J. Posada F. & A.E. Bustillo P. 1993. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. Cenicafé, Colombia 44: 93-102.
- Hernández, A. 2007. Manejo integrado de plagas, p. 75-115. En: Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. Manual del Caficultor, Tomo I. Santa Tecla, El Salvador.

- Jiménez-Gómez, J. 1992. Patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. *Cenicafé*, Colombia 43: 84-98.
- Posada F., F. J. & A. E. Bustillo P. 1994. El hongo *Beauveria bassiana* y su impacto en la caficultura Colombiana. *Agricultura Tropical*. 31: 97-106.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 1993. Memoria de labores 1991/92. Santa Tecla, El Salvador. 85 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 1994. Memoria anual 1993. Santa Tecla, El Salvador. 62 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 1996. Memoria de labores 1995. Santa Tecla, El Salvador. 69 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 1997. Memoria de labores 1996. Santa Tecla, El Salvador. 63 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 1998. Memoria de labores 1997. Santa Tecla, El Salvador. 40 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 1999. Memoria de labores 1998. Santa Tecla, El Salvador. 43 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 2000. Memoria de labores 1999. Santa Tecla, El Salvador. 69 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 2001. Memoria de labores 2000. Santa Tecla, El Salvador. 71 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 2004. Memoria de labores 2003. Santa Tecla, El Salvador. 49 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 2005. Memoria de labores 2004. Santa Tecla, El Salvador. 38 p.
- [PROCAFÉ] Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. 2006. Memoria de labores 2005. Santa Tecla, El Salvador. 52 p.
- Reyes, R., M. I. Vega Rosales, J. A. Oviedo & R. A. De León. 1996. Proyecto control Biológico de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* en El Salvador, p. 11. In. Simposio sobre caficultura Latinoamericana. Vol. II. 17, 1985, San Salvador, El Salvador). IICA-PROMECAFE.
- Vega, M. I. 1990. La broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867) en El Salvador, p. 86-96. En: Taller Regional de Broca 3, 1989, Antigua, Guatemala. IICA/PROMECAFÉ.
- Vega, M. I. 1991. La broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867) en El Salvador, p. 157-171. En: Seminario sobre técnicas modernas en la producción del café. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del café (ISIC). Santa Tecla, El Salvador.
- Villacorta, A. 2004. Erradicação da broca do café: É possível?, p. 27. En: Workshop Internacional sobre o Manejo da Broca do Café. Londrina, Brasil.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 73-81. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

CAMPAÑA NACIONAL CONTRA LA BROCA DEL CAFÉ EN MEXICO: OPERACIÓN Y PERSPECTIVAS

National Program against the coffee berry borer in Mexico: Implementation and perspectives

MARTÍN RAMÍREZ DEL ÁNGEL, MARGARITO GONZÁLEZ C., ARTURO BELLO R. & SUSANA ROMERO B.
Dirección General de Sanidad Vegetal-SAGARPA-SENASICA, Guillermo Pérez Valenzuela No. 127. Colonia del Carmen Coyoacán. campan@senasica.sagarpa.gob.mx

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei, broca, trampeo, infestación, control biológico, control cultural.*

CONTENIDO

1. Introducción.....	58
2. La broca del café.....	58
2.1. Importancia económica.....	58
2.2. Biología y hábitos.....	58
3. Métodos de control.....	58
3.1. Control legal.....	59
3.2. Control cultural.....	59
3.3. Control biológico.....	59
3.4. Trampeo.....	59
4. Operación del Programa Fitosanitario.....	61
4.1. Objetivos y metas.....	61
4.2. Operación.....	61
4.3. Acciones.....	62
4.3.1. Control legal.....	62
4.3.2. Control cultural.....	62
4.3.3. Muestreo.....	62
4.3.4. Control biológico.....	63
4.3.5. Trampeo.....	63
5. Avances y perspectivas.....	63
5.1. Avances.....	63
5.2. Perspectivas.....	63
6. Agradecimientos.....	64
7. Literatura Citada.....	64

Resumen

Se hace un análisis de resultados de investigaciones sobre biología, hábitos y control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), para determinar las acciones contempladas en el Programa Nacional contra la Broca del Café, que a nivel Estado, se denomina como la Campaña contra Broca del Café. Se enfatiza en la importancia de realizar las acciones con un enfoque de manejo integrado, donde se destaca el trampeo, control cultural, control biológico y control legal, tácticas fortalecidas con capacitación y divulgación. Las actividades están a cargo de los Organismos Auxiliares

de Sanidad Vegetal. Las acciones se han emprendido desde la planeación estratégica y táctica, de tal forma se tiene como perspectiva disminuir los niveles de infestación de la broca por debajo de 3% en un plazo de cinco años. Además, se prevé el fortalecimiento y la mejora de la regulación fitosanitaria que se aplica en México en relación con la broca del café.

Abstract

An analysis was conducted to know the biology, behavior and control of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) as a basis to determine the

actions of a National Program against this pest. The program is implemented in the Mexican states as the Campaign against *H. hampei*. The program emphasizes to control the coffee berry borer under an approach of integrated management using trapping, cultural control, biological control and legal control. These tactics are fortified with training and dissemination of technical information. The activities are conducted by the Auxiliary Organisms of Crop Protection. A strategic planning was developed for the actions of the program and a strategic goal was formulated: to reduce the borer infestation to less the 3% in the next five years. In addition, the program will fortify and improve the regulatory measures applied to *H. hampei* in Mexico.

1. Introducción

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es una plaga que bajo condiciones favorables puede ocasionar pérdidas por arriba de 80% de la producción. El presente trabajo tiene la finalidad de hacer un análisis de cada medida de prevención o control de la broca el café investigada alrededor del mundo, para posteriormente señalar las estrategias y tácticas de manejo que se han establecido en México. Finalmente, la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), afiliada a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y al Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), y como entidad responsable de la sanidad vegetal en México, promueve que las estrategias de control sean elegidas en base a una relación beneficio-costos favorable y con el menor impacto negativo hacia el medio ambiente, pero sobre todo, que no incrementen significativamente los costos de producción de café para favorecer la competitividad del cultivo.

2. La broca del café

2.1. Importancia económica

La broca causa pérdidas en la producción de hasta 80% en aquellos cafetales donde no se realizan acciones de control. En México se tienen evidencias de su presencia desde 1978, cuando se le reporta en Chiapas. Paulatinamente se distribuyó a los estados de Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Puebla, Hidalgo, Nayarit, San Luis Potosí y Querétaro. Más tarde se le detectó en Jalisco, Colima y Tabasco. Actualmente está afectando 384,501.92 ha (Cuadro 1) de las 684,763.57 establecidas en el país. Una infestación de broca del 13.66% causa pérdidas de 68.3 kg/ha, que traducido a pesos mexicanos equivale a \$409.80/ ha. Tomando en cuenta lo anterior, se estima que ocurriría una pérdida de \$157'568,886.80 en las 384,501.92 ha afectadas.

La importancia económica de la broca del café ha propiciado que en México se haya determinado la necesidad de contar con un instrumento legal para

atender este problema de sanidad vegetal. Dicho instrumento es la NOM-002-FITO-2000, Norma Mexicana por la que se establece la Campaña contra la Broca (DOF 2001). La norma determina como obligatorio la realización de las acciones siguientes: Muestreo, Control Cultural, Control Biológico, Trampeo, Control Legal (regulación de la movilización), y Supervisión de los métodos de control. Por otro lado, se ha integrado un Programa Fitosanitario con la finalidad de reducir las pérdidas ocasionadas por la plaga, para lo cual los Gobiernos Federal y Estatal invierten recursos económicos para su operación. Cabe mencionar que la operación de las actividades es delegada a los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal, los cuales están integrados por productores, quienes con los recursos invertidos pueden contratar personal técnico y adquirir los materiales e insumos necesarios.

2.2. Biología y hábitos

La broca tiene como hospedero al cultivo del café (*Coffea* spp.). En 30 días, una broca hembra puede dar origen a 35 individuos de los cuales el 90% son hembras. Generalmente, todos los individuos de broca encontrados en un fruto provienen de una sola hembra. Las hembras abandonan los frutos cuando se han apareado, lo cual ocurre a los 33 o 34 días después de que la cereza es infestada.

Los frutos adecuados para la reproducción del insecto deben tener al menos 20% de peso seco del grano, estado de desarrollo conocido como "semi-consistencia", que ocurre entre 80 y 120 días después de la floración (Barrera 1994; Anónimo 2003). Después de la cosecha y conforme entra el periodo seco del año, los frutos no cosechados ennegrecen y se secan en las plantas (o en el suelo), las brocas entran en diapausa reproductiva (Mansingh 1991). El rompimiento de la diapausa reproductiva con la lluvia y la existencia de frutos adecuados para el desarrollo de la plaga, propicia la emergencia masiva de la broca, en busca de granos para infestar, etapa factible para utilizar métodos de control (químico, biológico o el trampeo) (Baker et al. 1992a, b, 1994, Barrera et al. 2006).

3. Métodos de control

Cada vez se torna más evidente que el Manejo Integrado de la Broca (MIB) es la estrategia más promisoría para reducir las pérdidas ocasionadas por esta plaga (Bustillo et al. 1998, Baker 1999, Guharay et al. 2000, Jarquín et al. 2002). También la evidencia permite afirmar que la broca puede ser manejada sin incluir al control con insecticidas químicos (Jarquín et al. 1999). Otro elemento fundamental para el éxito del manejo de la broca es la participación de los productores, no solo en la implementación del MIB, sino también en su concepción a través de investigación participativa (Jarquín et al. 2002).

Cuadro 1. Superficie (en hectáreas) infestada por la broca del café en México. DGSV-SAGARPA-SENASICA. 2000-2006.

Estado	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Chiapas	80,000.00	90,000.00	110,000.00	130,067.00	130,067.00	130,067.00	130,067.00
Guerrero	36,669.00	36,669.00	36,669.00	36,669.00	26,529.00	26,529.00	26,529.00
Oaxaca	47,500.00	47,500.00	47,500.00	47,500.00	47,500.00	62,000.00	77,420.00
Puebla	37,000.00	37,000.00	37,000.00	37,500.00	37,500.00	37,500.00	37,519.00
San Luis Potosí	924.50	2,100.00	2,300.00	2,549.25	4,566.00	5,566.00	5,566.00
Tabasco					1,025.00	1,038.00	747.00
Colima							250.00
Hidalgo	5,500.00	8,173.00	8,412.50	7,908.14	8,412.00	8,769.00	8,769.00
Querétaro			100.00	120.00	140.00	247.42	247.42
Jalisco							1,315.50
Nayarit	6,967.00	7,960.00	7,960.00	7,960.00	16,023.00	16,023.00	16,072.00
Veracruz	7,800.00	15,000.00	16,000.00	23,000.00	46,000.00	69,000.00	80,000.00
Total	142,360.50	244,402.00	265,941.50	293,273.39	317,762.00	356,739.42	384,501.92

3.1. Control legal

En México, la broca del café ha sido clasificada como una plaga de importancia cuarentenaria. Por lo tanto, el proceso de producción y movilización de los productos y subproductos de café, que pueden ser una fuente de riesgo de dispersión, son sometidos a procedimientos de índole legal. Como ya se indicó, en México existe desde el 18 de abril de 2001 la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000, que establece la Campaña contra la Broca del Café. Esta regulación establece de carácter obligatorio el muestreo, trampeo, control cultural y biológico de la broca del café. De manera específica establece la necesidad de que en cada predio se registren en un formato específico las acciones realizadas contra la broca y el procedimiento para la certificación del cumplimiento de Norma.

3.2. Control cultural

Las prácticas culturales más efectivas son: regulación de la sombra, recolección de frutos de floraciones adelantadas (locas), recolección de frutos del suelo, recolección de frutos dejados en la planta de café después de la cosecha (Le Pelley 1968).

3.3. Control biológico

En México, el hongo entomopatógeno más usado en el control biológico de la broca han sido *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ramírez 1999). Actualmente se están reconociendo los laboratorios que producen este hongo en la calidad adecuada. *Metarhizium anisoplae* (Metschnikoff) Sorokin se ha usado a escala experimental. En cuanto a los parasitoides, el más usado ha sido *Cephalonomia stephanoderis* Betrem; en mucho menor escala se utilizan *Prorops nasuta* Waterston y *Phymastichus coffea*

LaSalle. Pies de cría de las tres especies de parasitoides están disponibles en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en Tapachula, Chiapas (Barrera 2005).

3.4. Trampeo

En la actualidad, la mezcla de metanol (=alcohol metílico) + etanol (=alcohol etílico) es el atrayente más efectivo para la captura de *H. hampei* bajo condiciones de campo (para una revisión véase Barrera et al. 2006a). Mendoza (1991) en Brasil y Gutiérrez-Martínez et al. (1993a) en México fueron de los primeros en realizar estudios sobre la capacidad de atracción del etanol y metanol hacia la broca del café. Ambos estudios señalaron un efecto sinérgico entre estos alcoholes, pues la atracción fue mayor al mezclarlos. Los trabajos realizados por Mendoza (1991) indicaron que la proporción metanol: etanol 3:1 fue la más atractiva. Investigaciones posteriores confirmaron el poder de atracción de ambos compuestos en la proporción antes mencionada (Borbón et al. 2000, Cárdenas 2000, Villacorta et al. 2001), aunque otros estudios encontraron mejor la proporción 1:1 (Cárdenas 2000, González 2000).

La cafeína adicionada al metanol-etanol no puede atraer a los insectos a distancia como se creía (Rojas 2005), dado que es una sustancia de baja volatilidad.

Barrera et al. (2006a) citan que existe una diversidad de diseños de trampas desde que Mendoza (1991) evaluó las trampas "ESALQ-84" de Berti Filho y Flechtmann (1986) y el modelo de embudos múltiples de Lindgren (1983). Más interés despertó el diseño tipo ESALQ-84, a partir del cual se derivaron modelos semejantes; por ejemplo, en México fue base para que Gutiérrez-Martínez et al. (1993b) desarrollaran la trampa "Hampei" y Velasco et al. (1997) la trampa "Ecobroca". En Colombia se desarrolló la trampa "CENICAFÉ" (Herrera, 1997). En tanto salvadoreños (PROCAFÉ) y

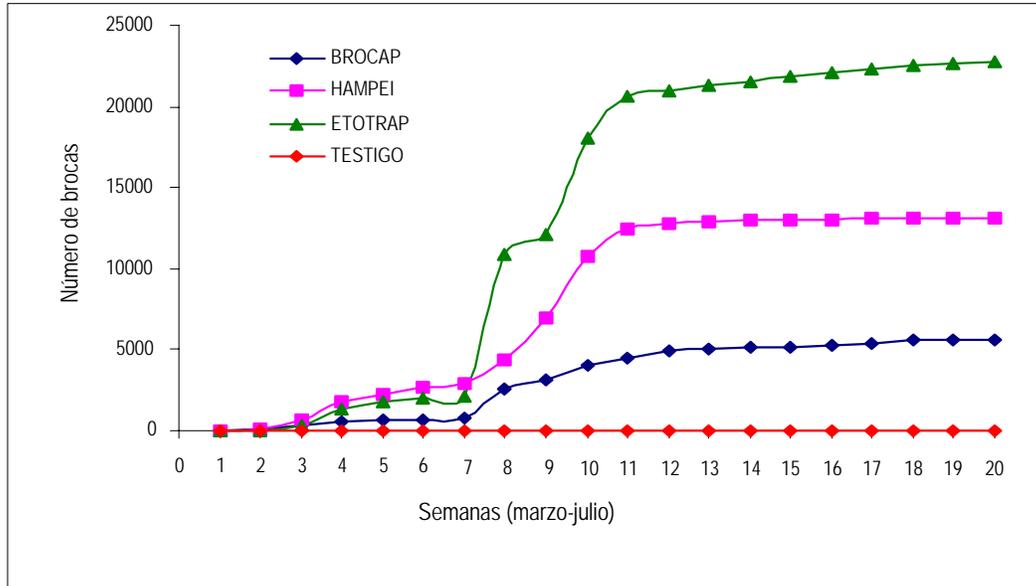


Fig. 1. Captura acumulada de broca del café en diferentes tipos de diseño de trampa.

franceses (CIRAD), desarrollaron la trampa "BROCAP®" con aspas de color rojo (González & Dufour 2000, Dufour 2002). La trampa BROCAP, citan Barrera et al. (2006a), ha sido validada en varios países latinoamericanos (e.g. Cárdenas 2000, Dufour 2002, Guzmán & Contreras 2003, Barrera et al. 2004, García et al. 2004, Campos 2005). En la actualidad, con una gran demanda en varios países, esta trampa es posiblemente la única patentada que se comercializa bajo una marca registrada para el control de la broca.

En los últimos años destacan diferentes diseños de trampas artesanales hechas a partir de diversos tipos de recipientes de plástico, particularmente botellas de refrescos embotellados, cuyo objetivo ha sido abaratar los costos para favorecer el trampeo de la broca por los cafecultores. Incluso en El Salvador, C.A., donde se desarrolló la trampa BROCAP, mencionan Barrera et al. (2006a), se están promoviendo las trampas artesanales. En México, ECOSUR desarrolló la trampa "ECOIPAR". El uso de ECOIPAR se describe en Barrera et al. (2003).

A fin de evaluar la eficacia de las trampas se han realizado una serie de evaluaciones (Fig. 1) donde se ha determinado que la "trampa casera ETOTRAP" elaborada por los productores, muestra eficiencia en la atracción de la broca y es económica: su costo de elaboración y mantenimiento oscila entre \$6.00 y \$7.50 (pesos mexicanos) (Anónimo 2004).

Las trampas cebadas con metanol-etanol han permitido registrar y conocer el comportamiento de la fluctuación de las capturas de hembras voladoras de *H. hampei* a través del año. Los estudios de varios países, por ejemplo Contreras & Guzmán (2003) en República Dominicana y Barrera et al. (2004) en México, muestran una tendencia de las capturas bastante similar: entre enero y mayo se obtienen las capturas mayores, con

picos muy pronunciados de las capturas semanales generalmente en marzo y abril, época que corresponde al llamado periodo inter cosecha.

Por otro lado, trampas colocadas a diferentes alturas sobre el nivel del suelo en un trampeo realizado durante un año, indicaron que las capturas variaron en función a la época (Barrera et al. 2005); de acuerdo con este estudio, al ocurrir la emergencia masiva (brocas en tránsito), entre mediados de marzo y principios de mayo (periodo inter cosecha), una proporción mayor de la población de broca (>0.6) tendió a volar hacia arriba (>2.5 m), mientras que antes de que este fenómeno ocurriera, gran parte de la población (entre 0.5 y 0.7) tendió a volar en el estrato bajo (1.0 m). Por lo tanto, los autores recomiendan usar las trampas a una altura de 1.0 m con fines de monitoreo, en tanto que para fines de control en la inter cosecha será mejor ubicarlas entre 1.0 y 2.5 m de altura.

Las trampas han despertado mayor interés como herramienta de control a través del trampeo masivo de las hembras colonizadoras durante la inter cosecha, que como herramienta para monitoreo (Barrera et al. 2004). Aunque los resultados del trampeo masivo en reducir la infestación y daños de *H. hampei* son (inexplicablemente) variables, su potencial ha quedado de manifiesto a través de varios estudios. Por ejemplo ensayos conducidos por Dufour (2002) indican reducciones en la infestación de broca de 12.2% hasta el 84.6% en cafetales de El Salvador. En otro caso, Villacorta et al. (2001) reportan 50% de reducción del daño en parcelas experimentales en Brasil.

Dufour (2004) señala que la eficiencia del trampeo masivo se incrementa en la medida que éste se utilice como parte de una estrategia de manejo integrado, especialmente cuando se asocia a la cosecha sanitaria.

Cuadro 2. Metas 2007 de la Campaña Nacional contra la Broca del Café para reducir la infestación de la plaga en México. DGSV-SAGARPA-SENASICA.

Estado	Superficie con Campaña (infestación)		Superficie sin Campaña (infestación)	
	Promedio inicial	Promedio final	Promedio inicial	Promedio final
Chiapas	15.50	12	36.45	15
Guerrero	14.53	11	36.45	15
Oaxaca	15.93	12	36.45	15
Puebla	8.89	5	36.45	15
San Luis Potosí	12.17	8	36.45	15
Tabasco	36.67	20	72.5	15
Colima	5.83	3	36.45	15
Hidalgo	6.27	5	36.45	15
Querétaro	5.00	3	36.45	15
Jalisco	8.00	3	36.45	15
Nayarit	15.15	12	36.45	15
Veracruz	5.51	4	36.45	15
Promedio Nacional	15.04	8.17	39.45	15

Tal señalamiento coincide con lo observado para otras plagas: el trapeo masivo es efectivo solamente con niveles bajos de la plaga en cuestión (véase Barrera et al. 2006b para una revisión).

4. Operación del Programa Fitosanitario

Para disminuir los impactos económicos y sociales de la broca del café, a partir de 1992 el Gobierno Federal celebró convenios con los Gobiernos de los Estados de las Entidades productoras de café, para operar junto con los productores los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal (OASV). Estos organismos, que han venido realizando el manejo fitosanitario de la plaga, son conocidos como Juntas Locales de Sanidad Vegetal (JLSV) o Comités Estatales de Sanidad Vegetal (CESV). Las JLSV son considerados los organismos operativos y los CESV los organismos de coordinación a nivel estatal de todas las acciones fitosanitarias.

Actualmente se atienden 384,501.92 ha afectadas con la broca del café, superficie distribuida en los estados de Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz.

4.1. Objetivos y metas

El objetivo del Programa Fitosanitario es reducir los niveles de infestación de la broca por debajo de 3% a nivel nacional, para:

- Mejorar la competitividad del Café Mexicano en cuanto a calidad y rendimiento.
- Favorecer la certificación de café orgánico.

- Fortalecer las estrategias de control.
- Reducir costos de manejo de la broca del café.
- Generalizar la estrategia entre los productores.
- Mejorar la normatividad vigente.

Las metas del programa son (Cuadro 2):

- Primer año: reducir la infestación de 13.66 a 10%.
- Segundo año: reducir la infestación de 10 a 7%.
- Tercer año: reducir la infestación de 7 a 5%.
- Cuarto año: reducir la infestación de 5 a 3.5%.
- Quinto año: reducir la infestación al menos a 3%.

4.2. Operación

El mecanismo de operación del programa se caracteriza por que los OASV, con base en los criterios establecidos para seleccionar el personal técnico, hacen las contrataciones y asignan a los técnicos a los productores y definen las superficies que atenderán. Todo en base a un programa de trabajo autorizado por la DGSV, donde lo más importante es el establecimiento de objetivos, metas e indicadores, conjuntado con estrategias que van encaminadas a cumplir el objetivo de mejorar los estatus fitosanitarios de las zonas cafetaleras.

Los OASV adquieren el compromiso de informar a la SAGARPA sobre los avances físicos y financieros, para lo

Cuadro 3. Avances del trampeo de la broca del café en México. Programa Nacional contra la Broca del Café. DGSV-SAGARPA-SENASICA.

Estado	Físico (ha)		Financiero (\$)		Avance físico (%)	Avance Financiero (%)
	Programado	Realizado	Programado	Realizado		
Chiapas	86,500	43,475	16,132,571	10,200,925	50.3	63.2
Tabasco	739	548	424,482.00	375,236.05	74.2	88.4
Veracruz	80,000	50,528	10,685,155	5,000,456	63.2	46.8
Oaxaca	60,000	12,365	9,278,608	2,346,124	20.6	25.3
Hidalgo	3,105	3,147	916,907	817,795	101.4	89.2
Nayarit	14,000	11,122	2,221,447	1,600,349	79.4	72.0
Jalisco	2,500	150	534,660	250,546	6.0	46.9
Colima	900	600	562,804	470,332	66.7	83.6
Puebla	37,500	29,552	4,887,822	2,134,564	78.8	43.7
Guerrero	26,529	20,200	4,365,544	1,700,398	76.1	39.0
Total	311,773.00	171,687.00	50,010,000.00	24,896,725.05	61.7	59.8

cual se conforma una Comisión de Regulación y Seguimiento (CRYS), que para el caso del Programa Nacional contra la Broca del Café, es presidida por la Delegación Estatal de la SAGARPA. En ésta participa el Gobierno del Estado y todo lo acordado en las sesiones mensuales es puesto a consideración de la DGSV.

4.3. Acciones

El principio de las acciones es atender toda la superficie nacional que tiene presencia de broca del café. Considerando que un ciclo de operación de la Campaña, se puede iniciar al final de la cosecha de café o al inicio de la formación de los frutos nuevos, el manejo de la broca comprende un ciclo completo. El programa está fundamentado en el Manejo Integrado de la Broca (MIB), es decir, contempla acciones de trampeo, muestreo, control cultural y control biológico.

De acuerdo con la etapa fenológica del café, durante el periodo de los 80 a 120 días después de la floración, se realizan las siguientes acciones:

4.3.1. Control legal

Para efectos de fortalecer la eficiencia del programa, y en apego a lo establecido en la NOM-002-FITO-2000, se deberá intensificar la vigilancia del cumplimiento de requisitos en beneficios, centros de acopio e industrializadoras de café. Todo el café que se reciba en estos establecimientos deberá estar amparado en la Tarjeta de Manejo Integrado, tratamientos cuarentenarios y sobre todo que el establecimiento haya cumplido con su aviso de inicio de funcionamiento. Adicionalmente, cuando con fundamento en la Ley Federal de Sanidad Vegetal (DOF 1994), de acuerdo al origen, tránsito y destino, se requerirá el Certificado Fitosanitario para la movilización en territorio nacional.

4.3.2. Control cultural

Después de la cosecha se deberán coleccionar todos los frutos que hayan quedado adheridos a la planta, o tirados en el suelo. Estos frutos se tratarán con agua caliente o fosforo de aluminio. La recolección también se realizará para los frutos provenientes de las "floraciones locas".

4.3.3. Muestreo

Se efectuará un recorrido por el predio con café para seleccionar cinco sitios de muestreo y en cada sitio se seleccionan cinco plantas de las cuales se muestrean 20 frutos de la parte media. Esta metodología se aplica en predios de hasta 5.0 ha. En predios mayores, la superficie se fragmenta en partes de hasta 5.0 ha.

Se georeferencia el predio utilizando un Sistema de Posicionamiento Geográfico (*GPS*, por sus siglas en inglés), programado en el *datum wgs 84* los datos de Longitud y Latitud para contabilizar grados decimales con la finalidad de obtener el contorno o perímetro del cafetal. Con ello también se pretende registrar todas las acciones que se realicen en cada predio.

Se contabilizan las plantas infestadas y los frutos infestados por planta y se calcula el porcentaje de infestación. El porcentaje de infestación servirá para determinar el uso o no del control biológico mediante el hongo *B. bassiana*. Para tomar la decisión de usar o no el control se considera lo siguiente:

- Si el porcentaje de infestación es menor a 7% no se hará ninguna aplicación.
- Si el porcentaje de infestación está entre 7 y 17%, se realizará una aplicación.

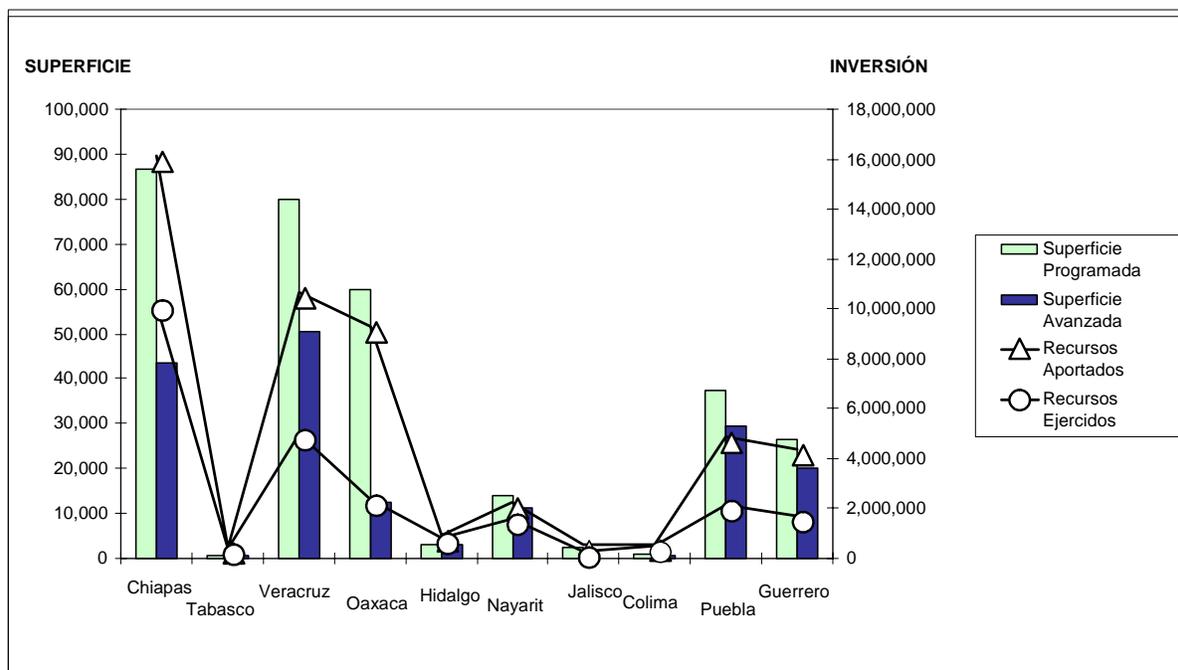


Fig. 2. Avances del Programa Nacional contra la Broca del Café tomando en cuenta la superficie atendida y los recursos invertidos por Estado en México. DGSV-SAGARPA-SENASICA.

- Si el porcentaje de infestación es mayor de 17% se realizarán dos aplicaciones.

4.3.4. Control biológico

El hongo entomopatógeno a utilizar es *B. bassiana*. La concentración del producto será 1.3×10^{12} esporas viables/ml. El producto solo será proveído por laboratorios que hayan cumplido con la NOM-002-FITO-2000. Dada las condiciones geográficas y ortográficas de las zonas donde están ubicados los cafetales, no se utilizará la presentación en arroz; se preferirán las presentaciones en aceite o en arcillas como vermiculita. La aplicación se hará entre 80 y 120 días después de la floración normal o representativa.

4.3.5. Trampeo

Se utilizará una densidad de 16 trampas/ha. Las trampas se colocarán después de la cosecha y hasta el periodo de 80 a 120 días después de la floración. Las trampas se colocarán a una altura de 2.0 metros, el atrayente será una mezcla de metanol (tres partes) y etanol (una parte), a una concentración mínima de 90%. Todos los predios con trampas se georeferenciarán. Para el caso de predios destinados a la certificación como café orgánico, no se utilizarán alcoholes de síntesis (derivados del petróleo).

5. Avances y perspectivas

5.1. Avances

A partir del inicio del programa, en octubre de 2006, se establecieron actividades como trampeo, capacitación y divulgación. Para abril de 2007 se tenían trameadas 171,687 ha (Cuadro 3), esperando tener trameada la superficie afectada a más tardar el 31 de mayo.

En caso de que no se cumpliera la meta de trampeo, solo se atenderá con control biológico aquella superficie que esté en un área geográfica compacta y que haya sido trameada y que el productor haya realizado acciones de control cultural.

La Fig. 2 muestra los avances del Programa Nacional contra la Broca del Café en cuanto a superficie atendida e inversión realizada por estado.

5.2. Perspectivas

Como se ha mencionado anteriormente, se tiene planeado como meta reducir los niveles de infestación de la broca del café en un promedio nacional menor al 3%. Se espera que en entidades como Hidalgo, San Luis Potosí y Querétaro se erradique la plaga, o en su caso, que exista a niveles indetectables.

Para poder lograr la meta se requiere hacer conciencia en los productores, que los profesionales de la cafecultura participen con la misma estrategia, que las instancias de enseñanza e investigación fortalezcan

temas que actualmente lo requieren, pero sobre todo fortalecer la aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000, para que se vigile el adecuado cumplimiento de los requisitos de Tarjeta de Manejo Integrado, aviso de inicio de funcionamiento, requisitos para la movilización y tratamientos cuarentenarios.

Con base en la experiencia y logros que se obtengan en la operación del Programa Nacional contra la Broca del Café, se realizarán las modificaciones a la NOM-002-FITO-2000, que sean necesarias.

6. Agradecimientos

A todos los coordinadores de la Campaña contra la Broca del Café en los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal por su participación en la difusión del uso de las estrategias del Programa Nacional contra la Broca del Café.

7. Literatura citada

Anónimo. 2003. Manual operativo de la campaña contra la broca del café. Dirección General de Sanidad Vegetal. México D.F. 39 p.

Anónimo. 2004. Evaluación de diferentes trampas para el control de la broca del café. Dirección General de Sanidad Vegetal. México, D.F. Diapositivas en memoria del curso de aprobación en la campaña contra la broca del café. 15 p. Escrito no publicado.

Baker, P.S. 1999. La broca del café en Colombia. Informe final del proyecto MIP para café DFID-Cenicafé- CABI Bioscience (CNTR 93/1536A). Chinchiná, Colombia, 148 p.

Baker, P.S., J.F. Barrera & A. Rivas. 1992a. Life history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *J. App. Ecol.* 29: 656-662.

Baker, P.S., C. Ley, R. Balbuena & J.F. Barrera. 1992b. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. *Bull. Ent. Res.* 82: 145-150.

Baker, P.S., A. Rivas, R. Balbuena, C. Ley & J.F. Barrera. 1994. Abiotic mortality factors of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 71: 201- 209.

Barrera, J.F. 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae), au Chiapas, Mexique. Tesis. Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia, 301 p.

Barrera, J. F. 2005. Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas, p. 1-13. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.

Barrera, J.F., A. Villacorta, J. Herrera, R. Jarquín & H. García. 2003. ECO-IAPAR el capturador de Broca del Café: Recicle botellas de plástico y gane contra la Broca. El Colegio de la Frontera Sur, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, México. Folleto técnico No. 8, 16 p.

Barrera, J. F., A. Villacorta, J. Herrera, H. García & L. Cruz. 2004. Aplicación de trampas para el muestreo de la broca del café en México. En: Workshop Internacional sobre o Manejo da Broca-do-Café. 28 de noviembre a 2 de diciembre de 2004. Londrina, Paraná, Brasil.

Barrera, J.F., J. Herrera & J. Valle. 2005. Efecto de la altura de la trampa en la captura de la broca del café: Implicaciones en dispersión y muestreo. En: A. Morales, A. Mendoza, M. P. Ibarra & S. Stanford (eds.). *Entomología Mexicana* 4: 542-546.

Barrera, J.F., J. Herrera, A. Villacorta, H. García & L. Cruz. 2006a. Trampas de metanol-etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei*, p. 71- 83. En: Barrera, J.F. & P. Montoya (eds.), Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.

Barrera, J.F., P. Montoya & J. Rojas. 2006b. Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas, p. 1-16. En: J. F. Barrera & P. Montoya (eds.), Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México.

Berti F., E., & C.A.H. Flechtman. 1986. A model of ethanol trap to collect Scolytidae and Platypodidae (Insecta, Coleoptera). *IPEF* 34: 53- 56.

Borbón M., O., O. Mora A., A.C. Oehlschlager & L.M. González. 2000. Proyecto trampas, atrayentes y repelentes para el control de la broca del fruto de cafeto, *Hypothenemus hampei* F. (Coleoptera: Scolytidae), p. 331-348. En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. 2 al 6 de octubre de 2000, San José, Costa Rica.

Bustillo P., A.E., R. Cárdenas M., D.A. Villalba G., P. Benavides M., J. Orozco H. & F.J. Posada F. 1998. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 134 p.

Campos A., O.G. 2005. Evaluación de diseños de trampas para el control de la broca. El Cafetal (Guatemala), 5- 7.

Cárdenas, M. R. 2000. Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae), p. 369-379. En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura, Costa Rica.

Contreras, T. & R.E. Guzmán. 2003. Evaluación de la captura de la broca (*Hypothenemus hampei*) en el

- curso del año, Bonao, p. 41-46. En: *Café, resultados de investigación*. IDIAF. CODOCAFÉ. República Dominicana.
- [DOF] Diario Oficial de la Federación. 1994. Ley Federal de Sanidad Vegetal. Tomo CDLXXXIV No. 3, México, D.F. 5 de enero de 1994.
- [DOF] Diario Oficial de la Federación. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000. Campaña contra la Broca del Café. México. 18 de abril de 2001, p. 1-9.
- Dufour, B. 2002. Validación de la trampa Brocap® para el control de la broca del café. *Boletín de Promecafé*, 93: 14-20.
- Dufour, B. 2004. Condiciones de uso de las trampas en el control de la broca del café, p. 7. En: *Workshop Internacional sobre el Manejo da Broca-do-Café*, Londrina, Paraná, Brasil.
- García- Verdugo, H., J.F. Barrera, E. Pinson, F.J. Valle & J. Herrera. 2004. Comparación de tres tipos de trampas para la captura de la broca del café, p. 45. En: *Resúmenes del I Congreso Internacional sobre Desarrollo de Zonas Cafetaleras*. 6-8 de Octubre de 2004, Tapachula, Chiapas, México.
- González, M. O. & B. P. Dufour. 2000. Diseño, desarrollo y evaluación del trapeo en el manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. en El Salvador, p. 381-396. En: *XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura*, Costa Rica.
- Guharay, F., J. Monterrey, D. Monterroso & C. Staver. 2000. Manejo integrado de plagas en el cultivo del café. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Managua. Serie Técnica. Manual Técnico No. 44. 272 p.
- Gutiérrez-Martínez, A., S. Hernández R. & A. Virgen S. 1993a. Efectos de diferentes extractos de café robusta *Coffea canephora* Pierre ex Froehner sobre la captura de la broca de café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae). En: *Resúmenes del XVI Simposio de Caficultura Latinoamericana*. Managua, Nicaragua, p. 49-50.
- Gutiérrez-Martínez, A., S. Hernández R. & A. Virgen S. 1993b. Trapeo en campo de la broca del fruto de café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) con los semioquímicos volátiles del fruto de café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), p. 51-52. En: *Resúmenes del XVI Simposio de Caficultura Latinoamericana*. Managua, Nicaragua.
- Guzmán, R.E. & T. Contreras. 2003. Validación trampa Brocap® para la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en San Cristóbal, p. 35-40. En: *Café, resultados de investigación*. IDIAF. CODOCAFÉ. República Dominicana.
- Herrera C., H.A. 1997. Búsqueda de sustancias atrayentes para la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). Tesis. Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia.
- Jarquín, R., J.F. Barrera, K. C. Nelson & A. Martínez Quezada. 1999. Evaluación de métodos no químicos contra la broca del café y su transferencia tecnológica en Los Altos de Chiapas, México. *Agrociencia* 33: 431-438.
- Jarquín, R., J.F. Barrera, F. Guharay, L. Jiménez, L. García, M. Figueroa & R. Montes. 2002. Manejo Integrado de la Broca del Café bajo dos modelos de transferencia de tecnología, p. 21-31. En: J.F. Barrera (ed.), *Tres plagas del café en Chiapas*. El Colegio de la Frontera Sur, México.
- Le Pelley, R.H. 1968. *Las plagas del café*. Editorial Labor, S.A. Barcelona. 693 p.
- Lindgren, B. S. 1983. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). *Can. Entomol.*, 115: 299- 302.
- Mansingh, A. 1991. Limitations of insecticides in the management of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferrari. *J. Coffee Res.* 21: 67-98.
- Mendoza M., J.R. 1991. Resposta da broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semioquímicos. Tesis de maestría. Universidade Federal de Voçosa, Minas Gerais, Brasil. 44 p.
- Ramírez D. M. 1999. Impacto económico social del control de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) mediante el uso de *Beauveria bassiana* en México. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo, México. 88 p.
- Rojas, J. 2005. Ecología química de la broca del café y sus parasitoides, p. 14-21. En: J.F. Barrera (ed.), *Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México*. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Velasco P., H., J.M. Llaven G. & A.F. Velázquez V. 1997. Respuesta a extractos de cerezas de café utilizados como atrayente para hembras inter cosecha de la broca del fruto *Hypothenemus hampei* Ferr, p. 349-352. En: *Memorias del XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura*, San José, Costa Rica.
- Villacorta, A., A.F. Possagnolo, R.Z. Silva & P.S. Rodrigues. 2001. Um modelo de armadilha com semioquímicos para o manejo integrado da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) no Paraná, p. 2093- 2098. En: *II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Vitória, ES.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 83-88. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO: SITUACION ACTUAL, PROBLEMÁTICA Y SOLUCIONES

Control of the coffee berry borer in San Luis Potosí, Mexico: Current situation, background and solutions

LUIS A. ALEJO DOMÍNGUEZ

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de San Luis Potosí, Av. 20 de Junio No. 1, Col. Ricardo Flores Magón, Tamuín, San Luis Potosí, México. hypothenemus@yahoo.com.mx

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei*, *trameo*, *control biológico*, *Beauveria bassiana*, *Prorops nasuta*.

CONTENIDO

1. Introducción.....	84
2. La broca del café en San Luis Potosí.....	84
2.1. Acciones previas a la detección.....	84
2.2. Primera detección.....	84
2.3. Municipios afectados.....	84
2.4. Importancia económica.....	84
3. Acciones de control.....	85
3.1. Control cultural.....	85
3.2. Control etológico.....	86
3.3. Control biológico.....	86
3.4. Capacitación y divulgación.....	87
3.5. Acciones para mejorar la Campaña.....	87
3.5.1. Laboratorio local de <i>Beauveria bassiana</i>	87
3.5.2. Pie de cría de <i>Prorops nasuta</i>	87
4. Tendencias actuales y perspectivas.....	88
5. Reflexiones finales a manera de conclusiones.....	88
5. Agradecimientos.....	88
6. Literatura Citada.....	88

Resumen

Se hace una revisión del control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en el estado de San Luis Potosí, México. Se menciona la superficie cafetalera y su distribución en el estado, así como la distribución geográfica de la broca, su importancia económica y las acciones implementadas para su control. Se hace una reseña de los logros obtenidos por la Campaña estatal contra la Broca del Café, y de los métodos que mejores resultados y aceptación han tenido. Se menciona la búsqueda de alternativas viables; en particular, el establecimiento y operación de un laboratorio para la reproducción del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, agente de control biológico que se ha adaptado y reproducido en la zona con resultados muy favorables en el control de la plaga; y se reportan los primeros resultados con la cría y evaluación del parasitoide *Prorops nasuta*.

Abstract

This review provides information on the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) control in the Mexican State of San Luis Potosí. The coffee area and its distribution in the state are mentioned. Also, information is presented on geographic distribution, economic importance and control actions against *H. hampei*. A summary of activities and achievements performed by the State Campaign against the borer are presented, and a description of the principal control methods is provided. Actions for improve the coffee berry borer Campaign are mentioned, as the establishment and operation of a local laboratory for the production of *Beauveria bassiana*, a biological control agent with good field performance against this pest; and the first results obtained with the rearing and field evaluation of the insect parasitoid *Prorops nasuta*.

1. Introducción

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es la plaga más importante de la cafeticultura en el mundo. Este insecto causa graves pérdidas al cultivo en cantidad y calidad de la producción al pasar la mayor parte de su ciclo vital alimentándose de las semillas o granos, a partir de los cuales, se elabora la aromática y conocida, bebida de café (para una revisión véase Barrera 2005a).

Debido a su importancia económica y distribución cosmopolita, la broca ha sido objeto de atención por parte de los productores afectados así como de las instituciones gubernamentales involucradas en el sistema-producto café.

En el estado de San Luis Potosí, México se implementaron acciones de detección y control de la broca del café desde el año 1997 con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-1995 (DOF 1997), versión previa a la NOM-002-FITO-2000 (DOF 2001), que establecen la Campaña contra la Broca del Café. Campaña que en el estado es operada por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de San Luis Potosí apoyado con recursos económicos tanto del Gobierno Federal (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA), Gobierno Estatal (Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos) y los propios productores organizados a través de Juntas Locales de Sanidad Vegetal.

De acuerdo con el Censo Cafetalero, en San Luis Potosí se cultivan 16,924 ha de café (CPC 2004). La zona cafetalera se localiza en la Sierra de la Huasteca Potosina. Los municipios de Tamazunchale, Matlapa, Xilitla y Aquismón, representan aproximadamente el 90% de la superficie total cultivada. La cafeticultura es considerada de gran importancia económica para las familias indígenas de las etnias Náhuatl y Tenek, que en su mayoría poseen superficies de 1 a 2 ha por familia y participan con 95% del café del Estado.

2. La broca del café en San Luis Potosí

2.1. Acciones previas a la detección

Desde la implementación de la Campaña contra la Broca del Café en San Luis Potosí en 1997 y hasta junio del 2000, cuando el Estado era considerado libre de la broca del café, las acciones desarrolladas se enfocaron al monitoreo de la plaga en la zona limítrofe al estado de Hidalgo, donde estaba registrada la presencia de la plaga. El monitoreo se hacía a través de la instalación de trampas en el periodo inter cosecha y mediante muestreo directo de fruto en planta durante la fructificación y cosecha del café y muestreo en centros de acopio y beneficios. Asimismo, se aplicaba el control legal mediante la verificación e inspección de cargamentos en Puntos de Verificación Interna (casetas).

2.2. Primera detección

Fue hasta junio del 2000 cuando se detectaron los primeros especímenes de *H. hampei* en la localidad de Tlachohuaque, municipio de Matlapa, San Luis Potosí mediante la captura de brocas adultas en trampas e identificación en laboratorios aprobados.

A partir de esa fecha las acciones se enfocaron hacia el control de la plaga tomando en cuenta la Norma Oficial Mexicana, NOM-002-FITO-2000, enfatizando en la capacitación y difusión mediante reuniones con productores, mensajes de radio, edición de trípticos y carteles; y en el control mediante la aspersión del hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, prácticas culturales y trampeo etológico.

2.3. Municipios afectados

La superficie estatal con presencia confirmada de la broca del café es de 6,666 ha; sin embargo, se tienen reportes de brotes en localidades colindantes, estimándose que ésta se encuentre presente en aproximadamente 1,400 has más, que de ser así, sumarán en total unas 8,000 ha con presencia de la plaga. El resto de la superficie todavía libre, aproximadamente 9,000 ha, se encuentra en riesgo de afectación.

La distribución confirmada de la plaga en el Estado es en los siguientes municipios:

- Tamazunchale, 1,725 ha, 16 localidades.
- Matlapa, 984 ha, 15 localidades.
- Axila, 98 ha, 3 localidades.
- Xilitla, 2,959 ha, 40 localidades.
- Aquismón, 1,700 ha, 17 localidades.
- Coxcatlán, 200 ha, 6 localidades.
- Huehuetlán, 300 ha, 9 localidades.

La Fig. 1 muestra la localización geográfica de los municipios afectados en San Luis Potosí.

2.4. Importancia económica

La broca del café es considerada el problema fitosanitario principal en San Luis Potosí. Referencias bibliográficas mencionan que puede causar pérdidas en la producción de hasta 80% cuando no se realizan acciones de combate. Si se considera que los rendimientos en el Estado oscilan en 1,500 kg/ha en café cereza, de no realizarse acciones de control en las 6,066 ha afectadas, se podrían tener pérdidas hasta de 9'600,000 kg, equivalentes a \$38'400,000.00 a un costo de \$4.00/kg. Asimismo, se perderían los cerca de 20 jornales/ha que se necesitan para atender durante el año un cafetal, y de donde de manera directa reciben ingresos económicos las familias de esta región.

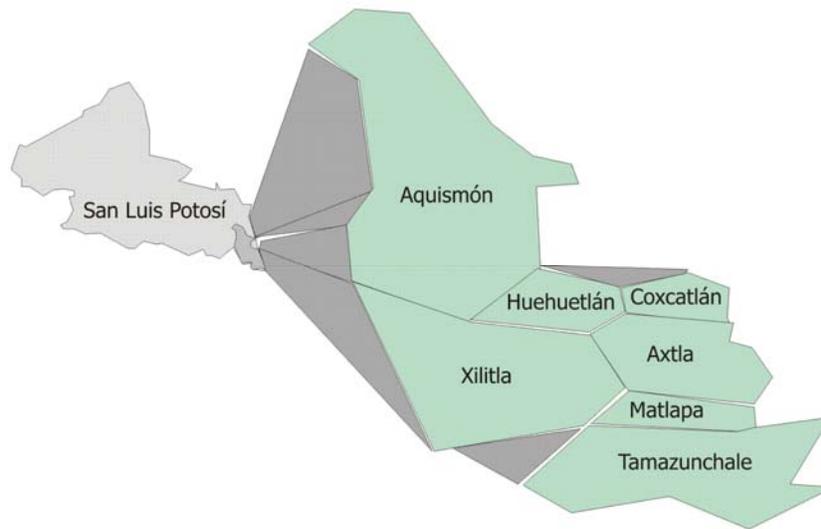


Fig. 1. Municipios afectados por la broca del café en el estado de San Luis Potosí (S.L.P.). Junio, 2007. México.

Cuadro 1. Superficie y número de productores por municipio atendidos por la Campaña contra la Broca del Café. CESAVESLP (2007)

Junta Local de Sanidad Vegetal	Municipio	Superficie Total (ha)	Superficie atendida	Posibles nuevos brotes (superficie)	Numero de productores a atender
Xilitla	Tamazunchale	5,165.04	1,125.00	600.00	1,200
	Matlapa	1,274.06	884.00	100.00	900
	Xilitla	6,092.59	2,659.00	300.00	2700
	Aquismon	3,573.91	800.00	900.00	900
	Coxcatlan	291.69	200.00	0.00	250
	Huehuetlan	364.51	300.00	0.00	350
	Axtla	167.60	98.00	0.00	100
Total	7	16,929.4	6,066.00	1900.00	6,400

3. Acciones de control

La Campaña contra la broca del café, operada por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de San Luis Potosí, realiza diversas actividades para reducir el daño que esta plaga causa al café. Las acciones de la Campaña se enmarcan en la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000 y en su Apéndice Técnico (DOF 2001).

La superficie y número de productores atendidos por la Campaña se presentan en el Cuadro 1.

Algunas de las acciones implementadas en los últimos siete años, con resultados muy satisfactorios, son principalmente control cultural, control etológico y control biológico (CESAVESLP 2007). Estas actividades se complementan con acciones de divulgación y capacitación.

3.1. Control cultural

La recolección de frutos adheridos a la planta después de la cosecha es una acción de control que se ha ido incrementando a través del tiempo, y que ha sido aceptada por los productores. La recolección de estos frutos tiene el objetivo de eliminar la fuente de alimentación y reproducción, así como romper el ciclo biológico de la broca, y con ello reducir sus poblaciones, y por tanto, los índices de infestación en la fruta del siguiente año.

Esta acción es realizada directamente por los productores y supervisada por personal técnico de la Campaña. Se implementa después de la cosecha durante aproximadamente un mes.

Una estrategia que ha garantizado que los productores realicen esta actividad es un acuerdo



Fig. 2. Trampa para la captura de la broca del café.

establecido entre productores y personal de la Campaña. El acuerdo consiste en que el productor deberá recolectar todo el fruto de café de su huerta o predio para poder recibir material para el trapeo de la broca. Los productores cooperan porque saben que la plaga los afectará si no realizan el control.

Otra táctica que ha logrado realizar el productor es el tratamiento hidrotérmico de frutos durante la cosecha. Éste se realiza al inicio y término de la cosecha a fin de romper el ciclo biológico de la broca. Consiste en recolectar todos los frutos infestados y sanos al inicio y término de la cosecha e introducirlos durante 5 min en agua caliente. Al matar las brocas que se encuentran dentro de los frutos, este proceso interrumpe el ciclo biológico, elimina fuentes de reproducción y evita la migración de las brocas a frutos del próximo ciclo. Esta actividad es también responsabilidad de los productores y supervisada y verificada por los profesionales fitosanitarios de la campaña.

3.2. Control etológico

A fin de eliminar o disminuir la población de brocas hembras adultas después de la cosecha, y así reducir los índices de infestación a inicios de próximo ciclo, se instalan trampas para broca durante el periodo intercosecha. Este periodo dura normalmente de tres a cuatro meses después de la cosecha y es definido por el profesional fitosanitario o Coordinador de la Campaña.

Los materiales con que se elaboran las trampas y el atrayente son muy económicos. La trampa (Fig. 2) consta de:

- Una botella desechable de plástico de tamaño variable.
- Alambre flexible para colgar la trampa de un cafeto.
- Tres aberturas sobre la botella para permitir la entrada de la broca.

- Agua limpia en el fondo de la botella para atrapar y matar por ahogamiento a la broca.
- Un difusor o gotero de plástico de 15 ó 20 mm de capacidad con el atrayente (mezcla de alcoholes etílico y metílico en proporciones iguales) sujetado a la botella.

El trapeo consiste en instalar 16 trampas/ha distribuidas homogéneamente dentro del cafetal. El tiempo de revisión varía de acuerdo a las condiciones ambientales prevalecientes, pero se verifica su mantenimiento: que exista agua y atrayente suficiente en las trampas y que se encuentren limpias. Los productores o propietarios son responsables del mantenimiento de las trampas.

Año tras año los propios productores han sido los encargados de recolectar las botellas de plástico, elaborar las trampas e instalarlas en campo, mientras que la Campaña les apoya con el atrayente y los goteros o difusores.

El trapeo ha tenido importantes resultados y es totalmente aceptado por los productores, ya que perciben con claridad su beneficio: por un lado pueden observar la captura y mortandad de las brocas en las trampas, y por otro lado, pueden darse cuenta del bajo costo de elaboración y mantenimiento de las trampas. Es tal el impacto positivo que les ha causado que ellos mismos piden incluso mantener las trampas instaladas todo el año.

A la fecha se tienen instaladas aproximadamente 100,000 trampas en las 6,666 ha afectadas. Esta cantidad está en constante incremento conforme se van detectando nuevos brotes.

3.3. Control biológico

El control biológico se realiza mediante la aspersión del hongo entomopatógeno *B. bassiana*. El objetivo es reducir la incidencia de la plaga cuando ésta comienza a atacar los primeros frutos sazones.

El producto, una cepa nativa de *B. bassiana* procedente de la zona, es producido y formulado en el Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Municipio de Xilitla, San Luis Potosí.

La aplicación del hongo se realiza directamente sobre los frutos utilizando la concentración mínima de 1.3×10^{12} esporas viables/ha. Se realizan de una a dos aplicaciones durante el periodo de fructificación, dependiendo de los índices de infestación que se obtienen mediante muestreo.

La aplicación es realizada por los propios productores mediante mochilas aspersoras manuales (Fig. 3). Asesorados por un técnico de la Campaña contra la Broca del Café, normalmente los productores realizan en los cafetales un muestreo previo de frutos para determinar la incidencia de la plaga. Si la infestación es mayor al 5% se registra y se realiza una primera aspersión con las medidas necesarias para asegurar una



Fig. 3. Aplicación de *Beauveria bassiana* con una aspersora manual de mochila.

efectividad del producto. Pasados 30 ó 45 días, se vuelve a hacer el mismo muestreo y si es necesario se hace una segunda aspersión.

Por lo general, la Campaña apoya al productor con el hongo, las mochilas y la asesoría del responsable técnico. Los productores son los encargados de realizar la aplicación en cada uno de sus predios.

La efectividad del control con este tipo de organismos depende de muchos factores, por lo cual, la aplicación en campo puede verse afectada. Resultados de evaluación en campo demuestra una efectividad de hasta 40% de control sobre la broca del café.

3.4. Capacitación y divulgación

Se brindan pláticas sobre broca y su manejo a los productores. Para ello, se hacen reuniones de capacitación con el apoyo de un video sobre la plaga, trípticos o carteles.

Estas actividades se realizan todo el año a fin de incentivar y motivar a los productores a realizar las distintas acciones de control de manera oportuna para obtener mejores resultados.

Los profesionales fitosanitarios en cada municipio son responsables de su implementación.

3.5. Acciones para mejorar la Campaña

3.5.1. Laboratorio local de *Beauveria bassiana*

En los primeros tres años después de la detección de la broca en San Luis Potosí, la Campaña contra la Broca del Café adquirió el hongo entomopatógeno *B. bassiana* de otros estados de la República Mexicana. Esta situación presenta varios problemas que dificultaban o retardaban la correcta implementación del método de control, como son la disponibilidad, abastecimiento y calidad del producto, pero también su financiamiento

para la adquisición oportuna y su traslado del lugar de elaboración al destino final.

Para reducir estos problemas y garantizar la oportuna y correcta implementación del control biológico con *B. bassiana*, la Junta Local de Sanidad Vegetal de Xilitla, encargada de la operación técnica de la Campaña, se dio a la tarea de buscar alternativas.

Así, en 2004 se elaboró, gestionó y se logró con la colaboración de la Presidencia Municipal de Xilitla, el Gobierno del Estado y el propio Comité Estatal de Sanidad Vegetal de San Luis Potosí, el financiamiento, establecimiento y operación de un "Laboratorio Reprodutor de Hongos Entomopatógenos".

Desde hace tres años el laboratorio viene abasteciendo de manera oportuna y con los estándares de calidad el producto entomopatógeno.

3.5.2. Pie de cría de *Prorops nasuta*

Otro método de control biológico que promete tener resultados positivos en el control de la broca es el uso de parasitoides (Barrera 2005b, Campos-Almengor 2005).

A fin de validar esta táctica de control, personal técnico de la Campaña contra la Broca del Café recibió un curso sobre la cría de parasitoides para el control biológico de la broca del café por investigadores de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) localizado en Tapachula, Chiapas, México. A la fecha se cuenta con un pie de cría del parasitoide *Prorops nasuta* Waterston, el cual fue proporcionado por el propio ECOSUR.

El pie de cría recibido fue de 500 especímenes de *P. nasuta*. El parasitoide se comenzó a reproducir en un laboratorio ubicado en el municipio de Xilitla en noviembre de 2005. Para mayo de 2007, se habían producido aproximadamente 20,000 parasitoides. Es importante mencionar que durante el tiempo de reproducción se han tenido algunos problemas, principalmente con bajas temperaturas, lo que ha provocado que el ciclo de vida del parasitoide se alargue y la emergencia de adultos sea poca. Este problema se ha venido solucionado dándole las condiciones adecuadas de temperatura al cuarto de cría.

Se ha realizado ya una liberación en campo de aproximadamente 1,000 *P. nasuta* en media hectárea de café que no había sido cosechada. A la fecha, en las muestras de frutos, no se ha detectado emergencia de parasitoides.

No obstante este resultado, se continuará con la evaluación del parasitoide en campo, pues la cría en laboratorio garantiza disponer de suficientes insectos para realizar estos estudios.

En caso de que el parasitoide se adapte a las condiciones del Estado, podría ser una herramienta muy útil para el control de broca, ya que se pueden establecer criaderos rurales de bajo costo en las comunidades afectadas por la plaga, para que sean atendidos por los propios productores (Barrera 2005b).

4. Tendencias actuales y perspectivas

De continuar con las acciones de la Campaña contra la Broca del Café en San Luis Potosí por un periodo de cinco años más, se podría avanzar de manera muy importante en ubicar geográficamente a la plaga, lo cual permitirá dar manejo más adecuado y oportuno en cada predio y productor afectado. Después de cuatro años de operación, los productores que realizaron las prácticas de control lograron reducir la infestación de 30.0% (en su detección inicial) a 5.0%. Se ha logrado dar seguimiento a la trayectoria y detección oportuna de la broca en las zonas consideradas libres dentro del mismo Estado, lo que también ha permitido capacitar en tiempo a los productores e implementar las medidas de control adecuadas a la fecha de su detección. A mediano plazo la Campaña contra la broca tiene las siguientes perspectivas: lograr mantener la plaga en niveles de infestación que no afecten la producción y calidad del café; y favorecer que los propios productores organizados en asociaciones sean los encargados de operar, programar y realizar las acciones de control, con el mínimo apoyo de las instituciones.

5. Reflexiones finales a manera de conclusiones

No obstante las acciones de control implementadas por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de San Luis Potosí, éstas deberán continuar su aplicación en la magnitud deseada y con la participación continua y oportuna de las instituciones gubernamentales encargadas de la operación de la Campaña contra la Broca del Café. Se deberá continuar aplicando las medidas prioritarias de control como control cultural, biológico y etológico, siempre y cuando se busque que estas acciones no incrementen los costos de producción en el cultivo de café. Al respecto, es imperativo implementar alternativas *in situ* para abaratar costos en la adquisición de los insumos necesarios y adquirirlos oportunamente. Por último, se deberá proseguir con la búsqueda y evaluación de alternativas de control generadas en otros Estados o países para mejorar el manejo integral de la broca del café.

6. Agradecimientos

Este trabajo es parte de la información generada por la Campaña contra la Broca del Café a través del Comité

Estatal de Sanidad Vegetal de San Luis Potosí (CESAVESLP). Agradezco al Ing. Francisco Javier Carrera Blanc y al Ing. Francisco Javier Cortina Ruiz, Presidente y Gerente respectivamente del CESAVESLP, por la confianza y oportunidad otorgada para redactar dicha información. Asimismo, al Dr. Juan F. Barrera Gaytan, por su invitación al Simposio Internacional sobre Broca del Café 2007, a fin de exponer el trabajo realizado en la Campaña contra la Broca del Café en San Luis Potosí.

6. Literatura citada

- Barrera, J.F. (ed.). 2005a. Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, 66 p.
- Barrera, J. F. 2005b. Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas, p. 1-13. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Campos-Almengor, O.G. 2005. Manejo integrado de la broca del café en una finca de producción comercial en Guatemala, p. 38-45. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- [CPC] Consejo Potosino del Café. 2004. Censo Cafetalero.
- [DOF] Diario Oficial de la Federación. 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-1995. Campaña contra la Broca del Café. México. 8 de enero de 1997, p. 22-29.
- [DOF] Diario Oficial de la Federación. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000. Campaña contra la Broca del Café. México, 18 de abril de 2001.
- [CESAVESLP] Comité Estatal de Sanidad Vegetal de San Luis Potosí. 2007. Programa de trabajo anual 2007 de la Campaña contra la Broca del Café. Abril 2007.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 89-99. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

EVALUACIÓN DEL TRAMPEO EN EL MARCO DEL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFÉ

Evaluation of the trapping technique inside the integrated coffee berry borer management

BERNARD P. DUFOUR^{1,3}, FELIPE FRANCO FRANCO^{2,3} & ADÁN HERNÁNDEZ³

¹CIRAD/PROMECAFÉ/Fundación Salvadoreña para Investigaciones del café (PROCAFÉ). ²Universidad de El Salvador/PROCAFÉ. ³PROCAFÉ. Avenida Manuel Gallardo y 13 calle Poniente, Santa Tecla, La Libertad, El Salvador. bernard.dufour@navegante.com.sv

Palabras Clave: broca, trampeo, cosecha sanitaria, MIB, finca.

CONTENIDO

1. Introducción.....	90
2. Material y método.....	90
2.1. Marco institucional, geográfico y agronómico.....	90
2.2. Diseños experimentales y descripción de los tratamientos.....	91
2.2.1. Primera etapa (2004).....	91
2.2.2. Segunda etapa (2005).....	91
2.2.3. Tercera etapa (2006).....	91
2.3. Trampeo y evaluación de las cantidades de brocas capturadas.....	92
2.4. Muestreos.....	92
3. Resultados.....	94
3.1. Consideraciones sobre los frutos residuales de post-cosecha.....	94
3.2. Efecto de la cosecha sanitaria sobre las infestaciones de broca.....	94
3.3. Captura de brocas.....	97
3.4. Evolución de las poblaciones de brocas en los frutos residuales.....	97
3.5. Evaluación de cada tipo de control.....	97
4. Discusión.....	97
5. Conclusión.....	98
6. Literatura Citada.....	98

Resumen

Durante tres años, se realizaron ensayos de trampeo de broca (*Hypothenemus hampei*) en una finca de café donde la cosecha sanitaria, realizada sin verdadera supervisión, era prácticamente la única forma de control de la broca. El primer año, se estudió el trampeo en diferentes situaciones y especialmente con y sin cosecha sanitaria. El año siguiente, se redujo el número de tratamientos y se comparó el trampeo asociado a componentes del manejo integrado (MIB) con el trampeo aplicado en el marco del manejo habitual de la finca y con sus testigos respectivos sin trampeo. El último año, el número de tratamientos se redujo y el diseño fue adaptado mejor al comportamiento de migración de la broca. En esta etapa, el trampeo asociado a la repela estricta y completa se comparó con un testigo de tipo "manejo finca" sin trampeo. Se

evaluaron los efectos de la cosecha sanitaria sobre la reducción de las cantidades de frutos residuales iniciales en las condiciones "MIB" y "finca" y se relacionaron las capturas de brocas con estos niveles de infestación. También, se estudió la evolución de las poblaciones de brocas en los frutos residuales y el efecto de los diferentes tipos de controles. El mejor resultado de control se obtuvo con la asociación del trampeo y de la repela, con una eficacia arriba del 90%. Trampeo y repela constituyen una estrategia de control que permite aniquilar la propia estrategia de sobrevivencia de la broca.

Abstract

Over a three years study period, coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) trapping trials were carried out on a coffee farm where sanitary harvest, used without

real supervision, was practically the only method of control of *H. hampei*. During the first year, trapping in different situations and especially with and without sanitary harvest, was studied. The following year, the number of treatments was reduced and trapping associated with components of Integrated Borer Management (IBM) was compared with trapping used in habitual management conditions of the farm and with its respective control plots without trapping. The number of treatments was reduced in the final year and the experimental design was better adapted to the migrating behavior of the pest. In this stage, plots with trapping, associated to complete stripping, were compared to control plots without trapping. The effects of the sanitary harvest on the reduction of the initial residual amounts of berries were evaluated in IBM and "farm" conditions and the amounts of *H. hampei* captured were related to these infestation levels. Also, the evolution of the borer populations in the residual berries and the effect of the different types of controls were studied. The best control results were obtained with the combination of trapping and stripping, with a higher than 90% effectiveness. Trapping and stripping constitute a control strategy that allows to annihilate the own survival strategy of *H. hampei*.

1. Introducción

El Manejo Integrado de la Broca (MIB) es una alternativa de control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), que se desarrolló en los años noventa (Moore & Prior 1988; Decazy 1990) para contrarrestar el uso abusivo del endosulfan y otros insecticidas que se utilizaban en la cafecultura centroamericana, después de la introducción accidental de la broca en varios países de la región. En esa época, las prácticas más relevantes del MIB eran: la cosecha sanitaria, la poda de cafetos y árboles de sombra, el corte de los frutos prematuros y el control biológico con parasitoides u organismos entomopatógenos. Entre todos, el control con parasitoides fue el componente más novedoso ya que se trataba de importar, adaptar y multiplicar especies nuevas originarias del continente africano (Dufour et al. 1999).

El programa regional de control biológico manejado por PROMECAFE se inició con la introducción a México de dos parasitoides Bethyilidae, *Cephanolomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta* Waterston, después de un periodo de cuarentena en Inglaterra (Barrera et al. 1990). Desde entonces, un espacio muy amplio se abrió para la investigación, la cual conoció grandes avances hasta los años 2000, especialmente en el área de la biología de estos insectos, los métodos de cría y de liberación. Se logró también, criar un nuevo parasitoide, *Phymastichus coffea* LaSalle (Eulophidae) y elaborar una dieta artificial como medio de reproducción y multiplicación de la broca. En realidad, para ser efectivo, el control biológico con parasitoides tiene que

ser aplicado "por aumento" (Dufour et al. 1999) lo que implica: producir altas cantidades de insectos y liberarlos de manera repetida, por lo menos cada año. Actualmente, la tecnología de cría y los costos de producción no lo permiten. Por lo tanto, los parasitoides se liberan en pequeñas áreas y con una estrategia "inoculativa" dependiente de las cantidades disponibles.

Para aumentar las posibilidades de control, se ha explorado el tema del trameo ya estudiado por algunos autores (Mendoza Mora 1991, Gutiérrez et al. 1995, Mathieu et al. 1997). En 2002, durante el II Seminario Internacional de la Broca del Café organizado en Costa Rica por el Instituto del Café (ICAFE) y el Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico de la Cafecultura en Centroamérica, Panamá, República Dominicana y Jamaica (PROMECAFÉ), los países participantes calificaron el trameo como nuevo componente del MIB. En El Salvador, después de varios años de investigación, se elaboró una trampa de tipo comercial, se perfeccionó la técnica, buscando sus límites de aplicación (Dufour et al. 2002, Dufour 2004). El mejoramiento de la eficacia del trameo ha sido uno de nuestros principales objetivos (Dufour et al. 2000, 2004), pero los resultados a veces muy promisorios, no alcanzaron niveles esperados, es decir, estables y arriba del 90%.

Con el incremento de las infestaciones de broca en El Salvador y en los países vecinos, en el año 2003 se tomó la decisión de aumentar el campo de investigación del trameo, integrándolo con otras actividades de control. En primer lugar era necesario identificar los defectos del control de la broca en general, tal como se realiza en la finca y luego, asociar adecuadamente el trameo con otros componentes del MIB, aplicados de manera estricta, para lograr un efecto de control aceptable. Este trabajo duró tres años. Para el documento presente, se seleccionaron los principales resultados que permiten definir una nueva forma de uso del trameo.

2. Material y método

2.1. Marco institucional, geográfico y agronómico

El trabajo es parte del programa de Control de la Broca del PROMECAFE, con la contribución directa del Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) y de la Fundación Salvadoreña para investigaciones del café (PROCAFÉ). Se realizó en El Salvador, de 2004 a 2006, en la finca de café Esmeralda de 311 m² de superficie (1.0 m²= 0.7 ha), ubicada sobre la Cordillera del Bálsamo en la periferia sur de San Salvador. El cafetal estaba plantado en su mayoría con la *Coffea arabica* L. variedad Bourbon, a una densidad de 2,500 plantas/m² y bajo sombra. El manejo era de tipo medio-tecnificado con un seguimiento agronómico planificado. Sin embargo, es importante subrayar algunas deficiencias del manejo, tales como la renovación incompleta de los

tejidos, el bajo nivel de fertilización y la falta de ordenamiento del cafetal después de la poda. Para el control de plagas y enfermedades se usaban pocos productos químicos. En el caso de la broca, la cosecha sanitaria "pepena" (recolección de los frutos caídos en el suelo antes o después de la cosecha) y "repela" (recolección de los frutos abandonados sobre los cafetos después de la cosecha) era prácticamente la única forma de control, pero se realizaba libremente por personas ajenas a la finca y sin verdadera vigilancia. Por lo tanto no se podía apreciar con precisión la calidad de esta actividad.

2.2. Diseños experimentales y descripción de los tratamientos

La investigación comprende tres etapas que se sucedieron durante tres años. En cada etapa, se estudió el efecto de diferentes tratamientos aplicados al inicio y durante el periodo de post cosecha, sobre la reducción de las poblaciones de broca residual y el grado de infestación de la nueva fructificación. Es a partir de los resultados y las deficiencias de la primera y de la segunda etapa que se elaboraron respectivamente el segundo y el tercer diseño.

2.2.1. Primera etapa (2004)

Se escogió un diseño en bloques de tipo "parcelas divididas" con un primer factor asimilado a un tratamiento (T1), aplicado a parcelas grandes (71 x 284 m) y un segundo factor con cuatro modalidades o tratamientos (T2, T2, T3 y T5) aplicados a parcelas pequeñas (71 x 71 m) que corresponden a subdivisiones de las parcelas grandes. A excepción del trampeo, todas las actividades de la finca se realizaron tal como es costumbre, según reglas definidas desde hace muchos años. A esta tecnología se le llamó "manejo finca" (M-finca). Los tratamientos fueron:

- Tratamiento 1 (T1), consistió en una pepena y repela sin verdadero control, iniciada en los primeros días de febrero.
- Tratamiento 2 (T2), sin ninguna actividad agronómica de post-cosecha (testigo).
- Tratamiento 3 (T3), poda apreciativa de los cafetos o de mantenimiento y poda de la sombra, iniciada a finales de febrero.
- Tratamiento 4 (T4) asoció podas y trampeo durante cuatro meses (inicio de marzo a finales de junio).
- Tratamiento 5 (T5) llevó trampeo sin actividad agronómica.

Finalmente, este diseño tenía ocho combinaciones diferentes de los elementos "M-finca" que se repitieron tres veces.

2.2.2. Segunda etapa (2005)

Se escogió un diseño en bloques completos con tratamientos al azar. El número de tratamientos se redujo a cuatro por bloque, cada uno atribuido a una parcela de 71 x 71 m. Las repeticiones aumentaron a seis. En esta etapa se privilegió la calidad del control, es decir: la poda de los cafetos fue una verdadera poda de renovación de los tejidos; se agregó una actividad de ordenamiento de las parcelas después de la poda; la pepena y la repela fueron dirigidas y supervisadas por una persona. Así, a esta tecnología, se le llamó "Manejo Integrado de Broca" (MIB) tal como se entiende en los manuales de cafecultura. Los tratamientos fueron:

- Tratamiento 1 (T1) fue un manejo de tipo M-finca sin trampeo, iniciado en los primeros días de marzo.
- Tratamiento 2 (T2) también fue un manejo M-finca pero con trampeo realizado desde marzo hasta mediados de julio.
- Tratamiento 3 (T3) reunió los elementos del MIB menos el trampeo.
- Tratamiento 4 (T4), el más completo con MIB y trampeo.

2.2.3. Tercera etapa (2006)

Se simplificó el diseño anterior a dos tratamientos y seis repeticiones y se incrementó el área ocupada por las trampas. En este marco, las parcelas de trampeo (71 x 71 m) fueron rodeadas por una doble línea de trampas distribuidas con la misma densidad, buscando el objetivo de eliminar los efectos de "borde" observados en la segunda etapa. Igualmente, se mejoró la calidad del control pero con un enfoque un poco diferente en cuanto a la cosecha sanitaria. Se abandonó por completo la pepena a favor de una repela exhaustiva. A esta tecnología, se le llamó "Nuevo Manejo Integrado de la Broca" (N-MIB). Los tratamientos fueron:

- Tratamiento 1 (T1) correspondió a un manejo de tipo M-finca sin trampeo.
- Tratamiento 2 (T2) consistió en un manejo N-MIB iniciado a principio de febrero con trampeo de cuatro meses de duración (mediados de marzo - mediados de julio).

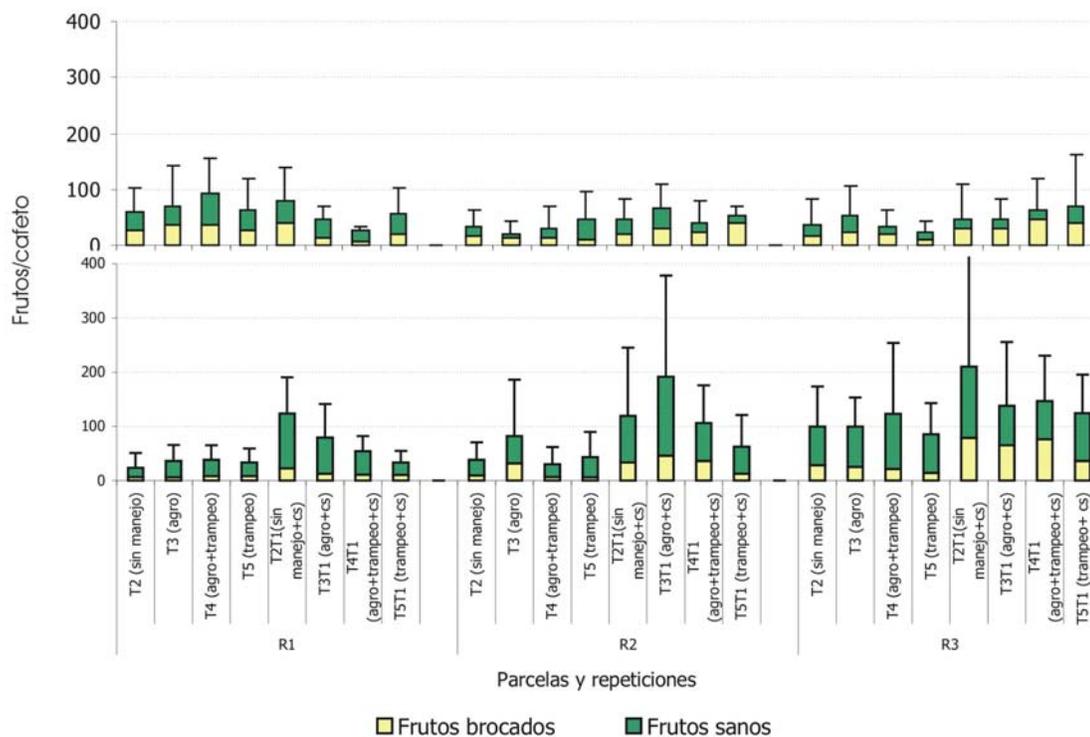


Fig. 1. Promedio del número de frutos sanos y brocados residuales por café en las diferentes parcelas, antes de aplicar todo tipo de control (tratamientos). Arriba: planta; abajo: suelo.

2.3. Trameo y evaluación de las cantidades de brocas capturadas

Se utilizaron trampas BROCAP® con una mezcla atractiva para la broca, compuesta de etanol y metanol 30:70 (Dufour 2005). Se colgaron sobre ramas de cafetos en espacios libres de follaje para facilitar el proceso de captura.

La distancia entre difusor y suelo fue aproximadamente de 1.20 m. La densidad de trampas por mz fue de 12, o sea, nueve trampas por parcela de 5,000 m².

La duración del trameo fue de cuatro meses, con una variación de dos a cuatro semanas, dependiendo de la presencia de los vuelos de migración. La frecuencia de las revisiones de las trampas varió de 10 a 30 días en función de la intensidad de las capturas. Las cantidades de broca se evaluaron con un método volumétrico en el cual, el volumen se mide con probetas de 25 ml (Pyrex, Corning® ref. 3075). La relación entre cantidad y volumen se obtuvo con la ecuación: $y = 877.09x - 355.35$.

2.4. Muestreos

El efecto de los tres tipos de control de broca estudiados en el transcurso de este trabajo, se

determinó a partir de los datos que se tomaron a través de los muestreos siguientes:

- Muestreo exhaustivo de frutos residuales brocados y sanos en ocho cafetos/parcela (niveles planta y suelo) los cuales fueron seleccionados de manera sistemática, antes de iniciar la cosecha sanitaria (solamente para la etapa 1).
- Muestreo igual al anterior, en 16, 20 y 24 cafetos/parcela (niveles planta y suelo) después de la cosecha sanitaria, para las etapas 1, 2 y 3 respectivamente.
- Muestreos al azar de frutos residuales brocados, en las parcelas (planta y suelo) después de la cosecha sanitaria, seguidos por la disección de los frutos y el recuento de todos los elementos de población de broca (un muestreo para las etapas 1 y 2, cinco muestreos para la etapa 3, a diferentes fechas).
- Muestreo exhaustivo de frutos recién brocados de la nueva fructificación, en 24 cafetos/parcela (nivel planta) ya seleccionados anteriormente.

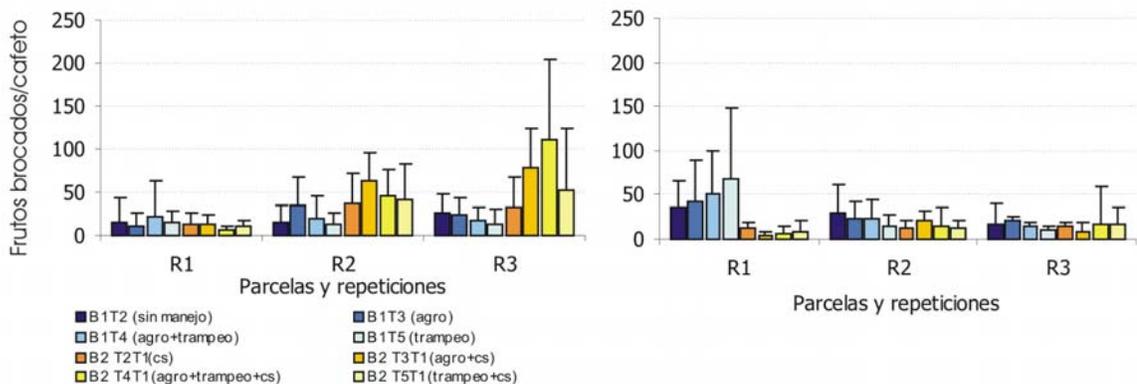


Fig. 2. Promedio del número de frutos brocados residuales por café en parcelas M-finca después de la cosecha sanitaria (año 2004). Izquierda: nivel suelo; derecha: nivel planta.

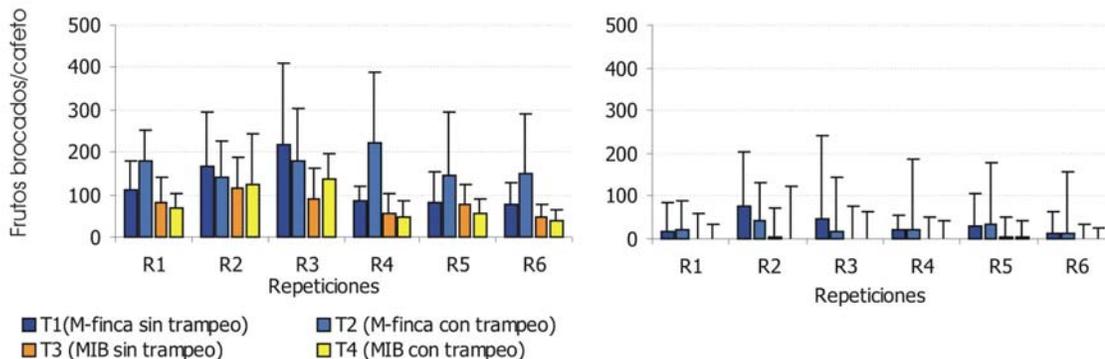


Fig. 3. Promedio del número de frutos brocados residuales por café en parcelas M-finca y MIB después de la cosecha sanitaria (año 2005). Izquierda: nivel suelo; derecha: nivel planta.

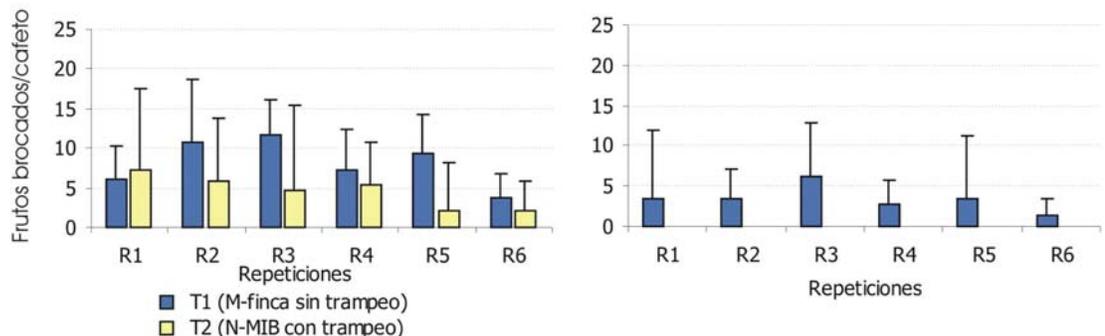


Fig. 4. Promedio del número de frutos brocados residuales por café en parcelas M-finca y N-MIB después de la repela (año 2006). Izquierda: nivel suelo; derecha: nivel planta.

3. Resultados

3.1. Consideraciones sobre los frutos residuales de post-cosecha

Después de la cosecha, se encontraron varios tipos de frutos residuales: los que cayeron al suelo en el transcurso de la maduración por el efecto de factores fisiológicos (defectos de nutrición), biológicos (enfermedades), mecánicos (fracturas de ramas, agresiones climatológicas), los que cayeron durante la cosecha y los que se quedaron abandonados sobre los cafetos. Las observaciones realizadas en la primera etapa (2004), antes de todo tipo de control, indican que la cantidad de frutos del suelo fue muy variable de un grupo de parcelas a otro (Fig. 1, abajo). En la mayoría de los casos, este fenómeno está relacionado con la duración de los cortes. Así, los últimos lotes que se cosecharon tenían un café más maduro –a veces sobre maduro– que los primeros y por lo tanto, se cayó fácilmente y en abundancia al tocar las ramas. La distribución de los frutos de la planta fue más homogénea (Fig. 1, arriba), debido a la labor de corte realizada en la finca.

Se calculó que, en promedio, 29% de frutos del suelo y 49% de los que permanecieron en la planta estaban brocados, aproximadamente un mes después del último corte.

3.2. Efecto de la cosecha sanitaria (cs) sobre las infestaciones de broca

La primera observación se refiere a los ensayos en su conjunto. Se observó que las cantidades de frutos

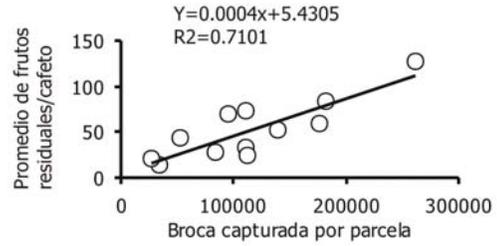


Fig. 5. Correlación entre cantidad de broca capturada y broca residual por área de trampeo

brocados residuales por café, especialmente los del suelo, eran muy variables de un año a otro. En la mayoría de las parcelas, estas cantidades estaban por debajo de 25 en 2004, arriba de 100 en 2005 y debajo de 10 en 2006 (Fig. 2, 3 y 4, izquierda). Aquí, la caída de muchos frutos al final de 2004 se explica por el efecto negativo de las precipitaciones abundantes y tardías sobre el proceso de maduración de la cosecha 2004/2005.

La segunda observación se refiere a la calidad de la cosecha sanitaria (cs). Esta actividad, realizada según los criterios de la finca (M-finca), no logró reducir las cantidades de frutos residuales de manera efectiva (Fig. 2). En cambio, el efecto de la cosecha sanitaria de tipo MIB fue muy marcado (Fig. 3), más todavía el efecto de la repela de tipo N-MIB que se acerca de una repela exhaustiva (Fig. 4, derecha).

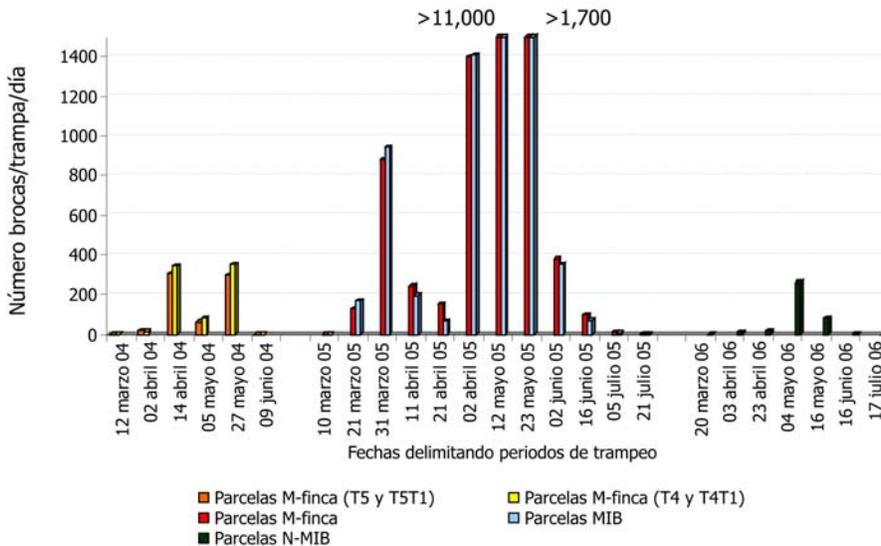


Fig. 6. Captura de brocas/trampa/día por periodos de trampeo. 2004-2006.

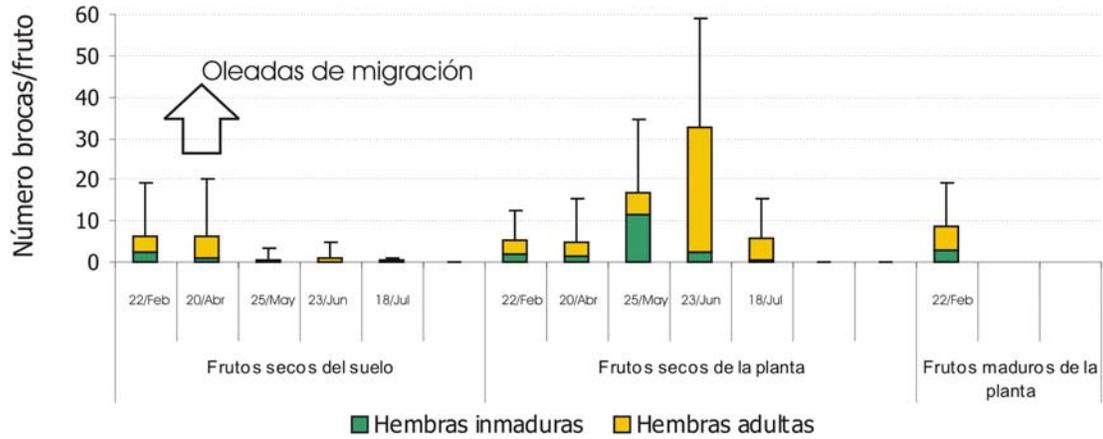


Fig. 7. Evolución de las poblaciones de hembras en los frutos residuales, a nivel suelo y planta, en el transcurso del periodo de post-cosecha (año 2006).

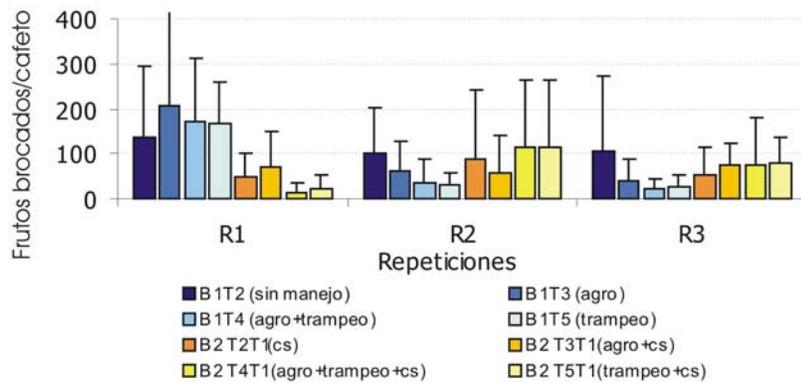


Fig. 8. Promedio del número de frutos brocados por café en parcelas M-finca después de la colonización de la nueva fructificación (año 2004).

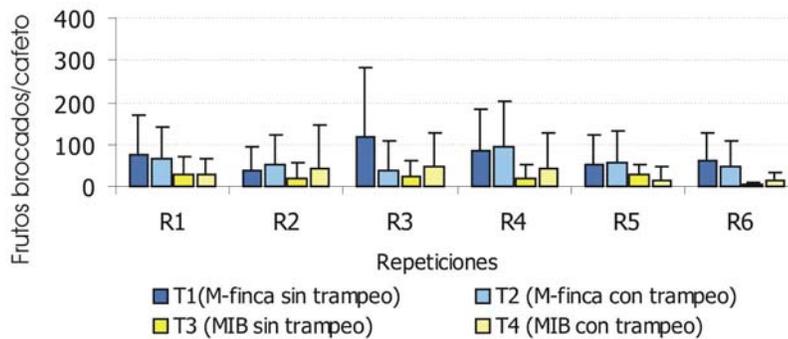


Fig. 9. Promedio del número de frutos brocados por café en parcelas M-finca y MIB después de la colonización de la nueva fructificación (año 2005).

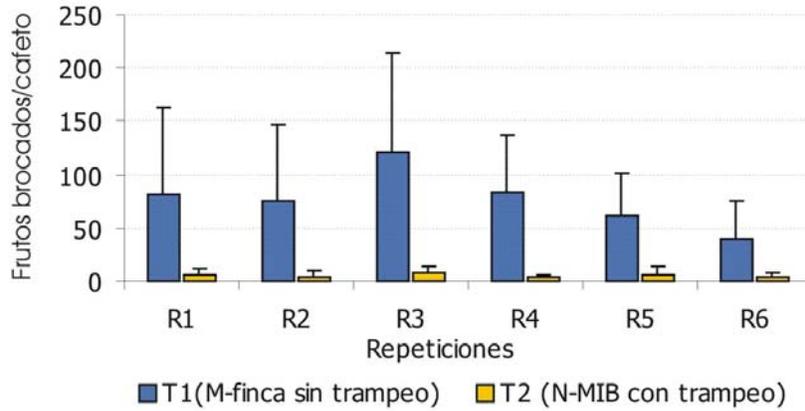


Fig. 10. Promedio del número de frutos brocados por café en parcelas “M-finca” sin trampeo y “MIB” con trampeo después de la colonización de la nueva fructificación (año 2006).



Fig. 11. Esquema hipotético que muestra el proceso esperado de la infestación de la broca del café usando solo trampeo (arriba) y trampeo + repela estricta (abajo).

3.3. Captura de brocas

Por su propia naturaleza, el trapeo está relacionado con la cantidad de brocas disponibles o frutos brocados residuales en las áreas de captura. Este principio se aplicó al trapeo realizado en 2004. Así, con las cantidades de brocas capturadas por parcela de trapeo y las cantidades de frutos brocados residuales de las mismas parcelas, expresadas en promedios por cafeto, se estableció una correlación con un coeficiente de 0.71 (Fig. 5).

Se observó que la captura de broca podía variar mucho de un año a otro, dependiendo siempre de la cantidad de hembras o de frutos brocados. Así, en 2005, los picos de capturas aumentaron hasta 35 y 46 veces con respecto a los de 2004 y 2006 (Fig. 6) ya que las cantidades de frutos brocados, especialmente los del suelo, generaban altas cantidades de brocas (Fig. 3, izquierda).

Por último, se pudo observar que los rendimientos de capturas evaluados en función de las estimaciones de poblaciones de brocas disponibles en las áreas de trapeo, dependían mucho de las condiciones agronómicas o del tipo de manejo. En 2004, los rendimientos promedios de capturas fueron de 7.7 y 6.4% en condiciones M-finca, con y sin actividades agronómicas respectivamente. En 2005, estos valores se elevaron hasta 31.8% con el manejo M-finca y 72.6% con el MIB. En 2006, el rendimiento alcanzó un promedio de 60.9% con el N-MIB. Estos datos indican que una gran parte de las brocas esquivan las trampas en los cafetales con poco manejo.

3.4. Evolución de las poblaciones de brocas en los frutos residuales

La Fig. 7 muestra que, a partir de las primeras "oleadas de migración", los frutos secos del suelo se vaciaron de manera irreversible. Al mismo tiempo, los frutos secos que quedaban sobre las ramas se llenaron de hembras adultas reproduciéndose de inmediato ya que se encontraron numerosos estados inmaduros. Este fenómeno alcanzó su máximo a finales de junio cuando los frutos del suelo estaban totalmente vacíos. La estrategia de la broca que no encuentra nuevos hospederos después de haber migrado de los frutos del suelo, consiste en colonizar temporalmente los frutos secos de la planta esperando el momento oportuno para colonizar la nueva fructificación.

3.5. Evaluación de cada tipo de control

Los resultados de control presentados en la Fig. 8, indican que los tratamientos aplicados en el marco del manejo de tipo M-finca (año 2004), no tuvieron ningún efecto claro. El análisis estadístico (análisis de varianza, ANOVA) utilizado para el modelo, no presentó diferencia significativa y por lo tanto, confirma la interpretación gráfica.

El manejo MIB tal como se aplicó en periodo de post-cosecha en el año 2005, generó una reducción del nivel de infestación de la broca con respecto a las parcelas manejadas con la tecnología M-finca (Fig. 9). Sin embargo, a pesar de que el trapeo haya generado importantes capturas de brocas, no resultó ningún control. Este fenómeno se debe a un efecto de borde que orientó migraciones de brocas hacia las parcelas con trapeo y facilitó su infestación. Por los defectos del diseño, no se analizaron los datos, pero se tomó en cuenta el rol de la cosecha sanitaria.

La tercera etapa de este trabajo se realizó con mejores protecciones de las parcelas contra los efectos de borde. Los resultados presentados en la Fig. 10 indican que el control de tipo N-MIB, que asoció repela exhaustiva y trapeo, fue mucho más efectivo que el control M-finca. La prueba no paramétrica de Mann-Withney aplicada a las cantidades promedio de frutos brocados por cafeto, demostró que la diferencia entre los resultados de los dos tipos de controles era altamente significativa ($P < 0.01$). La eficacia del control de tipo N-MIB expresada en porcentaje de disminución de cantidad de frutos brocados con respecto al control M-finca por las seis repeticiones fue de: 92.4, 93.9, 94.2, 96.2, 90.2 y 90.5% respectivamente. Por primera vez, la eficacia sobrepasa el umbral del 90% y su valor en cada repetición se mantiene bastante estable, lo que marca la diferencia con los resultados de otros estudios donde únicamente se utilizó el trapeo (Dufour et al. 2000, 2004). El trapeo substituye parcialmente a la pepena ya que elimina a las poblaciones migrantes que provienen de los frutos residuales del suelo. Por otra parte, al elegir la repela como complemento natural del trapeo, se eliminan todas las posibilidades de refugio de la broca y por lo tanto, de sobrevivencia del insecto fuera de los frutos.

4. Discusión

El control de la broca en la finca donde se realizó este trabajo se compone de la cosecha sanitaria, y en algunos casos, del corte de los frutos prematuros que constituyen el primer blanco de la broca en fase de migración. Con el abandono casi definitivo del uso de insecticidas, el control actual no logra reducir las infestaciones de broca a niveles económicamente aceptables y se mantienen año tras año arriba de 8%.

El propósito de la primera etapa de este trabajo (año 2004) fue de introducir el trapeo en el manejo del cafetal que hemos llamado M-finca y aplicar los componentes individualmente o asociados en periodo de post-cosecha: podas de árboles de sombra y de cafetos, cosecha sanitaria y trapeo. El manejo inadecuado de las dos primeras actividades, el número elevado de tratamientos y también la ausencia de protección contra los efectos de borde, fueron sin duda, la causa de la falta de diferencia entre los resultados.

En la segunda etapa (año 2005), con la aplicación de componentes del MIB (poda de formación de los

cafetos, regulación de la sombra y cosecha sanitaria bajo supervisión), el control de la broca fue más efectivo, a pesar de las perturbaciones generadas por los efectos de borde. Según Decazy (1990), la poda produce aireación de las parcelas que actúa sobre el desecamiento de los frutos residuales del suelo y por lo tanto, la disminución del desarrollo de la broca adentro. En el caso presente, la diferencia de población de broca observada en los frutos recolectados en parcelas con dos sistemas de poda diferentes, fue poca. En cambio, la cosecha sanitaria contribuyó a eliminar la mayor cantidad posible de frutos residuales en todas las áreas hasta las más difíciles de acceder. En este contexto, el trampeo tuvo un buen rendimiento. Así, se capturaron aproximadamente igual cantidad de broca en parcelas de manejo M-finca y MIB, aunque la cantidad de frutos residuales se haya reducido a la mitad, por efecto de pepena, en las parcelas con MIB.

La evolución de las poblaciones de broca en los frutos residuales es el aspecto bioecológico que mejor explica la estrategia de esta plaga para sobrevivir. Se comprobó que las hembras que han migrado sin encontrar frutos jóvenes, colonizan temporalmente los frutos secos que quedan abandonados después de la cosecha. En estos refugios, las hembras pueden esperar el momento oportuno para colonizar la nueva fructificación.

En la tercera etapa (año 2006) se tomó en cuenta este aspecto de la bioecología de la broca. Como medida para eliminar la fase de colonización de los frutos secos, se aplicó la repela estricta y completa en el marco del manejo N-MIB. Con la asociación repela y trampeo se logró controlar las infestaciones de broca con un alto nivel de eficacia en comparación con un testigo de tipo M-finca.

Sin repela y sin trampeo, el esquema de infestación fue el siguiente:

- i) Una parte de las hembras que salen de los frutos del suelo son capturadas por las trampas.
- ii) Una segunda parte coloniza los frutos secos que quedan sobre las ramas.
- iii) Se supone que una tercera parte no sobrevive sin la protección de los frutos.
- iv) En los frutos secos, la población no crece solamente por colonización sino también por reproducción.
- v) Las hembras migran hacia la nueva fructificación cuando los frutos alcanzan el estado de crecimiento adecuado (apetecible para la broca). En este momento, la migración se podría hacer caminando.

Con repela y trampeo, el esquema de infestación se presenta de la siguiente forma:

- i) Una gran parte de las hembras que salen de los frutos del suelo son capturadas por las trampas.

- ii) Las demás no sobreviven fuera de los frutos de origen, a excepción, quizás de algunas que migran por último (Fig. 11).

5. Conclusión

En conclusión, los resultados de estos tres años de experimentación en campo demuestran una verdadera solución a los problemas de inestabilidad de la eficacia del trampeo (Dufour et al. 2000, 2004). Para poder contemplar la divulgación del control asociando trampeo y repela, será necesario evaluar su costo, lo cual podría ser un poco más elevado que el trampeo solo, si se asocia adecuadamente con las actividades agronómicas. Sin embargo, una cuestión quedará todavía pendiente: ¿Cómo minimizar el problema de las infestaciones de los frutos prematuros que escapan al control de las trampas y que no depende de la repela?

6. Literatura citada

- Barrera, J.F., P.S. Baker, A. Schwarz & J.E. Valenzuela. 1990. Introducción de dos especies de parasitoides africanos a México para el control biológico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomol. Mex.* 79: 245-247.
- Decazy, B. 1990. Le scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* Ferr.: considérations sur la lutte intégrée contre ce ravageur, 655-665. En: actas XII Coloquio Científico Internacional en café, ASIC 1989, Paipa, Colombia.
- Dufour, B.P. 2004. Condiciones de uso de las trampas en el control de la broca del café, p. 7. En: Workshop Internacional sobre el Manejo de la Broca del Café, Londrina, Paraná, Brasil.
- Dufour, B.P. 2005. Elaboración de un método estándar para la evaluación del trampeo de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). En: Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico de la Caficultura en Centroamérica, Panamá, República Dominicana y Jamaica. XXI Simposio Latinoamericano de Caficultura, 14-15 julio de 2005, IICA/PROMECAFE, San Salvador, El Salvador, CD-rom.
- Dufour, B., J.F. Barrera & B. Decazy. 1999. La broca de los frutos del café: ¿la lucha biológica como solución?, p. 293-325. En: B. Bertrand & B. Rapidel (eds.), Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica. CIRAD, IICA.
- Dufour, B.P., M.O. González & B. Frérot. 2000. Piégeage de masse du scolyte du café *Hypothenemus hampei* Ferr. (Col., Scolytidae) en conditions réelles: premiers résultats, p. 480-491. En: XVII Coloquio Internacional en Ciencia del café, ASIC 1999, Helsinki, Finlandia.
- Dufour, B.P., M.O. González, J.J. Mauricio, B.A. Chávez & R. Ramírez Amador. 2004. Validation of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferr.) trapping with the BROCAP® trap. Poster. En: XX International

- Conference on Coffee Science, ASIC 2004, Bangalore, India, CD-rom.
- Dufour, B.P., C. Picasso & M.O González. 2002. Contribution au développement d'un piège pour capturer le scolyte du café *Hypothenemus hampei* Ferr. en El Salvador. En: XIX Coloquio Internacional en Ciencia del Café, ASIC 2001, Trieste, Italia, CD-rom.
- Gutiérrez-Martínez, A., S. Hernández Rivas & A. Virgen Sánchez. 1995. Trampeo en campo de la broca del fruto de café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) con los semioquímicos volátiles del fruto de café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), 2, 7 p. En: XVI Simposio de Caficultura Latinoamericana, Managua, Nicaragua, oct. 1993, ed. IICA/PROMECAFE, Tegucigalpa, Honduras.
- Mathieu, F., L.O. Brun, C. Marcillaud & B. Frérot. 1997. Trapping of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferr. (Col., Scolytidae) within a mesh-enclosed environment: interaction of olfactory and visual stimuli. J. Appl. Ent., 121: 181- 186.
- Mendoza Mora, J.R. 1991. Resposta da broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semioquímicos. Tesis. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 44 p.
- Moore, D. & C. Prior. 1988. Present status of biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. In: Proceedings of the Brighton Crop Prot. Conf. - Pests and diseases 9: 1119-1124.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 101-110. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

ASPECTOS GENÉTICOS DE LA BROCA DEL CAFÉ

Genetic Aspects of the Coffee Berry Borer

PABLO BENAVIDES MACHADO

Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé, Km 4 Vía Antigua a Manizales, Chinchiná, Caldas, Colombia. pablo.benavides@cafedecolombia.com

Palabras Clave: ADN, *Hypothenemus hampei*, endogamia, variabilidad genética, haplo-diploidía funcional, *Wolbachia*, control autocida.

CONTENIDO

1. Introducción.....	102
1.1. Comportamiento reproductivo de la broca del café.....	102
1.2. <i>Wolbachia</i> y determinación sexual.....	102
2. Variabilidad genética de la broca en una colección mundial.....	103
3. Variabilidad genética de la broca en Colombia.....	106
4. Consecuencias biológicas de la baja variabilidad genética.....	108
5. Control genético de insectos.....	108
5.1. Esterilidad inducida mediante mutagénesis.....	108
5.2. Genes letales condicionales.....	109
5.3. Incompatibilidad citoplasmática.....	109
5.4. Uso de la baja variabilidad genética en el control de la broca.....	109
6. Literatura Citada.....	110

Resumen

La broca del café (*Hypothenemus hampei*) posee un comportamiento reproductivo que la hace altamente endogámica. Este mecanismo conlleva a que el insecto posea una muy baja variabilidad genética lo cual le proporciona habilidades y debilidades únicas de la especie. La proporción de machos y hembras es de 10 a 1, característica común en este tipo de especies. Tanto los machos como las hembras de una misma progenie se aparean en el interior de los granos de café infestados, por lo tanto la reproducción ocurre mediante cruces fraternos. Esta situación se acentúa aún más por ser un insecto que presenta haplo-diploidía funcional, es decir, los machos no expresan ni transmiten sus cromosomas paternos a pesar de ser diploides. Previos hallazgos han sugerido que la probacteria endosimbionte *Wolbachia*, que está presente en la broca, puede estar involucrada en este último mecanismo. Nuevas investigaciones han sido diseñadas para proveer un mejor entendimiento de la genética de la broca. La técnica AFLP (Polimorfismo de Longitud de Fragmentos Amplificados), usada para generar huellas moleculares, fue utilizada para detectar diferencias genéticas en ácido desoxirribonucleico (ADN) genómico

proveniente de 100 muestras de brocas recolectadas en 17 países de África, Asia y América; este análisis permitió determinar la biogeografía de este insecto en el mundo y generar la relación genética existente entre las muestras. Posteriormente se realizó un análisis similar para determinar la variación genética de la broca en Colombia sobre 66 muestras. Se estableció además la relación existente entre las brocas presentes en Latinoamérica y las islas del Caribe. Finalmente, se discuten diferentes estrategias de control genético en insectos y las posibilidades de utilizarlas dentro de un esquema de manejo integrado.

Abstract

The coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) has a reproductive behavior that makes it highly inbred. This mechanism makes this species to have a very low genetic variability that gives the species unique abilities and weaknesses. The sexual ratio was estimated to be 10 females to 1 male; this is a common characteristic of this type of species. Males and females of the same progeny mate inside infested coffee beans; this is called sib-mating. This situation is accentuated for the fact that

this insect shows functional haplo-diploidy, which means that males, even coming from fertile eggs, are functionally haploid. Males then fail to express and transmit their paternal chromosomes. Previous research indicated that the latter could be explained by the presence of the maternally inherited probacteria *Wolbachia*. Recent investigations have been designed to provide information about the coffee berry borer genetic variability through the AFLP technique (Amplified Length Fragment Polymorphism). One hundred samples of coffee berry borer were collected from 17 countries in Africa, Asia and America. This analysis allowed the determination of the biogeography of this species from a worldwide collection. Furthermore, an analysis on 66 samples collected throughout Colombia, allowed to determine the relationship among samples within the country and among Latin American samples. We last discussed different genetic control strategies and their chances to be used on an integrated pest management program.

1. Introducción

1.1. Comportamiento reproductivo de la broca del café

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), ha desarrollado habilidades para reproducirse mediante cruces fraternos (Gingerich et al. 1996). Las especies que han evolucionado a este tipo de reproducción pueden ser caracterizadas mediante la presencia de caracteres comunes tales como (Kirkendall 1993):

- Un desproporcionado radio sexual favoreciendo a las hembras.
- Apareamientos antes de la dispersión en el campo.
- Colonización de nuevos huéspedes por parte de las hembras.
- La presencia de machos más pequeños que las hembras y sin alas funcionales.

En la broca, las hembras superan en número a los machos en una proporción de 10 a 1 (Bergamin 1943); además, sólo las hembras colonizan nuevas cerezas de café ya que los machos, fuera de ser más pequeños, no poseen alas membranosas por lo que son incapaces de volar. Se presume de esta manera que las hembras deben aparearse con los machos de su misma progenie (hermanos) dentro de la almendra, antes de emprender el vuelo para colonizar nuevas cerezas de café.

La broca posee, además de su comportamiento reproductivo, unas condiciones biológicas y genéticas que le aseguran un alto nivel de endogamia. Mientras estudios citológicos revelan que tanto las hembras como los machos son diploides, estos últimos fallan en expresar y transmitir un *set* de cromosomas. Aunque dos pares de cromosomas están presentes en los

espermatoцитos primarios, un par no se alinea durante la única división meiótica, y solo un par de éstos es empaquetado en el esperma. De esta manera, la broca es considerada funcionalmente haplo-diploide (Brun et al. 1995).

La razón por la cual la broca no puede ser considerada como un organismo totalmente haplo-diploide, es decir, que huevos no fértiles dieran lugar a machos, y aquellos fértiles a hembras, yace precisamente en la incapacidad de este insecto para producir huevos viables cuando éstos no son fertilizados. Los huevos infértiles de la broca no se desarrollan, de esta manera, tanto los machos como las hembras provienen de huevos fertilizados y por lo tanto diploides.

Estudios posteriores realizados por (Brun et al. 1995) indicaron que el *set* de cromosomas que se condensa durante la meiosis y no es expresado en células somáticas ni transmitido a las células reproductivas, es aquel proveniente del macho, por lo tanto, la progenie de la broca hereda aquellos genes provenientes estrictamente de su madre progenitora, y se dice que la broca se reproduce mediante líneas estrictamente maternas (Benavides et al. 2005). Dicho en otras palabras, las brocas hembras poseen únicamente el material genético materno y por lo tanto podrían ser consideradas como clones de ésta.

Los análisis citológicos realizados en kariotipos provenientes de células somáticas, muestran que las hembras son diploides con un contenido $2n = 14$ cromosomas. Mientras tanto, los machos muestran claramente la presencia de siete cromosomas y una masa condensada de material heterocromático que corresponde a los cromosomas que no se alinearon durante la división meiótica y que a su vez no se expresaron en los hijos ni se transmitieron a la progenie.

1.2. *Wolbachia* y determinación sexual

La probacteria *Wolbachia*, la cual ha sido reportada como distorsionador de la determinación sexual en varios insectos (Jeyaprakash & Hoy 2000), fue amplificada, clonada y secuenciada a partir de ácido desoxirribonucleico (ADN) genómico de la broca proveniente de diferentes países (Vega et al. 2002). Son varios los mecanismos reportados por los cuales *Wolbachia* puede actuar como un distorsionador de la determinación sexual en insectos. Uno de ellos es conocido como "feminización" o conversión sexual, en la cual individuos genéticamente machos se convierten en hembras funcionales (Rousset et al. 1992). Igualmente, *Wolbachia* puede causar incompatibilidad citoplasmática en la cual la fertilidad depende de la ausencia o la presencia de la probacteria en el macho o la hembra (O'Neill et al. 1997, Bourtzis & O'Neill 1998). Otra función de *Wolbachia* es la inducción de partenogénesis (Stouthamer et al. 1990, Zchori-Fein et al. 1992); así como ocasionando la muerte de machos (Fialho & Stevens 2000, Hurst et al. 2000, Jiggins et al. 2000); sin

embargo, no existen evidencias contundentes de partenogénesis en la broca del café (Barrera et al. 1995). De la misma manera como *Wolbachia* ha sido reportada en otros insectos como determinador sexual, pareciera probable que esta probacteria este jugando también un papel significativo en la broca del café. Tanto el comportamiento reproductivo de la broca como los mecanismos genéticos evidenciados en las limitadas investigaciones realizadas sobre ésta, permiten sugerir que *Wolbachia* puede estar ocasionando incompatibilidades citoplasmáticas, y su efecto podría ser explicado como la remoción o modificación de proteínas involucradas en la condensación y recondensación de cromosomas antes y después de la formación del cigoto (Bourtzis & O'Neill 1998, Feder et al. 1999).

Las consecuencias del cruce fraternal y la haplo-diploidia funcional que enmarcan el comportamiento reproductivo de la broca, necesariamente deben estar representadas en una alta endogamia de líneas estrictamente maternas, lo cual tiene como efecto la disminución de la variabilidad genética de este insecto en su desarrollo evolutivo. Esta extremadamente baja variación sugiere que la broca, a pesar de haber sido tan exitosa en colonizar casi la totalidad del área de café sembrada en el mundo, debe poseer un bajo mecanismo de defensa a compuestos novedosos de control (compuestos de antibiosis, proteínas tóxicas provenientes de otros organismos), y quizás no pueda sobreponerse a nuevas estrategias de control (i.e. plantas transgénicas con resistencia, introducción de genes deletéreos en la población de campo como estrategia de control genético).

2. Variabilidad genética de la broca en una colección mundial

Con el fin de determinar la variabilidad genética de la broca en una colección mundial (Benavides et al. 2005), se obtuvieron alrededor de 100 muestras provenientes de África, Asia, Centro y Sur América y el Caribe. Se estableció la variabilidad genética de la broca mediante el uso de la técnica AFLP (Amplified Length Fragment Polymorphism). mayor número de variaciones genéticas fueron encontradas en las poblaciones de Uganda, las cuales tuvieron dos a siete veces más variabilidad que cualquier otro país, excepto Brasil (Cuadro 1). Sin embargo, la naturaleza de las muestras provenientes de este último país indicaron que su variabilidad genética fue sobre estimada. Estas observaciones fueron consistentes con investigaciones previas de la biología de la broca. La extremadamente baja variabilidad genética encontrada en este insecto es consistente con las observaciones realizadas por Andreev et al. (1998) y además con lo esperado de un insecto altamente endogámico como la broca. Además, de acuerdo a lo esperado, se descubrió una mayor variabilidad genética cercana al presunto centro de origen, Uganda, que en las otras regiones productoras de café. La abundancia

de variación genética en dos fincas de Brasil fue consistente con los registros históricos de la colonización de este insecto en este país. La broca invadió inicialmente a las Américas con la introducción de semillas de café infestadas a Brasil en 1913 provenientes de El Congo y Java. De esta manera, la mayor variabilidad genética esperada en Brasil era mayor que en otro país americano como por ejemplo México. De acuerdo con estos hallazgos, estas observaciones estarían indicando que las huellas moleculares reveladas mediante AFLP podrían ser de uso en la determinación de la biogeografía de esta plaga, y para esto se realizó un análisis de varianza molecular (AMOVA).

Las barreras geográficas dividen las especies que están dispersas en grandes áreas en subpoblaciones; estas especies se definen como poblaciones con subestructura, en las cuales el cruce entre individuos de la misma subpoblación ocurre en mayor medida que aquellos entre diferentes subpoblaciones. La diferenciación genética entre subpoblaciones puede ser medida mediante el índice de fijación (Φ_{ST}) el cual cuantifica este efecto de endogamia de la subestructura de poblaciones. Una especie como *H. hampei* que se presume se reproduce a través de líneas maternas altamente endogámicas, debería mostrar una gran diferenciación genética tanto dentro de cada población como entre todas las poblaciones analizadas. Esto debido al establecimiento de líneas múltiples, pero puras, altamente diferenciadas en cada localidad. Para evaluar esta subestructura de poblaciones en la broca, se realizó un AMOVA usando la información de las huellas moleculares obtenidas mediante AFLP. Los resultados mostraron que existe una alta diferenciación genética entre las poblaciones colectadas en Etiopía con respecto a las muestras del resto del mundo, y una muy alta diferenciación genética entre poblaciones y entre localidades. En este análisis fueron evidentes las consecuencias de la combinación entre psuedo-arrenotokia y endogamia; por lo tanto se consideró apropiado asumir que cada huella molecular obtenida representaba una diferente línea de broca endogámica y por lo tanto, la distribución de estas huellas entre localidades sería informativa. El mayor número de líneas endogámicas fue encontrado en el este de África central (ocho poblaciones), muy cercano al centro de origen de la plaga. Estas líneas comprendieron muestras de Etiopía (n=2), Kenya (n=2) y Uganda (n=12). Líneas múltiples fueron descubiertas en Brasil (siete poblaciones, n=14), América Central y el Caribe (siete poblaciones, n=19), Colombia (cuatro poblaciones, n=10), Ecuador (dos poblaciones, n=4), y Perú (dos poblaciones, n=10). Una huella molecular única fue descubierta en Indonesia (n=4), otra en India (n=6), y finalmente una en Camerún (n=2). Sólo cuatro líneas: FP01, FP06, FP12, y FP15 fueron descubiertas en más de un país y sucedió únicamente con muestras de América. Estas cuatro líneas reunieron el 76% de todas las muestras Latinoamericanas.

Cuadro 1. Polimorfismos de ADN detectados por AFLP por país (modificado de Benavides et al. 2005).

País	N	Total de bandas	Bandas polimórficas	% Polimorfismos
Brasil	14	201	21	10.4
Camerún	1	197	---*	---
Colombia	1	192	---	---
Ecuador	5	194	1	0.5
Honduras	7	194	3	1.6
Indonesia	4	195	1	0.5
India	6	192	1	0.5
Jamaica	2	191	0	0
México	15	192	2	1.0
Nicaragua	5	198	7	3.5
Uganda	12	210	15	7.1
El Salvador	1	195	---	---

* No fue posible estimar polimorfismos debido al tamaño de muestra.

Los registros históricos y la distribución de las líneas endogámicas de broca sugirieron que un proceso aleatorio de deriva genética debió ser el factor principal en la dispersión de *H. hampei* en Latinoamérica. El gran número de líneas descubiertas en solo dos fincas de Brasil continúa implicando a este país como el "sitio de origen de este insecto en las Américas". La dispersión de la broca desde Brasil hacia el resto de Latinoamérica puede ser explicada por la presencia de las líneas FP06 (presente en 16 muestras) y FP15 (presente en 13 muestras) que comprendieron muestras de Brasil y otros países americanos. En la medida que este insecto invadía otras regiones cafeteras en Latinoamérica, las brocas fundadoras en cada región se convertían en una submuestra aleatoria de la diversidad genética hallada en Brasil.

La huella FP06 no fue detectada en Centro América, y otras líneas que fueron halladas en otros países americanos, no fueron descubiertas en Brasil. Por ejemplo, FP12 (presente en ocho muestras) que fue hallado sólo en Perú y Colombia y FP01 (presente en 18 muestras) que fue detectada en México y Costa Rica. Para explicar la razón por la cual estas líneas no estuvieron presentes en Brasil, se debe tener en cuenta el bajo tamaño de muestra analizado en Brasil, sin embargo, la posibilidad de introducciones separadas no puede ser eliminada de este análisis basados solo en la distribución de líneas de *H. hampei*.

Con la idea de evaluar el efecto de la deriva genética en la distribución de las líneas de broca, se analizaron las huellas moleculares y su relación genética entre ellas. Para esto se realizó un análisis filogenético bajo el algoritmo Neighbor-Joining utilizando los 26 haplotipos descritos anteriormente. Este análisis asumió que las huellas moleculares obtenidas por AFLP revelaron suficiente variabilidad como para determinar la relación genética entre los haplotipos y que cada población colonizadora fue derivada a partir de una sola población de origen. Dado que la colonización de la broca a Asia y

América debió ocurrir de manera separada, se razonó que la distancia genética entre las muestras provenientes de estos dos continentes debería dar una idea de cómo se vería la representación de dos líneas distintas dentro de una sola localidad, como por ejemplo Brasil. Se razonó además que la distancia genética entre muestras de Kenya y Uganda debería indicar la diversidad genética esperada en una población de origen. Para completar el análisis, se tomó como *out-group* o grupo control, el haplotipo Etíope (FP25), ya que fue colectado cerca al sitio de origen de la plaga y además presentaba un número desproporcionado de alelos únicos asociados a este haplotipo. El análisis filogenético separó las 26 huellas moleculares en seis grupos. Los haplotipos de Kenya y Uganda (FP19-24 y 26) fueron asignados a un solo grupo el cual fue claramente separado de las otras muestras. Otros cuatro grupos fueron más cercanos entre ellos. Las muestras de Indonesia y Camerún formaron uno de estos grupos y las muestras de India otro. Las muestras americanas formaron tres grupos, de los cuales dos estuvieron más cercanamente relacionados a las muestras de India, Indonesia y Camerún. Los grupos más representativos de estos dos, contenían las huellas FP06, FP01 y otros 10 haplotipos, mientras que el otro contenía FP15 y otros dos haplotipos. Los restantes grupos conteniendo muestras americanas consistieron en un haplotipo individual, FP12, el cual fue igualmente distante de los otros haplotipos americanos y aquellos del este de África Central.

De manera consistente con los registros históricos, los resultados obtenidos mediante la relación entre las huellas moleculares y su distribución sugirieron que las líneas de broca de Indonesia e India resultaron a partir de introducciones separadas. La cercana similitud entre huellas descubiertas en Indonesia y Camerún sugiere que la broca invadió la primera a partir de insectos del Oeste de África Central. Igualmente, la separación de los haplotipos del este de África central

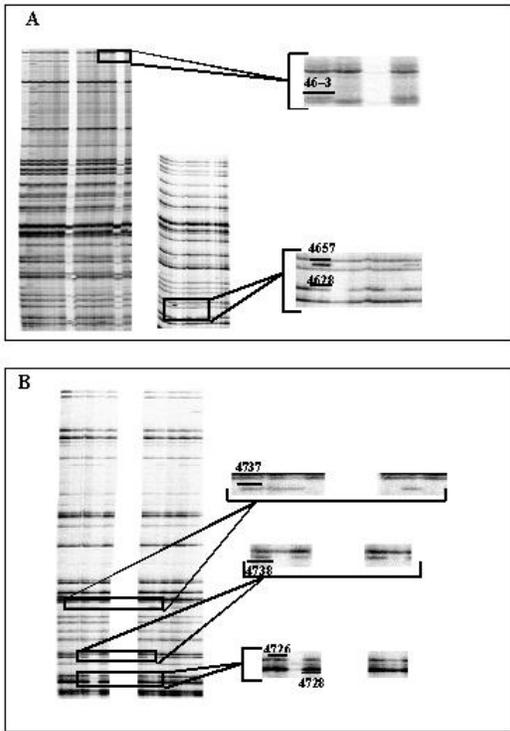


Fig. 1. Huellas moleculares de ADN generadas con la combinación de primers selectivos E-AT/M-CTC de AFLP (A) sobre muestras de Risaralda 08, Tolima 02, 03, Antioquia 01, 02,03, y Cesar 01, 02, 03, 04, 05, 07 (A1); y muestras de Risaralda 08, 05, 06, 07 08, 09, Caldas 06, Antioquia06, 07, Nariño02 y 03 (A2). Huellas moleculares de ADN generadas con la combinación de primers selectivos E-AT/M-CTG (B) sobre muestras de Risaralda08, Tolima02, 03, Antioquia02, 03, Cesar01, 02, 03, 04, 05 y 07. Dos muestras de ADN no amplificaron en el gel A1, uno entre las muestras de Antioquia 03 y Cesar 01 y otro entre Cesar 05 y 07. Los siete polimorfismos encontrados en Colombia se muestran en la figura.

del resto de haplotipos, sugiere que la invasión de este insecto— tanto en Asia como en América—, debió ocurrir a partir de insectos del oeste y no del este de África Central. Por otro lado, Andreev et al. (1998) sugirió que muestras de broca provenientes de Jamaica estuvieron más relacionadas con África que con cualquier otro país de América. Sin embargo, la línea FP06 conteniendo muestras de Jamaica analizadas en esta investigación estuvo claramente presente en otros países americanos. De cualquier manera, dado el bajo número de muestras provenientes de Jamaica, no se puede descartar que algunos insectos de broca hayan sido introducidos desde África. En esta investigación se evidenciaron no más de tres introducciones separadas de broca en América.

Cada introducción putativa habría involucrado un grupo de brocas representada por tres grupos mayoritarios: grupo 1, conteniendo las huellas FP01 y FP06; el grupo 15, conteniendo FP15; y el grupo 12, conteniendo FP12.

El análisis de Neighbor-Joining reforzó el argumento de que la deriva genética fue la razón por la cual ciertas líneas americanas fueron descubiertas más al norte de Brasil a pesar de no haber sido detectadas en este país. Parece que las muestras constituidas por los grupos 1 y 15 fueron introducidas a Brasil, y ciertas líneas dentro de estos grupos, fueron las fundadoras de aquellas descubiertas en los otros países. Entre estas líneas FP01 es particularmente interesante, pues fue detectada únicamente en México y Costa Rica. Dado que medidas cuarentenarias evitaron que la broca invadiera Costa Rica hasta el año 2000 (Borbón-Martínez 2005), es posible que *H. hampei* haya sido introducida a Costa Rica proveniente de México. Igualmente Guatemala fue reportada como el origen de la broca de Honduras, México, El Salvador y Nicaragua; sin embargo, la distancia genética entre muestras de El Salvador, Nicaragua y Honduras fue más cercana que aquella entre estas muestras y FP01. Si el origen de las poblaciones de México fuera realmente Guatemala, una relación más cercana entre México y el grupo de Honduras, El Salvador o Nicaragua debió haber sido detectada en este análisis.

La mayor evidencia de introducciones múltiples de la broca a América podría estar siendo proporcionada por la línea FP12. Esta población está más alejada de todas las líneas americanas, y además, se encuentra ausente en Brasil. Ya que reportes previos han sugerido a Brasil como el origen de la introducción de broca a Perú, se sospecha que la no detección de esta línea en Brasil haya sido debido al bajo número de muestras recolectadas en tan pocos sitios muestrales. Este análisis agrupó las muestras colombianas en grupos independientes con muestras recolectadas en Brasil, Perú y Ecuador. Esto sugiere que la broca pudo haber invadido Colombia mediante introducciones múltiples y no como consecuencia de una introducción única de origen ecuatoriano, como se reportó previamente.

Todos los resultados obtenidos durante la realización de esta investigación han sido consistentes con lo esperado en una especie que se reproduce a partir de una estricta endogamia de líneas maternas; además, la variabilidad genética fue extremadamente baja como consecuencia de la rápida fijación de nuevos alelos. La consecuencia más probable de la endogamia en la broca sería un rápido incremento en la frecuencia relativa de heterocigotos, de tal manera que se encontraría una muy alta diferenciación y una baja variabilidad genética, tal como se observó en este estudio. Estos resultados concuerdan además con previas investigaciones donde se compararon colecciones mundiales de broca utilizando técnicas moleculares. Como consecuencia de la endogamia, mutaciones que confieren resistencia a insecticidas se fijarían rápidamente como caracteres homocigotos y se dispersarían como una línea única.

Cuadro 2. Huellas moleculares obtenidas mediante la técnica AFLP generadas por dos combinaciones de primers sobre 66 muestras Colombianas de *Hypothenemus hampei*.

Huella	n	Muestra	Huella equivalente en Latinoamérica	Muestra equivalente en Latinoamérica
COL01	50	Antioquia01-05 Cundinamarca01-05 Caldas01-04 Caqueta01 Cauca01 Cesar01-03,05,08 Huila01-04 Magdalena01-02 Meta01-03 Nariño01 Norte Santander01-02 Quindio01 Risaralda01,03-04 Santander01-05 Tolima01-03 Valle01-04,06	FP02	CR02
COL02	2	Cesar04,07	FP27	Única para Colombia
COL03	1	Caldas06	FP06	BR04,06 JA01, 02 EC01, 02, 04, 05 NI01, 03, 04 HO01, 04, 06, 07
COL04	1	Valle05	FP03	BR02, 07, 14
COL05	1	Risaralda07	FP05	Control. Única para Colombia
COL06	2	Caldas05 Risaralda02	FP28	Única para Colombia
COL07	5	Antioquia07 Nariño02 Nariño03 Risaralda05 Risaralda06	FP15	BR01, 03, 05 PE01, 02, 05, 06, 10 SA01
COL08	4	Antioquia06 Caldas07 Risaralda08 Risaralda09	FP12	PE03, 04, 07, 09
TOTAL	66			

Esto pondría un reto en el manejo de esta plaga, ya que el control sería muy bajo en aquellas áreas donde la dependencia a químicos es muy alta. Otra importante consideración es que la pérdida de heterocigosidad en este insecto podría aumentar su riesgo de extinción, ya que la flexibilidad genética que posee este insecto para

sobrepasar una estrategia intensiva de control sería muy baja.

3. Variabilidad genética de la broca en Colombia

Un análisis similar fue realizado sobre 66 muestras colombianas que comprendieron la totalidad de la zona

Cuadro 3. Análisis jerárquico de varianza para 13 departamentos en Colombia sin agrupación.

Varianza		d.f.	Varianza	% total	p^*	Φ -estadístico
Entre departamentos	σ_a^2	12	0.018	8.32	0.09	
Dentro departamentos	σ_c^2	50	0.202	91.68	0.00	
Total		62	0.220			$\Phi_{ST} = 0.083$

cafetera afectada por la broca. La técnica AFLP amplificó 60 fragmentos de ADN y se observaron siete variaciones genéticas (11.7% del total de bandas generadas por AFLP). Estos resultados indicaron una muy baja variabilidad genética como era de esperarse (Fig. 1). Los patrones de las bandas observadas en cada una de las 66 muestras generaron ocho huellas dactilares (Cuadro 2). La huella COL01 comprendió el 76% del total evaluado y agrupó todas las áreas geográficas que fueron evaluadas en Colombia. Estos resultados indican que hubo una línea distribuida en todos los departamentos cafeteros de Colombia; sin embargo, hubo otras líneas en áreas específicas del país. Se observaron cuatro huellas moleculares (COL02, COL03, COL04 y COL05) que fueron únicas en cuatro diferentes regiones, las cuales sugirieron que hubo introducciones independientes en Cesar, Caldas, Valle y Risaralda. Las otras tres huellas, COL06, COL07 y COL08, comprendieron muestras de Caldas, Risaralda, Antioquia y Nariño. Estos resultados fueron posiblemente una indicación de líneas compartidas entre estos departamentos. La comercialización de alimentos y productos agrícolas, así como el intercambio de mano de obra entre fincas podría explicar la relación entre muestras de los departamentos de Antioquia, Risaralda y Caldas. La relación entre muestras de Nariño y otras regiones de Colombia, podría ser explicada por el movimiento de la mano de obra durante las cosechas de café a través del país. La broca fue inicialmente detectada en Colombia en el departamento de Nariño, el cual está localizado al sur oeste cercano a la frontera con Ecuador. Los recolectores de esta región viajan anualmente al centro del país donde se produce alrededor del 60% de la producción nacional de café (Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío y Valle). Estos cosecheros viajan estas largas distancias motivados por los mejores precios por recolección en el centro del país, y además porque las cosechas de café ocurren en diferentes épocas del año. Más específicamente, la cosecha principal ha terminado en el sur cuando comienza en el centro. Los resultados de esta investigación permitieron sugerir que una línea genética de la broca (COL07) vino a Risaralda y Antioquia llevada por los cosecheros desde el sur, lo cual pudo también explicar la presencia de la línea COL01 a través del país. El intercambio de mano de obra es nuestra mejor hipótesis para explicar la dispersión de la plaga al interior de Colombia.

El análisis filogenético de las muestras señaló tres grupos. La huella molecular COL01 formó el primer grupo aparte, el segundo indicó una relación más cercana entre las huellas COL02 (Cesar) y COL06 (Caldas y Risaralda); y un tercero, agrupó Caldas, Risaralda, Valle, Antioquia y Nariño, los cuales contenían las cinco restantes huellas moleculares. A pesar de que este análisis de Neighbor-Joining estaba exhibiendo alguna relación entre huellas, su significado no fue relevante para mostrar el origen de las muestras introducidas. La variación entre las muestras fue probablemente el resultado de introducciones múltiples al país, y no el resultado de evolución.

Con el fin de estimar la subestructura de la broca en Colombia, se realizó un AMOVA (Cuadro 3). Las muestras provenientes de Caqueta01, Cauca01 y Quindío01 fueron excluidas de éste por no contener más de una muestra por departamento. Se encontró que el 92% de la varianza fue debida a las diferencias entre los departamentos evaluados, y el 8% debido a las diferencias al interior de cada departamento; estos resultados eran de esperarse, debido a la alta endogamia presente en este insecto. De acuerdo a los parámetros de Wright, la broca en Colombia evidenció una moderada diferenciación genética, probablemente como resultado de las introducciones recientes de una población diversa.

Con el fin de determinar el origen de la broca introducida a Colombia, se compararon las huellas moleculares de las muestras de Colombia con aquellas encontradas previamente en muestras de Latinoamérica y las islas del Caribe (Cuadro 2). Un hallazgo interesante fue encontrado con la huella molecular COL01, la cual agrupó la mayoría de las muestras de Colombia con la huella FP02, la cual fue exclusiva en Costa Rica. Este resultado sugiere que Colombia fue posiblemente el origen de esta introducción de la broca en este país. Se encontraron además tres huellas únicas para Colombia que no se relacionaron con otro país. Es probable que estas huellas sí estuviesen presentes en Latinoamérica, pero no fueron evidentes en este experimento debido al bajo tamaño de muestra utilizado. La huella FP06, la cual fue hallada en Brasil, Jamaica, Ecuador, Nicaragua y Honduras, fue también encontrada en Caldas06; y la huella FP03, la cual estuvo presente en Brasil, también estuvo presente en Valle05. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que existieron introducciones múltiples de broca en Colombia, y que a su vez, este país pudo

haber sido la fuente de posteriores introducciones a otros países.

La huella FP15, la cual estaba presente en Brasil, Perú y El Salvador, y la huella peruana FP12 fueron encontradas en Colombia en los departamentos de Antioquia, Nariño, Caldas y Risaralda. Estos resultados sugieren que algunas líneas de broca fueron introducidas a Colombia desde diferentes orígenes, y que posteriormente ellas se dispersaron al interior del país. A pesar que la broca se reportó en Colombia proveniente directamente de Ecuador a Nariño, los análisis genéticos no mostraron una relación directa entre estos dos. Una relación más evidente fue encontrada entre muestras de Antioquia, Risaralda y Nariño con muestras de Perú. El hecho de que la broca fue reportada inicialmente en Nariño, no es una indicación fuerte de que esta región fuera realmente la primera en tener la plaga. La broca, cuando también llegó a Nariño, pudo haber llegado a Antioquia del Perú, y posteriormente, ser transportada a Nariño a través del intercambio de mano de obra que ocurre entre estos departamentos. La presencia de la huella FP12 refuerza esta hipótesis.

El AMOVA utilizando todas las muestras de Colombia y Latinoamérica mostró una gran diferenciación genética.

4. Consecuencias biológicas de la baja variabilidad genética

La baja variabilidad genética observada en la broca en muestras de una colección mundial, como efecto de los cruces fraternos y la haplo-diploidía funcional, podría tener varias consecuencias. La primera es que cualquier mutación que se evidencie en el insecto, podrá ser rápidamente fijada dentro de la población (Fig. 2). Esto será de especial relevancia cuando aparezcan insectos resistentes a insecticidas, ya que esta resistencia estaría en toda la progenie del insecto al cabo de pocas generaciones, y se dispersarían libremente en el campo. En segundo lugar, esta característica de baja variabilidad podría ser un indicativo de debilidad genética del insecto debido a la homogeneidad de sus poblaciones. Esta característica nos haría pensar que la broca probablemente no posea mecanismos para sobreponerse a medidas novedosas de control, como por ejemplo, el uso de variedades transgénicas de café conteniendo proteínas tóxicas a las cuales el insecto no había sido expuesto con anterioridad; o la introducción de genes deletéreos al insecto en una aproximación de control genético.

5. Control genético de insectos

El control genético, o control autocida de insectos, fue propuesto originalmente alrededor de los años 1940. Este tipo de control se refiere a la manipulación del genoma del insecto de tal manera que resulte en el control de la misma especie; igualmente involucra el

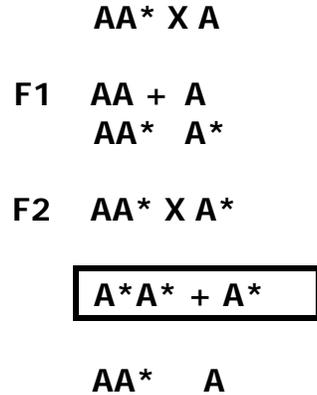


Fig. 2. Cruce hipotético de una hembra diploide de broca conteniendo una mutación heterocigótica por un macho funcionalmente haploide. La mitad de la población contendría la mutación durante la primera generación y toda la población de hembras contendría la mutación en la segunda generación. El alelo conteniendo la mutación estaría fijado en la población en tan solo dos generaciones.

reemplazo de genotipos agresivos con unos más benignos que causen menores daños (Gould & Schliekelman 2004).

Estas estrategias de control involucran el uso de machos estériles, de genes letales condicionantes, translocaciones, cromosomas compuestos y la inducción de infertilidad mediante el uso de microbios. Las experiencias previas indican que el conocimiento de la estructura de las poblaciones y su dinámica, son aspectos requeridos en la selección de la mejor estrategia de control genético a utilizar en determinada especie de insecto. De esta manera, se expondrán a continuación los tipos de control autocida en insectos y la posibilidad de ser usado en el manejo de la broca del café.

5.1. Esterilidad inducida mediante mutagénesis

Este tipo de control se refiere a la producción de millones de insectos esterilizados mediante el uso de radiación o de químicos mutagénicos. Es el tipo de control genético más conocido y utilizado en el control de moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) mediante la liberación de machos estériles, los cuales se aparean con las hembras para éstas producir descendencias estériles. Este tipo de control no sería posible ser utilizado en la broca, ya que no existen apareamientos por fuera del fruto y la hembra generalmente sale del grano ya fertilizada por un macho de su misma progenie.

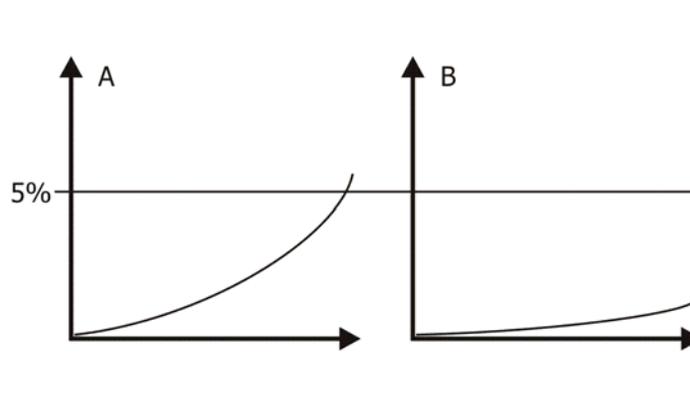


Fig. 3. Comparación hipotética del crecimiento poblacional de la broca (infestación en campo) en una estrategia de control genético por reemplazo. A: población más fecunda, con baja capacidad de dispersión y ciclo de vida corto; B: Línea menos fecunda, con alta capacidad de dispersión y ciclo de vida largo.

5.2. Genes letales condicionales

Los genes letales condicionales son aquellos que causan mortalidad a un organismo posterior a ser expuestos a una condición ambiental específica, como por ejemplo, temperatura. El principio de este tipo de control es liberar individuos de la misma especie conteniendo un gen de forma homocigota con la intención de transmitirlo a otros individuos de la población nativa en las siguientes generaciones. Una vez haya transcurrido el tiempo necesario para que se presente la condición ambiental, el gen estará presente en un gran número de insectos, y estos morirán como respuesta al ambiente. Un ejemplo es el uso de genes condicionales a temperatura; insectos que poseen estos genes frenarían su desarrollo embrionario cuando la temperatura se incremente por encima de cierto nivel, o cuando éstos intenten dispersarse a lugares donde la temperatura sea más alta. Este tipo de control sería posible de ser usado para el control de la broca, siempre y cuando se pueda demostrar que existe cruce de diferentes poblaciones de este insecto en condiciones naturales. Gingerich et al. (1996) mediante estudios de genética de poblaciones, estimaron un nivel importante de insectos que se cruzan en condiciones naturales en Nueva Caledonia. Observaciones de campo realizadas en Colombia durante un año, han demostrado que esto definitivamente es posible, y que no existe territorialidad en las diferentes poblaciones de la broca al interior de estos frutos que poseen múltiples brocas fundadoras. Estudios moleculares utilizando marcadores genéticos han corroborado esta hipótesis. La única manera de realizar este tipo de control sería mediante transgénesis de insectos y la posterior cría de estos en confinamiento. La estrategia de liberación deberá ser cuidadosamente estudiada para permitir el mayor cruce de poblaciones transformadas con aquellas nativas. Por lo tanto, producir y liberar machos conteniendo la mutación permitiría la transmisión del gen en la

totalidad de los individuos en F1, pero sería posible de lograr únicamente si se demuestra que hembras de broca salen de frutos infestados y penetran a otros para aparearse con machos de la población mutante. Es importante comprender que este tipo de control, aunque posible, requeriría de grandes esfuerzos de investigación, y que podría no contar con la aceptación del público, lo cual frenaría la iniciativa.

5.3. Incompatibilidad citoplasmática

La probacteria *Wolbachia* puede ocasionar incompatibilidad citoplasmática, lo cual daría como resultado la inviabilidad de huevos (Laven 1967). En este tipo de control, el macho deberá contener la probacteria, el cual infectaría a las hembras con las cuales se aparee para producir huevos que no sean viables. Este tipo de control no parece tener aplicabilidad en broca, no obstante el descubrimiento de *Wolbachia* en este insecto (Vega et al. 2002), ya que su efecto sería en la generación inmediatamente infectada, y por lo tanto no habrían posibilidades de una reducción de poblaciones a largo plazo.

5.4. Uso de la baja variabilidad genética en el control de la broca

La baja variabilidad genética detectada en la broca es sin lugar a dudas la consecuencia genética más importante de su comportamiento reproductivo. Esta característica debe ser considerada si se desea explorar la posibilidad de realizar control genético dentro de una estrategia de manejo integrado, especialmente si se reemplazaran genotipos agresivos con unos más benignos que causen menores daños. Un ejemplo representativo sería aquel en el cual una línea muy fecunda de broca, con menor capacidad de dispersión y un ciclo de vida corto, fuese reemplazada por otra línea menos fecunda, con mayor capacidad de dispersión y

ciclo de vida largo, quizás bajo un modelo de metapoblaciones (Hanski 1999). El resultado de este reemplazo sería el menor incremento de las poblaciones de broca en el campo, hasta tal punto que el insecto no sobrepasaría los umbrales de daño económico en un ciclo productivo de café (Fig. 3). Este tipo de control no requeriría modificaciones genéticas, sin embargo, se necesitaría obtener líneas altamente polimórficas, las cuales estarían presentes en África Central cerca a Etiopía, centro de origen probable de esta plaga.

6. Literatura citada

- Andreev, D., H. Breilid, L. Kirkendall, L. O. Brun & R. H. Ffrench-Constant. 1998. Lack of nucleotide variability in a beetle pest with extreme inbreeding. *Insect Mol. Biol.* 7: 197-200.
- Barrera, J. F., J. Gómez & C. Alauzet. 1995. Can the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) reproduce by parthenogenesis?. *Entomol. Exp. Appl.* 77: 351-354.
- Benavides, M., F. E. Vega, H. Romero, A. Bustillo & J. Stuart. 2005. Biodiversity and biogeography of an important pest of coffee, the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*
- Bergamin, J. 1943. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Col. Ipidae). *Arq. Inst. Biol., Sao Paulo* 14: 31-72.
- Bourtzis, K. & S. O'Neill. 1998. *Wolbachia* infections and arthropod reproduction. *BioScience* 48: 287-293.
- Borbón-Martínez, O. 2005. Experiencias sobre manejo de la broca del café en Costa Rica, p. 58-61. En: J.F. Barrera (ed.), *Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México*. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Brun, L. O., J. Stuart, V. Gaudichon, K. Aronstein & R. H. Ffrench-Constant. 1995. Functional haplodiploidy: a mechanism for the spread of insecticide resistance in an important international insect pest. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 92: 9861-9865.
- Feder, M. E., T. L. Karr, W. Yang, J. M. Hoekstra & A. C. James. 1999. Interaction of *Drosophila* and its endosymbiont *Wolbachia*: natural heat shock and the overcoming of sexual incompatibility. *Am. Zool.* 39: 363-373.
- Fialho, R. F. & L. Stevens. 2000. Male-killing *Wolbachia* in a flour beetle. *Proc. R. Soc. Lond. Biol. Sci* 267: 1469-1474.
- Gingerich, D. P., P. Borsa, M. Suckling & L. O. Brun. 1996. Inbreeding in the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) estimated from endosulfan resistance phenotype frequencies. *Bull. Entomol. Res.* 86: 667-674.
- Gould, F. & P. Schliekelman. 2004. Population genetics of autocidal control and strain replacement. *Annu. Rev. Entomol.* 49: 193-217.
- Hanski, I. 1999. *Metapopulation Ecology*. Oxford University Press, Oxford.
- Hurst, G. D. D., A. P. Johnson, J. Hinrich, G. v. d. Schulenburg & Y. Fuyama. 2000. Male killing *Wolbachia* in *Drosophila*: a temperature-sensitive trait with a threshold bacterial density. *Genetics* 156: 699-709.
- Jeyaprakash, A. & M. Hoy. 2000. Long PCR improves *Wolbachia* DNA amplification: *wsp* sequences found in 76% of sixty-three arthropod species. *Insect. Mol. Biol* 9: 393-405.
- Jiggins, F. M., G. D. D. Hurst, C. E. Dolman & M. E. N. Majerus. 2000. High-prevalence male-killing *Wolbachia* in the butterfly *Acraea encedana*. *J. Evol. Biol.* 13: 495-501.
- Kirkendall, L. R. 1993. Ecology and evolution of biased sex ratios in bark and ambrosia beetles, p. 235-345. In: D. L. Wrensch & M. A. Ebbert (eds.), *Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites*. Chapman and Hall, New York.
- Laven, H. 1967. Eradication of *Culex pipiens fatigans* through cytoplasmic incompatibility. *Nature* 216: 383-384.
- O'Neill, S. L., A. A. Hoffmann & J. H. Werren. 1997. Influential passengers: inherited microorganisms and arthropod reproduction. Oxford University Press, New York.
- Rousset, F., D. Bouchon, B. Pintureau, P. Juchault & M. Solignac. 1992. *Wolbachia* endosymbionts responsible for various alterations of sexuality in arthropods. *Proc. R. Soc. Lond.*: 91-98.
- Stouthamer, R., R., F. Luck & W. D. Hamilton. 1990. Antibiotics cause parthenogenetic *Trichogramma* to revert to sex. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 87: 2424-2427.
- Vega, F. E., P. Benavides, J. Stuart & S. O'Neill. 2002. *Wolbachia* infection in the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95: 374-378.
- Zchori-Fein, E., R. T. Roush & M. S. Hunter. 1992. Male production induced by antibiotic treatment in *Encarsia formosa*, an asexual species. *Experientia* 48: 102-105.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 111-120. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

NEMATODOS PARÁSITOS DE LA BROCA DEL CAFÉ

Parasitic nematodes of the coffee berry borer

ALFREDO CASTILLO VERA

Departamento de Entomología Tropical, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Carretera Antigua Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, 30700, México. acastill@tap-ecosur.edu.mx

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei*, control biológico, enemigos naturales, nematodos, parásitos, café, México.

CONTENIDO

1. Introducción.....	112
2. <i>Metaparasylenchus hypothenemi</i>	112
2.1. Antecedentes históricos.....	112
2.2. Descripción.....	112
2.3. Biología.....	113
2.4. Ecología.....	114
2.5. Origen y distribución geográfica.....	114
2.6. Manejo y cría.....	115
3. <i>Panagrolaimus</i> sp.....	115
3.1. Antecedentes históricos.....	115
3.2. Taxonomía e identificación.....	115
3.3. Descripción.....	115
3.4. Ecología.....	115
3.5. Origen y distribución.....	115
4. <i>Heterorhabditis</i> y <i>Steinernema</i>	116
4.1. Antecedentes históricos.....	116
4.2. Taxonomía y sinonimia.....	116
4.3. Descripción.....	116
4.4. Biología.....	116
4.5. Ecología.....	116
4.6. Distribución geográfica.....	118
4.7. Manejo y cría.....	118
4. Conclusiones y recomendaciones.....	118
5. Agradecimientos.....	118
6. Literatura Citada.....	118

Resumen

La dificultad para reducir los daños causados por la broca del café (*Hypothenemus hampei*) y la necesidad de aplicar métodos de control amigables con el ambiente, han incentivado la búsqueda de enemigos naturales con potencial para controlar a esta plaga. Actualmente los nematodos forman parte de las alternativas para combatir a la broca del café, aunque en un inicio fueron relegados por la falta de información. Sin embargo, estos organismos poseen cualidades interesantes para el control de algunas plagas y

representan una alternativa importante para ser usados en el manejo integrado de *H. hampei*. Este trabajo resume los avances sobre la biología, ecología, manejo y la cría de los nematodos parásitos de la broca del café.

Abstract

The difficulty to reduce the damage caused by the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and the necessity to use environmental friendly methods to control it, has stimulated the search of natural enemies

with potential to be used as natural enemies for this pest. At the present time, the nematodes are part of the alternatives to control of the coffee berry borer, although in a beginning they were relegated because more information was necessary. Nevertheless, these organisms have interesting characteristics for the control of some pests and represent an alternative important for the integrated coffee berry borer management. This work summarizes the advances on biology, ecology, handling and breeding of parasitic nematodes of *H. hampei*.

1. Introducción

Los nematodos representan uno de los taxones con mayor diversidad de vida en el reino animal (Wilson 1988). Este grupo de organismos incluye aproximadamente 12,000 especies descritas, con aproximadamente 11 ordenes de nematodos que mantienen una asociación natural con los insectos (Poinar & Thomas 1984). Es indudable el potencial que poseen algunas especies de nematodos en el control de plagas, aunque es evidente la falta de información sobre su disponibilidad, aplicación e impacto en estos organismos para el control de plagas bajo condiciones de campo. Los nematodos parásitos de insectos ofrecen grandes perspectivas para el control de plagas, especialmente aquellas que poseen hábitos crípticos y que pasan una parte de su ciclo de vida en el suelo, como es el caso de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Además de las limitantes de uso previamente mencionadas, los nematodos han sido muy poco explotados como reguladores biológicos de poblaciones naturales de la broca por la falta de una mayor investigación en la localización de especies con potencial para controlar a esta plaga y en la evaluación del impacto a nivel de campo de las especies con potencial conocido. A continuación se detalla información relacionada con las especies de nematodos que han mostrado tener actividad parasítica sobre *H. hampei*.

2. *Metaparasitylenchus hypothenemi*

2.1. Antecedentes históricos

En 1997 se descubrió un nematodo viviendo bajo condiciones naturales como endoparásito de *H. hampei* en una muestra de campo procedente de la región del Soconusco, Chiapas, México (Castillo & Barrera 1998). Tentativamente identificado como *Sphaerulariopsis* sp. (Tylenchida: Sphaerularioidea) (Castillo et al. 2002), este parásito fue por último descrito como *Metaparasitylenchus hypothenemi* (Tylenchida: Allantonematidae) (Poinar et al. 2004). Aún no existen evidencias que demuestren que este parásito afecte la supervivencia de sus hospederos, pero como consecuencia de este parasitismo se genera una esterilidad parcial o total del hospedero (Castillo &

Barrera 1998). La falta de progenie en los frutos colonizados por la broca, puede ser aprovechada para detectar al nematodo en campo porque las hembras de *H. hampei* parasitadas no generan progenie dentro del fruto. Se desconoce su impacto sobre los machos de la broca, pero su efecto esterilizante sobre hembras sugiere que puede ser un agente biológico potencialmente efectivo para combatir poblaciones naturales de la broca del café (Poinar et al. 2004).

2.2. Descripción

Metaparasitylenchus hypothenemi es un parásito obligado que difiere de otros miembros del mismo género por ser de menor tamaño y por su cutícula anulada. Esta especie pertenece a la subfamilia Allantonematinae, con un ciclo de desarrollo que incluye hembras y machos de vida libre, hembras parasíticas y cuatro estados juveniles. Sus hembras parasíticas se identifican porque son blancas y translúcidas, tienen su cuerpo inflado y recto, ligeramente encorvado y con movimientos casi imperceptibles. La hembra parasítica es la fase reproductiva de la especie y su progenie puede ser vista en su interior claramente. Los estados juveniles muertos adoptan una forma curvada, pero cuando están vivos se contorsionan constante y muy lentamente, sin realizar movimientos sinusoidales de locomoción (Fig. 1).

Metaparasitylenchus hypothenemi es el único parásito tilénquido descrito para la broca del café. Las especies pertenecientes al género *Metaparasitylenchus* parasitan coleópteros, especialmente barrenadores de madera (Siddiqi 2000). Existen doce especies descritas para este género y todas ellas poseen machos y hembras de vida libre, así como hembras parasíticas con similar tamaño y estructuras que poseen también las hembras de vida libre (Siddiqi 2000). La proporción sexual de *M. hypothenemi* en estado de vida libre es de 1:2 a favor de las hembras. Esta es una especie ovovivipara, y a través de la cutícula de las hembras reproductivas es posible observar gran cantidad de huevos en formación o estados juveniles.

Todos los estados de desarrollo del nematodo poseen estilete, incluyendo los estados juveniles. Las hembras parasíticas de esta especie miden aproximadamente 0.4 mm de largo, poseen un saco uterino y pueden colapsarse cuando son extraídas del hospedero, lo cual libera los huevos o juveniles producidos por las hembras del nematodo.

El primer estado juvenil de *M. hypothenemi* se mantiene dentro del huevo; el segundo emerge del útero de la hembra progenitora al homocelo de las brocas parasitadas; el tercero emerge del hospedero midiendo aproximadamente 0.3 mm de largo. Al salir del hospedero éste muda dos veces antes de alcanzar el estado adulto.

Metaparasitylenchus hypothenemi fue registrado por primera vez parasitando hembras adultas de la broca del café (Castillo et al. 2002). Las brocas parasitadas

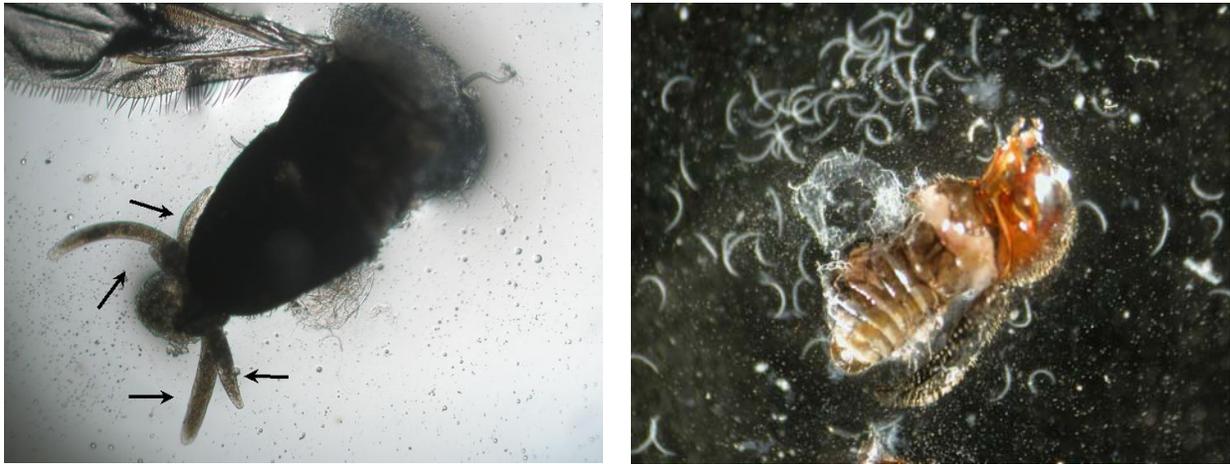


Fig. 1. Hembras parasíticas de *M. hypothenemi* emergiendo por el ano de una broca del café (izquierda) y juveniles del nematodo extirpados de una broca parasitada (derecha).

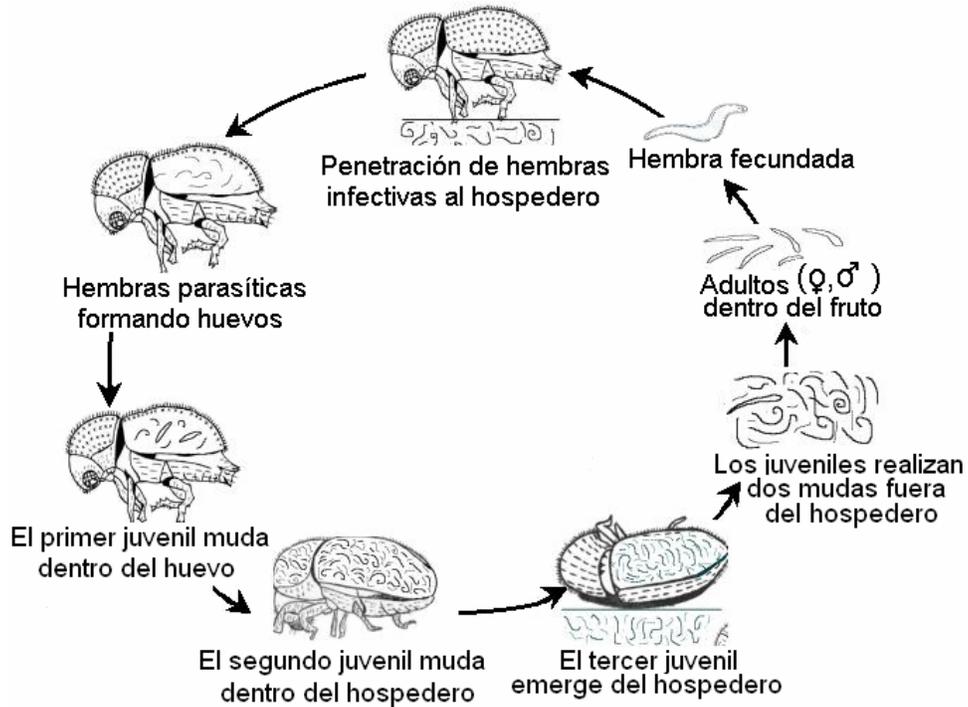


Fig. 2. Ciclo biológico de *M. hypothenemi*.

pueden ser machos y hembras, pero la probabilidad de encontrar hembras parasitadas es mayor porque la proporción sexual de la broca es de 10:1 (hembra:macho). Aunque se pueden localizar larvas y pupas parasitadas por *M. hypothenemi*, no es frecuente encontrarlas en infestaciones naturales de la broca. Sin embargo, es posible generar infecciones en larvas de la broca al aplicarles nematodos obtenidos de frutos donde previamente se ha detectado el parasitismo (Chávez & Vega 2004). Además de la broca, este parasitismo también ha sido registrado en adultos de *Araptus*

fossifrons Wood, otro escolítido que forma parte de la entomofauna naturalmente presente en los cafetales en la región, donde fue descubierto por primera vez este parásito.

2.3. Biología

Metaparasitylenchus hypothenemi no genera cambios morfológicos visibles en sus hospederos; por lo tanto, para determinar la presencia de este parásito resulta indispensable sacrificar a los insectos. En el interior de

las brocas adultas parasitadas se puede encontrar una o más hembras reproductivas del nematodo y/o algunas decenas de juveniles. Sin embargo, durante la estación lluviosa resulta más frecuente localizar brocas parasitadas por hembras reproductivas de *M. hypothenemi*, y al inicio de lluvias es más común encontrar brocas parasitadas exclusivamente por estados juveniles del nematodo. Es raro encontrar machos del nematodo en el interior de la broca, al parecer éstos son de vida libre, lo cual es típico en especies de la familia Allantonematidae.

El ciclo de vida de *M. hypothenemi* parece tener el desarrollo típico de otros miembros de la familia Allantonematidae. La infección es iniciada por las hembras de vida libre que probablemente han sido fertilizadas dentro de la cereza del café. Las hembras del nematodo penetran al interior del insecto, quizás por penetración directa de la cutícula (Fig. 2).

Cuando alcanza el homocelo de la broca, las hembras del nematodo comienzan a crecer e inician el desarrollo de huevos en su interior. Las hembras parasíticas pueden ser trasladadas a los estados de pupa y adulto de la broca. La primera muda es iniciada dentro del huevo, dejando los restos de su cutícula en el cascarón o dentro del útero de la hembra parasítica. Una segunda muda se presenta dentro del insecto hospedero, para que posteriormente el tercer estado juvenil abandone el hospedero por los tractos digestivo y genital del insecto. Después de abandonar a su hospedero, los estados juveniles mudan dos veces más antes de convertirse en adultos y madurar sexualmente. Las hembras realizan las últimas dos mudas de forma simultánea o separada, mientras que en los machos siempre ocurre simultáneamente.

El ciclo de vida de *M. hypothenemi* tiene una duración de 16 días bajo condiciones controladas (Poinar et al. 2004).

2.4. Ecología

La cosecha de frutos de café representa un factor regulador de la población de la broca y también reduce drásticamente la intensidad del parasitismo por *M. hypothenemi*.

La presencia de frutos residuales o sin cosechar en la planta y en el suelo asegura las infestaciones de broca en los ciclos productivos subsiguientes, pero también juegan un papel muy importante en la prevalencia de brocas parasitadas por *M. hypothenemi* todo el año. Durante este periodo la broca se resguarda en el interior de los frutos, reduciendo su actividad reproductiva. Es en estos momentos, cuando hembras infectivas procedentes de la población residual de la plaga, conviven protegidas por las condiciones crípticas que brinda el fruto.

En la época seca la mayor intensidad de parasitismo se presenta en los frutos recolectados del suelo, permitiendo la supervivencia del nematodo en una época crítica por falta de humedad. Las hembras adultas

de la broca permanecen infectadas dentro de los frutos residuales hasta el inicio de lluvias. La lluvia es un factor clave que estimula a la plaga a abandonar estos frutos (Barrera et al. 2006), para posteriormente colonizar a los frutos de la nueva cosecha.

Las hembras de *H. hampei* son las únicas que tienen capacidad de vuelo, por lo cual, son las que transportan al nematodo del suelo a la planta, teniendo un papel importante en la dispersión del nematodo a otras plantas. Después que finaliza la emergencia de la broca de los frutos residuales, el nematodo comienza a dispersarse a otros frutos por brocas parasitadas procedentes de frutos infestados de la nueva cosecha. Los máximos niveles de parasitismo registrados durante todo el año se observan en los frutos recolectados de la planta durante el periodo de lluvia.

Es indudable que este factor estimula la intensidad del parasitismo y la humedad residual en el suelo influye en la prevalencia del parasitismo a lo largo del año (Chávez & Vega 2004).

Por otra parte, resulta necesario evaluar el riesgo que representa *M. hypothenemi* para los parasitoides de la broca. Se ha demostrado que este nematodo afecta el desarrollo del endoparásitoide de adultos *Phymastichus coffea* LaSalle (Castillo et al. 2004, Castillo 2005a, b). Cuando comparten el mismo hospedero, *M. hypothenemi* mata larvas y pupas de *P. coffea*, reduciendo significativamente la proporción de adultos que logran emerger del hospedero.

En cafetales donde se ha establecido otro parasitoide de la broca, *Cephalonomia stephanoderis* Betrem se han recolectado frutos con presencia de *M. hypothenemi*, lo cual ha permitido observar que el nematodo es capaz de parasitar adultos de *C. stephanoderis*, pero se desconocen las consecuencias de este parasitismo sobre las poblaciones naturales de este ectoparasitoide de larvas y pupas.

2.5. Origen y distribución geográfica

El parasitismo de *M. hypothenemi* sobre la broca del café se encuentra ampliamente distribuido en la región del Soconusco (Chávez & Vega 2004). En esta región se registró el parasitismo de este nematodo en 11 de 24 localidades muestreadas, las cuales fueron localizadas a altitudes entre 461 y 1,020 metros.

La cercanía de los cafetales de Guatemala con la zona donde se ha registrado a este nematodo en Chiapas, México, hacen suponer también la presencia del nematodo en ese país centroamericano.

La presencia de parasitismo también fue verificada por el autor en la Estación experimental "La Fe" en Santa Bárbara, Honduras. Por lo tanto, no resulta improbable que la distribución de este nematodo se extienda a otros países de Centroamérica, debido a la similitud de condiciones ambientales.

La falta de regulación de la sombra en las plantaciones de café, es común en las localidades donde fueron capturadas brocas parasitadas con *M.*

hypothernemi. La mayor proporción de las localidades donde se ha registrado el parasitismo son plantaciones donde se cultiva una mezcla de *Coffea canephora* y *C. arabica*. La presencia de *M. hypothernemi* a lo largo del año puede ser favorecida por traslapes de en maduración de estas dos especies de café, que poseen distintos periodos de fructificación.

2.6. Manejo y cría

Metaparasylenchus hypothernemi es considerado un parásito obligado – solo ha sido aislado de insectos parasitados naturalmente – por lo cual su cría es muy difícil. Los nemátodos pertenecientes a la familia Allantonematidae se caracterizan por ser parásitos obligados, porque una parte de su ciclo de vida transcurre como nemátodos de vida libre y otra parte de su ciclo se realiza en el interior de su hospedero. Esto hace difícil el desarrollo del ciclo de vida completo en laboratorio.

El desarrollo de la fase infectiva se ha conseguido manteniendo al tercer estado juvenil en una gota de agua colgante (Poinar et al. 2004), pero el problema para criar y manejar este nematodo en el laboratorio aún permanece sin resolver.

3. *Panagrolaimus* sp.

3.1. Antecedentes históricos

El parasitismo natural de *Panagrolaimus* sp. (Rhabditida: Panagrolaimidae) sobre *H. hampei* fue registrado por primera vez en Corp., distrito de Karnataka (India) en 1993 (Varaprasad et al. 1994), siendo el primer caso en el mundo de nemátodos parasitando naturalmente a la broca del café.

Un nematodo de este mismo género ha sido localizado asociado con adultos de *H. hampei*, durante un estudio realizado para estudiar el parasitismo de *M. hypothernemi* en Chiapas, México (Poinar et al. 2004).

3.2. Taxonomía e identificación

Las especies de *Panagrolaimus* descubiertas en la India y México aun no han sido descritas. Las poblaciones de *Panagrolaimus* sp. localizadas en México han sido encontradas mezcladas con poblaciones de *M. hypothernemi* dentro de un mismo hospedero. Para identificar y separar los individuos por especies se pueden tomar en cuenta algunas características de comportamiento, movilidad y forma general del cuerpo de los nemátodos. *Panagrolaimus* es muy activo, su locomoción es muy rápida y se desplaza con movimientos sinusoidales. Su cuerpo posee perfiles delgados; su cola es aguda y termina en punta.

Para ciertas especies de este género ha sido descrita una cola cónica pero asimétrica, con el lado ventral más corto.

3.3. Descripción

Hasta ahora solo se han realizado observaciones preliminares sobre las poblaciones de *Panagrolaimus* sp. registradas en México, por lo tanto, es necesario realizar una descripción detallada. En la India se han localizado juveniles, machos y hembras del nematodo en el interior de las brocas adultas, lo cual indica que el nematodo puede completar su ciclo de vida dentro del insecto. Los juveniles pertenecientes a este género tienen la cutícula delgada sin una cubierta cerosa, debido a que han evolucionado con el hábito de parasitismo interno. Las hembras poseen saco uterino lleno con esperma. Los machos tienen espículas y gubernaculum, pero no poseen bursa (Varaprasad et al. 1994).

3.4. Ecología

Los panagrolaimidos ocupan gran diversidad de nichos ubicados en un rango climático que incluye a la Antártica. La sorprendente habilidad de *Panagrolaimus davidi* Timm para sobrevivir en ambientes naturales a temperaturas bajas extremas depende de su resistencia al congelamiento del agua que contiene su cuerpo (Wharton et al. 2002). Algunos miembros de este género también son capaces de sobrevivir a la desecación extrema, lograda al ingresar a un estado de animación latente conocido como "anhidrobiosis", habilidad que les ayuda a soportar una pérdida casi completa del agua corporal (Shannon et al. 2005).

Los miembros del género *Panagrolaimus* han sido registrados como parásitos facultativos de cerambícidos y escolítidos descortezadores (Poinar & Thomas 1984). En general este grupo de nemátodos se alimentan de bacterias. Los juveniles de algunas especies de *Panagrolaimus* atacan a su hospedero exudando un material pegajoso por la boca. En el caso de la broca, *Panagrolaimus* sp. vive en el interior de los adultos, pero sus hospederos no muestran signos aparentes originados por el parasitismo. La única forma para determinar su presencia consiste en sacrificar a los adultos de *H. hampei*. Observaciones preliminares no han permitido detectar cambios en la fisiología y comportamiento de los adultos de la broca como consecuencia del parasitismo por *Panagrolaimus* sp., impidiendo conocer su potencial como regulador de las poblaciones naturales de esta plaga.

3.5. Origen y distribución

Las especies de *Panagrolaimus* descubiertas parasitando a la broca aún no han sido descritas, pero al igual como el nematodo *M. hypothernemi*, se sospecha que *Panagrolaimus* sp. puede estar infectando poblaciones naturales de la broca en distintos países cafetaleros del mundo. El estudio de su distribución y la identificación de estas especies será de mucha utilidad en la determinación del origen de los nemátodos que parasitan naturalmente a la broca.

4. *Heterorhabditis* y *Steinernema*

4.1. Antecedentes históricos

Los nematodos pertenecientes a las familias Heterorhabditidae y Steinernematidae (Rhabditida) son empleadas como agentes de control de plagas porque pueden matar a su hospedero en pocos días, se multiplican fácilmente y tienen una gama muy amplia de hospederos (Georgis & Hom 1992). Hasta el momento, nematodos pertenecientes a estas dos familias no han sido aisladas de infecciones naturales en *H. hampei*, pero varios autores señalan que éstos podrían ser incluidos dentro de programas de manejo integrado como una alternativa viable para combatir a la broca refugiada dentro de frutos residuales (Moore & Prior 1989, Murphy & Moore 1990). Un primer trabajo demostró el potencial de *Heterorhabditis* sp. para el control de la broca, al penetrar a las cerezas infestadas y causar una mortalidad significativa de sus larvas y adultos (Allard & Moore 1989). Posteriormente, una cepa comercial de *Neoplectana carpocapsae* (Weiser) y tres cepas de *Heterorhabditis* sp., identificadas posteriormente como *H. bacteriophora* Poinar (Toledo et al. 2005), causaron altos niveles de mortalidad en adultos de broca alojada dentro del fruto (Castillo & Marbán-Mendoza 1996). Aunque estos nematodos pueden matar a la broca en condiciones de laboratorio, las altas concentraciones requeridas y sus elevados costos no justifican su uso para controlar a las poblaciones de la broca en campo. En Colombia se han evaluado cepas nativas de *Heterorhabditis* sp. y *Steinernema* sp. para el control de la broca localizada en frutos del suelo (Lara et al. 2004). Sin embargo, son necesarios estudios de campo para determinar el impacto que tiene la aplicación de nematodos entomopatógenos sobre infestaciones naturales de *H. hampei*, porque los resultados de laboratorio no siempre concuerdan con los de campo.

4.2. Taxonomía y sinonimia

Muchas especies pertenecientes a la superfamilia Rhabditoidea se alimentan de bacterias, pero los miembros de las familias Heterorhabditidae y Steinernematidae se caracterizan por tener una asociación mutualista muy específica con bacterias de los géneros *Xenorhabdus* y *Photorhabdus* (Woodring & Kaya 1988). Esta simbiosis produce la muerte del insecto hospedero en aproximadamente 48 h, lo que ha despertado interés orientado al control de plagas. Existe controversia con respecto a las especies que posee cada una de estas dos familias. Poinar (1990) señala aproximadamente diez especies de *Steinernema* y tres especies de *Heterorhabditis*. En la nomenclatura de estos nematodos existen varios sinónimos, como el género *Neoplectana* que algunos autores mencionan como *Steinernema*. La especie *S. feltiae* también es conocida con el nombre de *N. carpocapsae*. Dentro de la

familia Heterorhabditidae también se presentan sinonimias como es el caso de *H. bacteriophora* (*H. heliothidis*, *H. zealandica*, o *Cromonema heliothidis*), *H. hambletoni* (*Rhabditis hambletoni*) y *H. opta* (*Neoplectana opta*) (Poinar 1990).

4.3. Descripción

El tercer juvenil mide aproximadamente 0.6 mm de largo, representa al estado infectivo de *N. carpocapsae* y *H. bacteriophora*. El estado infectivo está protegido con la cutícula del segundo juvenil, que lo hace resistente a condiciones ambientales y le confiere mejor capacidad de alcanzar el interior de un insecto. Poseen además reservas alimenticias que permiten su supervivencia por largos períodos (Jansson 1992).

La primera generación de los heterorhabditidos está compuesta solo de hembras hermafroditas, seguida por la generación parasítica con machos y hembras. Los machos tienen bursa y una espícula muy notable, mientras que la cola de las hembras es en forma de punta. En los steinernematidos se observan ambos sexos en todas las generaciones. En los machos la bursa está ausente y las hembras tienen la punta de la cola achatada por un lado.

4.4. Biología

Los nematodos steinernematidos y heterorhabditidos tienen un ciclo de vida simple que está constituido por los estados de huevo, cuatro estados juveniles y el adulto. Ambas familias tienen un ciclo de vida parecido. Las especies de Heterorhabditidae producen una generación de hembras hermafroditas alternada con otra donde se presentan hembras y machos. La descendencia de los steinernematidos siempre está constituida por machos y hembras (Woodring & Kaya 1988). Dependiendo de su tamaño, dentro del cuerpo del insecto se pueden presentar dos generaciones del nematodo. Eventualmente algunas especies de nematodos pueden alcanzar una tercera generación dentro del insecto, como es el caso de *S. feltiae* en larvas del último estadio de *Galleria mellonella* (L.).

4.5. Ecología

Los nematodos pertenecientes a las familias Heterorhabditidae y Steinernematidae difieren de otras que se alimentan de bacterias porque, como ya se dijo, tienen una asociación mutualista con bacterias específicas del género *Xenorhabdus* y *Photorhabdus*. Estas bacterias son fácilmente susceptibles a la degradación y no tienen formas para penetrar dentro del hospedero, por lo tanto, necesitan de estos nematodos para propagarse. El tercer estado juvenil del nematodo protege a las bacterias y las transporta hasta el interior del insecto. Después de la penetración el juvenil infectivo deposita la bacteria y secreta un inhibidor de las enzimas antibacteriales dentro del

insecto hospedero. El nematodo se introduce al insecto por los espiráculos, ano o aparato bucal, hasta llegar a la homocela del insecto donde inocula la bacteria. Los heterorhabditidos poseen un diente dorsal que les permite atravesar la cutícula del insecto. La inoculación de la bacteria dentro del hospedero provoca una septicemia que origina su muerte en 48 h (Capinera & Epsky 1991). La bacteria mata al insecto y proporciona nutrientes para el desarrollo y reproducción del nematodo mientras inhibe el crecimiento de otras bacterias. El nematodo se desarrolla y multiplica dentro del insecto, después emergen los nuevos juveniles infectivos para iniciar la búsqueda de otros hospederos.

La reproducción de los nematodos sin la presencia de estas bacterias es posible, pero su multiplicación se reduce en forma drástica (Akhurst & Boermare 1990). Estos nemátodos causan septicemia y matan rápidamente a los insectos, una vez que logran inocular a la bacteria mutualista dentro del cuerpo del insecto. La bacteria necesita ser transportada por el nematodo al interior del hospedero, mientras que la reproducción de los nematodos depende de la alimentación de la bacteria. Estos nematodos son altamente susceptibles a la deshidratación, radiación solar y luz ultravioleta, factores que afectan su sobrevivencia. Su persistencia, desplazamiento e infectividad sobre su hospedero están influenciados por el tipo de suelo, humedad y temperatura del suelo. Sin embargo, *H. bacteriophora* y *S. feltiae*, son capaces de desplazarse, penetrar al fruto e infectar a la broca localizada dentro de frutos infestados, sin que la textura del suelo muestre un efecto significativo (Molina & López 2002). En laboratorio se ha observado que la baja supervivencia de *S. feltiae* y *H. bacteriophora* al ser aplicados contra la broca del café en un suelo con escasa humedad, se puede resolver con el empleo de humectantes (Molina & López 2003).

Los steinernematidos y heterorhabditidos representan una alternativa para combatir plagas relacionadas con el suelo o de hábitos crípticos. En el laboratorio, más de 250 diferentes especies de insectos pueden ser infectados con *S. feltiae*, sin embargo este rango de hospederos no es tan amplio bajo condiciones de campo (Kaya & Stimmann 1987). La mayoría de los steinernematidos y heterorhabditidos han mostrado tener un amplio rango de hospederos, pero otros como *S. scapteriscis* Nguyen & Smart que infecta a grillos, aparentemente tienen un rango de hospederos más restringido. Estos nematodos no son efectivos contra insectos acuáticos, como larvas de mosquitos, moscas y contra insectos que se alimentan del follaje. Algunas especies de nematodos han sido evaluadas para el control de escolitidos plaga. La aplicación de *Steinernema* sp. infecta y mata poblaciones de *Scolytus scolytus* (Fabricius) (Finney & Mordue 1976). *Neoplectana carpocapseae* es capaz de infectar a las especies de escolitidos *Hexacolus guyanensis* Schedl. y *Dentroctonus adjunctus* Blandford (Wassink & Poinar 1984).

Aunque estos nematodos no han mostrado efectos negativos sobre plantas y animales, es importante señalar que se han registrado infecciones en humanos con bacterias *Photorhabdus* spp. (Peel et al. 1999).

La aplicación de juveniles infectivos de una cepa de *Heterorhabditis* sp. provocó, trece días después, una mortalidad de 90% en adultos de la broca (Allard & Moore 1989). Algunas cepas de *H. bacteriophora* causan un efecto letal similar al aplicar una cepa comercial de *N. carpocapseae* sobre los adultos de *H. hampei* (Castillo & Marbán-Mendoza 1996). Las larvas de la broca fueron más susceptibles a la infección que las pupas y adultos.

Los síntomas de una infección provocada por *H. bacteriophora* y *N. carpocapseae* en una larva de la broca son distintos: cuando es afectada por *Heterorhabditis* sp. adquiere una coloración rojiza, mientras que *N. carpocapseae* produce un ablandamiento de tejido y las larvas adquieren un color crema. Los síntomas de la infección que producen *H. bacteriophora* y *N. carpocapseae* en las brocas adultas son similares entre sí: ocurre un hinchamiento del cuerpo del insecto como consecuencia de la bacteriosis, provocando una separación de las partes intersegmentales. Es común observar la presencia de colonias de bacterias agrupadas alrededor de brocas adultas infectadas, antes de la emergencia de la progenie del nematodo. Invariablemente, la infección finaliza con la desintegración del cuerpo de la broca.

La progenie de los nematodos se desarrolla en el interior de larvas, pupas y adultos de la broca, pero debido al pequeño tamaño del insecto, puede ocurrir una sola generación o quizá una generación incompleta, lo que provoca la emergencia anticipada de nematodos adultos a partir de *H. hampei* parasitados (Fig. 3). *Heterorhabditis bacteriophora* puede completar su desarrollo en larvas y adultos de la broca (Molina & López 2002). La progenie del nematodo emerge siete días después de la muerte de adultos infectados de la broca y en menor tiempo de larvas infectadas. Decenas



Fig. 2. Larva de *H. hampei* con adulto de *H. bacteriophora* en su interior (izquierda) y larva sana (derecha).

de juveniles pueden emerger de una broca adulta por sus partes intersegmentales.

4.6. Distribución geográfica

Estas especies de nemátodos están presentes en forma natural en suelos de todos los continentes con excepción de la Antártica, pero su impacto sobre las poblaciones de insecto es desconocido. La variedad de especies y cepas geográficas sitúan a estas especies de nematodos como organismos con potencialidad de uso en el control de plagas, especialmente del suelo. Algunas cepas de heterorhabditidos y steinernematidos han sido localizadas en el suelo de cafetales (Castillo 1995). Éstos podrían sustituir a los insecticidas por el amplio número de hospederos, seguridad y facilidad de aplicación, y la ausencia restricciones de registro en algunos países. Existen presentaciones comerciales generadas a partir de algunas cepas de estos nematodos. En algunas regiones de América son potencialmente propicias para su empleo en el control de plagas, por las condiciones de suelo, humedad, temperatura, presencia de hospederos durante todo el año y alta incidencia del hospederos susceptibles de infección (Capinera & Epsky 1991).

4.7. Manejo y cría

Los nemátodos steinernematidos y heterorhabditidos son parásitos obligados pero relativamente fácil para criar sobre insectos hospederos o medios artificiales. Los avances logrados en la producción masiva, formulación y métodos de aplicación, hace factible que sean disponibles comercialmente para el control de ciertas plagas (Georgis & Hom 1992). Para usarlos contra la broca, se ha demostrado que los equipos de aspersión usados para el control esta plaga son efectivos para aplicar juveniles infectivos de *Steinernema* sp., sin poner en riesgo su supervivencia y patogenicidad (Lara & López 2005).

5. Conclusiones y recomendaciones

La falta de información sobre el potencial de uso, manejo y multiplicación de nemátodos parásitos de la broca del café, son las principales limitantes para usarlos como agentes de control de forma generalizada. El valor de estos organismos como reguladores biológicos de plagas agrícolas, recae principalmente sobre su grado de especificidad con el hospedero, el impacto que tienen sobre ellos y la disponibilidad de un método de cría. Es indiscutible que se requiere concentrar mayor esfuerzo en la búsqueda de especies con atributos para controlar biológicamente a la broca, así como también es necesario desarrollar los métodos para multiplicarlos. Actualmente, las especies comercialmente disponibles ofrecen una perspectiva muy prometedora para usarlos como reguladores de plagas, pero no son específicas para la broca del café.

Por la gran diversidad de vida que alberga el cultivo de café bajo sombra, y por la distribución mundial de esta plaga, sería deseable encaminar los esfuerzos hacia la búsqueda de nematodos en diferentes regiones productoras de café en el mundo. Sin embargo, las crisis en los precios de este producto están provocando la sustitución de las áreas de cultivo por otras actividades agrícolas. Estos cambios en la actividad del suelo podrían provocar la desaparición de especies endémicas, incluso de aquellas que ni siquiera conocemos. Una evidencia del impacto de la reconversión de las áreas de cafetal es el sitio donde fue descubierto el nematodo *M. hypothernemi*, del cual solo se conserva menos de la mitad y el resto ha sido sustituido por cultivos de subsistencia, como el maíz y el frijol. Para resolver esta problemática, una solución a largo plazo sería promover el cultivo de café bajo sombra, con dos objetivos primordiales: reducir la sobreproducción del aromático y contribuir al mantenimiento de la biodiversidad en las zonas tropicales y subtropicales de nuestro planeta.

6. Agradecimientos

Al Insect Biocontrol Laboratory, USDA-ARS, Beltsville, por el financiamiento para estudiar la biología y ecología de *M. hypothernemi*.

7. Literatura citada

- Allard, G.B. & D. Moore. 1989. *Heterorhabditis* sp. Nematodes as control agents for coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Scolytidae). *Journal Invertebrate Pathology* 54:45-48.
- Akhurst, R. J. & N. E. Boermare. 1990. Biology and taxonomy of *Xenorhabdus*, p. 75-90. In: R. Gaugler & H. Kaya (eds), *Entomopathogenic nematodes in biological control*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Barrera, J.F., J. Herrera, A. Villacorta, H. García & L. Cruz. 2006. Trampas de metanol-etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei*, p. 71- 83. En: Barrera, J.F. & P. Montoya (eds.), *Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica*. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Capinera, J.L. & N.D. Epsky. 1991. Potential for biological control of soil insects in the Caribbean basin using entomopathogenic nematodes. *Florida Entomologist* 75:525-532.
- Castillo, A. 1995. Evaluación de nematodos entomopatógenos (Rhabditida, Steinernematidae y Heterorhabditidae) para el control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. en Chiapas, México. Tesis. Centro Agronómico Tropical y de Enseñanza, Costa Rica. 72 p.
- Castillo, A. 2005a. Análisis posintrodutorio de *Phymastichus coffea* LaSalle (Hymenoptera:

- Eulophidae), a México. Tesis. Colegio de Posgraduados, México. 150 p.
- Castillo, A. 2005b. Perspectivas de utilización del parasitoide *Phymastichus coffea* en el manejo integrado de la broca del café, p. 31-37. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Castillo, A. & N. Marbán-Mendoza. 1996. Evaluación en laboratorio de nemátodos entomopatógenos para el control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) Nematropica 26:101-109.
- Castillo, A. & J.F. Barrera. 1998. Primer registro de nematodo parasitando a la broca del café en cafetales de México, p. 47. En: J.F. Barrera, A. A. Guerra, J. J. Menn & P. S. Baker (eds.), II Reunión Intercontinental sobre Broca del Café. Tapachula, Chiapas, México.
- Castillo, A., F. Infante, J.F. Barrera, L. Carta & F. Vega. 2002. First field record of a nematode (Tylenchida: Sphaerularioidae) attacking the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in the Americas. Journal of Invertebrate Pathology 79:120-122.
- Castillo, A., F. Infante, I. Chávez, J. Vera-Graziano & F. Vega. 2004. Interferencia de *Metaparasitylenchus hypothenemi* (Allantonematidae: Nematoda), en el control de la broca con el parasitoide *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae), p. 78-81. En: XXVII Congreso Nacional de Control Biológico. Los Mochis, Sinaloa, México.
- Chávez, I.E. & F. Vega. 2004. Epidemiología de *Metaparasitylenchus hypothenemi* (Tylenchida: Allantonematidae) en la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). XXXIII Congreso Nacional de Entomología. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Finney J.R. & W. Mordue. 1976. The susceptibility of the elm bark beetle *Scolytus scolytus* to the DD-136 strain of *Neoplectana* sp. Annals of Applied Biology. 83:311-312.
- Georgis, R. & A. Hom. 1992. Introduction of entomopathogenic nematode products into Latin America and the Caribbean. Nematropica 22: 81-98.
- Jansson, R. K. 1992. Introduction of exotic entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) for control of insects: potential and problems. Florida Entomologist 76: 83-96.
- Kaya H.K. & M.W. Stimmann. 1987. Parasitic nematodes in biological control of insect pests. University of California. Cooperative Extension Service. Berkeley, C.A. 2 p.
- Lara, J.C. & J.C. López. 2005. Evaluación de diferentes equipos de aspersión para la aplicación de nemátodos entomopatógenos. Revista Colombiana de Entomología 31: 1-4.
- Lara, J.C., J.C. López & A.E. Bustillo. 2004. Efecto de entomonematodos sobre poblaciones de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), en frutos en el suelo. Revista Colombiana de Entomología 30: 179-185.
- Molina, J.P. & J.C. López. 2002. Desplazamiento y parasitismo de entomonematodos hacia frutos infestados con la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Revista Colombiana de Entomología 28: 145-151.
- Molina, J.P. & J.C. López. 2003. Supervivencia y parasitismo de nematodos entomopatógenos para el control de *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en frutos de café. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas 29:523-533.
- Moore, E. & C. Prior. 1989. Present status of biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, p. 1119-1124. In: Brighton Crop Protection Conference. Pest and Disease. Proceedings. London.
- Murphy, S.T. & D. Moore. 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae): Previous programmes and possibilities for the future. Biocontrol News and Information 11:107-117.
- Peel, M. M., D. A. Alfredson, J. G. Gerrard, J. M. Davis, J. M. Robson, R. J. McDougall, B. L. Scullie, and R. J. Aekhurst. 1999. Isolation, Identification, and molecular characterization of strains of *Photorhabdus luminescens* form infected humans in Australia. J. Clin. Microbiol. 37: 3647-3653.
- Poinar Jr., G. 1990. Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae, p. 23-61. In: R. Gaugler & H.K. Kaya (eds.), Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press Boca Raton, Florida.
- Poinar, G. Jr. & G. M. Thomas. 1984. Nematodes, p. 235-280. In: G. Poinar Jr. & G. M. Thomas (eds.), Laboratory guide to insect pathogens and parasites. Plenum Publishing Corporation. New York.
- Poinar, G. Jr., F.E. Vega, A. Castillo, I. E. Chavez & F. Infante. 2004. *Metaparasitylenchus hypothenemi* n. sp. (Nematoda: Allantonematidae), a parasite of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae). Journal of Parasitology 90: 1106-1110.
- Shannon, A. J., J.A. Browne, J. Boyd, D.A. Fitzpatrick & M. Burnell. 2005. The anhydrobiotic potential and molecular phylogenetic of species and strains of *Panagrolaimus* (Nematoda, Panagrolaimidae). Journal of Experimental Biology 208:2433-2445.
- Siddiqi, M. R. 2000. Tylenchida parasites of plants and insects, 2nd ed. CABI Publishing, Wallingford, U.K. 833 p.
- Toledo J., J.E. Ibarra, P. Liedo, A. Gómez, M.A. Rasgado & T. Williams. 2005. Infection of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) larvae by *Heterorhabditis bacteriophora* (Rabditida: Heterorhabditidae) under laboratory conditions. Biocontrol Science and Technology 15:627-634.

- Varaprasad, K.S., S.S. Balasubramanian, B.J. Diwakar & C.V. Ramarao. 1994. First report of an entomogenous nematode, *Panagrolaimus* sp. from coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) from Karnataka, India. Indian Plant Protection Bulletin 46: 42.
- Wassink. H. & G. Poinar Jr. 1984. Use of the entomogenous nematode, *Neoplectana carpocapsae* Weiser (Steinernematidae: Rhabditidae), in Latin America. Nematropica 14: 97-109.
- Wharton, D.A., G. Goodall & C.J. Marshall. 2002. Freezing rate affects the survival of a Short-term freezing stress in *Panagrolaimus davidi*, an Antarctic nematode that survives intracellular freezing. CryoLetters 23: 5-10.
- Wilson, E.O. 1988. Biodiversity. National Academy Sciences/Smithsonian Institution. Washington, 538 p.
- Woodring, K.L. & H.K. Kaya. 1988. Steinernematid and heterorhabditid nematodes: A handbook of biology and techniques. Arkansas Agricultural Experiment Station. Southern Cooperative Series Bulletin no. 331. 29 p.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 121-130. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

COMPORTAMIENTO DE LOCALIZACION DE HUESPED POR LOS PARASITOIDES DE LA BROCA DEL CAFE

Host location behavior by the coffee berry borer's parasitoids

P. CHIU-ALVARADO, A. VIRGEN & J. C. ROJAS

Departamento de Entomología Tropical, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Carretera Antigua Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, 30700, México. pchiu@tap-ecosur.edu.mx

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei*, *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, *Cephalonomia hyalinipennis*, *Phymastichus coffea*, *café*, *localización del huésped*, *interacciones tritróficas*, *ecología química*.

CONTENIDO

1. Introducción.....	122
2. Modelo de estudio.....	122
3. Respuesta de los parasitoides a volátiles del café y la broca.....	124
3.1. Estímulos químicos a larga distancia.....	124
3.2. Estímulos químicos a corta distancia.....	126
3.3. ¿Qué tan específica es la respuesta a los estímulos químicos?.....	127
3.4. Otros factores que afectan la respuesta a estímulos químicos.....	128
4. Conclusiones y perspectivas.....	128
5. Agradecimientos.....	128
6. Literatura Citada.....	128

Resumen

El comportamiento de localización de huéspedes por los parasitoides de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) es un área de investigación poco atendida a pesar de que muchos estudios sobre la biología y ecología tanto de la broca como de sus parasitoides han sido realizados. En este trabajo se presentan los resultados de investigaciones sobre la influencia de los estímulos químicos provenientes del complejo planta-herbívoro en el comportamiento de búsqueda de huésped de los parasitoides de *H. hampei*. El tema es abordado con aspectos generales sobre la importancia de estudiar el comportamiento de localización de huéspedes y sus implicaciones en las acciones de control biológico. La bioecología del sistema tritrófico en estudio (café-broca-parasitoides) también se describe en forma general. Las investigaciones más sobresalientes sobre el papel de las señales químicas involucradas en el proceso de localización de huéspedes por los parasitoides *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, *C. hyalinipennis* y *Phymastichus coffea*, son presentados y discutidas dentro del contexto de su biología. Los volátiles de frutos infestados, de los desechos alimenticios y fecales derivados de la actividad de la

broca, y de los inmaduros extraídos de frutos de café infestados, son las fuentes principales de atracción en tal interacción tritrófica.

Abstract

The study of host location behavior by the parasitoids of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) is an area of research that has been largely neglected. In this paper, we present the results of our research on the influence of chemical cues derived from the plant-herbivore complex on the host location behavior of coffee berry borer parasitoids. Firstly, we discuss the general aspects of the importance of studying the host location and its implications in biological control. Secondly, we describe in general form the bio-ecology of the tritrophic system (coffee-herbivore-parasitoids) studied here. Thirdly, we present and discuss our results on the role of the chemical cues involved in host location process of the parasitoids *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, *C. hyalinipennis* and *Phymastichus coffea*. The volatiles from infested coffee berry, dust/frass produced by borer activity and host immatures are the principal attraction sources in this tritrophic system.

1. Introducción

Los parasitoides contribuyen de manera importante a la agricultura sostenible ya que regulan las poblaciones de los insectos herbívoros, entre los que se encuentran los considerados como plaga. El desempeño de los parasitoides puede ser predicho a través de estudios ecológicos, evaluando sus características comportamentales. Éstas, en parte, determinan la eficacia de las especies como agentes de control biológico (Lewis et al. 1990, Hare & Morgan 1996).

La efectividad de los parasitoides como agentes de control biológico depende ampliamente de su comportamiento de localización del huésped. Este comportamiento comúnmente es dividido en localización del hábitat del huésped, localización del huésped, reconocimiento de huésped y aceptación del huésped (Vinson 1984).

Durante la localización del huésped, los parasitoides pueden usar señales complejas de corto y largo alcance, las cuales pueden incluir señales visuales, químicas, auditivas y táctiles (Godfray 1994). Generalmente, el estímulo químico juega un papel preponderante durante el proceso de localización del huésped (Vet & Dicke 1992). Los compuestos químicos –infoquímicos– que median el comportamiento de localización del huésped pueden originarse del herbívoro, del alimento de éste, de organismos asociados al huésped o de las interacciones de todos ellos (Vet & Dicke 1992).

A pesar que muchos trabajos sobre la biología y ecología de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) y sus parasitoides han sido realizados (Barrera 2005), poco se conoce acerca de comportamiento, particularmente aquel relacionado con la localización del huésped (Rojas 2005, Rojas et al. 2006).

En este trabajo presentamos los resultados de nuestras investigaciones sobre la influencia de los estímulos químicos provenientes del complejo planta-herbívoro en el comportamiento de búsqueda de huésped de los parasitoides de *H. hampei*. El manejo comportamental de los parasitoides a través de los

infoquímicos puede tener implicaciones prácticas para mejorar la eficiencia de los parasitoides. Por lo tanto, este conocimiento podría ser valioso para fortalecer el desarrollo de acciones del control biológico contra la broca del café, entre otros insectos plaga (Vinson 1984, Lewis et al. 1990, Hare & Morgan 1996).

2. Modelo de estudio

Nuestro modelo de estudio comprendió el sistema tritrófico constituido por fruto de café- broca-parasitoides. Generalmente este sistema ocurre en un ambiente donde la penetración de luz es escasa por lo que el papel del estímulo químico parece ser importante en la interacción.

El café (*Coffea* spp.) es una planta de origen africano que pertenece a la familia de las rubiáceas. Existen 64 especies del género *Coffea*, de las cuales tres son las cultivadas comercialmente: *Coffea arabica*, *C. canephora* (var. Robusta) y *C. liberica*. El 70% de la producción mundial de café viene de las especies *C. arabica* y *C. canephora* (Maestri & Santos Barros 1977). Los dos países con mayor producción son Brasil y Colombia, seguido de Indonesia, Vietnam y México (ICO 2006).

La broca del café es el insecto plaga de mayor importancia económica para la cafecultura mundial (Le Pelley 1968, Murphy & Moore 1990, Baker 1999, Barrera 2005). Al igual que el café, el centro de origen de este insecto es África central, sitio a partir del cual se ha dispersado hacia casi todas las zonas cafetaleras del mundo. Ésta se alimenta y reproduce exclusivamente en los frutos de café, sin dañar hojas, ramas o tallos del café (Waterhouse & Norris 1989, Damon 2000).

El daño es causado por larvas y los adultos de la broca que viven en su interior demeritando la calidad del grano (Le Pelley 1968). La hembra barrena el fruto y oviposita dentro de éste de uno a tres huevecillos por día por varias semanas, produciendo alrededor de 30 a 119 huevecillos (Murphy & Moore 1990; Barrera 1994). Los machos viven alrededor de 87 días y las hembras 157 días y la proporción sexual es a favor de las hembras 10:1 (Bergamin 1943). Después de emerger,

Cuadro 1. Respuesta comportamental de los parasitoides de la broca a diferentes fuentes de volátiles del complejo broca (*H. hampei*)-café (*Coffea* spp.).

Parasitoide	Fuente de los compuestos volátiles					
	Café sano	Café dañado mecánicamente	Café infestado	Inmaduros de broca	Adultos de broca	DAF de broca
<i>P. nasuta</i> *	–	–	+	+	–	+
<i>C. stephanoderis</i> **	–	–	+	+	–	+
<i>C. hyalinipennis</i>	–	–	–	–	–	–
<i>P. coffea</i> ***	–	+	+	–	–	+

* Chiu et al. (2006). ** En parte de Felipe-Silvestre et al. (En prensa); *** Rojas et al., (2006).

+ Atracción, – No Atracción.

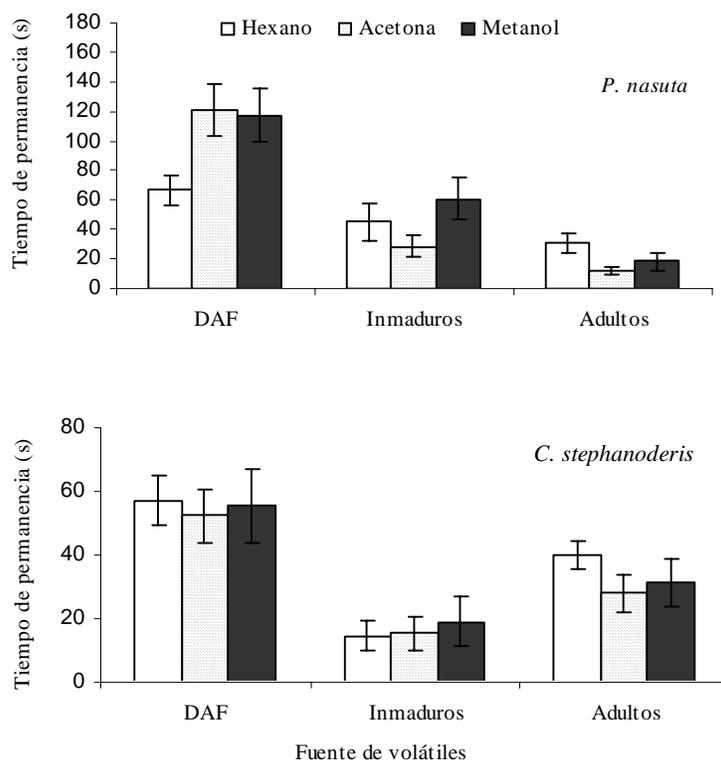


Fig. 1. Actividad comportamental de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* sobre extractos hexánicos, acetónicos y metanólicos de los químicos de contacto derivados de los DAF, inmaduros y adultos extraídos de frutos de café infestados.

ocurre el apareamiento entre hermanos y los machos nunca abandonan el fruto. Después del apareamiento las hembras abandonan el fruto donde se desarrollaron y buscan frutos sanos para barrenar e iniciar un nuevo ciclo (Le Pelley 1968). En condiciones de campo, en México, el tiempo estimado para que transcurra una generación fue de 45 días (Baker et al. 1992).

A pesar que varias especies de parasitoides atacan naturalmente a *H. hampei* (Murphy & Moore 1990), solo cuatro especies del orden Hymenoptera han sido criadas en el laboratorio (Barrera 2005). Tres de ellas pertenecen a la familia Bethyidae: *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, *C. hyalinipennis* Ashmead y *Prorops nasuta* Waterston; la otra, *Phymastichus coffea* LaSalle, pertenece a la familia Eulophidae.

Las hembras de los tres betílicos se alimentan y ovipositan externamente (ectoparasitoides) sobre larvas/pupas de *H. hampei*, mientras *P. coffea* es un endoparasitoide de adultos.

Cephalonomia stephanoderis y *P. nasuta* son especialistas de la broca del café (pero ver Pérez-Lachaud & Hardy 2001), en tanto *C. hyalinipennis* tiene un rango de huéspedes más amplio dentro del orden Coleoptera, e incluso, en condiciones de laboratorio se le ha reportado como hiperparásito de *C. stephanoderis*

y *P. nasuta* (Perez-Lachaud & Hardy 1999, Batchelor et al. 2005).

Las especies *C. stephanoderis* y *P. nasuta* se alimentan de la hemolinfa de todos los estados de desarrollo de la broca prefiriendo consumir huevecillos, larvas pequeñas y adultos (Barrera et al. 1990, Lauzière et al. 2001). *Cephalonomia hyalinipennis* no parece atacar a los adultos (Batchelor et al. 2005). *Cephalonomia stephanoderis* prefiere ovipositar sobre prepupas y pupas, *P. nasuta* preferencialmente oviposita sobre larvas maduras y prepupas, mientras que *C. hyalinipennis* pone sus huevecillos sobre larvas maduras, prepupas y pupas. *Cephalonomia stephanoderis* y *P. nasuta* ponen un solo huevecillo por huésped (Barrera et al. 1989, Abraham et al. 1990 Infante et al. 2005) mientras que *C. hyalinipennis* oviposita varios huevecillos por huésped (Perez-Lachaud 1998; Perez-Lachaud & Hardy, 1999, 2001). Las hembras de las tres especies de betílicos no pueden madurar huevecillos hasta que ellas no se han alimentado de sus huéspedes, es decir, son sinovigénicas (Barrera et al. 1990, Lauzière et al. 2001, Perez-Lachaud & Hardy 1999, 2001).

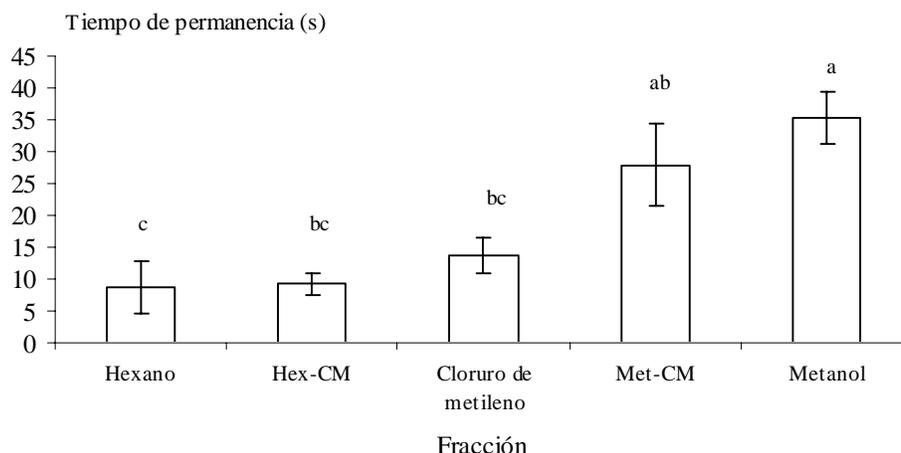


Fig. 2. Respuesta comportamental de la hembra de *P. nasuta* a los químicos de contacto presentes en fracciones de extractos de los DAF. Diferencias estadísticas en el tiempo invertido en cada fracción son mostradas con letras diferentes (ANOVA, $P < 0.05$, $N = 50$). Hex, Hexano; CM, Cloruro de metileno; Met, Metanol.

3. Respuesta de los parasitoides a volátiles del café y la broca

3.1. Estímulos a larga distancia

Los compuestos volátiles pueden servir como mensajeros regulando las interacciones entre plantas, herbívoros y sus enemigos naturales. Las actividades de forrajeo de varios parasitoides pueden ser influenciadas por los compuestos volátiles asociados con el hábitat de sus huéspedes. Por ejemplo, el parasitoide generalista *Cotesia marginiventris* (Cresson) es atraído a los volátiles provenientes de la planta del huésped dañadas por el huésped (Turlings et al. 1991). En contraste, para el parasitoide especialista *Microplitis croceipes* (Cresson) los volátiles provenientes de las heces del huésped son más importantes que aquellos derivados de la planta del huésped (Eller et al. 1988).

En pruebas de laboratorio usando un olfatómetro tipo "Y", las hembras de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* fueron atraídas a los frutos de café infestados, pero no a los frutos sanos o dañados mecánicamente. Al evaluar la respuesta comportamental de las hembras a los adultos de las brocas, los estados inmaduros de éstas y sus desechos alimenticios y fecales (DAF), se encontró que ambas especies fueron atraídas a los DAF e inmaduros, pero no a los adultos de la broca del café (Cuadro 1). Al parecer el o los compuestos responsables de la atracción a los inmaduros no son los mismos que atraen a los parasitoides a los DAF. Nuestros datos también sugieren que la atracción de los estados inmaduros no es debida a problemas de contaminación con los DAF, debido a que si este fuera el caso, entonces los adultos de la broca, que también conviven con los DAF, hubieran sido atractivos al parasitoide. Howard & Flinn

(1990) han documentado que el parasitoide *C. waterstoni* Gahan es atraído a corta distancia a compuestos depositados por larvas de su huésped *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens). Una situación similar ha sido documentada para *C. tarsalis* (Ashmead) que igualmente usa estímulos químicos de la cutícula de su huésped *Oryzaephilus surinamensis* (L.) para localizarlo (Howard et al. 1998). Debido a que los DAF están íntimamente asociados con los inmaduros de la broca, entonces los volátiles provenientes de los DAF se convierten en una señal altamente confiable para los parasitoides de la presencia de su huésped.

Cephalonomia hyalinipennis, que además de la broca de café ataca a otras especies de Coleoptera, y que actúa eventualmente como hiperparasitoide de *P. nasuta* y *C. stephanoderis*, no fue atraído por ninguno de los tres tipos de fruto ofrecidos ni por los adultos, inmaduros o los DAF de la broca del café (Cuadro 1). El hecho anterior está de acuerdo con la hipótesis de que los parasitoides generalistas no deben responder innatamente a las señales emitidas por sus potenciales huéspedes (Vet & Dicke 1992). Estudios posteriores son necesarios para evaluar si *C. hyalinipennis* es capaz de aprender, tal como es asumido por esta hipótesis.

Las hembras de *P. coffea* fueron atraídas por los frutos de café dañados mecánicamente y los frutos de café infestados, pero no por los frutos de café sanos en pruebas de no elección y doble elección. En pruebas de no elección se encontró que este parasitoide fue atraído a los DAF, pero no a los adultos o los inmaduros (larvas/pupas) de la broca del café (Rojas et al. 2006). Generalmente las hembras de este eulófido atacan a la broca cuando esta barrenando los frutos del café, por lo que la atracción a los frutos dañados mecánicamente puede ser explicada en relación con este

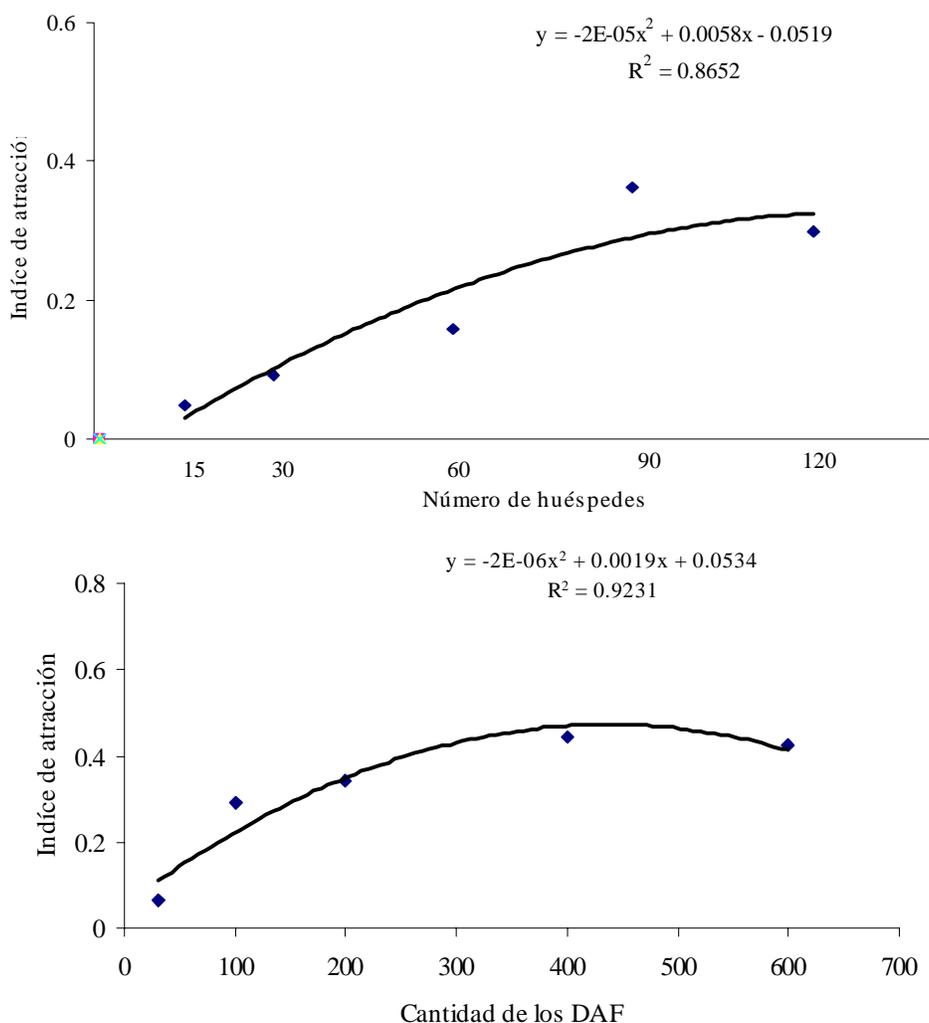


Fig. 3. Respuesta de *C. stephanoderis* hacia la concentración de volátiles procedentes de diferentes cantidades de inmaduros y los DAF.

comportamiento. La respuesta de *P. coffea* a los DAF es más difícil de explicar, ya que éstos son producidos mayormente cuando la broca hembra ya se encuentra establecida dentro del fruto de café, lo cual minimiza el ataque del parasitoide. Sin embargo, la broca hembra regularmente remueve estados inmaduros muertos y DAF de las galerías, y durante esta actividad, expone su abdomen en donde podría ser atacada por *P. coffea* (Jaramillo et al. 2005). Alternativamente, la respuesta de *P. coffea* a los DAF podría ser explicada si éstos contuvieran una feromona de agregación de la broca. El hecho de que los parasitoides de adultos exploten las feromonas emitidas por sus huéspedes ha sido documentado en varias especies de Diptera e Hymenoptera (Aldrich 1995, Powell et al. 1998, Morrison & King 2004).

Un análisis químico de los frutos de café muestra que los frutos sanos, dañados mecánicamente e infestados por la broca liberan la misma mezcla de compuestos, aunque existe cierta variación cuantitativa entre ellos. Se encontró que los frutos infestados liberan mayor cantidad de volátiles comparados con los liberados por los frutos sanos y dañados mecánicamente. Los compuestos que son liberados en mayor cantidad por este tipo de frutos son el α -pineno, β -cariofileno y acordioeno (Julio Rojas & Leopoldo Cruz-López, datos no publicados). Por otra parte, un análisis químico de extractos provenientes de los DAF mostró que sus principales constituyentes fueron α -pineno, 3 octanona, limoneno, longifoleno y cariofileno. Además, se encontraron hidrocarburos tales como el nonano, decano, undecano, dodecano y tridecano. Una evaluación comportamental de los compuestos mostró

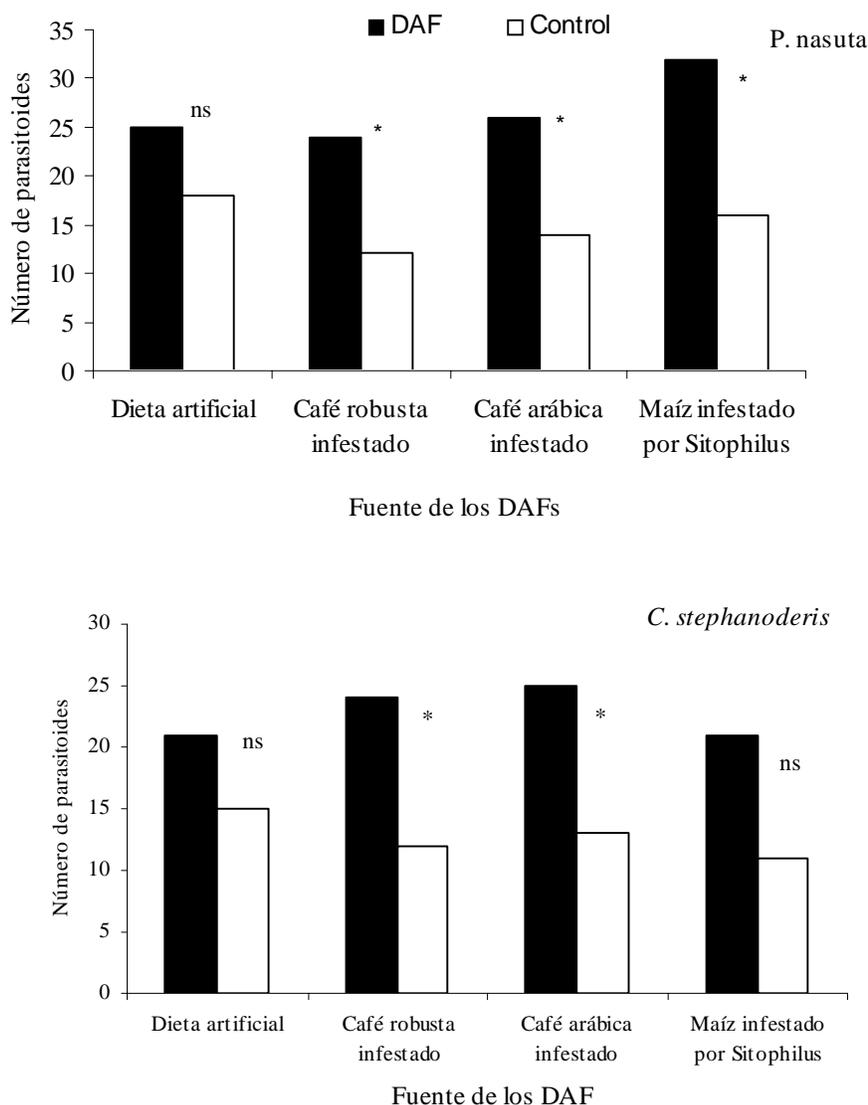


Fig. 4. Respuesta de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* a los volátiles de los DAF procedentes de fuentes diferentes. Barras con * son diferentes al control, con ns son iguales al control.

que algunos fueron atractivos a las hembras de *P. nasuta* en comparación con un testigo (aire), pero fueron menos atractivos que una muestra natural de los DAF, lo cual sugiere que faltan compuestos por identificar, o que la proporción o concentración de los compuestos no fue la apropiada (Roman Ruiz 2007). Si estos mismos compuestos son atractivos a *C. stephanoderis* y *P. coffea*, deberá ser investigado.

3.2. Estímulos a corta distancia

Generalmente cuando un parasitoide encuentra productos de su huésped provoca un cambio en su comportamiento locomotor, reteniéndolo sobre una

planta infestada e incrementando la posibilidad de descubrir a un huésped potencial (Vinson 1998). Nuestras investigaciones en este aspecto fueron desarrolladas a través de bioensayos conducidos en arenas experimentales, muy similares a las utilizadas para otros insectos (Colazza et al. 1999). La herramienta básica para estos bioensayos fue el programa de cómputo para experimentos comportamentales denominado Ethovision®. El programa es un sistema automático, computarizado y de video que permite la descripción de un comportamiento y reduce el margen de error durante la colecta y la sistematización de datos. Además permite el proceso estadístico de datos facilitando el análisis del comportamiento en términos

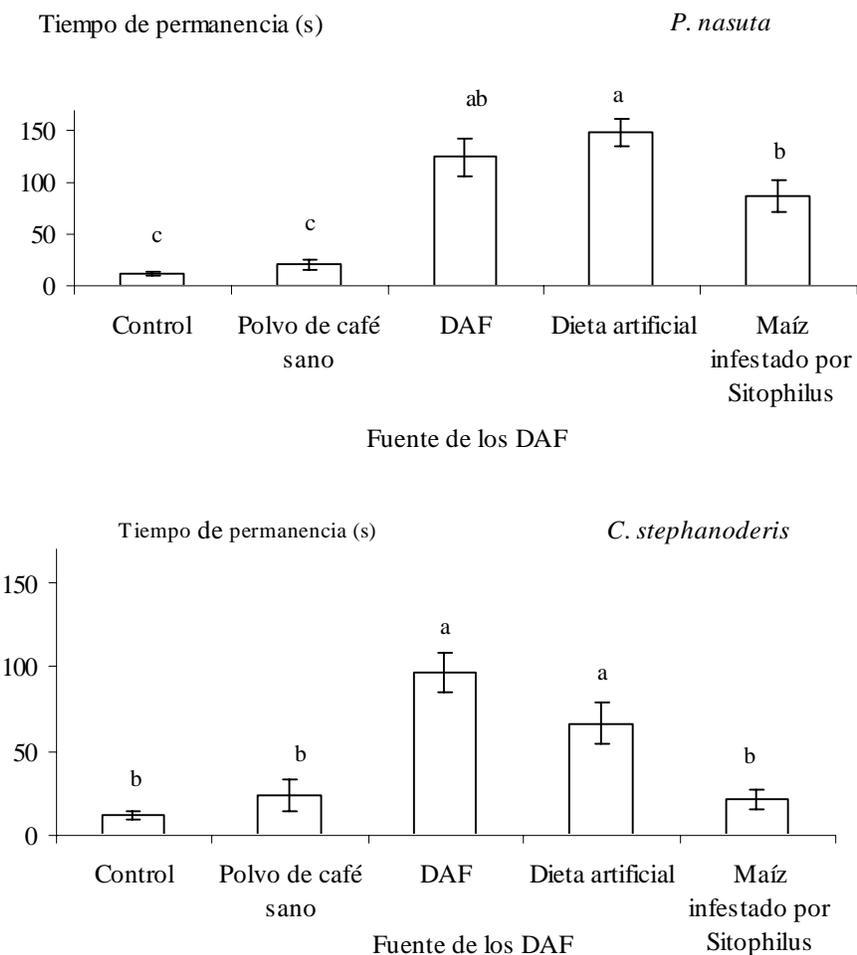


Fig. 5. Respuesta de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* a los químicos de contacto de los DAF originados de diferentes fuentes. Barras seguidas con la misma letra son significativamente diferentes por prueba de Tukey HSD, $P < 0.05$.

de su significado biológico (Noldus et al. 2001, 2002). Nuestros resultados muestran que compuestos químicos presentes en los estados inmaduros y adultos, y los DAF de la broca, inhiben la locomoción de *P. nasuta* y *C. stephanoderis*. Los compuestos fueron extraídos con diferentes disolventes lo que sugiere que los responsables de la inhibición de la locomoción de los parasitoides son mezclas de compuestos de diferente polaridad (Fig. 1).

Usando la técnica de cromatografía en columna con sílica gel, hemos fraccionado un extracto hexánico de DAF y hemos encontrado que la actividad se concentra en las fracciones metanol-cloruro de metileno y metanol, lo que sugiere que los responsables de la inhibición de la locomoción de los parasitoides son compuestos polares (Fig. 2). La identificación química de los compuestos está en progreso.

En contraste con los betílidos, los compuestos de los DAF de la broca del café no inhibieron la locomoción de las hembras de *P. coffea*. Los resultados muestran que para este parasitoides el tamaño y el color del huésped parecen ser estímulos importantes durante el proceso de reconocimiento del huésped, pero no influyen durante la localización a corta distancia. Preliminarmente, se encontró que el eulófido no usa el movimiento ni los compuestos cuticulares de la broca del café durante el reconocimiento del huésped (Chiu Magaña 2007).

3.3. ¿Qué tan específica es la respuesta a los estímulos químicos?

La especificidad es una cualidad importante para los parasitoides, ya que pueden evitar desperdicio de tiempo y energía en la búsqueda de huéspedes no adecuados. Las señales específicas son usadas en el

micro-hábitat alrededor del huésped porque su detectabilidad es limitada (Vet & Dicke 1992). La preferencia de los parasitoides de la broca del café a los DAF o inmaduros de la broca del café parece estar basada en diferencias cuantitativas y cualitativas del olor liberado. Las dos especies de betílidos muestran una atracción dependiente de la concentración de DAF o inmaduros usados (Fig. 3).

La misma situación ocurre con la respuesta de *P. coffea* a los DAF (ver Rojas et al. 2006). Con respecto a las diferencias cualitativas, se ha encontrado que las tres especies de parasitoides no fueron atraídas a DAF e inmaduros provenientes de una dieta artificial usada para criar a la broca del café (Villacorta & Barrera 1993). La dieta contiene café molido, pero también, tiene otros componentes como el formaldehído, benzoato de sodio y nipagin que pueden haber afectado la composición cualitativa de los volátiles liberados de los materiales usados, afectando la respuesta de los parasitoides. Interesantemente, extractos hechos de los DAF de dieta artificial fueron tan activos en inhibir la locomoción de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* como fueron aquellos provenientes de los frutos de café. La "edad" de los DAF también parece un factor importante en afectar la respuesta de los parasitoides. La respuesta de atracción para *P. nasuta* y *C. stephanoderis* se incrementó a medida que los volátiles de los DAF eran más viejos (tenían más tiempo), sugiriendo que los parasitoides pueden estimar la calidad de los químicos atractivos tal como es reportado en otros sistemas (Tanaka et al. 2001). La variedad de café de donde fueron tomados los DAF e inmaduros no parece afectar la atracción de los parasitoides. Resultados de nuestros bioensayos demostraron que la respuesta de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* a estas fuentes de olor fue la misma.

La respuesta de *P. coffea* parece ser bastante específica debido a que las hembras de este parasitoide no fueron atraídas a los DAF del sistema *Cecropia-Hypothenemus crudai* (Rojas et al. 2006). Una situación similar parece suceder con las hembras de *C. stephanoderis* debido a que no fueron atraídos los DAF del sistema maíz-*Sitophilus* sp. ni tampoco su actividad locomotora fue afectada por los DAF de ese sistema. En contraste, las hembras de *P. nasuta* fueron fuertemente atraídas a los DAF del sistema maíz-*Sitophilus* sp. y su locomoción fue claramente afectada por los DAF de dicho sistema (Fig. 4 y 5).

3.4. Otros factores que afectan la respuesta a estímulos químicos

El estado fisiológico, experiencias previas y condiciones abióticas influyen en la respuesta de los enemigos naturales a los infoquímicos (Lewis et al. 1990, Papaj & Lewis 1993). En *P. nasuta* la respuesta a los compuestos volátiles de los DAF no fue afectada por la edad de las hembras de parasitoide, su régimen alimenticio y su experiencia previa en oviposición. En contraste, el sexo de los individuos afectó la respuesta

porque solo las hembras fueron positivamente atraídas a los volátiles de los DAF. En general, la respuesta a los volátiles estudiados fue innata, ya que los parasitoides no desarrollaron aprendizaje asociativo.

Las hembras *P. nasuta* mostraron una mayor respuesta a los DAF a medida que la intensidad de luz se incrementó. La hora de día también ejerció una influencia debido a que los parasitoides respondieron mejor a las horas cercanas al medio día. Futuros estudios son necesarios para investigar el efecto de factores bióticos y abióticos en la respuesta de *C. stephanoderis* y *P. coffea*.

4. Conclusiones y perspectivas

Los datos obtenidos en este proyecto, usando un sistema tritrófico tropical, parecen apoyar la teoría ecológica-evolutiva sobre el comportamiento de selección del huésped por parasitoides, generada a partir de otros sistemas tritróficos. Desde el punto de vista práctico, los estudios básicos que hemos realizado sobre el comportamiento de localización de huésped por los parasitoides de *H. hampei*, pueden eventualmente llevarnos, a través del manejo de su comportamiento, a mejorar la eficiencia de los parasitoides como agentes de control biológico. Para esto será necesaria la identificación de los infoquímicos involucrados en la localización del huésped. Adicionalmente, será deseable investigar los factores que afectan la respuesta de los parasitoides a los infoquímicos.

5. Agradecimientos

Se agradece al Dr. Juan F. Barrera por las facilidades prestadas en los laboratorios de la Línea de Investigación Manejo Integrado de Plagas (ECOSUR), así como por la invitación a participar en este simposio. Al Dr. Leopoldo Cruz-López por su ayuda en la identificación química de los volátiles del café y de los DAF. Al Q.A. Enrique López por el apoyo en la cría del material biológico usado en los experimentos. Al M. en C. Javier Valle por la asesoría en el análisis estadístico de los datos. Al CONACYT por el financiamiento otorgado a través de un proyecto (No. 40338-Q, investigación básica SEP-CONACYT) y por una beca a PChA para realizar sus estudios de doctorado.

6. Literatura citada

- Aldrich, J. R. 1995. Chemical communication in the true bugs and parasitoid exploitation, p. 318-363. In: Cardé, R. T & W. J. Bell (eds.) Chemical Ecology of Insects 2. Chapman & Hall, London, England.
- Abraham, Y.J., D. Moore & G. Godwin. 1990. Rearing and aspects of biology of *Cephalonomia stephanoderis* and *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bulletin of Entomological Research 80: 121-128.

- Baker, P. S. 1999. The coffee berry borer in Colombia. Final Report of the DFID-CENICAFE-CABI Bioscience IPM for coffee project, 143 p.
- Baker, P. S., J. F. Barrera & A. Rivas. 1992. Life-history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in Southern Mexico. *Journal of Applied Ecology* 29: 656-662.
- Barrera, J. F. 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) au Chiapas, Mexique. Tesis. Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia, 301 p.
- Barrera, J. F. 2005. Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas, p. 1-13. En: Barrera J. F. (ed.). Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca de Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Barrera, J.F., J.Gómez, F. Infante, A. Castillo & W. de la Rosa. 1989. Biologie de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae) en laboratoire. I. Cycle biologique, capacité d'oviposition et émergence du fruti du caféier. *Café Cacao Thé* 33: 101-108.
- Barrera, J. F., D. Moore, Y. J. Abraham, S. T. Murphy & C. Prior. 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Mexico and possibilities for further action, p. 391-396. In: Brighton Crop Protection Conference. Pest and Diseases-1990. British Crop Protection Council, Thornton Heath, UK. Vol. 1.
- Batchelor, T. P. I. C. W. Hardy, J. F. Barrera & G. Pérez-Lachaud. 2005. Insect gladiators II: Competitive interactions within and between bethylid parasitoid species of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Biological Control* 33: 194-202.
- Bergamin, J. 1943. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera, Ipidae). *Archives do Instituto Biologico* 14: 31-72.
- Colazza, S, G. Salerno & E. Wajnberg. 1999. Volatile and contact chemicals released by *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) have a kairomonal effect on the egg parasitoid *Trissolcus basalus* (Hymenoptera: Scelionidae). *Biological Control* 16: 310-317.
- Chiu, P., A. Virgen & J. Rojas. 2006. Atracción de *Prorops nasuta*, un parasitoïde de la broca del café a los estímulos olfativos asociados a su hospedera. *Entomología Mexicana* 5: 404-409.
- Chiu Magaña, M. 2007. Estímulos usados por el parasitoïde *Phymastichus coffea* durante el reconocimiento de su hospedera, la broca del café. Tesis. Universidad Autónoma de Chiapas, México. 22 p.
- Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research* 90: 453-465.
- Eller, F. J., J. H. Tumlinson & W. J. Lewis. 1988. Beneficial arthropod behavior mediated by airborne semiochemicals: source of volatiles mediating the host-location behavior of *Microplitis croceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 17: 745-753.
- Felipe-Silvestre, J. M., J. Gomez, J. F. Barrera & J. C. Rojas. Respuesta comportamental del parasitote *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) a estímulos químicos provenientes de su huésped *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). *Vedalia*. En Prensa.
- Godfray, H. C. J. 1994. Parasitoids Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, p 27-60.
- [ICO] International Coffee Organization. 2006. <http://www.ico.org>.
- Hare, J. D. & D. J. W. Morgan. 1996. Mass-priming *Aphytis*. Behavioral improvement of insectary-reared biological control agents. *Biological Control* 10: 207-214.
- Howard, R. W. & P. Flinn., 1990. Larval trails of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) as kairomonal host-finding cues for the parasitoid *Cephalonomia waterstoni* (Hymenoptera: Bethyilidae). *Annals of the Entomological Society of America* 83: 239-245.
- Howard, R. W., M. Charlton & R. E. Charlton. 1998. Host-finding, host-recognition and host acceptance behaviour of *Cephalonomia tarsalis* (Hymenoptera: Bethyilidae). *Annals of the Entomological Society of America* 91: 879-889.
- Infante, F., J. Mumford & P. Baker. 2005. Life history studies of *Prorops nasuta*, a parasitoid of the coffee berry borer. *BioControl*. 50: 259-270.
- Jaramillo, J., A. E. Bustillo, E. C. Montoya & C. Borgemeister. 2005. Biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) by *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae) in Colombia. *Bulletin of Entomological Research* 95: 1-6.
- Lauzière, I., G. Pérez-Lachaud & J. Brodeur. 2001. Importance of nutrition and host availability on oogenesis and oviposition of *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae). *Bulletin of Entomological Research* 91: 185-191.
- Le Pelley, R. H. 1968. Pests of coffee. Tropical Science Series. Longmans Press, Green and Co. Ltd., London. 590 p.
- Lewis, W. J., L. E. M. Vet., J. H. Tumlinson, J. C. van Lenteren & D. R. Papaj. 1990. Variations in parasitoid foraging behavior: essential elements of a sound biological control theory. *Environmental Entomology* 19: 1183-1193.

- Maestri, M. & R. Santos Barros. 1977. The Coffee, p. 249-278. In: Alvim P. de T. & T. T. Kozłowski (eds.). Ecophysiological of tropical crops. Academic Press. London.
- Morrison, L. W. & J. R. King. 2004. Host location behavior in a parasitoid of imported fire ants. *Journal of Insect Behavior* 17: 367-383.
- Murphy, S.T. & D. Moore. 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae): Previous programmes and possibilities for the future. *Biocontrol News and Information* 11: 107-117.
- Noldus, P.J.J. L., J. A. Spinks & A. J. R. Tegelenbosh. 2001. EthoVision: A versatile tracking system for automation of behavioral experiments. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers* 33: 398-414.
- Noldus, P.J.J. L., J. A. Spinks. & A. J. R. Tegelenbosh. 2002. Computerized video tracking, movement analysis and behaviour recognition in insects. *Computer and Electronics in Agriculture* 35: 201 – 227.
- Papaj, R. D & A. C. Lewis. 1993. Insect learning, p. 51-79. In: Papaj, D. R. & A. C. Lewis (Eds.). *Insect learning: ecological and evolutionary perspectives*. Chapman and Hall, New York.
- Pérez-Lachaud, G. 1998. A new bethylid attacking the coffee berry borer in Chiapas Mexico and some notes on its biology. *Southwestern Entomologist* 23: 287-288.
- Pérez-Lachaud, G. & I. C. W. Hardy. 1999. Reproductive biology of *Cephalonomia hyalinipennis* (Hymenoptera: Bethylinidae), a native parasitoid of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), in Chiapas, Mexico. *Biological Control* 14: 152-158.
- Pérez-Lachaud, G. & I. C. W. Hardy. 2001. Alternative host for bethylid parasitoids of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Biological Control* 22: 265-277.
- Powel, W., G. Pennacchio, M. Poppy & E. Tremblay. 1998. Strategies involved in the location of host by the parasitoid *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Braconidae: Phidiinae). *Biological Control* 11: 104-112.
- Rojas, J. 2005. Ecología química de la broca y sus parasitoides, p. 14-21. En: Barrera J. F. (ed.). Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca de Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.
- Rojas, J.C., A. Castillo & A. Virgen. 2006. Chemical cues used in host location by *Phymastichus coffea*, a parasitoid of coffee berry borer adults, *Hypothenemus hampei*. *Biological Control* 37: 141-147.
- Román Ruíz, A. 2007. Aislamiento e identificación de los volátiles de los desechos alimenticios y fecales de la broca del café atractivos al parasitoides *Prorops nasuta*. Tesis. Universidad Autónoma de Chiapas, México. 29 p.
- Tanaka, C., Y. Kainoh & H. Honda 2001. Host frass as arrestant chemicals in locating host *Mythimna separata* by the tachinid fly *Exorista japonica*. *Entomol. Exp. Appl.* 100: 173-178.
- Turlings, T. C. J., J. H. Tumlinson, F. J. Eller & W. J. Lewis. 1991. Larval-damaged plants: source of volatile sinomones that guide the parasitoid *Cotesia marginiventris* to the microhabitat of its host. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 58: 75-82.
- Vet, L.E.M & D. Dicke. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology* 37: 141-172.
- Villacorta, A. & J.F. Barrera. 1993. Nova dieta merídica para criação de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867). *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 22: 405-409.
- Vinson, S.B. 1984. How parasitoid locate their hosts: A case of insect espionage, pp 325-348. In: Lewis, T. (ed.), *Insect communications*. 12th Symposium of Royal Entomological Society of London. Academic Press. London.
- Vinson, S. B. 1998. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. *Biological Control* 11: 79-96.
- Waterhouse, D. K & K. R. Norris. 1989. *Hypothenemus hampei* (Ferrari), p. 56-75. In: *Biological Control-Pacific Prospect. Supplement 1*. Australian Centre for International Agricultural Research, Camberra.

La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 131-141. ISBN Libro: 978-970-9712-43-8; ISBN CD-ROM: 978-970-9712-44-5.

RIESGO-VULNERABILIDAD HACIA LA BROCA DEL CAFÉ BAJO UN ENFOQUE DE MANEJO HOLÍSTICO

Risk-vulnerability to the coffee berry borer under a holistic management approach

JUAN F. BARRERA, JOEL HERRERA & JAIME GÓMEZ

Departamento de Entomología Tropical, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Carretera Antigua Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, 30700, México. jbarrera@tap-ecosur.edu.mx

Palabras Clave: *Hypothenemus hampei, café, Manejo Holístico de Plagas, Manejo Integrado de Plagas, Nivel de Daño Económico, amenaza, riesgo, vulnerabilidad, toma de decisiones, enfoque holístico.*

CONTENIDO

1. Introducción.....	132
2. MHP: más allá del MIP.....	132
2.1. Antecedentes.....	132
2.1.1. Allan Savory y el Manejo Holístico.....	132
2.1.2. Edgar Morin y El Método.....	132
2.1.3. El café y la crisis del precio.....	133
2.1.4. La emergencia del MHP.....	133
2.2. Fundamentos.....	134
2.2.1. El pensamiento y la acción holística.....	134
2.2.2. Del círculo vicioso al círculo virtuoso.....	135
3. Hacia una metodología de toma de decisiones en MHP.....	135
3.1. Consideraciones entre MIP y MHP.....	135
3.2. Bases para la toma de decisiones en el MHP.....	136
3.3. Riesgo- Vulnerabilidad.....	137
3.3.1. Conceptos.....	138
3.3.2. Aplicación a la broca del café.....	138
4. Conclusión.....	139
5. Agradecimientos.....	140
6. Literatura Citada.....	140

Resumen

Se presenta la primera aproximación para incorporar el concepto riesgo – vulnerabilidad, proveniente de la Gestión de Riesgo de Desastres, en la toma de decisiones para el manejo de plagas bajo el enfoque holístico. La noción riesgo – vulnerabilidad permite tomar decisiones con base en la posición e interacciones de las plagas con el resto de los elementos que conforman el sistema analizado. Esta metodología difiere significativamente del Nivel de Daño Económico, usado en Manejo Integrado de Plagas para tomar decisiones en función de la densidad poblacional de las plagas. La incorporación de este marco conceptual al Manejo Holístico de Plagas (MHP) se ilustra para el caso de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). El

procedimiento para reducir el riesgo – vulnerabilidad e incrementar la resiliencia del sistema a los daños ocasionados por la broca, es considerado la piedra angular del MHP.

Abstract

This is the first proposal to include a risk–vulnerability concept, which came from Disaster Risk Management area, into pest management decision-making under the holistic approach. The risk–vulnerability approach allows decision-making with base in pest position and interactions with other elements that integrate the analyzed system. This methodology differs significantly from the Economic Injury Level, used in Integrated Pest Management for decision-making

based on pest population density. The incorporation of this conceptual frame to Holistic Pest Management (HPM) is showed for coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) as case study. The procedure to reduce risk – vulnerability and to increase system resilience to *H. hampei* damages is considered the cornerstone of MHP.

1. Introducción

Después de casi 100 años de la presencia de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en el Continente Americano, sigue siendo el insecto plaga más importante de la producción del aromático grano (Barrera 2005a). Primero la detección de esta plaga en Brasil en 1913, y después su rápida dispersión por los países de la región a partir de su presencia en Guatemala en 1971, confirmaron los funestos pronósticos para la caficultura: lenta pero inexorablemente la plaga había llegado para quedarse (Barrera 2005a). En efecto, a la fecha, los países productores de café más importantes del orbe han sido invadidos por la broca y no existe evidencia que confirme su erradicación una vez que ha invadido una región o país cafetalero, no obstante los esfuerzos de programas operativos y la tecnología desarrollada [por ejemplo véase Campos-Almengor (2007) en este libro]. Ante esta cruda realidad, no ha quedado más remedio que plantear estrategias de manejo basadas en la convivencia con *H. hampei*, cuyos resultados en el control de la plaga han sido casi siempre satisfactorios en parcelas experimentales– o en la pequeña escala– pero raramente sostenibles en áreas mayores, sin la ayuda de las instituciones. A raíz de lo anterior, recientemente hemos sugerido que los magros resultados en el control de la broca se deben a la falta de un enfoque holístico, tanto en la investigación como en las campañas y programas operativos. Por lo tanto, para contribuir a subsanar el problema, hemos propuesto un cambio de paradigmas: la substitución del Manejo Integrado de Plagas por el denominado Manejo Holístico de Plagas (Barrera 2006). La filosofía del holismo (*holos* significa todo, entero, total), hace alusión a la idea de que las propiedades de un sistema no pueden ser determinadas o explicadas por la suma de las partes que lo componen, por el contrario, el sistema como un todo es quien determina cómo las partes funcionan (Enciclopedia Wikipedia 2007). El objetivo del presente estudio es proponer una metodología basada en el concepto riesgo-vulnerabilidad que oriente a productores y responsables de programas operativos en la toma de decisiones para el control broca bajo un enfoque de MHP.

2. MHP: más allá del MIP

2.1. Antecedentes

El Manejo Holístico de Plagas (MHP) tiene su origen en la convergencia de ideas, conceptos, filosofías y

experiencias de diversas personas que se han preocupado por el bienestar de la sociedad y la conservación del ambiente. Al mismo tiempo, surge en contraposición al enfoque reduccionista que impera en el Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Barrera 2006). A continuación se hace una breve descripción de principales corrientes filosóficas que han contribuido al desarrollo del MHP.

2.1.1. Allan Savory y el Manejo Holístico

El padre del “Manejo Holístico” (MH) es Allan Savory, un biólogo de la vida silvestre nativo de Zimbabwe, quien se enfrascó en resolver el problema de la desertificación. MH ha sido definido como “un enfoque para gestionar los recursos naturales que promueve la biodiversidad, mejora la producción y genera fortaleza financiera; mejora la calidad de la vida en tanto conserva el ambiente” (HMI 2007). Savory fundó el Centro para el Manejo Holístico en 1984 y en 1999 publicó su libro Manejo Holístico, la versión actualizada del libro Manejo Holístico de Recursos que publicara en 1988 (Savory & Butterfield 1999).

Savory señala que un enfoque holístico es esencial en el manejo o gestión de situaciones reales. Si la toma de decisiones se basara en cualquier otro enfoque– dice– se obtendrían resultados muy dispares de aquellos que se pretenden, porque solo la consideración “del todo” conduce hacia la realidad. Pero las ideas que subyacen bajo el MH solo toman significado y poder en relación a un objetivo, llamado por Savory “el objetivo holístico”. Como veremos más adelante, el objetivo holístico habilita la palabra “plagas” (P) en el MHP.

2.1.2. Edgar Morin y El Método

Por otro lado, el filósofo, antropólogo y sociólogo francés Edgar Morin, promotor de la complejidad y del pensamiento complejo, en su obra trascendental “El Método”– seis volúmenes– increpa al método científico cartesiano por la disyunción absoluta del objeto y del sujeto, mientras advierte la necesidad histórica de encontrar un método que detecte y no oculte las uniones, articulaciones, solidaridades, implicaciones, imbricaciones, interdependencias y complejidades de la realidad y de la condición humana (Morin 2006). Pero es en su libro “La Mente bien Ordenada”, donde Morin señala que la hiperespecialización– producto del enfoque disciplinario– impide ver lo global (que fragmenta en parcelas) y lo esencial (que disuelve), cuando es obvio que los problemas esenciales nunca son parcelarios y los problemas globales son cada vez más esenciales (Morin 2000). Bajo la lupa de estos conceptos, el MIP, como coto de los entomólogos, carece de una visión holística.

De las ideas de Morin se nutre el MHP, porque ante todo, se opone al encasillamiento del conocimiento proveniente de las disciplinas, a menos que éstas guarden un campo de visión que reconozca y conciba la



Fig. 1. Diagrama que muestra la formación de los facilitadores holísticos a partir de las Escuelas de Campo y Experimentación Agrícola (ECEA) y el equipo holístico.

existencia de conexiones y solidaridades de su objeto de estudio con objetos tratados por otras disciplinas, y con el universo del cual forma parte el objeto (Morin 2000).

2.1.3. El café y la crisis del precio

Desde finales de la década de 1980, la caficultura mundial se ha visto convulsionada por caídas estrepitosas del precio internacional que han atentado contra su sustentabilidad, en perjuicio de más de 125 millones de personas (20-25 millones de familias)—principalmente pequeños productores— en más de 50 países de África, Asia y América que dependen del café para subsistir (Osorio 2002, Pérez-Barreiro Nolla 2004).

Preocupados por los efectos negativos de las crisis recurrentes del precio del café sobre la economía de los productores, y sus consecuencias potenciales sobre el ambiente, en 2001 se constituyó el Grupo de Investigación de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en Zonas Cafetaleras (GIEZCA). Nacida desde la academia y en vinculación con actores importantes del sector cafetalero, el GIEZCA ha sido una red multidisciplinaria e interinstitucional con el propósito de buscar soluciones y alternativas teóricas y prácticas, de investigación y capacitación, para mitigar los efectos de las crisis pasadas y futuras del precio (Pohlan et al. 2004, 2005, 2006).

Uno de los productos más importantes del GIEZCA fue la elaboración, junto con la Comisión para el Desarrollo y Fomento del Café de Chiapas (COMCAFÉ), del “Plan Estatal de Manejo Agroecológico del Café en

Chiapas: Guía hacia una caficultura sustentable” (Barrera et al. 2004). La elaboración de ese plan, que partió de un diagnóstico de la caficultura a nivel estatal, nacional e internacional, sentó las bases conceptuales y metodológicas del MHP.

2.1.4. La emergencia del MHP

México, y en particular ECOSUR a través del “Proyecto Broca del Café”, tiene una gran tradición de investigación sobre esta plaga (Barrera 2001, 2002, 2004, 2005a). Más de 20 años de estudios sobre *H. hampei* y la vinculación con productores de Chiapas por medio de las Escuelas de Campo y Experimentación Agrícola o ECEA's (Barrera et al. 1999, Barrera & Jarquín 2002, Jarquín 2003), han generado un rico y basto conocimiento sobre la problemática que esta plaga representa.

Las experiencias del Proyecto Broca, las filosofías sobre Manejo Holístico de Savory y el Pensamiento Complejo de Morin, y el análisis proveniente del Plan de Manejo Agroecológico del Café de Chiapas, fueron el caldo de cultivo para la *emergencia* del concepto MHP. Así, las primeras ideas sobre el MHP, sus implicaciones y aplicación para el manejo de la broca fueron presentadas en 2005, primero en el Congreso Nacional de Entomología celebrado en mayo en Tapachula, México (Barrera 2005a), y poco después en el XXI Simposio Latinoamericano de Caficultura celebrado en julio en San Salvador, El Salvador (Barrera 2005b).

Estos planteamientos teóricos dieron paso a la puesta en marcha de las primeras experiencias, a nivel proyecto piloto, de la implementación del MHP con productores del Soconusco a mediados de 2005 (Barrera et al. 2006a, b). El trabajo consistió en elaborar un diagnóstico participativo de la problemática de esos productores, y a partir de éste, planificar – también participativamente como lo establece el MHP – los objetivos, las estrategias y acciones para manejar las plagas bajo el enfoque holístico.

2.2. Fundamentos

2.2.1. El pensamiento y la acción holística

La implementación del MHP con productores de café afianzó fundamentos previamente concebidos, mientras identificó a otros apenas considerados en los primeros planteamientos teóricos. Así, como parte de los capítulos que conformarían el libro “El Cafetal del Futuro” liderado por el Dr. Jürgen Pohlan (Pohlan et al. 2006), quedaron publicados los fundamentos del MHP (Barrera 2006).

El MHP subraya la necesidad de un enfoque holístico para enfrentar con éxito a las plagas. Un enfoque de tal naturaleza implica “pensar y actuar holísticamente”, es

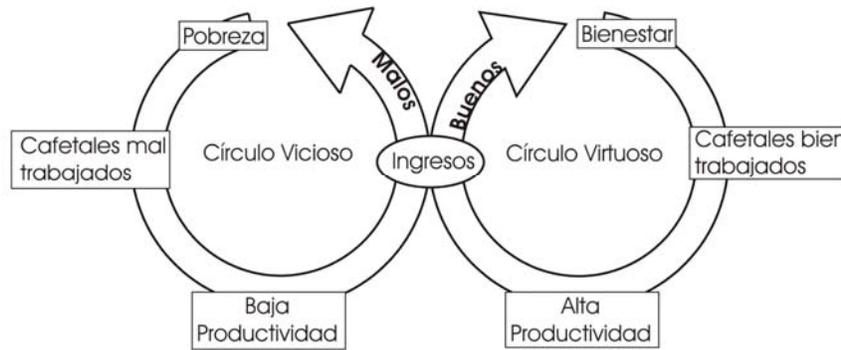


Fig. 2. Diagrama que muestra que bajo una estrategia de mejorar los ingresos de los productores es posible transformar el círculo vicioso de la pobreza en un círculo virtuoso de bienestar.



Fig. 3. Diagrama que muestra los componentes del círculo virtuoso del Manejo Holístico de Plagas.

decir, y siguiendo a Morin (2000), tener la aptitud general para plantear problemas y tratar problemas; y disponer de los principios organizativos que permitan unir los saberes y darles sentido. El pensamiento y la acción holística son puestos en práctica por los “especialistas o profesionales holísticos”, quienes tendrán la tarea de conformar los “Equipos holísticos” para promover la reforma del pensamiento y la reforma de la educación, tanto en los centros educativos como en las organizaciones de productores a través, en el segundo caso, de las ECEA's (Fig. 1).

2.2.2. Del círculo vicioso al círculo virtuoso

La gran mayoría de los productores de café son pobres, y porque son pobres carecen de los medios y los productos para competir exitosamente en el mercado, lo que a su vez los retiene y sume en la pobreza.

Los graves problemas que padece la mayoría de los productores de café de Chiapas, problemática que en gran parte puede hacerse extensiva a productores de otros confines, incluye desde los bajos precios de sus productos hasta la desorganización de sus organizaciones, cuando éstas existen (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales problemas identificados por productores en el Estado de Chiapas (Barrera et al. 2004)

- Precios bajos
- Recursos económicos insuficientes
- Apoyos fuera de tiempo
- Plagas y enfermedades que afectan al café
- Asistencia técnica escasa
- Mercados desfavorables
- Capacitación escasa
- Cafetales mal cultivados
- Desorganización de productores
- Industrialización desarticulada

Bajo el enfoque del MHP, estos problemas que retienen y sumen a los productores en el círculo vicioso de la pobreza, puede ser roto y conducido a la zona de las oportunidades a través de un círculo virtuoso enfocado a mejorar sus ingresos (Fig. 2).

El círculo virtuoso del MHP se dispara al poner a los agricultores en el centro del sistema, y dejar a las plagas en segundo término; promover la organización, participación y autogestión en los agricultores; capacitarlos para que aprovechen los conocimientos y las tecnologías, pero enfocados a prevenir más que a controlar las plagas; asesorarlos en la búsqueda de mercados apropiados y articularlos en la industrialización; y fortalecer una actitud de equidad para conservar y mejorar la mano de obra (Fig. 3).

3. Hacia una metodología de toma de decisiones en MHP

3.1. Consideraciones entre MIP y MHP

En el MIP, la toma de decisiones para el control de las plagas se basa en el relativamente sencillo, pero a su vez interesante concepto, de Nivel de Daño Económico (NDE). Inicialmente propuesto por Stern et al. (1959), el concepto del NDE se refiere a la densidad más baja de la población de una plaga que podría causar daño económico; en otras palabras, es la densidad de la plaga a la cual el costo de las actividades realizadas para su manejo, y el beneficio generado por el cultivo, son iguales. A través del NDE es posible determinar si un organismo es, o no, una plaga de importancia económica en un tiempo determinado.

Por lo tanto, se considera que sin la estimación adecuada del NDE, es muy difícil evitar daños económicos de plagas y tratamientos injustificados con insecticidas. Por todo ello, el NDE suele ser considerado la piedra angular del MIP. En el caso de la broca del café, el NDE expresado en porcentaje de frutos perforados puede ser calculado con la siguiente ecuación (Decazy 1989, Pedigo 1999, Barrera 2007):

$$NDE = C / V I D R K \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

donde:

- C= Costo del control
- V= Valor del café en el mercado
- I= Unidades de daño/insecto/unidad de rendimiento
- D= Pérdida por unidad de daño
- R= Rendimiento esperado en ausencia de la plaga
- K= Reducción proporcional del daño

Paradójicamente, en el propio NDE– allí donde radica la fortaleza y virtud del MIP– también se arraiga el germen que lo debilita y perjudica. En efecto, según Morse y Buhler (1997), el NDE ha sido más bien utilizado para justificar el uso de insecticidas químicos, a tal grado que MIP bien podría significar Manejo Integrado de “Plaguicidas”. Gran parte del problema proviene del enfoque reduccionista que generalmente cultiva el MIP, pues su estrategia se circunscribe casi por entero en las plagas.

Por su lado, como ya se dijo, el MHP parte de considerar a los agricultores, y no a las plagas, como el eje de los objetivos, estrategias y acciones de los programas de manejo de plagas (Barrera, 2006). Tal consideración cambia radicalmente la concepción de enfrentar a las plagas, pues asume que primero se tiene que mejorar el bienestar de los agricultores. En este sentido, el enfoque del MHP embona con las ideas de Morin (2000), quien con el afán de evitar el encasillamiento de las disciplinas, imperativamente propone hacerlas converger para el estudio de la condición humana, como el medio de reformar el pensamiento y la realidad.

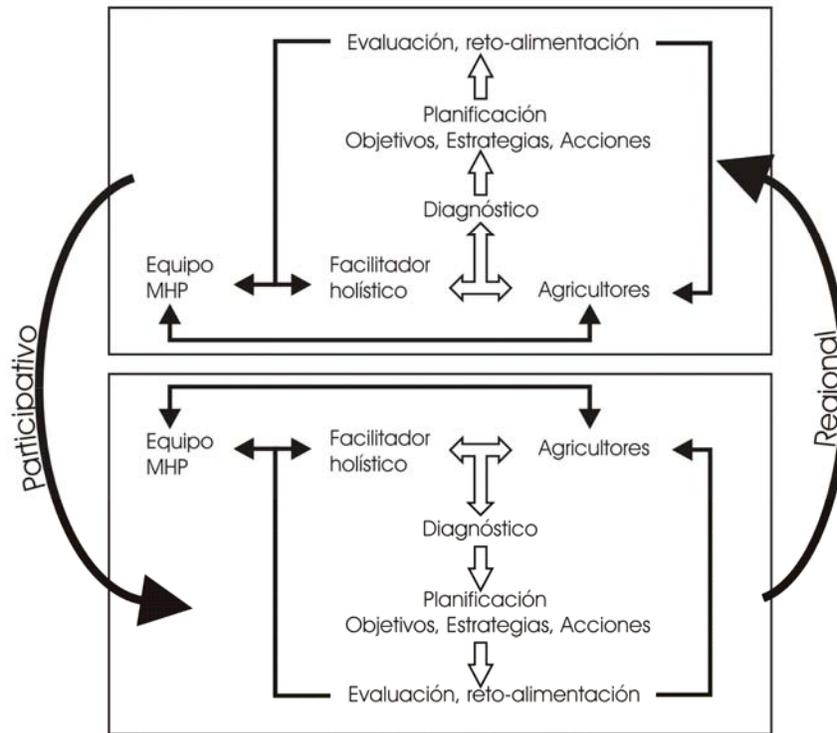


Fig. 4. Diagrama que muestra el trabajo de diagnóstico y planificación de los facilitadores holísticos y su interacción con otros grupos de productores.

Con el MHP no solo es importante entender a las plagas, como lo pregona el MIP, también es necesario entender cómo funciona el sistema y cómo las plagas—uno de sus elementos— se insertan y organizan en éste para interactuar con los demás elementos que lo conforman. Este engranaje sistémico implica que, bajo el MHP, la toma de decisiones para el manejo de las plagas tiene un fundamento más amplio, mucho más allá de considerar la sola densidad poblacional de las plagas y algunas variables restringidas cuando mucho al cultivo, como se contempla bajo el enfoque MIP, y se muestra en la fórmula del NDE (Ecuación 1).

3.2. Bases para la toma de decisiones en el MHP

Como el MIP, la práctica del MHP requiere, entre otros aspectos, tomar decisiones para orientar el sistema en cuestión hacia el objetivo y meta que se hayan definido. Pero a diferencia del MIP, que se enfoca a evaluar los efectos de la plagas sobre los cultivos, el MHP requiere tener una visión más amplia de la estructura y funcionamiento del sistema bajo consideración.

Como se podrá apreciar en la Fig. 4, como primer paso, se deberá recabar información suficiente para identificar los componentes o elementos principales y cómo estos interactúan entre sí. Esta información se

obtiene por medio de un diagnóstico. Pero para que dicho diagnóstico represente la realidad de los productores, es necesario facilitar un proceso participativo en el cual los mismos productores identifiquen y jerarquicen sus problemas.

Como segundo paso, se deberán encontrar las interacciones entre los problemas. Una metodología que ha facilitado esta tarea, pero que no es la única, es el “Análisis Estructural” de Mojica (1999). Este procedimiento permite visualizar cómo una variable o elemento influye sobre los otros, y de esta manera, interpretar la realidad. Por medio de esta herramienta se pueden observar las posibles relaciones que guardan las variables que conforman una problemática determinada, y detectar cuáles son las variables claves, es decir, las que ejercen la mayor influencia sobre las restantes.

El análisis estructural de los problemas del Cuadro 1 permitió llegar a la siguiente conclusión general: los productores de café tendrán mejores ingresos si cuentan con cafetales bien cultivados, combate de plagas y enfermedades y mejores precios por sus productos. El análisis también mostró que para lograr lo anterior será necesario que los productores estén organizados, que tengan mejores mercados e industrialización articulada, que tengan capacitación y asistencia técnica y que reciban recursos oportunos y suficientes (Barrera et al. 2004).

Cuadro 2. Conceptos básicos sobre desastres (Modificado de Soluciones Prácticas ITDG 2002)

Amenaza

Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno o evento potencialmente destructivo o dañino (terremotos, inundaciones, deslizamientos, tsunamis, sequías, guerras, epidemias) que actúa sobre determinadas condiciones de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad

Características de las personas, grupos o sociedades que determina su grado de exposición ante una amenaza o peligro. Las características claves incluyen clase, casta, etnicidad, género, discapacidad, edad y status. La vulnerabilidad está determinada por causas estructurales, procesos sociales y condiciones inseguras que interactúan entre sí.

Capacidad

Atributos y mecanismos de las personas, grupos, instituciones y sociedades para reducir los riesgos de desastres y para sobrevivir, resistir y recuperarse de los daños causados por dichos desastres.

Riesgo

Es la probabilidad de que las personas puedan sufrir daños a causa de un desastre.

Desastre

Graves pérdidas humanas, materiales o ambientales, causadas por el impacto de un fenómeno destructivo sobre determinadas condiciones de vulnerabilidad.

Preparación

Conjunto de acciones y medidas para reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas, y los daños personales y materiales ocasionados por una emergencia, organizando oportuna y eficazmente la respuesta y la rehabilitación

Emergencia

Situación de crisis temporal causada por un desastre que pone en grave riesgo la vida de las personas y sus bienes al limitar o impedir las actividades y servicios básicos. Las emergencias son situaciones que exceden la capacidad de la sociedad afectada y de las instituciones de hacerle frente utilizando únicamente sus recursos.

Rehabilitación

Implementación de medidas para mitigar los daños causados por un desastre mediante la inmediata puesta en funcionamiento de los servicios e infraestructura de la comunidad o sociedad afectada. Supone medidas de carácter provisional.

Reconstrucción

Conjunto de acciones tendientes a la solución de los problemas generados por los desastres. La reconstrucción debe suponer la reducción de las condiciones de riesgo que causaron los desastres.

Prevención

Toda acción institucional o ciudadana que se emprende para reducir los riesgos de una población específica frente a los desastres.

Gestión de Riesgo

Capacidad de las sociedades y de sus Actores sociales para transformar el riesgo, actuando sobre las causas que lo producen. Incluye las medidas y formas de intervención que tiende a reducir y mitigar o prevenir los desastres. Engloba también manejo de los desastres. Es un proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastre de una comunidad, una región o un país, ligado a la búsqueda de la sostenibilidad.

3.3. Riesgo – Vulnerabilidad

Habiendo definido cómo trabaja el sistema bajo estudio, en términos de cuáles son las variables clave y cómo éstas se conectan e interactúan, se estará en posibilidad de continuar con el siguiente paso: determinar un procedimiento de toma de decisiones que guíe al sistema hacia el “objetivo holístico” delimitado.

Un concepto que permite englobar y resumir el estado que guarda un sistema particular con especial

referencia en la población humana es el Riesgo de Desastres. A continuación se habrá de plantear cómo este concepto puede adaptarse para el manejo de la broca bajo un enfoque holístico.

Se parte de la idea que la broca del café constituye una “amenaza biológica” y que la población de productores de café presenta diferentes grados de vulnerabilidad hacia sus daños y capacidad de respuesta para evitarlos.

Cuadro 3. Variables que participan en la definición del riesgo que representa la broca como amenaza a los productores de café.

Riesgo	=	Amenaza, broca del café	+	Vulnerabilidad
		<ul style="list-style-type: none"> • Infestación del predio • Infestación de predios de vecinos 		<ul style="list-style-type: none"> • Precio del café • Cantidad y calidad del café • Altitud del predio • Organización del productor • Especie de café cultivada • Sistema productivo • Manejo de la broca • Comercialización • Mano de obra • Costos de producción
Capacidad de respuesta y recuperación				
<ul style="list-style-type: none"> • Salud del cafetal • Participación en la organización • Autogestión de recursos • Participación en redes de colaboración • Capacitación y asistencia técnica • Acceso a recursos oportunos y suficientes • Acceso a la tecnología de manejo de broca • Diversificación de productos y mercados • Administración de la finca • Venta-negociación de productos • Equidad social 				

3.3.1. Conceptos

Los conceptos riesgo – vulnerabilidad evolucionaron a raíz de las afectaciones causadas por desastres naturales como terremotos, ciclones tropicales, inundaciones o sequías a las poblaciones humanas. Una terminología usada en el Gestión de Riesgo de Desastres se presenta en el Cuadro 2.

Según los reportes, los desastres naturales han azotado aproximadamente al 75% de la población mundial, al menos una vez, entre 1980 y 2000, causando cuantiosas muertes y pérdidas económicas. Debido a que estos desastres amenazan seriamente el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2004) y la Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (EIRD/ONU, 2004), han realizado estudios muy completos para diseñar herramientas de planificación que ayuden a reducir el riesgo ante estos desastres. De acuerdo con los estudios, los desastres, como el caso de las plagas, tienen mayor impacto en los países en desarrollo.

El riesgo hacia un desastre se puede estimar de la siguiente manera (Soluciones Prácticas ITDG 2002):

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza} + \text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidad de respuesta y recuperación}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

De acuerdo con esta ecuación, una comunidad está en mayor riesgo en la medida que la amenaza y la vulnerabilidad son mayores y su capacidad de respuesta y recuperación es menor.

3.3.2. Aplicación a la broca del café

El Cuadro 3 presenta las principales variables que determinan el riesgo hacia la broca del café. Estas variables fueron definidas a partir de los problemas más comunes asociados a los productores (Cuadro 1).

De acuerdo con el Cuadro 3, la amenaza que representa la broca no solo proviene de la infestación de del predio del productor, sino también del grado de infestación de los predios vecinos. Esta consideración le proporciona a la broca, y a la amenaza como tal, una magnitud regional que normalmente se pierde de vista sin un enfoque holístico.

Las características de vulnerabilidad de los productores hacia la broca están dadas, principalmente, por el precio, calidad y cantidad del grano de café que producen; la altitud a la que se encuentran sus

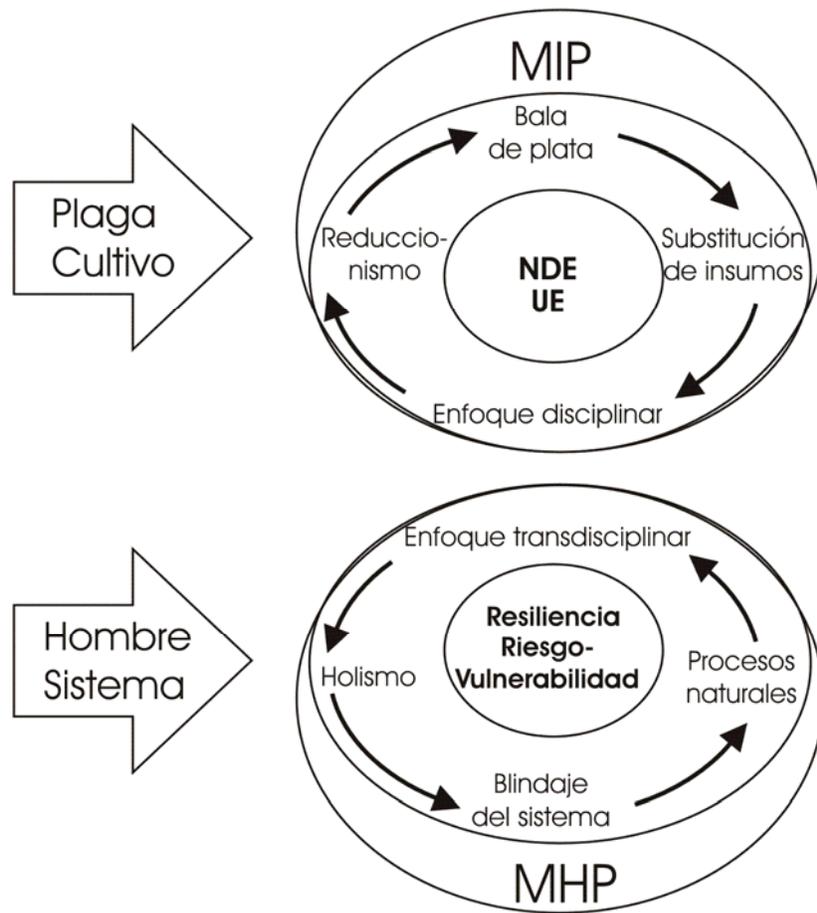


Fig. 5. Contraste entre la toma de decisiones entre el MIP y el MHP. En el caso del MIP (arriba), la toma de decisiones se basa en el Nivel de Daño Económico (NDE) y el Umbral Económico (UE); en el MHP las decisiones son orientadas en función del riesgo-vulnerabilidad y la resiliencia del sistema.

cafetales; el grado de organización que tengan; la especie de café que cultivan; el tipo de sistema productivo que estén cultivando; las estrategias y tácticas de que dispongan para manejar a la broca del café; los canales de comercialización que utilizan; los costos de producción que tengan; y la mano de obra de que dispongan.

La respuesta y recuperación que los productores estarán dadas por la salud del cafetal (vigor de las plantas); su capacidad para organizarse (participación-autogestión); la preparación (capacitación) y apoyo (asesoría) que tengan; su habilidad para hacerse llegar recursos de manera oportuna y suficiente; el acceso que tengan a las tecnologías para el manejo de la broca, como trampas y control biológico; el grado de diversificación de sus cafetales para conservar la biodiversidad y promover los procesos naturales de regulación, pero también, para no depender solo del café; los tipos de mercado (convencional, orgánico u otro) a través de los cuales venden sus productos; su

capacidad para administrar su finca y negociar un buen precio por la venta de sus productos; y los medios que hayan desarrollado para retener la mano de obra (equidad social).

De acuerdo con de Camino y Müller (1993), todavía quedan por definir los descriptores e indicadores de los elementos antes mencionados, así como las condiciones que deben cumplir los indicadores para casos particulares a nivel de sistemas de producción, finca, ecosistema, y a nivel regional y nacional. Pero ése, será el objetivo del siguiente trabajo.

4. Conclusión

La aplicación del concepto riesgo – vulnerabilidad para el manejo de la broca como parte del MHP, genera un nuevo marco conceptual para la toma de decisiones en el manejo de plagas. Bajo este enfoque, como antes se ha visto, las decisiones ya no se toman solo en función de la densidad de la plaga (como sucede en el

MIP), sino considerando su posición e interacciones con el resto de los elementos que conforman el sistema analizado.

Dos principios interconectados emergen a este nivel: reducir el riesgo– vulnerabilidad e incrementar la resiliencia del sistema. Ambos, se relacionan con la capacidad de respuesta y recuperación. Asimismo, ambos representan lo que se ha denominado “la piedra angular del MHP” (Fig. 5). Contrariamente al NDE que se deriva como consecuencia del un enfoque disciplinar del MIP, el dueto conformado por el riesgo–vulnerabilidad y la resiliencia, se generan con el enfoque inter y transdisciplinar que solo es posible bajo la filosofía del holismo del MHP. Al reducir el riesgo–vulnerabilidad e incrementar la resiliencia, se pretende “blindar” ecológica, económica y socialmente al sistema, en este caso, contra los daños de la broca del café.

Aunque todavía se requiere desarrollar indicadores que informen sobre la evolución en el tiempo del sistema, el concepto y filosofía que emana de la gestión de riesgos, representa un proceso metodológico con interesante aplicación para orientar la toma de decisiones en el manejo de las plagas bajo un enfoque holístico.

5. Agradecimientos

Agradecemos a los Productores de Café La Central por su paciencia y sapiencia. A Fundación Produce Chiapas por su generosidad en financiar el proyecto “Bioecología y manejo de plagas del café en el Soconusco y Sierra de Chiapas”.

6. Literatura citada

Barrera, J.F. 2001. Tendencias de la investigación sobre “Broca del café” (*Hypothenemus hampei*): un análisis de las publicaciones indexadas (1975- 2000), p. 101-104. En: XXIV Congreso Nacional de Control Biológico. Chihuahua, Chih., México.

Barrera, J.F. 2002. Las razones y el ser de un proyecto de investigación, p. 3-5. En: J.F. Barrera (ed.), Tres plagas del café en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, México.

Barrera, J. F. 2004. La broca del café: 20 años después. En: Semana de Intercambio Académico, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. CD Rom.

Barrera, J. F. 2005a. Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas. En: J.F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, p. 1-13.

Barrera, J.F. 2005b. Manejo holístico de plagas: concepto, estrategia y el caso de las plagas del café. En: XXI Simposio Latinoamericano de caficultura. 14 y 15 de julio de 2005. San Salvador, El Salvador, C.A.

Barrera, J.F. 2006. Manejo holístico de plagas: Hacia un nuevo paradigma de la protección fitosanitaria. En: J. Pohlan, L. Soto & J. Barrera (eds.), El cafetal del futuro: Realidades y Visiones. Aachen, Shaker Verlag, Alemania, p. 63-82.

Barrera, J.F. 2007. Aplicación de la Ley de Poder de Taylor al Muestreo de Insectos. En: J. Toledo & F. Infante (eds.), Manejo Integrado de Plagas. Editorial Trillas. México. En prensa.

Barrera, J.F. & R. Jarquín. 2002. Huaraches y botas: La participación campesina en la investigación, p. 11-14. En: J.F. Barrera (ed.), Tres plagas del café en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, México.

Barrera, J.F., C. Junghans & R. Jarquín. 1999. Programa piloto de escuelas de campo para agricultores: una propuesta para México, p. 258-261. En: XXII Congreso Nacional de Control Biológico. Montecillo, Estado de México, México.

Barrera, J. F., M. Parra Vázquez, O. B. Herrera Hernández, R. Jarquín Gálvez & J. Pohlan. 2004. Plan Estatal de Manejo Agroecológico del Café en Chiapas: Guía hacia una caficultura sustentable. Comisión para el Desarrollo y Fomento del Café de Chiapas y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México. 164 p.

Barrera, J.F., J. Herrera, G. Jiménez, D. Jiménez, L. Escobar, G. Barrios, A. Arellano, M.A. Arellano, B. Mérida, G. López & J. Bernal. 2006a. Implementación del Manejo Holístico de Plagas en cafetales. I. Diagnóstico Participativo, p. 199-201. En: X Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Tapachula, Chiapas, México.

Barrera, J.F., J. Herrera, G. Jiménez, D. Jiménez, L. Escobar, G. Barrios, A. Arellano, M.A. Arellano, B. Mérida, G. López & J. Bernal. 2006b. Implementación del Manejo Holístico de Plagas en cafetales. II. Planificación Participativa, p. 202-203. En: X Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Tapachula, Chiapas, México.

Campos-Almendor, O.G. 1997. 35 años de experiencias sobre la broca del café en Guatemala, p. 7-16. J.F. Barrera, A. García, V. Domínguez & C. Luna (eds.). La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México.

de Camino V., R. & S. Müller. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Proyecto IICA/GTZ. Serie Documentos de Programas No. 38. San José, Costa Rica. 134 p.

Decazy, B. 1989. Niveles y umbrales de daños económicos de las poblaciones de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr, p. 117-123. En: III Taller Regional de Broca, Antigua, Guatemala. IICA/PROMECAFÉ.

[EIRD/ONU] Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Naciones Unidas. 2004. Vivir con el Riesgo. Informe

- mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres.
- Enciclopedia Wikipedia. 2007. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Holism>>. 22 de septiembre de 2006.
- [HMI] Holistic Management International. 2007. <http://www.holisticmanagement.org/new_site_05/What/W2_savory.htm> 11 de junio de 2007.
- Jarquín, R. 2003. Las ECEAs: base para la implementación de proyectos de desarrollo autogestionarios en zonas cafetaleras. *LEISA Revista de Agroecología* 19: 33-36.
- Mojica, S., F. 1999. La prospectiva; técnicas para visualizar el futuro. *LEGIS*.
- Morin, E. 2000. *La mente bien ordenada*. Editorial Seix Barral, S.A. Barcelona. 185 p.
- Morin, E. 2006. *EL Método 1. La naturaleza de la naturaleza*. 7ª. Edición. Ediciones Cátedra, Madrid. 448 p.
- Morse, S. & W. Buhler. 1997. *Integrated pest management: Ideals and realities in developing countries*. Lynne Rienner Publishers, London, 171 p.
- Osorio, N. 2002. La crisis mundial del café: Una amenaza al desarrollo sostenible. Comunicación a la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible. 21 de agosto de 2002. Johannesburgo, Sudáfrica.
- Pedigo, L. P. 1999. *Entomology and pest management*. Tercera ed. Prentice Hall, N.J.
- Pérez-Barreiro Nolla, F. 2004. The world coffee crisis and the role of international cooperation. Interview with Néstor Osorio Londoño, Executive Director of the International Coffee Organization. *Tempo Exterior, IGADI*, Vol. V, No. 8/ January-June 2004.
- [PNUD] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2004. *La reducción del riesgo de desastres: un desafío para el desarrollo*. Informe Mundial. Dirección de Prevención de Crisis y Recuperación. N.Y. 147 p.
- Pohlan H.A.J., J.F. Barrera, R. Jarquin, B. Herrera, L. Soto & J.E. Sanchez. 2004. La Red GIEZCA-Proyecto estratégico para el desarrollo de zonas cafetaleras en Chiapas, México, 59 p. En: XIV Congreso Científico del INCA. La Habana, Cuba 9-12 noviembre, 2004.
- Pohlan, H.A.J., R. Jarquin & J.F. Barrera. 2005. Red del Café: Potencial de los equipos de colaboración. *Ecofronteras*, 26: 21-26.
- Pohlan, J., L. Soto & J. Barrera (eds.). 2006. *El cafetal del futuro: Realidades y Visiones*. Aachen, Shaker Verlag, Alemania, 462 p.
- Savory, A. & J. Butterfield. 1999. *Holistic management, a new framework for decision making*. 2nd ed. Island Press. U.S.A. 616 p.
- Soluciones Prácticas ITDG. 2002. *El fenómeno de El Niño y la gestión de riesgo de desastres*. Taller de capacitación. Proyecto Moquegua. Ministerio Alemán-Agro Acción Alemana. ITDG-CEOP-ILO.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch & K.S. Hagen 1959. The integrated control concept. *Hilgardia*, 29: 81-101.

Impreso en el Colegio de la Frontera Sur
Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5
C.P. 30700 Tapachula, Chiapas, México
Cien ejemplares
16 de Junio de 2007