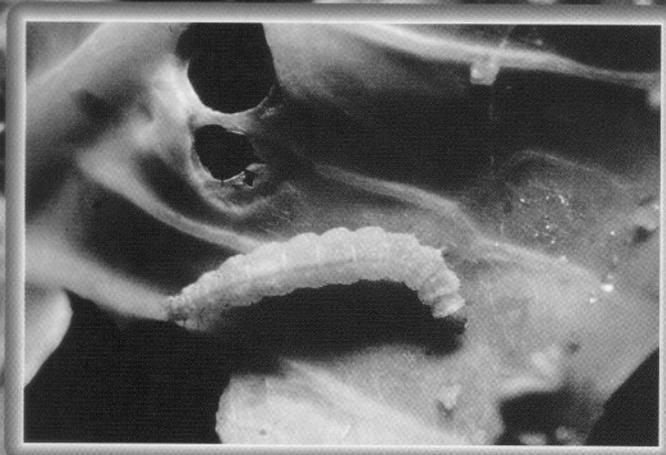


Manejo Integrado de Plagas

No. 50

Diciembre 1998



CATIE

El CATIE es una asociación civil, sin fines de lucro, autónoma, de carácter internacional, cuya misión es mejorar el bienestar de la humanidad, aplicando la investigación científica y la enseñanza de postgrado al desarrollo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Centro está integrado por miembros regulares y miembros adherentes. Entre los miembros regulares se encuentran: Belice, Costa Rica, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, República Dominicana, República de Panamá, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

**CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
CATIE**

DIRECTOR GENERAL
Rubén Guevara Moncada

**PLANIFICACION ESTRATEGICA Y
COOPERACION EXTERNA**
Pedro Ferreira

PROGRAMA DE INVESTIGACION
Markku Kanninen

PROGRAMA DE EDUCACION
Juan Antonio Agüirre

PROGRAMA DE PROYECCION EXTERNA
José Arze

COMITE EDITORIAL OPERATIVO

Elkin Bustamante, Presidente
Manuel Carballo
Daniel Coto
Eduardo Hidalgo
Luko Hilje
Arnoldo Merayo
Wilberth Phillips M.
Galileo Rivas Platero
Joseph L. Saunders
Laura Rodríguez, Editora

La producción y administración de esta
Revista, se encuentra bajo el Area de
Comunicación e Informática

Luis A. Ugalde Arias
Jefe del Area

Dirección Técnica: Elkin Bustamante

Edición: Laura Rodríguez

Diseño Gráfico y Textos: Yorlene Pérez y
Guisselle Brenes

Foto: La palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) es una de las plagas más limitantes en crucíferas (ver artículo p. 34-41), para la cual se cuenta con un control biológico natural de las larvas (inserto inferior) por el parasitoide *Diadegma insulare* (inserto superior). **Fotos:** Luko Hilje, Manuel Carballo y Joseph Saunders.

Manejo Integrado de Plagas

Estrategia esencial
para la conservación de los recursos naturales la salud y la producción agrícola sostenible

No.50

Diciembre 1998

CONTENIDO

	Pág.
FORO	
Una metodología para determinar criterios económicos de decisión en el control de plagas Octavio A. Ramírez, Joseph L. Saunders	1- 18
RESULTADOS DE INVESTIGACION	
Dispersión y mortalidad de <i>Hypothenemus hampei</i> , durante la recolección y beneficio del café Leonardo Castro Gallego, Pablo Benavides Machado, Alex E. Bustillo Pardey	19-28
Mortalidad de <i>Phyllocnistis citrella</i> con un aceite mineral y nim Néstor Bautista M., Oscar Morales G., J. Luis Carrillo S., Hiram Bravo M.	29-33
Parasitismo natural de lepidopteros plagas de brócoli en el Bajío, México Manuel Darío Salas-Araiza, Eduardo Salazar-Solís	34-41
Severidad del moteado amarillo del tomate y reducción del rendimiento del cultivo en respuesta a la densidad de adultos virulíferos de <i>Bemisia tabaci</i> Eduardo Salazar, Douglas Cubillo, Pilar Ramírez, Galileo Rivas Platero, Luko Hilje	42-50
Efeito de <i>Beauveria bassiana</i> sobre o desenvolvimento de <i>Sitophilus zeamais</i> Alcides Moino Junior, Sérgio Batista Alves	51-54
Una trampa con feromona para el control de <i>Rhynchophorus palmarum</i> en palma africana José Inácio L. Moura, Evaldo F. Vilela, Joana M.S. Ferreira	55-59
Incremento en la producción de banano mediante nematocidas usados en el control de <i>Radopholus similis</i> Javier Farias-Larios, Mario Orozco-Santos, José Gerardo López-Aguirre, Francisco Silva-Montes	60-65
Abundancia estacional y daño de <i>Anastrepha striata</i> en genotipos de guayaba y cas Manuel Carballo V.	66-72
Susceptibilidad de seis colecciones de maíz al ataque de <i>Helicoverpa zea</i> y <i>Euxesta eluta</i> en Jujuy, Argentina Martha G. Arce de Hamity, Viviana Quincoces de Guerra, Patricia Domenech, Eleonor Montero	73-77
HOJA TECNICA	
La necrosis rayada del arroz: una nueva enfermedad viral en América Francisco José Morales G.	i-iv
SECCION INFORMATIVA	
Reseñas de Publicaciones	78-79
Futuros Eventos	80
Mosca Blanca al Día	81-82
Acciones MIP en Hortalizas	83-86
Indice temático de la Revista Manejo Integrado de Plagas no.1-50. 1986-1998	87-100

La ideas y opiniones expresadas o implícitas en esta publicación son responsabilidad de cada autor y no necesariamente de las instituciones auspiciadoras.

CATIE

UNA METODOLOGIA PARA DETERMINAR CRITERIOS ECONOMICOS DE DECISION EN EL CONTROL DE PLAGAS

Octavio A. Ramírez*
Joseph L. Saunders**

RESUMEN

Se discuten brevemente los principales problemas y desventajas de la metodología tradicional de "niveles de daño" y "umbrales económicos o de acción". Además se presentan las bases conceptuales de una nueva metodología basada en la teoría neoclásica de la producción, en la que se asume que el decisor tiene como meta económica principal el maximizar las ganancias resultantes del proceso productivo. Desarrolla y discute un modelo conceptual básico o general que consiste de un sistema de cuatro ecuaciones con cuatro variables endógenas y cuatro exógenas. Propone un modelo conceptual simplificado que solamente requiere de la estimación de dos ecuaciones no-simultáneas. Con base en este último, se plantean y discuten posibles modelos empíricos; sus ventajas, desventajas e implicaciones teóricas y pragmáticas. Una de las implicaciones más importantes es que el paradigma que establece que debe utilizarse un nivel de daño "intermedio" (entre el mínimo controlable y el máximo que puede ocurrir naturalmente) como criterio de decisión para el combate de las plagas agrícolas, no es respaldado por este análisis económico. Inclusive se demuestra que para una misma realidad agro-ecológica, pequeños cambios en factores económicos tales como el costo por aplicación o el precio por unidad del producto pueden resultar en fluctuaciones drásticas en el criterio de decisión óptimo que van desde aplicaciones calendarizadas intensivas (cero tolerancia) hasta una tolerancia total de la presencia y daño de la plaga en el cultivo. Se desarrolla un estudio de caso para ilustrar las diversas características y atributos positivos de la metodología propuesta y permitir que esta sea aplicada por otros investigadores con relativa facilidad. Además, se explora el efecto potencial que podría tener sobre los resultados, el supuesto clave (estabilidad en el grado de severidad de ataque de la plaga a lo largo del tiempo/espacio) que permite utilizar el modelo conceptual simplificado. Se propone un modelo empírico alternativo que no requiere que se cumpla dicho supuesto.

Palabras claves: Criterios económicos de decisión, Control de plagas, Criterios de decisión, Nivel de Daño económico.

ABSTRACT

A METHODOLOGY TO DETERMINE ECONOMIC CRITERIA OF DECISION IN THE CONTROL OF PESTS. The main problems and disadvantages of the traditional methodology of "damage levels" and "economic or action thresholds" are briefly discussed. The conceptual bases of a new methodology based on the neoclassic theory of production, in which it is assumed that the main economic goal of the decision maker is to maximize earnings resulting from the productive process, are also presented. A basic or general conceptual model, composed of four equations with four endogenous variables and four exogenous variables, is developed and discussed. A simplified conceptual model is proposed that only requires the estimation of two non-simultaneous equations. Based on this last one, possible empirical models are proposed and discussed; their advantages, disadvantages and theoretical and pragmatic implications. One of the most important implications is that the paradigm that establishes that a damage level of "intermediate" (between the minimum controllable and the maximum that could naturally occur) should be used as a decision criterion for the control of agricultural pests, is not backed up by this economic analysis. In addition it is demonstrated that for an agro-ecological reality, small changes in economic factors such as the cost of application or the price of the product item, can result in drastic fluctuations in the optimum decision criterion that go from intensive timetabled applications (zero tolerance) to total tolerance of the presence and damage of the pest in the crop. A case study is developed in order to illustrate the diverse characteristics and positive attributes of the proposed methodology and to allow it to be relatively easily applied by other investigators. Furthermore, the potential effect it could have on results, the key assumption (stability of the degree of severity of attack of the pest through time/space) that allows use of the simplified conceptual model, is explored. An alternative empirical model is proposed that fulfills this assumption.

Key words: Economic action thresholds, Pest control, Decision criteria, Damage levels.

Recibido: 20/02/97. Aprobado: 4/12/98.

*CATIE. Area de Economía y Sociología de la Producción y la Conservación. Dirección Actual: Assistant Professor, Department of Agricultural and Applied Economics, Texas Tech University, Mail Stop 3123, Lubbock, Texas 79409, U.S.A. EMail: oramirez@ttu.edu

**Turrialba, Costa Rica. EMail: jsaunder@catie.ac.cr

INTRODUCCION

Los conceptos de nivel de daño económico y umbral de acción comienzan a utilizarse en la literatura entomológica a finales de la década de los 50 (Stern *et al.* 1959). Desde entonces, se ha

desarrollado una metodología que permite determinar criterios de decisión para el control de plagas, basada en dichos conceptos. Existen discusiones detalladas de los conceptos de nivel de daño económico y umbral de acción, así como revisiones de la metodología propuesta en Hruska y Rosset 1987; Pedigo *et al.* 1986; Poston *et al.* 1983; y Andow y Kiritani 1983.

Recientemente, en Centroamérica, se ha cuestionado la racionalidad de los conceptos y la metodología utilizada en la literatura entomológica de las tres últimas décadas, contrastándolos con los marcos teóricos utilizados por los economistas agrícolas para analizar este tipo de problemas. En la vanguardia de esta nueva corriente se encuentran los trabajos de Rosset (1991) «Umbrales Económicos: Problemas y Perspectivas» y Ramírez (1992) «Metodologías para la Determinación de Umbrales de Acción: Errores del Pasado y Perspectivas para el Futuro», en el cual se refuerzan y analizan las ideas expuestas por Rosset (1991), y se expone brevemente el esquema general de una nueva metodología para determinar criterios de decisión económicamente razonables para el control de plagas.

El presente artículo desarrolla las bases teóricas y explora los detalles empíricos claves para una aplicación generalizada de una nueva metodología para la determinación de criterios económicos de decisión para el control de plagas. Este trabajo tiene un enfoque entomológico por la experiencia de los autores.

Bases Conceptuales de la Metodología Tradicional

El nivel de daño económico (NDE) se define como «La densidad poblacional de la plaga a la cual el costo del control iguala el beneficio económico del mismo». El nivel de daño económico es el fundamento conceptual que se ha utilizado para desarrollar la metodología que permite determinar “umbral de acción” (UA), es decir “La densidad poblacional de la plaga en la cual deben iniciarse las acciones de control para evitar que se alcance el NDE” (Hruska y Rosset 1987).

Si esta metodología funciona bien, y el productor utiliza el umbral de acción resultante, se espera que se cumpla el objetivo económico planteado en el NDE. Sin embargo, el problema con esta metodología es planteado por Rosset (1991) cuando señala que aplicando la lógica clásica de los entomólogos (es decir el nivel de daño económico) se obtiene una rentabilidad (sobre la inversión que se hace en el control de plagas) de cero. La metodología desarrollada con base en esta lógica ignora el hecho de que, dependiendo de las relaciones biológicas y económicas existentes, es posible obtener, incluso rentabilidades muy altas con respecto a las inversiones que se hacen para el control de los problemas fitosanitarios de los cultivos.

Bases Conceptuales de la Nueva Metodología

Las bases conceptuales de la nueva metodología se obtienen de la teoría neoclásica de la producción. En ésta se asume fundamentalmente, que el decisor tiene como meta económica principal maximizar las ganancias resultantes del proceso productivo (Beattie y Taylor 1985), matemáticamente:

$$(1) \quad \text{MAX}[G(Y(X)) = PY(X) - CX]$$

donde $G(Y(X))$ representa dichas ganancias o beneficios netos, $Y(X)$ es la producción y X es el nivel de uso de insumos por unidad de área, P es el precio y C son los costos unitarios del producto y los insumos utilizados, respectivamente. Adaptando ésta, se puede desarrollar una metodología bastante simple para determinar *criterios de decisión* más razonables para el control de las plagas agrícolas, desde el punto de vista económico.

Sin embargo, primero se analiza brevemente el concepto de *criterio de decisión* que también ha evolucionado durante las últimas tres décadas.

A pesar de algunas variantes, los *criterios de decisión*, en general, se definen con base en un estimado de la densidad poblacional de la plaga de interés o del grado de daño que esta le está causando al cultivo en un momento dado, mediante

un muestreo que se diseña estadísticamente. Algunos ejemplos son: número de moscas blancas (*Bemisia tabaci*) por hoja trifoliada en el cultivo del tomate (Calvo *et al.* 1994), número de plantas con daño fresco causado por larvas de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) en repollo (Carballo *et al.* 1989), número de hojas sanas (i.e. no afectadas por Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) por planta de plátano (E. Bustamante 1997, CATIE, Costa Rica, com pers.).

Con este propósito se realizan muestreos periódicos y cada vez que en alguno de ellos se sobrepasa el *criterio de decisión* predeterminado, se aplica un plaguicida. Hasta la actualidad, estos *criterios de decisión* han sido principalmente “umbrales de acción” (también llamados “umbrales económicos”) ya que se han establecido con base en el concepto de nivel de daño económico y las metodologías derivadas de este. Con estos antecedentes, se pueden establecer las bases teóricas para determinar *criterios de decisión*, desde el punto de vista económico más razonables para el control de las plagas agrícolas.

Conceptualmente, el rendimiento de un cultivo depende, en parte, del grado de daño que cause una plaga específica. Este, a su vez, está en función de la densidad poblacional de la plaga que se presenta o se tolera durante el ciclo de producción. Sin embargo, ésta puede variar significativamente a lo largo del ciclo y no presentar un patrón uniforme entre fincas ni entre años, porque es afectada por condiciones climáticas, además de factores bióticos y abióticos.

Entonces, la densidad poblacional o el progreso de la enfermedad acumulada al final del período de producción (conocida por los fitoproteccionistas como el “área bajo la curva” (A)), es probablemente el índice que mejor puede relacionar el grado de daño y, por lo tanto, el rendimiento de un cultivo, con la presencia de la plaga en este¹:

$$(2) \quad Y = G(A) + e1$$

¹ Siempre y cuando el grado de daño por unidad de plaga acumulada sea medianamente constante a lo largo del ciclo (es decir, independiente de cuando ocurre la unidad adicional de plaga), aunque este puede cambiar al acumularse mayor área bajo la curva. De otra forma, es necesario subdividirlo en períodos durante los cuales se cumple esta condición.

donde “e1” representa el grado de error que caracteriza esta relación. La densidad poblacional de la plaga acumulada o el progreso de la enfermedad hasta el final del cultivo (A) puede ser afectada directamente por la aplicación de plaguicidas (X) a lo largo del tiempo (t), pero también es determinada por la severidad o intensidad del ataque de la plaga en una finca y etapa del cultivo específicos (S):

$$(3) \quad A = H(X,S) + e2$$

donde H es la función que relaciona el número de aplicaciones (X) y la severidad (S) con la densidad poblacional acumulada al final (A), e2 representa el grado de error que caracteriza esta relación.

Debido a que, incluso, para una misma plaga y cultivo, S, y por lo tanto A, presentan un comportamiento muy variado y diferente, dependiendo de la finca, zona y etapa de cultivo y además bastante difícil de predecir, es necesario el uso de muestreos y *criterios de decisión*. Mediante estos se intentan hacer las aplicaciones de plaguicidas en los momentos en los cuales se logre un mayor efecto para reducir el área final acumulada bajo la curva.

El problema, entonces, es sumamente dinámico. Como primer paso, debe explorarse el tipo de *criterio de decisión* que se ha utilizado hasta ahora, es decir, aplicar un plaguicida cada vez que la densidad poblacional o un índice de grado de daño determinado alcanza cierto nivel. Entonces;

$$(4) \quad X = J(C,S) + e3$$

donde C es la magnitud de dicho criterio y e3 representa el error que caracteriza a esta relación. Por tanto, para un mismo C, si el ataque de la plaga (S) es severo, se espera que se realicen un número mayor de aplicaciones de plaguicidas, X, ya que C se alcanzaría muchas veces, y viceversa.

Teóricamente, entonces, este problema tendría que analizarse por medio del siguiente sistema de ecuaciones:

$$(5) \quad \begin{aligned} G(A,X) &= PY + C_A X + e \\ Y &= G(A) + e1 \\ A &= H(X,S) + e2 \\ X &= J(C,S) + e3 \end{aligned}$$

donde C_A es el costo de hacer una aplicación de plaguicida. Este incluye cuatro variables endógenas (G , Y , A y X) y cuatro exógenas (P , C_A , C y S) y, una vez estimado, puede optimizarse con respecto a la única variable exógena controlable por el agricultor (C). La magnitud óptima económica resultante (C^*) del *criterio de decisión*, C , sería entonces una función de P , C_A , y S :

$$(6) \quad C^* = F(P, C_A, y S)$$

El problema principal para implementar el sistema anterior es el monitoreo y la medición de S , es decir, que tan severo es el ataque de la plaga en esa finca o zona y etapa de cultivo específica. En el contexto experimental, que debe establecerse para estimar los coeficientes que gobiernan dichas relaciones, esta dificultad podría solventarse, para luego utilizar los resultados de esta investigación a nivel de los productores. Sin embargo, ellos tendrían que ser capaces de predecir S para calcular la magnitud óptima económica del *criterio de decisión* (C^*) que necesitan aplicar, lo que parecería ser, sino difícil, al menos bastante impráctico.

Una alternativa interesante es relegar S en la tercera y cuarta ecuación a los términos del error e_2 y e_3 . Obviamente, para evitar la posibilidad de sesgos en los estimadores de los coeficientes del modelo, los datos para la fase de investigación tendrían que provenir de diseños experimentales o muestrales que garanticen la independencia estadística entre C y S y X y S (Johnson 1986); y el C^* resultante solo sería válido en promedio para el rango de los posibles valores de S observados o permitidos en el experimento u observados en la muestra.

Lo anterior, sin embargo, hace más sencilla la fase de campo del proceso de investigación, simplifica la metodología necesaria para determinar C^* y brinda un resultado que los productores pueden implementar con facilidad (i.e., un C^* que solo dependerá de P y C_A). En términos generales, únicamente es necesario estimar un sistema de dos ecuaciones no-simultáneas:

$$(7) \quad \begin{aligned} Y &= G(C) + z_1 \\ X &= K(C) + z_2 \end{aligned}$$

donde $G(C)$ modela directamente la relación que existe entre Y y C (a través de (3) y (4) y una vez que se relega S a los respectivos términos del error) y $K(C)$ es una reformulación de la ecuación 4 también relegando S al término del error. Entonces la función objetivo es:

$$(8) \quad G(C) = PG(C) - C_A K(C)$$

que debe de maximizarse con respecto a C . Ahora para tener una especificación completa del modelo empírico, solo resta definir las formas funcionales particulares de $G(C)$ y $K(C)$ que podrían utilizarse. En la siguiente sección se explora un número limitado de éstas.

Modelos Empíricos

Es riesgoso tratar de definir, a priori, las características de las relaciones físico-biológicas representadas en la ecuación 7. Se sabe que Y será inversamente proporcional a C a lo largo de todo el dominio de $G(C)$ en la mayoría de los casos, y que X también es inversamente proporcional a C . Además de esto, es difícil proyectar, y no sería extraño encontrar grandes diferencias dependiendo de la plaga y el cultivo en cuestión.

Sin embargo, se puede aprovechar que ambas relaciones son univariadas, y experimentar con formas funcionales bastante flexibles, específicamente, polinomios de tercer grado:

$$(9) \quad \begin{aligned} Y(C) &= a_0 + a_1 C + a_2 C^2 + a_3 C^3 + z_1 \\ X(C) &= b_0 + b_1 C + b_2 C^2 + b_3 C^3 + z_2 \end{aligned}$$

Estas tienen la capacidad de incluir tanto concavidad como convexidad con respecto al origen, así como posibles puntos de inflexión. Además, incluyen a las funciones cuadrática y lineal como casos especiales que pueden explorarse mediante el uso de pruebas estadísticas de hipótesis.

La función objetivo empírica es en este caso:

$$(10) \quad G(C) = P(a_0 + a_1C + a_2C^2 + a_3C^3) - C_A(b_0 + b_1C + b_2C^2 + b_3C^3)$$

Para encontrar la magnitud del *criterio de decisión* C que maximiza las ganancias o beneficios netos al productor, (C^*), se toma la primera derivada de $G(C)$ con respecto a C , la cual se iguala a cero, resolviendo y simplificando (Fletcher 1987), para obtener:

$$(11) \quad C = \frac{-(Pa_2 - C_A b_2) \pm \sqrt{(Pa_2 - C_A b_2)^2 - 3(Pa_1 - C_A b_1)(Pa_3 - C_A b_3)}}{3(Pa_3 - C_A b_3)}$$

Nótese que otra de las ventajas del uso de funciones polinomiales hasta de tercer grado, es que existen soluciones analíticas al problema de optimización, y estas pueden encontrarse con relativa facilidad. También es muy sencillo recalcular en la ecuación 11 para casos donde $Y(C)$ o $X(C)$ resultan ser funciones cuadráticas o lineales según las pruebas de hipótesis estadísticas realizadas.

Cuando por lo menos una de estas dos ecuaciones es cúbica, la ecuación 11 indica que existen dos "soluciones", una de las cuales podría ser la que genere la máxima ganancia para el productor, es decir, el óptimo económico que busca. Sin embargo, esto nunca es seguro, y rutinariamente deben verificarse las condiciones de segundo orden (Chiang 1984), incluso cuando se encuentra solo una "solución".

Otra forma funcional bastante flexible es la conocida como "trascendental" (Beattie y Taylor 1985) que, en el caso más general, podría aplicarse a $Y(C)$ y $X(C)$ resultando en:

$$(12) \quad G(C) = P(a_0 C^{a_1} e^{a_2 C}) - C_A(b_0 C^{b_1} e^{b_2 C})$$

Nuevamente se deriva con respecto a C , se iguala a cero, reorganiza y factorizan los términos para obtenerse:

$$(13) \quad (a_1 - b_1) \ln(C) + (a_2 - b_2)C = \ln(C_A b_0 b_1 b_2 / Pa_0 a_1 a_2)$$

Nótese que es imposible resolver analíticamente para el valor de C (C^*) que satisface la ecuación 13, pero este valor puede encontrarse de manera numérica (Fletcher 1987) dados $P, C_A, a_0, a_1, a_2, b_0, b_1$ y b_2 . Dos formas funcionales muy utilizadas también son casos especiales de la trascendental: La doble logarítmica (cuando a_2 y/o $b_2 = 0$) y la exponencial (cuando a_1 y/o $b_1 = 0$) (Johnson 1985); los cuales pueden explorarse mediante el uso de pruebas de hipótesis. Si ambos, a_2 y b_2 , no resultan ser diferentes de 0 al nivel de certidumbre estadística pre-establecido, entonces sí se obtiene:

$$(14) \quad C^* = (C_A b_0 b_1 / Pa_0 a_1)^{1/(a_1 - b_1)}$$

Por otra parte, si a_1 y b_1 no resultan ser diferentes de 0 a dicho nivel de certidumbre estadística, pero a_2 y b_2 sí, entonces la ecuación 14 se convierte en:

$$(15) \quad C^* = \ln(C_A b_0 b_2 / Pa_0 a_2) / (a_2 - b_2)$$

Como se mencionó antes, es posible utilizar cualquier forma funcional para modelar $Y(C)$ y/o $X(C)$, y estas no tienen por que ser iguales entre sí. Johnson *et al.* (1986) y Beattie y Taylor (1985) describen ampliamente este tema. Obviamente, en cada caso es necesario repetir el proceso matemático que conduce a la ecuación 11, 13, 14 ó 15.

Las Condiciones de Segundo Orden

El punto en el cual la primera derivada de una función alcanza un valor de cero indica la existencia de un máximo, un mínimo o de un punto de inflexión. Esto puede aclararse analizando las condiciones de segundo orden (Chiang 1984). En el presente caso, esto se logra tomando la segunda derivada de la función de ganancia $G(C)$ y evaluándola para el valor de C^* que se ha obtenido:

1. Si el resultado es mayor que cero, C^* es un mínimo.
2. Si el resultado es igual a cero, C^* es un punto de inflexión.

3. Si el resultado es menor que cero, C^* es un máximo, es decir el óptimo económico que busca (i.e. las condiciones de segundo orden son satisfechas).

Entonces, en principio, es factible encontrar varias situaciones:

1. Existe nada más una solución y en ésta las condiciones de segundo orden son satisfechas.

En la Figura 1 se presenta gráficamente el proceso de optimización, cuando $Y(C) = a_0 + a_1C + a_2C^2$ y $X(C) = b_0 + b_1C + b_2C^2$, y para valores ilustrativos pre-seleccionados de a_0, a_1, a_2, b_0, b_1 y b_2 . En el Gráfico A se muestran las curvas de beneficio bruto, $PY(C)$, y costo total de control, $C_A X(C)$. En el gráfico B se muestra la curva de ganancia, $G(C)$, que es la diferencia entre la curva de beneficio bruto y la de costo total de control.

Este representa el caso característico en que puede tolerarse cierta presencia de la plaga (hasta dos unidades de plaga/daño por unidad de muestreo) sin que ocurra una reducción notable en el rendimiento y, por lo tanto, en los beneficios brutos. Sin embargo, los costos de control, son altos y las ganancias no son las mejores cuando $C=2$. El criterio de decisión óptimo económico es $C=3,5$, es decir aplicar un plaguicida cada vez que se encuentra tres y media unidades de la plaga por unidad de muestreo, en promedio.

El cumplimiento de las condiciones de segundo orden garantiza que la curvatura de las ecuaciones de beneficio bruto y costo de control es tal, que el punto en el cual la pendiente de la función de ganancia es igual a cero, es en realidad un máximo, es decir, que al aumentar C alrededor de ese punto, dicha pendiente pasa de positiva a negativa.

Es importante enfatizar que se trabaja con ganancias o beneficios netos parciales, debido a que en el análisis no se incluyen todos los costos de producción. Por tanto, incluso si se logra optimizar económicamente una actividad específica de control de plagas, mediante el uso del criterio de decisión C^* , los beneficios netos globales del sistema de cultivo podrían ser negativos. Pero serían aún más negativos si no se aplica C^* .

2. Existe nada más una solución y en ésta, las condiciones de segundo orden no son satisfechas.

La figura 2 presenta gráficamente el proceso de optimización, cuando también $Y(C) = a_0 + a_1C + a_2C^2$ y $X(C) = b_0 + b_1C + b_2C^2$, pero para diferentes valores ilustrativos pre-seleccionados de a_0, a_1, a_2, b_0, b_1 y b_2 . Igualmente, en el Gráfico A se muestran las curvas de beneficio bruto, $PY(C)$, y el costo total de control, $C_A X(C)$, y en el gráfico B la curva de ganancia, $G(C)$. En este caso las curvaturas de las ecuaciones de beneficio bruto

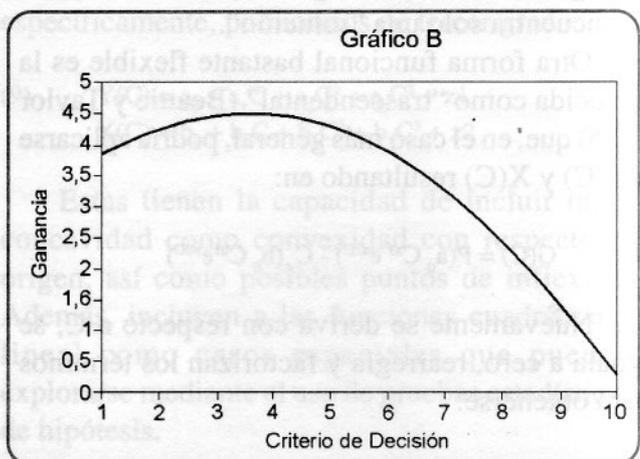
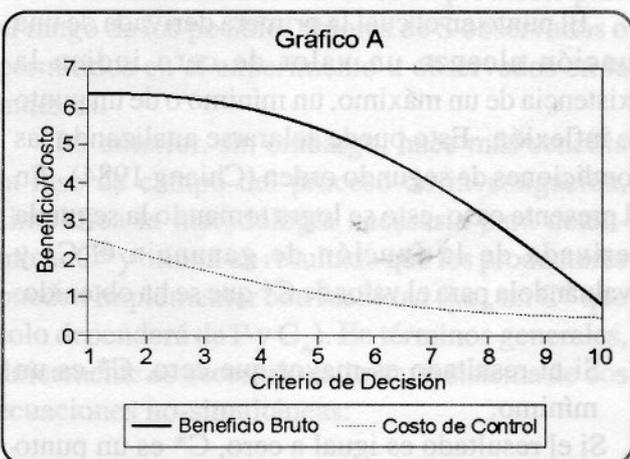


Fig. 1. Gráfico A: Curvas de Beneficio Bruto y Costo de Control para un proceso hipotético de optimización (ganancia máxima). Gráfico B: Función de Ganancia para un proceso hipotético de optimización (ganancia máxima).

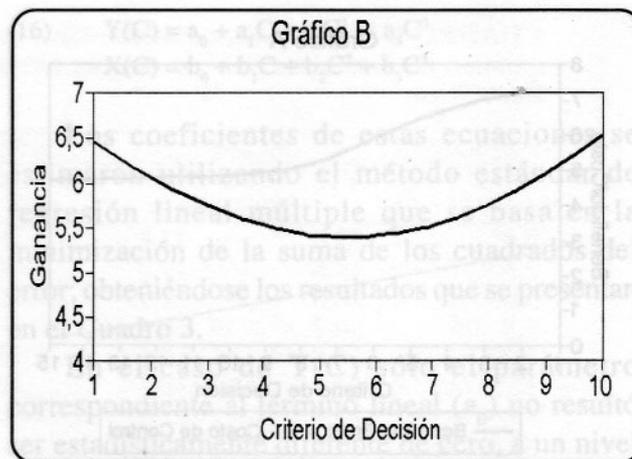
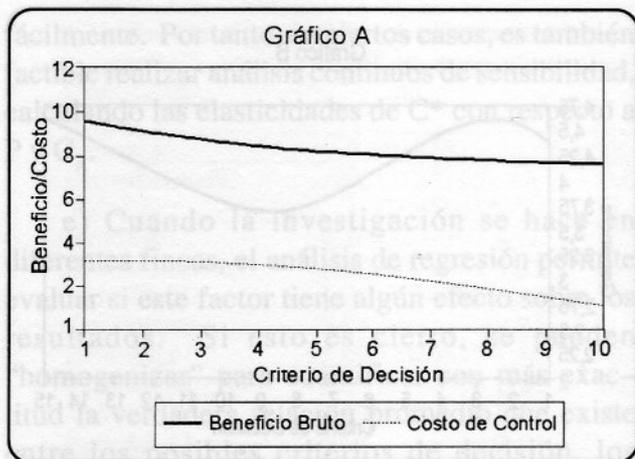


Fig. 2. Gráfico A: Curvas de Beneficio Bruto y Costo de Control para un proceso hipotético de optimización (ganancia mínima). Gráfico B: Función de Ganancia para un proceso hipotético de optimización (ganancia mínima).

Una Aplicación Ilustrativa

y costo de control son tales, que la función de ganancia es convexa con respecto al origen. Por consiguiente, el punto donde su primera derivada es igual a cero corresponde a un mínimo; al aumentar C alrededor de ese punto, su pendiente pasa de negativa a positiva.

Es necesario preguntar ¿Cuál es el criterio de decisión óptimo económico C^* ? Bajo estas condiciones, este se encuentra en uno de los dos posibles extremos de comportamiento: mantener la población de la plaga totalmente suprimida o tolerar su presencia y daño en forma irrestricta. Según la Figura 2, Gráfico B, parece ser que en este caso cualquiera de las dos estrategias resultaría en el mismo beneficio neto esperado por el agricultor.

El ejemplo anterior, aunque hipotético, puede ocurrir en la práctica, la naturaleza de las relaciones biológicas que determinan la forma de las curvas de beneficio bruto y costo de control no indica la posible convexidad o concavidad de éstas. Por lo tanto, el paradigma de que debe utilizarse un nivel de daño "intermedio" (entre el mínimo controlable y el máximo que puede ocurrir naturalmente) como criterio de decisión para el combate de las plagas agrícolas, no es respaldado por este análisis económico. Además, el criterio de decisión óptimo económico podría "trasladarse" desde uno de estos extremos hasta el otro en forma drástica, como resultado de cambios en los precios por unidad de producto o en los costos por aplicación.

3. Existe más de una solución

En este caso, alguno de los puntos en que la primera derivada de la función de ganancia resulta ser igual a cero, podría satisfacer las condiciones de segundo orden, lo que lo identificaría como un máximo local. Esta situación, sin embargo, debe de analizarse con cuidado. La Figura 3A muestra que la función de beneficio bruto sería típica por ejemplo de algunos vectores de enfermedades. En este caso, en un extremo, densidades poblacionales muy bajas de estos pueden ser insuficientes para causar una epidemia y afectar en forma significativa el rendimiento, mientras que en el otro llega a un punto en que las densidades poblacionales más elevadas ya no afectan el rendimiento porque todas las plantas han contraído la enfermedad tempranamente. Sobre la función de costos, por simplicidad, se supone que es lineal.

La función de ganancias tiene una pendiente de cero en dos puntos diferentes, cuando $C=2,5$ y cuando $C=8,5$. Es decir, que al tomar su primera derivada, igualarla a cero y resolver, se encontrarían estas dos posibles soluciones. El análisis de las condiciones de segundo orden revelaría que $C=2,5$ corresponde a un máximo local y $C=8,5$ a un mínimo local.

Sin embargo, es muy importante observar, que cuando $C=15$ (es decir si no se hace aplicación alguna de plaguicidas), las ganancias esperadas son tan altas como las que se obtendrían si se

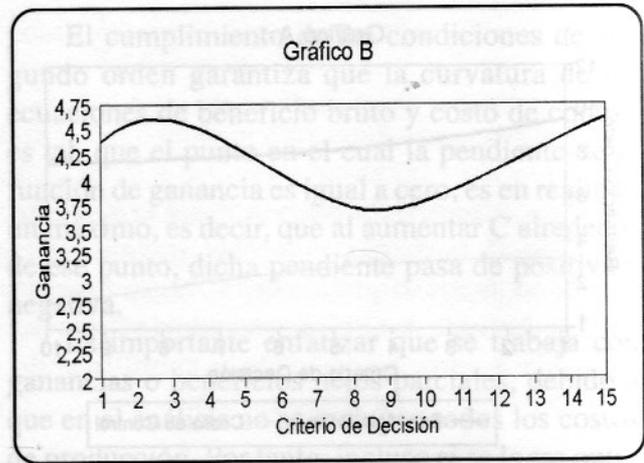
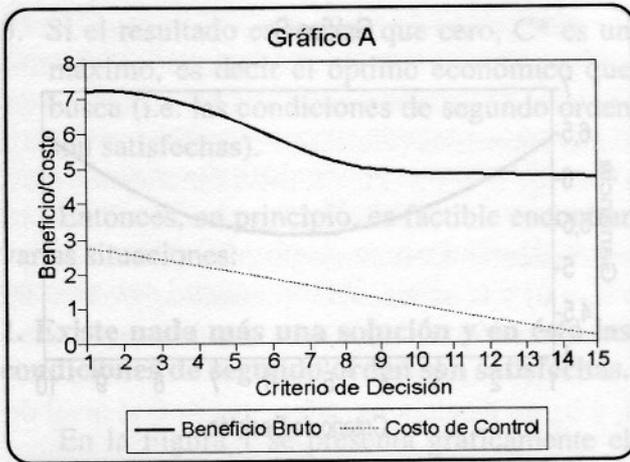


Fig. 3. Gráfico A: Curvas de Beneficio Bruto y Costo para un proceso hipotético de optimización (ganancias máximas y mínimas). Gráfico B: Función de Ganancia para un proceso hipotético de optimización (ganancias máximas y mínimas).

utiliza $C^*=2,5$. Esta segunda posibilidad no se detecta matemáticamente ya que la pendiente de la función de ganancias no es igual a cero en ese punto.

En resumen, la mejor forma de garantizar que se ha identificado el criterio de decisión que realmente representa un óptimo económico, es mediante una verificación gráfica de los resultados algebraicos. El análisis de las curvas de beneficio bruto, costos de control y ganancias que corresponden a un problema específico permite un mejor entendimiento de lo que ocurre cuando se utilizan diferentes posibles intensidades de control de una plaga, es decir, al variar C .

Algunas Ventajas Generales de esta Metodología

La metodología propuesta permite determinar criterios de decisión económicamente razonables para el control de las plagas mediante el uso de técnicas multivariadas de regresión y cálculo diferencial. Esto permite hacer un análisis de beneficio neto que es continuo y estadísticamente riguroso, lo que añade precisión y confiabilidad a los resultados. En términos específicos, la metodología tiene varias ventajas:

a) El uso de funciones para expresar las relaciones entre rendimiento (y por ende beneficio

bruto) y costo de control con la densidad poblacional de la plaga, aproximada por C , permite caracterizar y evaluar dichas relaciones más allá de las combinaciones específicas de rendimiento (y beneficio bruto), costo, y densidad poblacional que están disponibles en los datos de campo.

b) Así mismo, al evaluar estadísticamente el grado de precisión y confianza con que este modelo explica las relaciones biológicas y económicas subyacentes (mediante el uso de índices como el coeficiente de determinación múltiple (R^2), pruebas de t e intervalos de confianza para los posibles valores de los parámetros de las ecuaciones) permite juzgar la calidad de los resultados obtenidos.

c) El uso de funciones, al capturar tendencias generales, permite reducir las posibilidades de seleccionar un criterio de decisión equivocado debido a la presencia de observaciones o datos que son extremos con respecto a los valores que podrían presentarse usualmente.

d) En general, esta metodología, permite expresar el criterio de decisión óptimo económico, C^* , como una función relativamente simple del precio del bien producido y del costo por aplicación. Entonces, si hay cambios en cualquiera de éstos, dicho criterio se puede recalcular

fácilmente. Por tanto, en ciertos casos, es también factible realizar análisis continuos de sensibilidad, calculando las elasticidades de C^* con respecto a P y C_A .

e) Cuando la investigación se hace en diferentes fincas, el análisis de regresión permite evaluar si este factor tiene algún efecto sobre los resultados. Si esto es cierto, se pueden "homogenizar" para cuantificar con más exactitud la verdadera relación promedio que existe entre los posibles criterios de decisión, los rendimientos y los costos de control.

Una Aplicación Ilustrativa

El Cuadro 1 presenta los resultados de un experimento² realizado en cinco fincas de productores de papa en Tierra Blanca, Cartago, Costa Rica. En cada finca se utilizó una parte del área sembrada; el manejo fue similar al resto de la parcela, excepto, el control químico de la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*).

En cada finca se establecieron ocho sub-parcelas. Semanalmente, se muestrearon el trifolio terminal de la séptima hoja compuesta (de arriba hacia abajo) de diez plantas para cada sub-parcela. Se registró el número de minas verdes (activas) de *L. huidobrensis*. En las sub-parcelas en que se sobrepasó el criterio de decisión preestablecido, se realizó una aplicación de insecticida.

El Cuadro 2 muestra las ocasiones en que se sobrepasaron dichos criterios para cada una de las sub-parcelas, es decir, el número de aplicaciones de insecticida requeridas para mantenerlos.

Con los datos anteriores se puede estimar formas funcionales para $Y(C)$ y $X(C)$. En este caso se decidió a priori explorar el uso de polinomios de tercer grado³ (las matrices utilizadas para la estimación de dichas ecuaciones se presentan en el apéndice):

² Los datos de este experimento han sido ligeramente alterados para obtener la mejor ilustración del método que puede lograrse con un solo ejemplo, por lo que no se recomienda utilizar los criterios de decisión óptimos económicos resultantes.

³ Al inicio se incluyeron en $Y(C)$ y $X(C)$ variables artificiales o "dummy" para explorar la posible influencia del factor finca pero, al resultar sus coeficientes no significativos al 90% de certidumbre estadística, se decidió excluirlas del modelo definitivo.

$$(16) \quad \begin{aligned} Y(C) &= a_0 + a_1C + a_2C^2 + a_3C^3 \\ X(C) &= b_0 + b_1C + b_2C^2 + b_3C^3 \end{aligned}$$

Los coeficientes de estas ecuaciones se estimaron utilizando el método estándar de regresión lineal múltiple que se basa en la minimización de la suma de los cuadrados del error; obteniéndose los resultados que se presentan en el Cuadro 3.

En el caso de $Y(C)$ sólo el parámetro correspondiente al término lineal (a_0) no resultó ser estadísticamente diferente de cero, a un nivel de confianza del 90%. Un coeficiente de determinación múltiple (R^2) de 78,99% indica que una alta proporción de la variabilidad en los rendimientos observados en el experimento es explicada por los criterios de decisión. Al excluir dicho término lineal, C , de la ecuación muestral de regresión, el nivel de significancia estadística de los parámetros remanentes incrementa en forma substancial, y el R^2 se mantiene en 78,97%, por lo que se decide trabajar con esta última especificación.

En cuanto a $X(C)$, a pesar de que también se obtuvo un R^2 bastante alto (89,12%), no puede inferirse estadísticamente que b_3 y b_2 son diferentes de cero, con un nivel de certidumbre del 90% o más; lo que parece indicar que la relación entre X y C no departe mucho de la linealidad. De hecho, esta última permite explicar un 88,03% de la variabilidad en el número de aplicaciones que se hicieron en el experimento. Con estas bases se selecciona el siguiente modelo para el análisis económico:

$$(17) \quad \begin{aligned} Y(C) &= 22,010154 - 0,061295C^2 + 0,002020C^3 \\ X(C) &= 9,758396 - 0,522306C \end{aligned}$$

La función de ganancia, $G(C)$, puede obtenerse fácilmente a partir de la ecuación 17, y para calcular el criterio de decisión óptimo económico, C^* , en este caso sólo es necesario recurrir a la fórmula dada en la ecuación 11 reconociendo que $a_1 = b_3 = b_2 = 0$. En el Cuadro 4 se presentan los C^* calculados, para posibles combinaciones de precios por unidad de producto y costos por aplicación.

CUADRO 1. Rendimiento comercial (t/ha) con ocho posibles criterios de decisión para el control químico de *Liriomyza huidobrensis* en cinco plantaciones de papa en Tierra Blanca, Cartago, Costa Rica.

C	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Promedio
0,0	22,0	22,7	22,3	24,4	21,9	22,66
2,5	19,6	19,9	20,4	22,5	20,4	20,56
5,0	20,0	21,7	22,1	18,8	20,3	20,58
7,5	20,7	20,3	23,1	18,8	17,4	20,06
10,0	20,0	19,2	15,6	15,3	20,5	18,12
12,5	14,9	16,3	18,1	16,3	17,8	16,68
15,0	13,6	13,2	17,0	13,7	13,9	14,28
20,0	13,1	13,6	14,2	13,9	14,4	13,84

CUADRO 2. Aplicaciones de insecticidas requeridos para mantener los criterios de decisión preseleccionados, en cinco plantaciones de papa en Tierra Blanca, Cartago, Costa Rica.

C	X1	X2	X3	X4	X5	Promedio
0,0	10	10	10	10	10	10
2,5	10	7,0	8,0	10	9,0	8,8
5,0	6,0	7,0	9,0	7,0	6,0	7,0
7,5	5,0	5,0	8,0	6,0	6,0	6,0
10,0	3,0	7,0	2,0	2,0	5,0	3,8
12,5	4,0	1,0	3,0	2,0	5,0	3,0
15,0	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	1,6
20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Nota: Se procuró mantener C=0 realizando aplicaciones semanales del insecticida recomendado C=20 corresponde al criterio de decisión máximo que se alcanzó en las parcelas cuando no se llevó a cabo aplicación alguna.

El rango de precios analizados es bastante representativo de lo observado en la zona durante los últimos tres años, éstos están en función de tonelada de papa comercial aún en la finca y restando los costos unitarios de cosecha, que es lo recomendable para este tipo de evaluación (CIMMYT 1993). Al realizar una aplicación de los insecticidas utilizados alternativamente durante el experimento (tiocyclam hidrogenoxalato (Evisect 50%PS) y abamectina (Vertimec 1.8%CE)), o de alguno otro recomendado, con una efectividad similar (cartap (Padam 50%PS) o cyromazina (Trigard)), el costo se mantuvo bastante estable aproximadamente U.S.\$200 ha. Este se varió en un 25%, con propósitos ilustrativos.

Es importante mencionar que para cada una de esas combinaciones de precio/costo, la ecuación 11 genera dos soluciones. Mediante la verificación de las condiciones de segundo orden, se identificó la que correspondía al criterio de decisión que resulta en la ganancia máxima esperada, según este modelo. Como una ilustración general del proceso de optimización económica que respalda dichos resultados, puede analizarse el caso más probable ($P=300$ y $C_A=200$). En la Figura 4A se presentan las respectivas funciones de beneficio bruto ($PY(C)$) y costos de control ($C_A X(C)$), y en el Gráfico 4B la curva de beneficios netos o ganancias parciales, $G(C)$.

En el Gráfico 4A no es fácilmente discernible el criterio de decisión que maximizaría las

CUADRO 3. Estadísticas clave sobre la estimación de los coeficientes de Y(C) y X(C).

Coefficiente	a3	a2	a1	a0
Estimado	0,00183511	-0,05526872	-0,05144300	22,09065850
Error Estándar	0,00124765	0,03827013	0,31362547	0,66192439
Valot de t	1,47085801*	-1,44417359*	-0,16402686	33,37338650*
Estimado	0,00201993	-0,06129473	—	22,01015420
Error Estándar	0,00052862	0,01057840	—	0,43826037
Valot de t	3,82114250*	-5,79433055*	—	50,22163900*
Coefficiente	b3	b2	b1	b0
Estimado	0,00076895	-0,01470039	-0,51512266	10,04215080
Error Estándar	0,00094898	0,02910890	0,23854876	0,50347072
Valot de t	0,81029408	-0,50501346	-2,15940194*	19,94584860*
Estimado	—	—	-0,52230576	9,75839599
Error Estándar	—	—	0,03123569	0,34372562
Valot de t	—	—	-16,72144410*	28,39007470*

* Diferente de cero a más del 90% de significancia estadística.

CUADRO 4. Criterios de decisión óptimos económicos para diferentes precios de papa (t) y costos de aplicación del insecticida (US\$ de 1996).

C/P	200	250	300	350	400
150	4,0	3,0	2,4	2,0	1,7
175	4,9	3,6	2,9	2,4	2,1
200	6,1	4,3	3,4	2,8	2,4
225	7,8	5,1	4,0	3,3	2,8
250	INF	6,1	4,6	3,7	3,2

Nota: INF indica que el criterio de decisión óptimo económico es permitir que la plaga alcance la máxima densidad poblacional posible en ese agro-ecosistema sin aplicar insecticidas.

ganancias parciales, o sea la diferencia entre la curva de beneficio bruto y la de costos de control. sin embargo, en el Gráfico 4B, se percibe en forma clara que estas ocurren cuando C tiene un valor de cerca de 3,5; mientras que las mínimas cuando C=16,5. Lo anterior es totalmente compatible con las soluciones generadas por la ecuación 11.

Por otra parte, se observa que las ganancias o beneficios netos parciales aumentan ligeramente cuando se usa este criterio de decisión, al compararlos con las que se obtendrían bajo un régimen de aplicaciones calendarizado; aunque son mayores que las que se podrían obtener si la plaga no se controla (C=18). Sin embargo, es importante enfatizar, que estas diferencias podrían ser mucho más significativas de lo que parecen,

al evaluarse en relación con las ganancias o beneficios netos totales, es decir, sustrayéndole a G(C) todos los otros costos de producción que han sido considerados como fijos, en este análisis.

Una situación contrastante ocurre si P=250 y C_A=250, es decir, cuando los precios por tonelada de papa son relativamente bajos y los costos por aplicación suben un poco. Esto no altera la forma general de las curvas de beneficio bruto y costos de control, pero sí su posición relativa en el Gráfico 4A. No obstante, como resultado de lo anterior, la función de ganancias parciales cambia de manera sustancial. Su máximo ocurre cuando C=6 y su mínimo cuando C=14, lo que es totalmente compatible con las soluciones generadas por la ecuación 11.

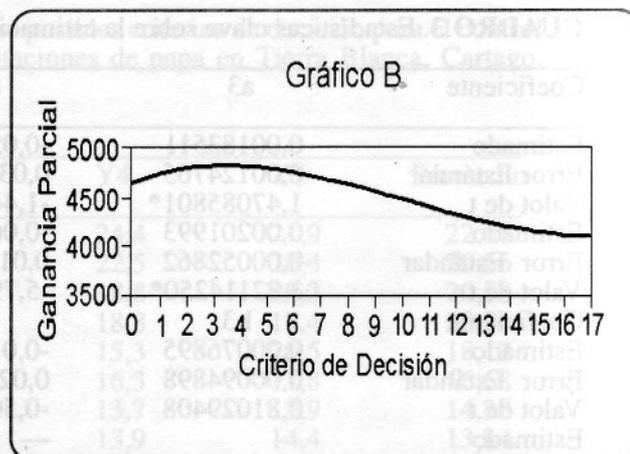
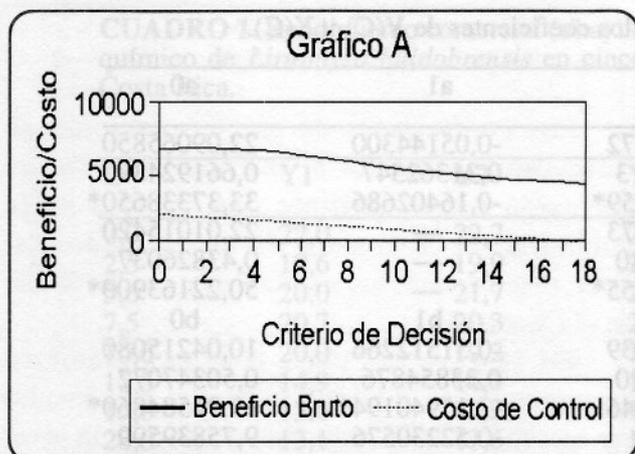


Fig. 4. Gráfico A: Curvas de Beneficio Bruto y Costo de Control para aplicación ilustrativa cuando $P=300$ y $C_A=200$. Gráfico B: Función de Ganancia para aplicación ilustrativa cuando $P=300$ y $C_A=200$.

La curva de ganancias parciales alcanza un segundo máximo cuando $C=18$. A partir de ese punto, los beneficios netos parciales se mantienen bastante estables, porque el rendimiento ya no es afectado⁴, y los costos de control son nulos. Los modelos matemáticos, al ser representaciones abstractas y simplificadas de la realidad, suelen tener algunas limitantes. En general, no son muy eficientes para evaluar lo que sucede en los “extremos” de los rangos de valores considerados en el análisis y las tendencias más allá de estos. Esto explica porque en este caso la solución algebraica del modelo dada por la ecuación 11 no detecta este segundo posible óptimo económico, aunque sí se puede identificar gráfica o numéricamente.

Otro aspecto interesante es que únicamente cambiando P y C_A ligeramente, el uso de cualquiera de los dos criterios de decisión óptimos económicos ($C=6$ o no hacer aplicación alguna), resulta ahora en una gran diferencia monetaria relativa en comparación con las aplicaciones calendarizadas ($C=0$); incluso vista en términos de las ganancias parciales (Fig. 5).

Un tercer caso, de sumo interés didáctico, ocurre cuando $P=200$ y $C_A=250$. Esta segunda reducción en el precio por tonelada de papa, aunque pequeña (20%), continúa alterando el balance en la curva de ganancias parciales al punto

de que, económicamente, ahora resulta muy claro que la estrategia más favorable es no muestrear ni hacer aplicación alguna de plaguicidas (Fig. 6B). Dicha curva incrementa en forma paulatina a partir de $C=0$, y no presenta máximos ni mínimos. Lo anterior es compatible con el hecho de que, en esta ocasión, la ecuación 11 es incapaz de generar alguna solución porque no se puede obtener la raíz cuadrada de un número negativo.

Por otra parte, si se asume un costo promedio por aplicación de U.S.\$200, el precio por tonelada de papa tendría que aumentar a US\$900 para que el criterio de decisión óptimo económico sea menor que 1, es decir, para que en la práctica no amerite muestrear sino únicamente hacer aplicaciones calendarizadas de plaguicidas (Fig. 7).

Dadas las ecuaciones específicas de rendimiento $Y(C)$ y número de aplicaciones $X(C)$ estimadas y detalladas en la ecuación 17, para que la función de ganancias parciales se torne por completo en monotónica decreciente (a partir de cero) con respecto a C , de manera que el criterio de decisión óptimo económico sea exactamente igual a cero, el costo por aplicación debe ser también cero. Sin embargo, no puede concluirse que siempre será este el caso.

Es importante mencionar que para todas las otras combinaciones de P y C_A dadas en el Cuadro 4, las curvas de beneficio bruto, costos de control y ganancias parciales resultan más o menos similares a las presentadas en la Figura 7 ($P=300$

⁴ Porque la población de la plaga llega al nivel máximo que puede alcanzar en forma natural en el agroecosistema.

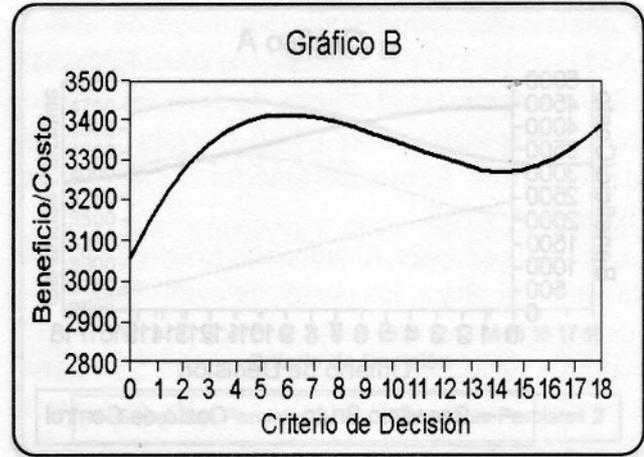
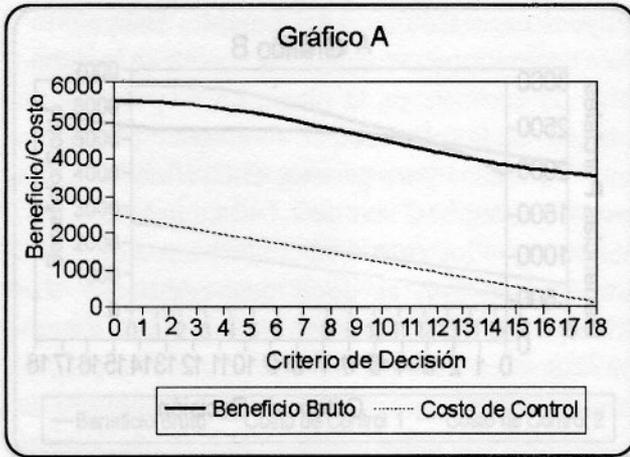


Fig. 5. Gráfico A: Curvas de Beneficio Bruto y Costo de Control para aplicación ilustrativa cuando $P=250$ y $CA=250$. Gráfico B: Función de Ganancia para aplicación ilustrativa cuando $P=250$ y $CA=250$.

y $C_A=200$), de tal forma que la solución generada por la ecuación 11 es sin duda el criterio de decisión óptimo económico.

Cambios en la Severidad o Intensidad del Ataque de la Plaga

Es de esperarse que cambios importantes en la severidad o intensidad de ataque de la plaga, que suelen ocurrir de un año a otro, en un mismo sitio o entre sitios o fincas en zonas similares durante un ciclo de cultivo específico, tengan algún efecto sobre el criterio de decisión óptimo económico, C^* . Teóricamente esto puede ser manejado incluyendo en el modelo presentado un índice de severidad de ataque de la plaga, S , como se esbozó en la ecuación 5, de tal forma que C^* resultará siendo también una función de este. Con base en la ecuación 5, es posible formular el siguiente modelo empírico:

$$(18) \quad Y = G(A) = G(H[X,S]) = G(H[J(C,S),S]) = F(C,S) \\ X = J(C,S)$$

Con el propósito de analizar mejor este modelo, se puede asumir que el experimento analizado en la sección anterior, se realizó bajo condiciones promedio de severidad de ataque de la plaga en los cinco sitios y durante todo el período de cultivo. ¿Qué sucedería con las curvas de beneficio bruto y costos de control si dichas

condiciones de severidad resultan sustancialmente mayores que el promedio?

Es razonable asumir que, dado el tipo de criterio de decisión utilizado (grado de daño foliar en un momento específico), el número de aplicaciones que deberían realizarse para mantener cualquier C particular (2,5,5,...,15) durante el ciclo de cultivo, va a ser siempre más alto. En la Figura 8 se ilustra como para $C=5$ podría casi duplicarse el número de aplicaciones requeridas.

En cuanto al rendimiento, en las secciones anteriores se argumenta que está más relacionado con el área total bajo la curva que se tolera hasta el final del período del cultivo. Es difícil hacer hipótesis al respecto, mediante una inspección visual de la Figura 8, pero un cálculo aproximado de las áreas bajo las dos curvas ahí presentadas, con base en los datos que se utilizaron para generarlas, indica que estas son prácticamente idénticas.

No debe generalizarse con base en un solo caso, y menos siendo este parcialmente hipotético, pero puede formularse la hipótesis de que para el tipo de criterio de decisión más comúnmente utilizado, $Y = F(C,S)$ es relativamente estable con respecto a cambios en la severidad del ataque de la plaga. Esta hipótesis podría investigarse más a fondo con la ayuda de algunos de los modelos clásicos de dinámica poblacional de plagas que se encuentran en la literatura.

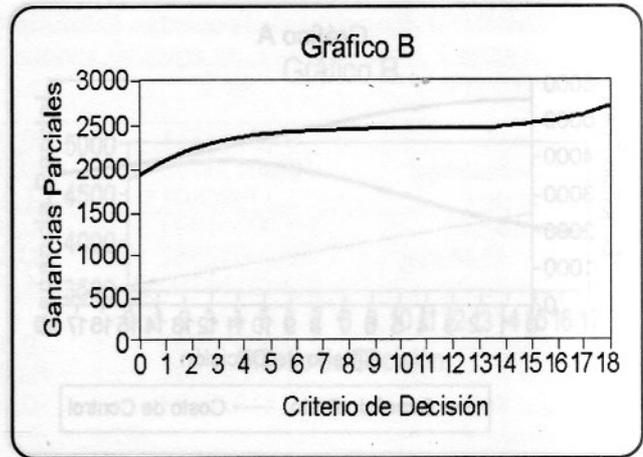
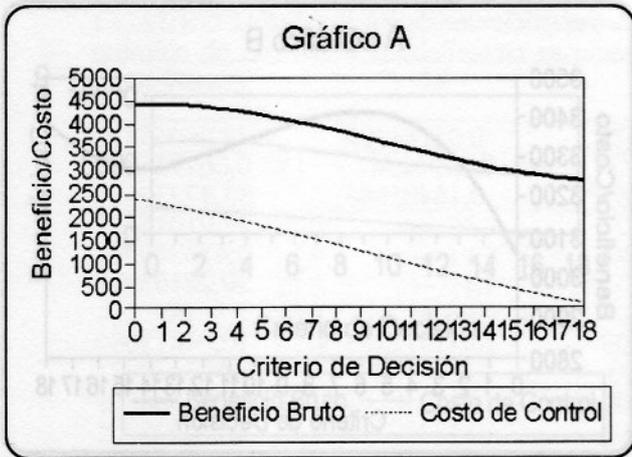


Fig. 6. Gráfico A: Curvas de Beneficio Bruto y Costo de Control para aplicación ilustrativa cuando $P=200$ y $CA=250$. Gráfico B: Función de Ganancia para aplicación ilustrativa cuando $P=200$ y $CA=250$.

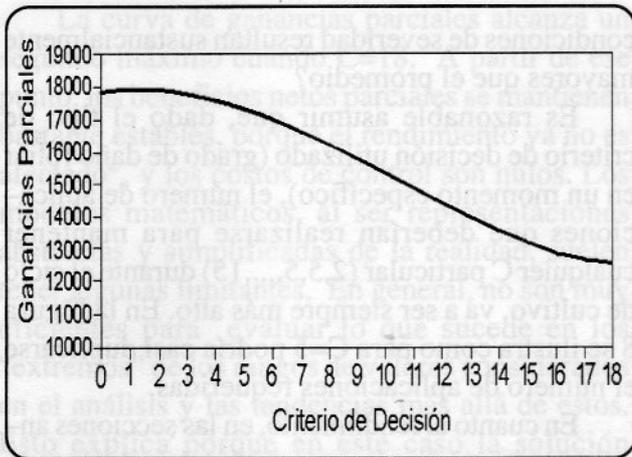


Fig. 7. Función de Ganancia para aplicación ilustrativa en una situación extrema ($P=900$ y $CA=200$).

Se puede suponer que al aumentar S , $X(C,S) = J(C,S)$ (y por lo tanto la curva de costo de control, $C_A X(C,S)$) se eleva pero $Y(C,S) = F(C,S)$ (y por lo tanto la curva de beneficio bruto, $PY(C,S)$) se mantiene bastante estable. En el caso específico que se ha analizado, el cambio en $X(C,S)$ puede modelarse al menos en dos maneras:

- Mediante el uso de un “modificador” del intercepto.
- Mediante el uso de un “modificador” global para toda la ecuación.

El procedimiento más sencillo es el uso de un modificador del intercepto, de tal forma que:

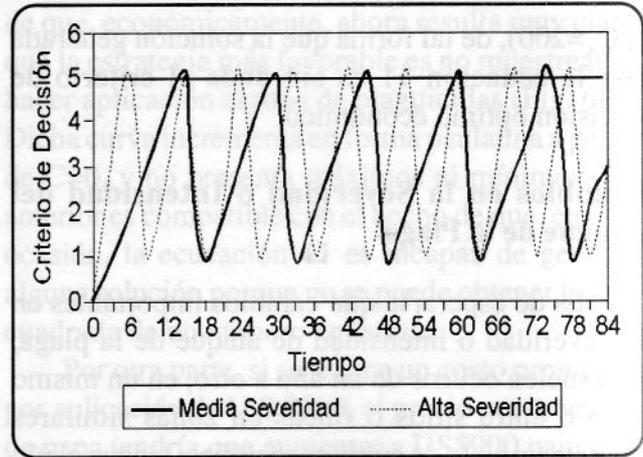


Fig. 8. Efecto de severidad de la plaga sobre el número de aplicaciones si se mantiene un mismo criterio de decisión.

$$(19) \quad X(C,S) = b_{0S} + b_1 C$$

donde S es 1 si el nivel de severidad de la plaga es bajo, 2 si es intermedio y 3 si es alto. Al cambiar dicho nivel de severidad, entonces, solo se altera el intercepto de $X(C,S)$. En la práctica esto implica que el número de aplicaciones que deberán realizarse para mantener cualquier C específico durante el período de cultivo aumenta o disminuye en una cantidad absoluta fija, al variar el nivel de severidad. Por ejemplo, si S es 3 y no 2, será necesario hacer, en promedio, 5 aplicaciones más para cualquier C .

La Figura 9 ilustra esta situación cuando $P=300$ y $C_A=200$. En el Gráfico B, se observa que la función de ganancia se traslada hacia arriba, pero

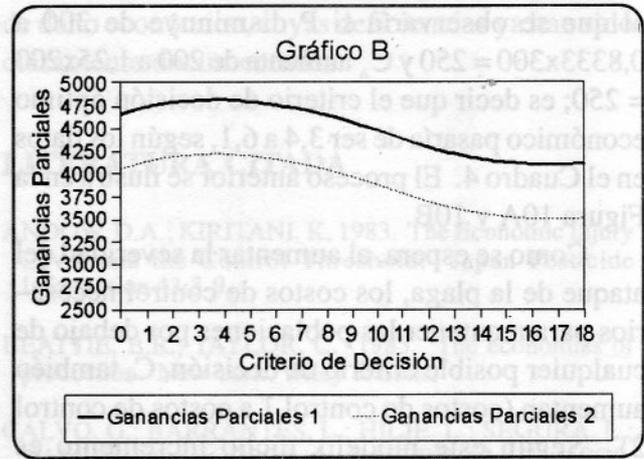
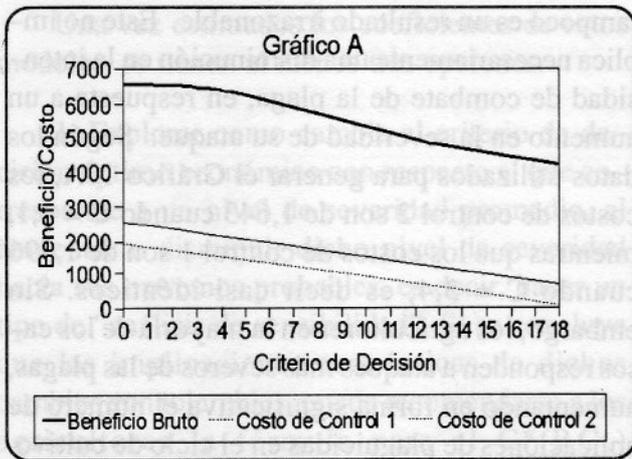


Fig. 9. Gráfico A: Efecto de un cambio en la severidad de la plaga sobre la curva de Costo de Control. Gráfico B: Efecto de un cambio en la severidad de la plaga sobre la función de Ganancias y el criterio económico de decisión.

en forma totalmente vertical. Por lo tanto, su máximo continua ocurriendo en el mismo valor de C . Esto es que C^* es estable con respecto a este tipo de variaciones en $X(C,S)$. Lo anterior se verifica al determinar que la ecuación presentada en la ecuación 11 (que calcula C^* de manera analítica) no depende del valor que tome, ya sea, el intercepto de $X(C,S)$ o el de $Y(C,S)$. Por lo tanto, cambios de este tipo en $Y(C,S)$ tampoco alterarían el criterio de decisión óptimo económico.

La segunda posibilidad es que toda la ecuación $X(C,S)$, es decir, cada uno de sus coeficientes incluyendo el intercepto, se modifique por un factor fijo, f_x , al cambiar el nivel de severidad de la plaga:

$$(20) \quad X(C,S) = f_{x_s} b_0 + f_{x_s} b_1 C = f_{x_s} (b_0 + b_1 C); \quad S = 1,2,3.$$

Este supuesto es muy interesante, porque resulta exactamente en el mismo tipo de dinámicas que ocurren al variar el costo por aplicación, C_A . Porque la función de costo de control puede expresarse como $f_{x_s} C_A (b_0 + b_1 C)$. Similarmente, si se cree que $Y(C,S)$ también es afectado por S en forma significativa, y:

$$(21) \quad Y(C,S) = f_{y_s} (a_0 + a_1 C + a_2 C^2 + a_3 C^3); \quad S = 1,2,3.$$

el mismo tipo de dinámicas que ocurren al cambiar el precio por unidad de producto, P , se observarán

al variar el nivel de severidad del ataque de la plaga reflejado en el factor f_{y_s} .

Si el proceso de estimación se estandariza para que $f_{y_2} = 1$ (es decir, $f_{y_s} = 1$ cuando $S = 2$, o sea cuando el nivel de severidad de ataque de la plaga es más o menos promedio) y se estima que $f_{y_3} = 5/6$ (es decir, $f_{y_s} = 0,8333$ cuando $S = 3$, o sea cuando el nivel de severidad de ataque de la plaga es alto), entonces la nueva función de beneficio bruto sería $5/6P(a_0 + a_1 C + a_2 C^2 + a_3 C^3)$.

En resumen, el impacto de este tipo de variaciones ya sea en la función de costos de control como en la de beneficio bruto, que pueden resultar de cambios en el nivel de severidad de la plaga, puede explorarse mediante el mismo tipo de análisis de sensibilidad para cambios en P y C_A que se realizó y presentó en el Cuadro 4.

Por ejemplo, si se parte de los precios y costos más usuales, $P = 300$ y $C_A = 200$, y se estiman que cuando el nivel de severidad de ataque de la plaga pasa de ser promedio a alto f_y disminuye en $5/6$ (i.e. $f_{y_2} = 1$ y $f_{y_3} = 0.8333$), se conoce, según el Cuadro 4, que el criterio de decisión óptimo económico cambiaría de 3,4 a 4,3. Esto, sin embargo, no ocurriría en forma aislada ya que dicha variación en S también afectaría a $X(C,S)$.

Si se supone que este efecto se estima en $f_{x_3} = 5/4$ (también estandarizado para que $f_{x_2} = 1$ en la estimación de la ecuación 20). En conjunto, las dos variaciones tendrían un efecto sobre C^* similar

al que se observaría si P disminuye de 300 a $0,8333 \times 300 = 250$ y C_A aumenta de 200 a $1,25 \times 200 = 250$; es decir que el criterio de decisión óptimo económico pasaría de ser 3,4 a 6,1, según los datos en el Cuadro 4. El proceso anterior se ilustra en la Figura 10A y 10B.

Como se espera, al aumentar la severidad del ataque de la plaga, los costos de control necesarios para mantener las poblaciones por debajo de cualquier posible criterio de decisión, C , también aumentan (costos de control 1 a costos de control 2). Según este modelo, dicho incremento es constante en términos relativos y, por consiguiente, es más elevado, en términos absolutos, mientras más altos son los costos de control originales.

Se puede especular que al aumentar la severidad del ataque de la plaga, los rendimientos, y por lo tanto, los beneficios brutos, disminuirán al menor porcentaje, aunque se logre mantener cualquier criterio de decisión específico (C) realizando un mayor número de aplicaciones del plaguicida recomendado. Simultáneamente, según este modelo, dicha disminución es constante en términos relativos y, por consiguiente, es más pronunciada en términos absolutos, mientras más altos son los beneficios brutos originales.

Los escenarios antes descritos son compatibles con lo que usualmente ocurriría a nivel de campo. Por otra parte, el incremento en el criterio de decisión óptimo económico de 3,4 a 6,1

tampoco es un resultado irrazonable. Este no implica necesariamente una disminución en la intensidad de combate de la plaga, en respuesta a un aumento en la severidad de su ataque. Según los datos utilizados para generar el Gráfico 10A, los costos de control 2 son de 1,643 cuando $C = 6,1$, mientras que los costos de control 1 son de 1,596 cuando $C = 3,4$; es decir casi idénticos. Sin embargo, los agricultores en la mayoría de los casos responden a ataques más severos de las plagas, aumentando en forma significativa el número de aplicaciones de plaguicidas en el ciclo de cultivo. Esta situación puede deberse a que, en general, se están enfocando más en mantener un cierto nivel de rendimientos que en maximizar sus ganancias o beneficios netos. Lo anterior, posiblemente ocurre por falta de conocimiento o acerca de cómo deben proceder para lograr maximizar las ganancias, lo que resulta complicado de dilucidar, aún disponiendo de las herramientas metodológicas desarrolladas en este estudio.

En resumen, el efecto de cambios en los niveles de severidad de ataque de las plagas sobre los criterios de decisión óptimos económicos puede analizarse utilizando modelos como los descritos. Para obtener los datos de campo requeridos para estimar sus coeficientes, es necesario repetir experimentos a lo largo del espacio o en el tiempo, y medir los niveles de severidad que se presentan en cada uno de ellos.

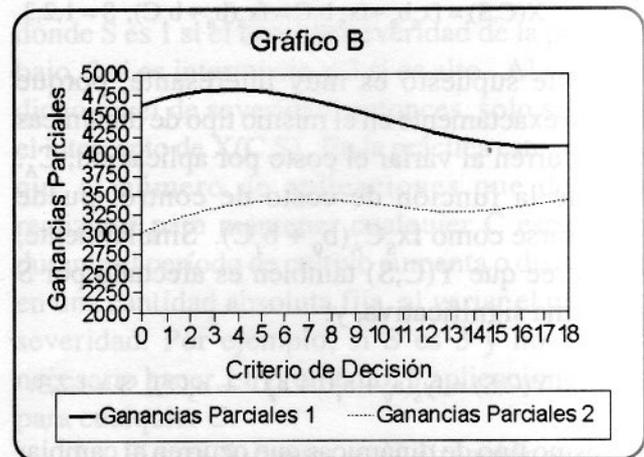
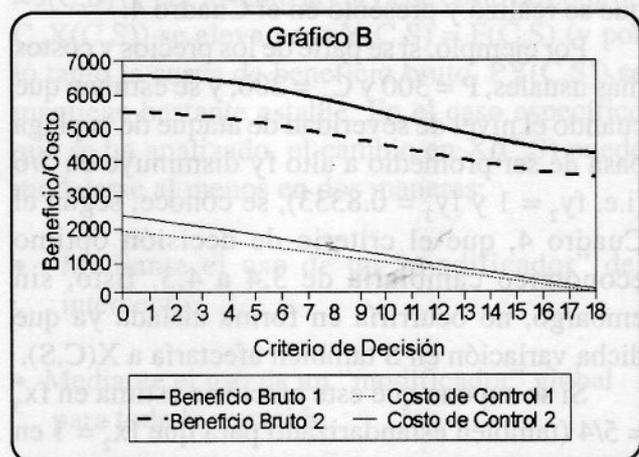


Fig. 10. Gráfico A: Efecto de un cambio en la severidad de la plaga sobre las curvas de Beneficio Bruto y Costo de Control. Gráfico B: Efecto de un cambio en la severidad de la plaga sobre la función de Ganancias y el criterio económico de decisión cuando éste afecta tanto la curva de Beneficio Bruto como la de Costo de Control.

Una vez estimados los coeficientes de estos modelos, se tienen al menos tres opciones:

1. Explorar como cambia el criterio de decisión óptimo económico con respecto al que corresponde a un nivel de severidad promedio, al aumentar o disminuir dicho nivel de severidad hacia sus extremos probables, es decir, hacer un tipo de "análisis de sensibilidad". Si se concluye que las implicaciones económicas de dichos cambios son tolerables, puede recomendarse a los agricultores la fórmula para el $C^*(P, C_A)$ "promedio". Para ésto debe indicarse de manera aproximada como y que tanto podrían ajustarla para situaciones en que, a su juicio, el ataque de la plaga es significativamente, más o menos, severo:

2. Procurar capacitar a los productores sobre cómo evaluar con mayor precisión el nivel de severidad del ataque de la plaga en esa temporada específica, de manera que puedan utilizar la fórmula exacta que se a desarrollado para $C^*(P, C_A, S)$.

3. Para agricultores para quienes, el uso de fórmulas no es recomendable, podría recomendárseles el C^* que se obtiene para los valores promedio, o más probables, de P , C_A y S . Esto cuando los análisis de sensibilidad indiquen que esto sería económicamente más beneficioso, que la estrategia de control químico que ellos están utilizando. Otra alternativa es presentarles los diferentes criterios de decisión óptimos económicos, en función de ciertos valores selectos de P , C_A y quizás S ; pero utilizando un formato de cuadro de doble o triple entrada.

Con base en la teoría neoclásica de la producción, puede concluirse que pueden desarrollarse modelos conceptuales y empíricos funcionales que permiten determinar con relativa facilidad, criterios de decisión para el control de plagas, que sean óptimos desde el punto de vista económico. Estos criterios deben de considerarse como una alternativa inmediata a los utilizados en la actualidad, que parten del concepto de nivel

de daño económico, cuyas deficiencias ya han sido claramente documentadas.

LITERATURA CITADA

- ANDOW, D.A.; KIRITANI, K. 1983. The Economic Injury Level and the Control Threshold. *Japan Pesticide Information* 43:3-9.
- BEATTIE, B.R.; TAYLOR, C. 1985. The economics of production. New York, Wiley & Sons.
- CALVO, G.; BARRANTES, L.; HILJE, L.; SEGURA, L.; RAMIREZ, O.; KOOPER, A.; RAMIREZ, A.; CAMPOS, J.L. 1994. Un esquema comprensivo y funcional para el manejo integrado de plagas del tomate en Costa Rica. *In Lecturas sobre Manejo Integrado de Plagas*. Turrialba, C.R., CATIE. p. 58-73.
- CARBALLO, M., CALVO, G.; QUEZADA, J.R. 1989. Evaluación de Criterios de aplicación de insecticidas para el manejo de *Plutella xylostella* en repollo. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 13:23-18.
- CIMMYT. 1993. Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos: Un Manual Metodológico de Evaluación Económica. Folleto de información No. 27.
- HRUSKA, A.J.; ROSSET, P.M. 1987. Estimación de los Niveles de daño económico para plagas insectiles. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 5:30-44.
- JOHNSON, A. Jr.; JOHNSON, M.B.; BUSE, R.S. 1986. *Econometrics: Basic and Applied*. New York, McMillan.
- PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. 1986. Economic Injury Levels in Theory and Practice. *Annual Review of Entomology* 31:341-386.
- POSTON, F.L.; PEDIGO, L.P.; WELCH, S.M. 1983. Economic Injury Levels: Reality and Practicality. *Bulletin of the Entomological Society of America* 29(1):49-53.
- RAMIREZ, O.A. 1992. Metodologías para la determinación de umbrales de acción: Errores del pasado y perspectivas para el futuro. *In Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas* (4, 1992, Honduras). Resúmenes. Escuela Agrícola Panamericana. p.
- ROSSET, P.M. 1991. Umbrales Económicos: Problemas y Perspectivas», *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* no. 19:26-29.
- STERN, V.M.; SMITH, R.F.; VAN DEN BOSCH, R.; HAGEN, K.S. 1959. The Integration of Chemical and Biological Control of the Spotted Alfalfa Aphid: The Integrated Control Concept. *Hilgardia* 29:81-101.

INTRODUCCION

Para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) se recomiendan

APENDICE

Y(C)	X(C)	C	C ²	C ³
22,0	10	0	0	0
19,6	10	2,5	6,25	15,625
20,0	6	5	25	125
20,7	5	7,5	56,25	421,875
20,0	3	10	100	1000
14,9	4	12,5	156,25	1953,125
13,6	1	15	225	3375
13,1	0	20	400	8000
22,7	10	0	0	0
19,9	7	2,5	6,25	15,625
21,7	7	5	25	125
20,3	5	7,5	56,25	421,875
19,2	7	10	100	1000
16,3	1	12,5	156,25	1953,125
13,2	3	15	225	3375
13,6	0	20	400	8000
22,3	10	0	0	0
20,4	8	2,5	6,25	15,625
22,1	9	5	25	125
23,1	8	7,5	56,25	421,875
15,6	2	10	100	1000
18,1	3	12,5	156,25	1953,125
17,0	1	15	225	3375
14,2	0	20	400	8000
24,4	10	0	0	0
22,5	10	2,5	6,25	15,625
18,8	7	5	25	125
18,8	6	7,5	56,25	421,875
15,3	2	10	100	1000
16,3	2	12,5	156,25	1953,125
13,7	2	15	225	3375
13,9	0	20	400	8000
21,9	10	0	0	0
20,4	9	2,5	6,25	15,625
20,3	6	5	25	125
17,4	6	7,5	56,25	421,875
20,5	5	10	100	1000
17,8	5	12,5	156,25	1953,125
13,9	1	15	225	3375
14,4	0	20	400	8000

DISPERSION Y MORTALIDAD DE *Hypothenemus hampei*, DURANTE LA RECOLECCION Y BENEFICIO DEL CAFE

Leonardo Castro Gallego*
 Pablo Benavides Machado**
 Alex E. Bustillo Pardey**

RESUMEN

El beneficio tradicional en agua comprende las etapas de recolección y recibo del café, despulpado, fermentación, lavado y clasificación, secado, empaque y almacenamiento. Durante la recolección los costales o sacos permanecen abiertos o cerrados en el campo, según la administración de la finca. En este estudio se cuantificó la dispersión de adultos de broca durante las etapas del beneficio tradicional y el efecto de la fermentación y el secado solar sobre la mortalidad de los estados biológicos de la broca, durante tres recolecciones de café en la cosecha principal de 1995 (octubre - diciembre). Se diseñaron dispositivos de madera y tul impregnado de grasa para capturar los adultos que salían de los costales abiertos y cerrados en el campo durante la recolección, y del café pergamino, pasillas y flotes, en el secado. En la tolva y tanque de fermentación se utilizó plástico impregnado de grasa y una malla elástica de "lycra" en los desagües del beneficio, para impedir y contabilizar la dispersión de de la broca. Se estimó el potencial de brocas vivas presentes en los tratamientos al inicio de cada recolección evaluada, calculándose un escape de adultos entre el 2,65% y 22,01% en todos los procesos del beneficio. Se concluye que en todas las etapas del beneficio hubo dispersión de broca, siendo mayor, en orden descendente, a partir del secado de flotes y pasillas, de los costales en campo, de la tolva de recibo y de los desagües, y menor a partir de los tanques de fermentación y del secado de café pergamino y la pulpa. La fermentación, contrario al secado, no tuvo ningún efecto sobre la mortalidad de los diferentes estados biológicos de broca. Se sugiere realizar estudios más profundos sobre la dispersión y mortalidad de la broca durante la cosecha y el proceso de beneficio, siguiendo los lineamientos planteados en este trabajo.

Palabras Claves: *Coffea arabica*, Beneficio húmedo del café, *Hypothenemus hampei*, Manejo Integrado de Plagas, Colombia.

ABSTRACT

DISPERSAL AND MORTALITY OF *Hypothenemus hampei* DURING THE HARVEST AND PROCESSING OF COFFEE. Wet processing of coffee has the various steps of picking and reception at the processing plant, then pulping, fermentation, washing, grading, drying, packing and storage of the parchment coffee beans. During harvesting, bags with coffee cherries are left in the field opened or closed, according to the administrative management of the farm. This study was focused on evaluating the escape of adults of Coffee Berry Borer (CBB) through every step of wet processing of coffee and the effect of fermentation and drying of coffee on CBB for three picking periods of coffee during the main harvesting of 1995 (October - December). In order to catch adults escaping from the bags in the field it was necessary to design traps of wood and cloth covered with axle grease. Similar traps were used during the drying process of coffee to catch CBB. Traps made of wood and plastic covered with grease were used to catch insects in the receiving hopper and the fermentation tank. Bags made of lycra were used to catch insects in the waste water resulting from washing. Total potential live CBB were estimated at the start of each evaluated picking. Escaping insects ranged from 2,65% to 22,01% in all steps of the wet processing of coffee. CBB escaped during all stages of processing but escape during drying of low quality coffee beans (black beans and light beans) and from opened bags in the field was the greatest. Fermentation process, on the other hand, did not have an effect on Coffee Berry Borer mortality. In conclusion, escape of CBB in all steps of wet processing of coffee was observed with the greatest escape during the drying process of black beans and light beans followed by escape from the sacs in the field, in the receiving hopper and during the washing process. Lowest escape were from the fermentation tank, drying process of parchment coffee beans and drying process of coffee pulp. More research on escape and mortality of CBB during harvesting and during the wet processing is suggested from this study.

Key words: *Coffea arabica*, Wet Processing of Coffee, *Hypothenemus hampei*, Integrated Pest Management, Colombia.

Recibido: 16/03/98. Aprobado: 4/12/98.

*Ingeniero Agrónomo. Cooperativa de Caficultores de Caldas, Pensilvania, Caldas, Colombia.

**Asistente de Investigación e Investigador Principal I respectivamente. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Apartado Aéreo 2427, Manizales, Colombia.

INTRODUCCION

Para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) se recomiendan

una serie de medidas con el propósito de reducir sus poblaciones en el campo hasta niveles que no causen daño económico. Sin embargo, normalmente se descuidan otros factores dentro de la finca, como las etapas de recolección y beneficio del café, a donde llegan todos los frutos del campo, incluyendo los infestados. Por consiguiente en la zona del beneficio de las fincas se acumula gran parte de la población de la broca de los cafetales y si no se toman medidas apropiadas, estos insectos pueden escapar y reinfestar los cafetales.

Varios investigadores (Sánchez 1985, Souza 1986, Vega 1990, Cárdenas 1990) han sugerido que la broca puede llegar o diseminarse en un cafetal por diversos medios, pero es mediante la salida de la pulpa fresca y del agua de los beneficios, y posteriormente de su habilidad para volar, como puede volver a los cafetales. En Colombia, el escape de la broca de los beneficios se ha observado especialmente a partir de cerezas de café provenientes de lotes con infestaciones superiores al 50%. Esto obliga a implementar medidas de control como la aspersión de insecticidas sobre la pulpa fresca para matar los adultos que emergen (Bustillo *et al.* 1993). En la literatura se indica que la movilidad de la broca para infestar nuevas áreas es reducida (Alonzo 1984) y la longitud de sus vuelos no va más allá de 345 m (Leefman citado por Sánchez 1985). Sin embargo, Baker (1990) en estudios de laboratorio determinó que las brocas pueden volar libremente hasta 100 minutos y tener más de tres horas de vuelo sucesivo, lo que demuestra que es capaz de dispersarse a largas distancias.

La mayoría de los caficultores benefician el café por vía húmeda. Este proceso comprende las etapas de recolección y recibo del café cereza, despulpado, fermentación, lavado y clasificación, secado, empaque y almacenamiento. La correcta realización de cada una de ellas, garantiza la buena calidad del grano (Echeverri *et al.* 1987).

En el beneficio del café cereza, durante la fermentación se produce un aumento de temperatura lo que hace que la broca abandone los frutos y se dirija al cultivo (Bergamin 1945). Las temperaturas registradas en la masa de café

secado a pleno sol son insuficientes para matar totalmente los estados de este insecto en el interior de las almendras. Esta plaga resiste 100 h a 0°C y muere en 2 min a 52°C o en 20 min a 40°C; por eso se recomienda secar el café rápidamente utilizando secadoras a calor (Souza 1986).

En Colombia, se han recomendado varias acciones para evitar la dispersión de la broca desde el área del beneficio, entre las que están: utilizar costales de fibra y amarrarlos durante la cosecha, cubrir la tolva de recibo con un plástico impregnado de grasa, aplicar a la pulpa un insecticida de baja residualidad o *Beauveria bassiana*, colocar una malla en los desagües del beneficio para capturar los adultos de broca que salen por éstos, tratamiento de pasillas (granos malformados, con defectos físicos, incluye cerezas de mala calidad que no despulpan bien y que se secan con su pulpa) y flotes (granos de café cuya densidad es inferior al agua, pueden ser granos de café pergamino vanos o brocados que flotan en el canal y que pueden separarse fácilmente por densidad en el agua) (Bustillo *et al.* 1993, Cenicafé 1993, 1994, 1995, Benavides y Cárdenas 1995). Sin embargo, estas prácticas no se han cuantificado experimentalmente. El objetivo de esta investigación fue evaluar la dispersión y mortalidad de la broca durante la recolección y beneficio del café.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en la subestación experimental de Cenicafé «La Catalina», ubicada en el municipio de Pereira, Colombia, durante la cosecha principal de 1995 (octubre - noviembre). Esta Estación está localizada a 1310 msnm, en la vertiente occidental de la cordillera Central a 4°45' de latitud norte y 75°44' de longitud oeste. La temperatura promedio anual es de 21,6°C (intervalo promedio de 17,1 - 27,4°), la precipitación promedio anual de 1880 mm y el brillo solar de 1780 h al año. La dispersión y mortalidad de la broca se evaluó a través de tres recolecciones de café realizadas con 21 días de diferencia entre una y otra; provenientes de la cosecha principal de un

lote de variedad Colombia, con 5 años de establecido y con una infestación inicial por broca del 12%. El café se recolectó y benefició siguiendo el proceso acostumbrado por los cafeteros (Echeverri *et al.* 1987). El despulpado se hizo en seco con máquinas de cilindro horizontal y la clasificación de pasillas con una zaranda circular; la fermentación en canecas de 55 gal durante 16 h; el lavado y clasificación mediante dos enjuagues, en un tanque de fermentación y el secado en elbas que son estructuras para secado al sol en la cual el techo se abre para dejar el café expuesto al ambiente.

Dispersión de broca desde costales recolectores.

Se definieron dos tratamientos para comparar la dispersión de la broca en costales de recolección: abiertos y cerrados. La población resultante de estos tratamientos se evaluó en forma separada durante todas las etapas del beneficio del café. Para evaluar

la dispersión de la broca a partir de los costales recolectores, se diseñaron cajones de marcos de madera ajustados a las dimensiones de los costales (60 x 60 x 50 cm) y paredes de tela de tul impregnada de grasa (Fig. 1). El tul es una tela de poliéster con perforaciones de 1 x 2 mm, el cual al adicionarse la grasa mostró una eficacia del 100% para adherir e impedir la salida de adultos de broca, permitiendo a su vez la circulación de aire.

Para cada tratamiento se utilizaron 15 costales de fibra sintética, a los cuales se les depositaron 20 kg de café cereza, para un total de 300 kg por tratamiento. A partir de las 10:00 h los costales se ubicaron en el borde del lote y cada uno se cubrió con el dispositivo anteriormente descrito. Se



Fig. 1. Dispositivos utilizados para capturar las brocas que emergieron de los costales empleados para la cosecha de café.

contaron los adultos de broca capturados a las 12:00, 14:00 y 16:00 h. Previamente se evaluó el porcentaje de infestación del café recolectado, tomando una muestra de 500 g/costal. De los frutos brocados se tomó una muestra de 30 frutos/costal para determinar la proporción de cerezas perforadas con brocas vivas y así definir el potencial de broca presente en el lote que podría dispersarse. Después del último conteo, los costales se llevaron al beneficio.

Dispersión de broca a partir de la tolva de recibo.

La tolva se cubrió con un plástico transparente impregnado de grasa para contabilizar los adultos de broca que emergieron de las cerezas durante el despulpado. El plástico se colocó después de depositar el café cereza en la tolva y se contabilizó el número de adultos capturados por tratamiento en toda el área, durante 1 h, que

es el tiempo que normalmente dura este proceso. En esta etapa se clasificaron y separaron las pasillas de cada tratamiento para secarlas al sol y se les adicionó los flotes que resultaron después del lavado del café pergamino.

Cantidad de brocas presentes en la pulpa.

Para cuantificar la broca en la pulpa, se contó el número de adultos en cinco muestras de 500 g por tratamiento, tomadas inmediatamente después de despulpar el café.

Dispersión de la broca desde el tanque de fermentación. Este proceso se realizó en canecas de 55 gal, las cuales se perforaron en el fondo para permitir la evacuación de líquidos, simulando las

condiciones de los tanques de fermentación de una finca. El café con mucilago («baba») proveniente de cada tratamiento se depositó en la caneca respectiva, y se cubrió con un plástico transparente impregnado de grasa durante las 16 h de fermentación, al cabo de las cuales se contabilizó el número de adultos atrapados en el plástico.

Dispersión de broca desde los desagües del beneficio. Con el fin de capturar las brocas que salieron por los tubos de desagüe durante el lavado, se ubicó una malla elástica de lycra que permitió la circulación de agua e impidió la salida del insecto. Se hicieron dos lavados por tratamiento y se contabilizaron los adultos vivos y muertos después de lavar y escurrir el café.

Dispersión de broca durante el secado solar. El café resultante en cada tratamiento se secó en elbas cubiertas con dispositivos similares a los utilizados para los costales recolectores, acondicionados a las dimensiones de la elba y con una altura de 35 cm para capturar las brocas que salieron. Las pasillas y flotes se secaron en cajas de 1,0 x 1,0 x 0,1 m cubiertas con estructuras similares a las de las elbas. El registro de adultos atrapados se realizó diariamente a las 8:00 h durante 19 días.

Mortalidad de los estados de la broca durante la fermentación y el secado al sol. Para evaluar el efecto de la fermentación y el secado solar sobre la mortalidad de los diferentes estados de broca, en cada recolección se tomó una muestra de 100 pergaminos perforados al inicio de la

fermentación (IF), final de fermentación (FF), inicio del secado (IS), seis días después (SDDS) y al final de éste (20 días) (FS).

Análisis estadístico. Los resultados de cada uno de los procesos de beneficio se analizaron mediante estadística descriptiva, estableciendo diferencias entre los tratamientos mediante la prueba t al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Dispersión de broca. En el Anexo 1 se incluye el procedimiento utilizado para la estimación del potencial de adultos de broca vivos presentes al inicio de cada recolección evaluada. En el lote de estudio, la infestación inicial por broca se incrementó a medida que transcurrieron las recolecciones, las cuales fueron estadísticamente diferentes ($P < 0,05$). Sin embargo, los niveles de infestación para cada una de las recolecciones no mostraron diferencias significativas (Cuadro 1). La proporción de frutos perforados con adultos vivos por costal, se incrementó a medida que pasaron las recolecciones, pero no se detectaron diferencias estadísticas. El promedio de adultos vivos de broca por fruto perforado en las diferentes recolecciones fue de 1,7 y 2,0.

En cuanto a la dispersión de brocas desde los costales en el campo, se observó que aumentó a medida que transcurrieron las recolecciones y que fue mayor para el tratamiento abierto que para el cerrado, tanto en las tres horas evaluadas como en las tres recolecciones (Fig. 2).

CUADRO 1. Infestación, frutos perforados con adultos vivos (F.P.AV.) y promedio de Adultos vivos (AV) por fruto perforado en cada tratamiento en las tres recolecciones evaluadas. Pereira, Colombia, 1995.

Recolección	% Infestación		% F.P. Adultos vivos		Prom. Adultos vivos	
	A*	C**	A	C	A	C
1	14,1a	16,7a	48,9	60,4	1,7	2,0
2	18,1b	18,2b	56,9	66,7	1,9	1,9
3	26,5c	28,9c	67,7	75,8	1,6	1,7

*A: Costales abiertos. **C: Costales cerrados

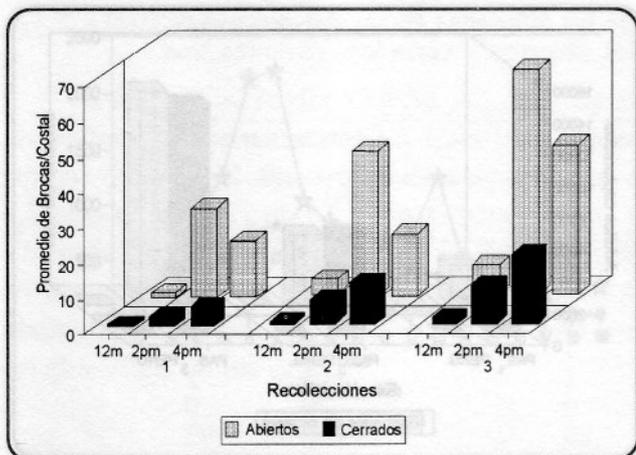


Fig. 2. Promedio de brocas capturadas por trampa a partir de costales abiertos y cerrados durante tres horas del día y tres recolecciones evaluadas, Pereira, Colombia, 1995.

Un promedio de 43, 63 y 152 adultos de broca por costal salieron, respectivamente, de las tres recolecciones correspondientes a los costales abiertos. Se observó la mayor salida entre las 12:00 y 14:00 h debido a la alta radiación solar a que estaban expuestos los costales. Para el caso de los costales cerrados la dispersión fue mucho menor, con promedios de 8, 18 y 30 brocas por costal para la primera, segunda y tercera recolección. La mayor salida se registró entre las 14:00 y 16:00 h, probablemente por no recibir un estímulo directo de la luz para emerger o por tener mayores obstáculos para volar libremente.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de la dispersión de adultos de broca de la tolva, el tanque de fermentación y del desagüe resultante del enjuague del café después de la fermentación. En todas estas etapas se observó dispersión, siendo mayor en los desagües y muy baja durante la fermentación. Es posible que durante la fermentación, las masas de café que se acumulan en los tanques impidan la dispersión de la broca y además causen mortalidad. Esto se demuestra en los desagües, donde, de la población total de insectos atrapados (N=1062), el 43,3% estaban muertos. Bergamin (1945) señaló que el aumento de temperatura en la fermentación, estimula la salida de las brocas; sin embargo, los resultados de esta investigación refutan esta aseveración.

Los desagües juegan un papel importante en la dispersión de la broca del beneficio hacia el

CUADRO 2. Total de adultos de broca atrapados en la tolva, tanque de fermentación y desagües del beneficiadero incluyendo costales abiertos y cerrados.

Etapas	Recolecciones			Total
	1	2	3	
Tolva	156	54	81	291
T. Fermentación	9	1	3	13
Desagües	339	235	488	1 062

cafetal. Se observó que los adultos de broca permanecen inmóviles durante el lavado y después de aproximadamente 5 h recobran el movimiento. Esto coincide con lo registrado por Aviles *et al.* (1984), quienes suponen la existencia de un mecanismo de sobrevivencia de la broca para enfrentar condiciones adversas provocadas por el agua, entrando en una diapausa que reduce drásticamente sus condiciones vitales. En la malla donde se atraparon los adultos de broca durante el lavado del café, se observaron larvas y pupas provenientes de los granos, además se encontraron adultos mutilados, posiblemente por el efecto de la agitación durante este proceso.

En cuanto a la dispersión de la broca a partir de la pulpa, la proporción de adultos muertos hallados en ésta fue de 97,99%, y solamente 2,01% estaban vivas. Se determinaron diferencias estadísticas entre éstas según la prueba de t al 5%, pero no hubo diferencias cuando se comparó entre la procedencia del material de costal abierto o cerrado (Fig. 3). El alto número de especímenes muertos encontrados en esta etapa puede deberse a la acción mecánica de esta labor. A pesar de que no se presentó una gran población de adultos vivos, es posible que las condiciones del estudio, con una baja población de broca, no muestre el potencial cuando se trata de material proveniente de lotes de café con altas infestaciones. A pesar de esto, la dispersión de broca a partir de la pulpa debe ser considerada al plantear recomendaciones de manejo de broca en post-cosecha, debido a los altos volúmenes de pulpa que una finca cafetera puede producir durante la cosecha principal

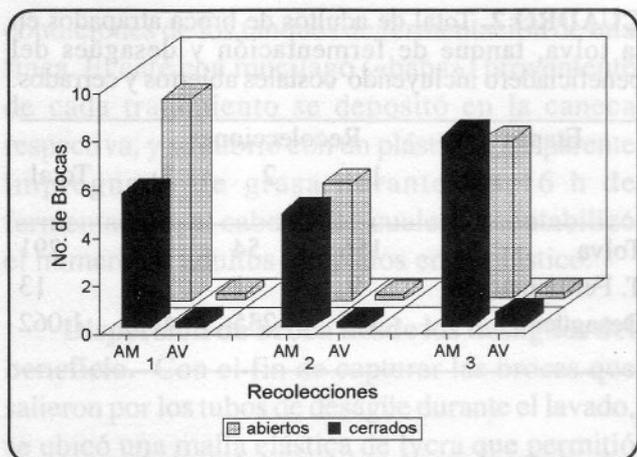


Fig. 3. Promedio de adultos de broca vivos (AV) y muertos (AM) en 500 g de pulpa provenientes de los costales abiertos y cerrados durante las tres recolecciones, Pereira, Colombia, 1995.

La mayor cantidad de adultos que salieron durante el secado al sol, se registró a partir de las pasillas y flotes en ambos tratamientos durante las tres recolecciones evaluadas. Por el contrario, a partir del café pergamino la dispersión fue mínimo (Fig. 4). Se observó que la cantidad de broca capturada aumentó en cada recolección siendo significativamente mayor ($P < 0,05$) en la última. No se determinaron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí entre recolecciones. Es probable que este comportamiento se deba al incremento en el porcentaje de infestación (Cuadro 1) y al volumen de pasillas a medida que transcurrieron las recolecciones, así como al desarrollo de los estados inmaduros de broca encontrados en la primera recolección.

Si se considera que el principal medio de dispersión de este insecto es el aire y que puede volar libremente por más de 20 min, según Baker (1990), las brocas que escaparon de las pasillas y flotes pueden ser la causa de nuevas infestaciones, no sólo alrededor de beneficios y secaderos, sino también en cafetales más lejanos. Al respecto, Cenicafé (1993) recomienda para secar las pasillas, construir una marquesina de guadua (especie de bambú) y plástico con una malla o tela fina en sus extremos que evite la dispersión, provea aireación y facilite el proceso de secado. Si se posee silo, se debe dar prioridad al café proveniente de lotes muy infestados para matar rápidamente los huevos,

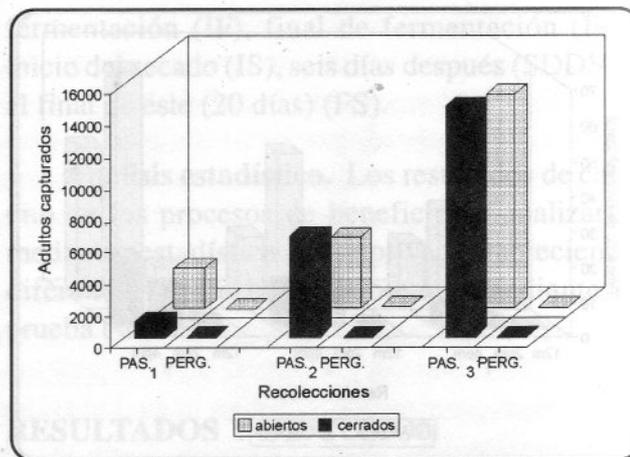


Fig. 4. Total de adultos capturados durante 19 días de secado al sol del café pergamino (PERG) y pasillas y flotes (PAS) provenientes de costales abiertos y cerrados durante tres recolecciones, Pereira, Colombia, 1995.

larvas y pupas que quedan en el interior de la almendra (Cenicafé 1994).

La mayor dispersión de brocas a partir de las pasillas y flotes, se presentó para los dos tratamientos en las tres recolecciones entre los días 6-8 de secado (Fig. 5).

La emergencia mínima de broca observada a partir del café pergamino, puede atribuirse a la buena clasificación del café durante el beneficio, lo cual permite separar la mayor cantidad de granos y almendras que presentan un alto número de adultos. Además no se encontraron adultos vivos al final del secado solar en las recolecciones evaluadas (Cuadro 3), probablemente porque éste tuvo un efecto positivo sobre la mortalidad de las brocas.

Mortalidad de la broca durante la fermentación del café y el secado al sol

La proporción de almendras con brocas vivas (huevos + larvas vivas + pupas vivas + adultos vivos) fue igual estadísticamente al inicio y final de fermentación (IF, FF) e inicio de secado (IS). Seis días después de secado (SDDS) y al final de este (FS) disminuyó la proporción, encontrándose diferencias significativas; al final del secado fue estadísticamente igual a cero (Fig. 6). Es decir, la fermentación, al contrario del secado, no tuvo efecto sobre la mortalidad de los diferentes estados

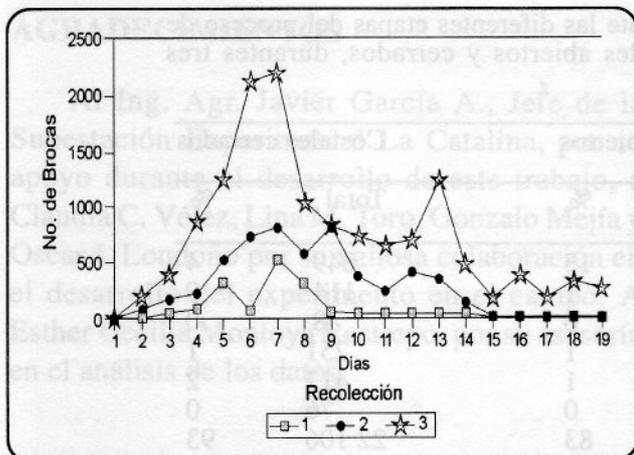


Fig. 5. Distribución de la dispersión de brocas durante el secado solar de pasillas y flotes de los costales abiertos y cerrados durante tres recolecciones. Pereira, Colombia, 1995.

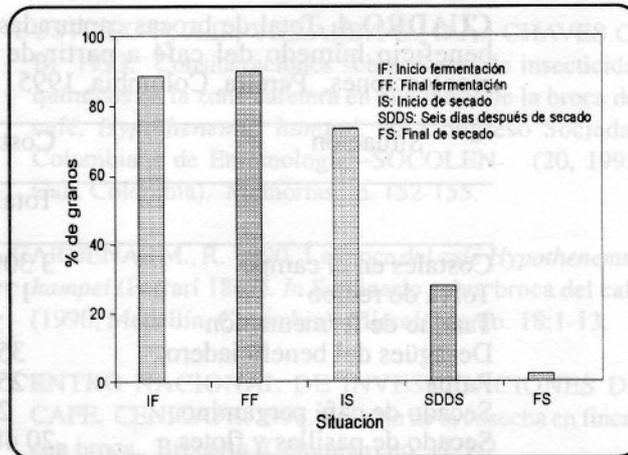


Fig. 6. Porcentaje de granos pergamino perforados con brocas vivas durante la fermentación y el secado solar, Pereira, Colombia, 1995.

CUADRO 3. Variación en el número de estados biológicos vivos de la broca del café en 100 almendras perforadas *durante diferentes fases de los procesos de fermentación y secado solar del café pergamino. Pereira, Colombia, 1995.

Situación	Huevos	Larvas	Pupas	Adultos
Inicio de la fermentación	147	343	144	151
Final de la fermentación	147	326	155	149
Inicio del secado solar	65	115	104	39
Seis días después del inicio del secado solar	33	18	16	7
Final del secado solar	8	0	0	0

de broca. Estos resultados difieren con Souza (1986) al mencionar que las temperaturas en el café pergamino secado al sol, no son suficientes para matar los estados de la broca en el interior de las almendras.

El número de estadíos de broca vivos en el interior de las almendras no mostró diferencias significativas entre el inicio y la finalización de la fermentación, pero si entre éstas y el resto de las etapas evaluadas. La disminución observada entre el final de la fermentación y el lavado, se explica por la expulsión de estados detectada después de esta última fase. La reducción de brocas en el secado, se debe al efecto de la temperatura causada por la radiación solar (Cuadro 3).

El Cuadro 4 muestra el total de adultos de broca vivos capturados por tratamiento, en las tres recolecciones evaluadas, durante el proceso de beneficio

Las sugerencias de manejo del café en cosecha emitidas por Bustillo *et al* (1993), Cenicafé (1993, 1994, 1995) y Benavides y Cárdenas (1995) se ratifican en este estudio. Se sugiere además utilizar el dispositivo evaluado en este estudio para el secado de pasillas y flotes, como una práctica de manejo en post-cosecha que puede asumir el caficultor.

Durante las tres recolecciones evaluadas se observó un aumento del porcentaje de infestación en los frutos cosechados y en el número de brocas

CUADRO 4. Total de brocas capturadas durante las diferentes etapas del proceso de beneficio húmedo del café a partir de costales abiertos y cerrados, durante tres recolecciones. Pereira, Colombia, 1995.

Situación	Costales abiertos		Costales cerrados	
	Total	%	Total	%
Costales en el campo	3 309	13	849	4
Tolva de recibo	177	1	114	0
Tanque de fermentación	5	0	8	0
Desagües del beneficiadero	351	1	251	1
Pulpa	251	1	417	2
Secado de café pergamino	23	0	76	0
Secado de pasillas y flotes	20 481	83	22 106	93
Total	24 627	100	23 821	100

que emergieron, principalmente de los costales que permanecen en el campo y de las pasillas y flotes en el secado. Esto explica el incremento de los porcentajes de infestación a medida que transcurre la cosecha principal y al final de la misma (*).

El análisis de todas las etapas del proceso de beneficio permite determinar que en cada una hubo dispersión de adultos de broca. No obstante, se debe considerar que el mayor número de brocas emergieron a partir del secado de pasillas y flotes y de los costales que permanecieron en el cafetal durante la recolección, siendo precisamente estas etapas, en donde la broca tiene mayores posibilidades de regresar libremente hacia el cafetal. Por otra parte, de acuerdo a las observaciones de Leefman citado por Sánchez (1985) y Baker (1990), sobre la capacidad de vuelo del insecto por sí mismo y ayudado por el viento, se considera que la emergencia de broca en el beneficio del café es un factor de relevancia para la dispersión de la plaga durante las cosechas.

Considerando que las mayores capturas se observaron en el secado de pasillas y flotes es probable que el insecto se concentrara básicamente en éstos, y que la clasificación realizada al café durante el beneficio por vía húmeda, es efectiva para separar la mayor población de broca.

(*) Benavides M., P. Informe anual de labores. CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia, 1995.

CONCLUSIONES

- Durante todas las etapas del proceso de beneficio tradicional del café se observó dispersión de adultos de broca. La mayor dispersión ocurrió a partir de las pasillas y flotes durante el secado y de los costales en el campo. En la fermentación y secado de café pergamino la salida de broca fue mínima.
- La fermentación, contrario al secado, no tuvo efecto sobre la mortalidad de los diferentes estados biológicos de broca. Es necesario evaluar el efecto del tiempo que permanece el café en los costales y en la tolva de recibo sobre la mortalidad, además del secado al sol de pasillas y flotes.
- La presencia de adultos de broca vivos en la pulpa fue mínima, pero debido a los altos volúmenes de este material que se manejan en las fincas cafeteras en períodos de cosecha, ésta adquiere importancia, recomendándose la realización de estudios más profundos en este aspecto.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Javier García A., Jefe de la Subestación Experimental La Catalina, por su apoyo durante el desarrollo de este trabajo, a Claudia C. Vélez, Lina M. Toro, Gonzalo Mejía y Oscar I. Londoño por su valiosa colaboración en el desarrollo del experimento en el campo. A Esther Cecilia Montoya Restrepo, por su asesoría en el análisis de los datos.

LITERATURA CITADA

AVILES D., P.; MATIELLO J., B.; PAULINI A., E.; PINHEIRO, M.R. 1984. Efeito da imersão de frutos brocados em água sol o comportamento da broca do café (*Hypothenemus hampei* Ferr.1867). In Coongreso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (11, 1984, Londrina, Brasil). Resumos. Río de Janeiro (Brasil), IBC. p. 209-210.

ALONZO P.; F R. 1984. El problema de la broca (*Hypothenemus hampei* Ferr.) (Coleóptera:Scolytidae) y la caficultura; aspectos relacionados con importancia, daño, identificación, ecología y control. San José, Costa Rica, IICA - PROMECAFE. 242 p.

BAKER, P.S. 1990. La bioecología de la broca del café *Hypothenemus hampei*. In : Seminario sobre la broca del café. (1990, Medellín, Colombia). Memoria. p. 14-20.

BENAVIDES M., P.; CARDENAS M., R. 1995. Experiencias de campo en manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). Coleóptera : Scolytidae. In Congreso Sociedad Colombiana de Entomología -SOCOLEN- (22, 1995, Santafé de Bogotá). Memorias. p. 74-78.

BERGAMIN, J.A. 1945. A broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). Boletín da Superintendencia dos Servicos do Café (Brasil), 20(223):971-978.

BUSTILLO P., A.E.; VILLALBA G., D.A.; CHAVES C., B. 1993. Consideraciones sobre el uso de insecticidas químicos en la zona cafetera en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. In Congreso Sociedad Colombiana de Entomología -SOCOLEN-. (20, 1993, Cali, Colombia). Memorias. p. 152-155.

CARDENAS M., R. 1990. La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). In Seminario sobre broca del café (1990, Medellín, Colombia). Miscelánea no. 18:1-13.

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. 1993. Manejo de la cosecha en fincas con broca. Brocarta (Colombia) no. 12:1-2.

_____. 1994. Recomendaciones para el manejo integrado de la broca del café. Brocarta (Colombia) no. 18:1-4.

_____. 1995. Cosecha de lotes calientes. Brocarta (Colombia) no. 28:1-2.

ECHEVERRI E., C.; HENAO Q., E.; MEJIA G., F. 1987. Beneficio del café. In Tecnología del cultivo del café. Chinchiná, Colombia, Cenicafé. p. 241-382.

SANCHEZ DE L., A. 1985. Biología de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.). In Curso sobre manejo integrado de plagas del cafeto, con énfasis en la broca del fruto (*Hypothenemus hampei* Ferr.). (1985, Guatemala). Memorias. PROMECAFE - ANACAFE. p 97-104.

SOUZA, J.C. DE. 1986. Broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867) (Coleóptera : Scolytidae). In Benavides G., M.; Cárdenas M., R.; Arévalo M., H. Curso sobre la broca de la cereza del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). Chinchiná, Colombia, Cenicafé.

VEGA R., M.I. 1990. Control de la broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867) en El Salvador. In Taller Regional sobre la Broca del fruto del cafeto, 4, 1990. San Salvador, El Salvador). Resúmenes. s.p.

ANEXO 1. Procedimiento para la estimación del potencial de adultos de broca vivos presentes al inicio de cada recolección evaluada en costales abiertos y cerrados. Pereira, Colombia, 1995.

Parámetros	Recolección					
	1		2		3	
	Abierto*	Cerrado*	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
1. Porcentaje de infestación cereza de café.	14,1	16,7	18,1	18,2	26,5	28,9
2. Número de frutos por kg de cereza de café	849,2	816,7	797,3	812,0	826,5	836,5
3. Total frutos en 300 kg de cereza de café	254 700	245 000	239 200	243 600	247 950	250 950
4. Frutos brocados en 300 kg (3*1)	35 913	40 915	43 295	44 335	65 706	72 525
5. Proporción de frutos brocados con adultos vivos	48,9	60,4	56,9	66,7	67,7	75,8
6. Frutos brocados con adultos de broca vivos (4*5)	17 555	24 713	24 634	29 571	44 482	54 974
7. Promedio de adultos de broca vivos por fruto brocado	1,7	2,0	1,9	1,9	1,6	1,7
8. Potencial de adultos de broca vivos en los 300 kg (6*7)	29 844	49 426	46 804	56 185	71 616	93 456

Considerando que las mayores capturas se observaron en el secado de pasillas y lotes es probable que el insecto se concentrara básicamente en éstos, y que la clasificación realizada al café durante el beneficio por vía húmeda, es efectiva para separar la mayor población de broca.

en las fincas cafeteras en períodos de cosecha. Esta adquiere importancia, recomendando la realización de estudios más profundos en este aspecto.

(*) Benavides M. P. Informe anual de labores. CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia, 1995.

MORTALIDAD DE *Phyllocnistis citrella* CON UN ACEITE MINERAL Y NIM

Néstor Bautista M.*
 Oscar Morales G.*
 J. Luis Carrillo S.*
 Hiram Bravo M.*

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia de Citrolina (aceite mineral) y nim (*Azadirachta indica*) sobre la mortalidad del minador de la hoja, *Phyllocnistis citrella*, en huertos de limón Persa, *Citrus aurantifolia* cv. Tahití, de tres años de edad. El trabajo se realizó en Cuitláhuac, Veracruz, México. Las dosis empleadas fueron: Citrolina al 2%, 5% y 8% y nim 30% y 50 g de semilla molida/L de agua. Las aplicaciones se hicieron en brotes con larvas de diferentes instares del minador. Los mejores resultados se obtuvieron con Citrolina al 5% y nim 50 g/L de agua, al registrar mortalidades del 72,7% y 70,5%, respectivamente. Las mortalidades se observó entre las 24 y 36 h cuando se aplicó Citrolina y entre las 48 y 72 h cuando se utilizó el nim.

Palabras claves: *Phyllocnistis citrella*, Nim, Aceite mineral, *Citrus aurantifolia*.

ABSTRACT

MORTALITY OF *Phyllocnistis citrella* WITH MINERAL OIL AND NEEM. The effect of Citrolina and neem on the mortality of leafminer *Phyllocnistis citrella* in three year old Persian lime, *Citrus aurantifolia*, orchards was evaluated. The investigation was performed at Cuitláhuac, Veracruz, Mexico. The dosages tested were: 2%, 5% and 8% citrolina, 30% neem and 50g of ground neem seed / l of water. The treatments were applied on shoots with different instar leafminer larvae. The best results were obtained with 5% citrolina and 50 g of neem / l of water, registering mortalities of 72.7% and 70.5% respectively. Mortality was observed between 24 and 36 hours when citrolina was applied and between 48 and 72 hours when neem was used.

Key words: *Phyllocnistis citrella*, Neem, Mineral oil, *Citrus aurantifolia*.

INTRODUCCION

En México, se cultivan aproximadamente 400 000 ha de cítricos (Aserca 1996), de los cuales se destacan por su extensión la naranja dulce *Citrus sinensis* Osbeck, el limón *C. aurantifolia* Christmy la mandarina *C. reticulata* Blanco.

Entre los principales problemas entomológicos asociados con estos cultivos, está el minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), plaga que por su rápida dispersión y adaptabilidad se ha convertido en un problema fitosanitario ampliamente distribuido en la mayoría de las zonas citrícolas del mundo.

Este insecto se detectó por primera vez en Las Bahamas en 1993. Posteriormente, en el

mismo año se le encontró en Florida, EEUU (Heppner 1993). Perales *et al.* (1996) informaron en 1994 de la presencia del minador en México, en las zonas citrícolas de Tamaulipas y Veracruz.

Este minador se puede localizar en las hojas de brotes tiernos de todas las especies de cítricos, donde construye su mina. Ocasionalmente ataca tallos tiernos y frutos. Heppner (1993) menciona que este insecto es capaz de transmitir el cáncer de los cítricos causado por *Xanthomonas citri*.

En México en 1995, los informes de la presencia de esta plaga y su impacto en las zonas citrícolas de varias partes del país, tales como Tecmán, Col., Alamo y Cuitláhuac, Ver. permitieron calificarla como muy importante. Por ejemplo, en Cuitláhuac en marzo y abril de 1995 se observaron niveles de infestación en hojas tiernas del 70% (Bautista *et al.* 1996).

En la actualidad, las tendencias para el control de *P. citrella* sugieren el uso de insecticidas en la

Recibido: 17/11/97. Aprobado: 4/12/98.

1 Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados 56230, Montecillo, Edo. de México, México.

mayoría de los casos, así como la aplicación de aceites minerales y control biológico (Villanueva y Hoy 1996).

Los aceites minerales se han usado en la agricultura desde hace varios años contra ciertas plagas y como reguladores térmicos en árboles caducifolios. En cítricos, se ha empleado en el control de escamas y ácaros (Di Lello 1977).

El nim (*Azadirachta indica* Juss.), se emplea para el control de larvas de lepidópteros, ortópteros y coleópteros (Schmutterer 1988), su ingrediente activo, azadirachtina, se encuentra en mayor concentración en las semillas. Los efectos de esta sustancia, sobre insectos y otros organismos, son diversos, destacan la repelencia, antialimentario, alteración del desarrollo del insecto y en general su actividad.

El aceite mineral Citrolina y el nim, poseen ciertas ventajas con respecto a los insecticidas tradicionales, tales como baja toxicidad para mamíferos, costo relativamente bajo, reducido impacto sobre los enemigos naturales de las plagas (principalmente parasitoides). Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la eficacia del aceite mineral Citrolina y del nim sobre la mortalidad de larvas del minador de la hoja de los cítricos (*Phyllocnistis citrella*).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en huertos de limón Persa (*Citrus aurantifolia* cv Tahití), ubicadas en Cuitláhuac, en la zona centro-sur del estado de Veracruz, México (Fig. 1), en las coordenadas 18° 50' latitud norte y 96° 55' longitud oeste, y a una altitud de 420 msnm.

Las condiciones climáticas de Cuitláhuac son: cálido húmedo, con precipitación promedio anual de 2200 mm y 36°C y 12°C temperaturas máxima y mínima, respectivamente. El período de lluvias se extiende de junio a noviembre.

El experimento se realizó entre agosto de 1996 y abril de 1997. Cada unidad experimental consistió de 10 brotes tiernos infestados, de 20 cm o menos de longitud, ubicados en un mismo árbol.

Los tratamientos de aceite mineral se prepararon con el producto comercial Citrolina al 98%. Las concentraciones de Citrolina evaluadas fueron 2%, 5% y 8%; para lograr una adecuada emulsión se utilizó el emulsificante Agridex en dosis de 2 ml L⁻¹. Estas concentraciones se definieron con base en el trabajo de Villanueva y Hoy (1996), quienes evaluaron aceite mineral para el control de *P. citrella*. Las concentraciones de nim se definieron con base en el trabajo de Cruz (1993), quien recomienda el uso de semilla de nim triturada en dosis de 40 a 50 g/L de agua. Las concentraciones evaluadas fueron 30 g y 50 g de semilla de nim molida, la cual se dejó reposar durante 24 h en agua, posteriormente se filtró y se obtuvo el extracto.

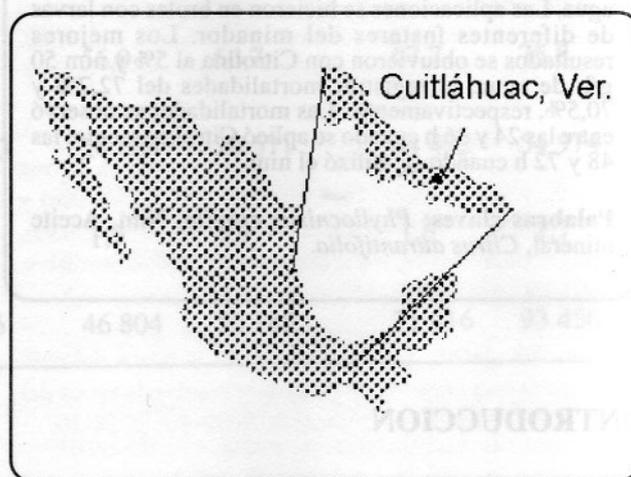


Fig. 1. Ubicación de Cuitláhuac, Veracruz, México.

Los tratamientos con aceite mineral y extracto de nim se realizaron entre marzo y abril de 1997 y se asperjaron sobre brotes infestados con larvas de *P. citrella* utilizando un atomizador manual de 1 L. Dichos brotes fueron previamente seleccionados y etiquetados. Para facilitar los recuentos, al seleccionar los brotes se dejaron únicamente las hojas con larvas, las cuales fueron marcadas para cuantificar el avance de la galería.

Los conteos para determinar la mortalidad se hicieron a las 24, 36, 48 y 72 h después de la aplicación. La mortalidad se determinó de manera visual con una lupa que permitió observar áreas necrosadas en el intestino, flacidez y turgencia de la larva. Otra característica empleada fue el avance

de la larva en la hoja, para lo cual, al momento de aplicar se hizo una pequeña marca en la hoja a la altura de la cabeza de la larva.

Debido a que en la zona donde se realizó el estudio existe depredación de larvas de *P. citrella* por parte de hormigas, crisopas y arañas, fue necesario cubrir los brotes tratados y el testigo con bolsas de organdí, después de la aplicación de los tratamientos.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. La variable respuesta fue el porcentaje de mortalidad, el cual se transformó a arcoseno de la raíz cuadrada. Para el análisis de varianza de los datos se usó el modelo lineal general (GLM), ($P > F = 0,05$) mediante el programa estadístico SAS. Se empleó la prueba de Tukey para la separación de medias ($P > F = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

En Cuitláhuac, el limón Persa desarrolla brotes vegetativos con diferentes intensidades durante todo el año, aunque se destacan tres períodos en los que es mayor la brotación (setiembre, noviembre y marzo-abril). El primer y tercer período coinciden con la mayor densidad poblacional de *P. citrella* (Fig. 2). Esta brotación vegetativa depende, además de las condiciones climáticas, prácticas agronómicas, riego, podas y eliminación de malezas.

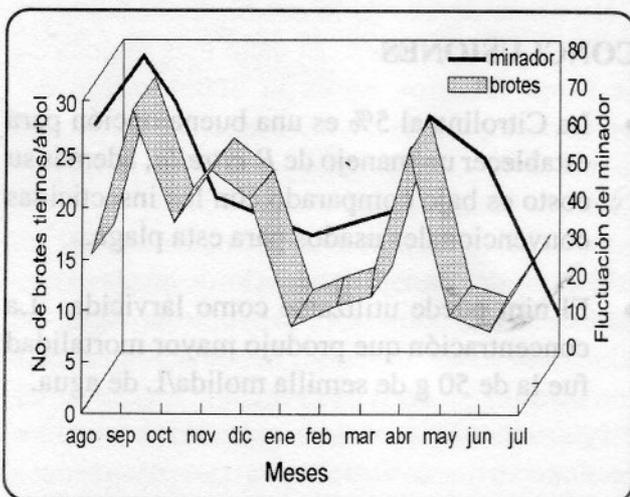


Fig. 2. Períodos de brotación del limón Persa y fluctuación del número de minadores en Cuitláhuac, Veracruz, México. 1995-1996.

Los promedios de la mortalidad obtenida en la evaluación de los tratamientos se muestran en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Mortalidad de *P. citrella* obtenida con diferentes tratamientos, Cuitláhuac, Veracruz, México, 1997.

Tratamiento	Promedios*
Citrolina 8%	1,0476a
Citrolina 5%	1,0222a
Nim 50 g/L	0,9973a
Citrolina 2%	0,9312b
Nim 30 g/L	0,8589c
Testigo	0,2580d

*Promedios de tratamientos con diferente letra difieren al nivel $P < 0,05$.

Se observa que los mejores resultados se obtuvieron con Citrolina a 8 y 5% y nim 50 g/L de agua. Entre la concentración de 2% y 5% de Citrolina se observó una variación en el porcentaje de mortalidad de 64,35% a 72,79% con respecto al testigo. Por tanto, sería recomendable evaluar dosis intermedias, 3% y 4% para determinar si alguna de estas causa efectos similares a la producida por Citrolina al 5%, y de esta manera reducir el costo del producto aplicado. Con base en los resultados actuales, se sugiere emplear Citrolina en concentración de 5% y 50 g de nim/L de agua. Se observó que concentraciones altas de Citrolina producen un efecto muy similar al de las concentraciones bajas. Morales (1997) en una evaluación de este producto para el control de esta misma plaga, utilizó concentraciones de 50% y obtuvo un porcentaje de mortalidad del 79%, el cual es ligeramente mayor al obtenido en este experimento con una concentración de 8% de Citrolina (Fig.3). A pesar de la concentración alta de Citrolina (50%) se observó fitotoxicidad en las aplicaciones en campo y en viveros no se percibió dicha fitotoxicidad.

La mayor mortalidad en larvas de *P. citrella* con Citrolina se obtuvo entre las 24 y 36 h después de la aplicación de los tratamientos.

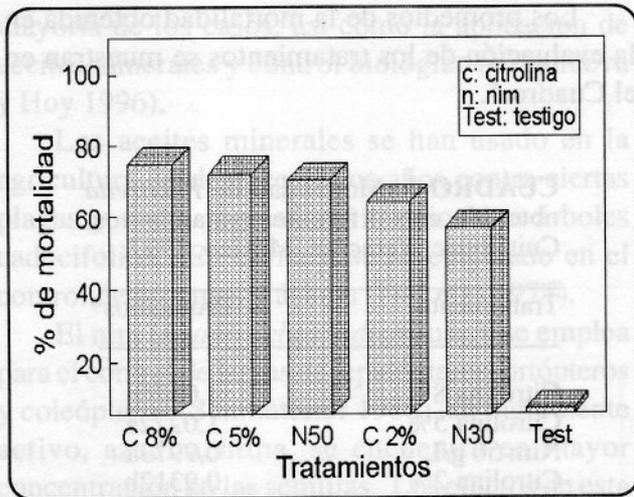


Fig. 3. Porcentajes de mortalidad de los diferentes tratamientos para el control de *Phyllocnistis citrella* en Cuitláhuac, Veracruz, México.

Para utilizar Citrolina es importante considerar las condiciones ambientales, porque a mayor temperatura y radiación se incrementa su efecto fitotóxico.

No se observó efecto de la Citrolina sobre los enemigos naturales de la plaga, aunque no se hizo un estudio específico al respecto.

La Citrolina podría considerarse un producto potencial para reducir los daños que causa *P. citrella*, complementado su acción con el uso de enemigos naturales, principalmente parasitoides.

Posiblemente el efecto de la Citrolina se debe a que forma una capa en la superficie foliar que asfixia la larva. Además, la aplicación de este producto puede aprovecharse para el control de escamas (Homoptera: Coccoidea) y ácaros que son comunes en cultivos citrícolas.

Con respecto al nim, su efecto en las larvas posiblemente fue antialimentario, porque la mortalidad máxima se presentó entre las 48 y 72 h después de su aplicación.

El nim constituye una alternativa al uso de insecticidas convencionales.

El nim y la Citrolina por su modo de acción ejercen pocos efectos negativos y su toxicidad en mamíferos es muy baja; sin embargo, es importante realizar estudios para determinar el efecto

de estos productos sobre la fauna benéfica. Adicionalmente, se sugiere realizar aplicaciones de ambos productos dirigidas a los brotes tiernos, y no una aplicación total en el árbol, con ello se reduciría el costo del tratamiento y el impacto al entorno sería aún menor. Esta aplicación es conveniente hacerla en la mañana, para evitar que las lluvias “laven” el producto.

Para implementar un programa de control del minador de la hoja de los cítricos, es importante realizar estudios bioecológicos locales, porque en los lugares donde se ha informado de la presencia de *P. citrella* en Centroamérica y México, existen diversas especies de parasitoides y depredadores nativos que regulan su población. Algunos de los enemigos naturales son: *Cirrospilus* sp.n.1, *Cirrospilus* sp. n.2, *Horismenus* sp. y *Galeopsomyia* sp. (Eulophidae) y *Elasmus tischeriae* (Elasmidae) (Bautista et al. 1998). En Cuitláhuac por ejemplo, se han estimado porcentajes de parasitismo superiores al 70% en los meses más fríos, por lo que es conveniente utilizar insecticidas en situaciones estrictamente necesarias. Además, debe considerar el uso de prácticas agronómicas como la eliminación de brotes sin frutos y la programación de éstas de acuerdo a los intereses del productor y a la fenología del cultivo. Otra medida para contrarrestar el daño del minador es la movilización de parasitoides de una región a otra o de un país a otro.

CONCLUSIONES

- La Citrolina al 5% es una buena opción para establecer un manejo de *P. citrella*, además su costo es bajo comparado con los insecticidas convencionales usados para esta plaga.
- El nim puede utilizarse como larvicida. La concentración que produjo mayor mortalidad fue la de 50 g de semilla molida/L de agua.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONACYT, por el financiamiento de esta investigación, mediante el proyecto 0503 PB "Bioecología del minador de la hoja *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Una nueva plaga para la citricultura mexicana". También al Ing. Marco Antonio Gómez y al personal del Campus Córdoba, por las facilidades otorgadas durante la etapa experimental.

LITERATURA CITADA

- ASERCA. 1996. El limón, una fruta con potencial de desarrollo. México, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Febrero de 1996. p. 3-24.
- BAUTISTA, M.N.; BRAVO, M.; CARRILLO, S. 1996. Estado actual y perspectivas para el manejo del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* en México. In Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas (6, 1996, Acapulco, México). Memorias. p. 81.
- BAUTISTA, M.N.; CARRILLO, S.; KOCH, D.; BRAVO, M. 1998. Natural parasitism of *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) at Cuicahuac, Veracruz, México. Florida Entomologist 81(21):30-37.
- CRUZ D., A. 1993. Nim: Programa para promover el desarrollo rural en Venezuela. Cooperativa Mixta. El Buchal, Dabajuro, Estado de Falcon, Venezuela. 11 p.

DGSV. 1991. Guía de Plaguicidas Autorizados. México, Dirección General de Sanidad Vegetal. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

DI LELLO, J.R. 1977. Guía fitosanitaria para los citrus. 1ª ed. Argentina. Editorial Concordia Entre-ríos. p 171-177.

HEPPNER, J.B. 1993. Citrus Leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistinae). Entomology Circular No.359. Fla. Dept. Agric. & Consumer Services. Division of Plant Industry, Gainesville, Fla., USA. 2 p.

MORALES, G.O. 1997. Efecto de la abamectina y Citrolina en el minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton. Tesis de Licenciatura. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 44 p.

PERALES G., M. A.; ARREDONDO, B. H.; GARZA, G.E.; AGUIRRE, U.A. 1996. Native parasitoids of citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton in Colima, Mexico. South. Ent. 21(3):349-350.

SCHMUTTERER, H. 1988. Potential of azadirachtin containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. J. Insect Physiol. 34(7):713-719.

SPONAGEL, K.W.; DIAZ, F.J. 1994. El minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella*: un insecto plaga de importancia económica en la citricultura de Honduras. La Lima, Cortés. FHIA. 25 p.

VILLANUEVA-JIMENEZ, J.A.; HOY, M.A. 1996. Critical points for attack-What do we know about the biology of the citrus leafminer? In: Managing the Citrus Leafminer. Orlando, Florida. p 53-59.

PARASITISMO NATURAL DE LEPIDOPTEROS PLAGAS DE BROCOLI EN EL BAJIO, MEXICO

Manuel Darío Salas-Araiza*
Eduardo Salazar-Solis*

RESUMEN

Se determinó el parasitismo natural de larvas y huevos de cuatro lepidópteros plagas de brócoli (*Plutella xylostella*, *Trichoplusia ni*, *Artogeia rapae* y *Leptophobia aripa*) en el Bajío, México. De 1989 hasta 1992, se realizaron muestreos semanales en plantaciones escalonadas para recolectar las larvas y huevos de estas especies. Se seleccionaron al azar 20 plantas y 200 hojas para el muestreo de larvas y huevos respectivamente, durante todo el año. Los huevos y las larvas se mantuvieron en cajas Petri en condiciones ambientales controladas para determinar el parasitismo. Únicamente se observó parasitismo en huevos de *T. ni* ocasionado por *Trichogramma* spp. en 25%. El ichneumonido *Diadegma insulare* parasitó hasta en 60% las larvas de *P. xylostella*; las larvas de *T. ni* fueron atacadas por el taquírido *Voria ruralis* que las parasitó en un 65%. Ocasionalmente, se observaron larvas de *A. rapae* parasitadas por el taquírido *Lespesia* spp. No se detectó parasitismo en larvas de *L. aripa*.

Palabras clave: *Plutella xylostella*, *Trichoplusia ni*, *Artogeia rapae*, *Leptophobia aripa*, Brócoli, Parasitismo natural, México.

ABSTRACT

NATURAL PARASITISM OF LEPIDOPTERA PESTS OF BROCCOLI IN BAJIO, MEXICO. The natural parasitism of larvae and eggs of four lepidoptera pests of broccoli (*Plutella xylostella*, *Trichoplusia ni*, *Artogeia rapae* and *Leptophobia aripa*) in Bajío, Mexico was determined. From 1989 to 1992, weekly samples were carried out in terraced plantations, to collect larvae and eggs of these species, 20 plants and 200 leaves were selected at random for the survey of larvae and eggs respectively during the whole year. The eggs and larvae were maintained in petri dishes under controlled environment conditions in order to determine parasitism. Parasitism was only observed in eggs of *Trichoplusia ni*, 25% by *Trichogramma* spp. The ichneumonid *Diadegma insulare* parasitized up to 60% of *P. xylostella* larvae; The larvae of *T. ni* were attacked by the tachinid *Voria ruralis*, 65% were parasitized. Occasionally *A. rapae* larvae were parasitized by the tachinid *Lespesia* spp. No parasitism was detected in *L. aripa* larvae.

Key word: *Plutella xylostella*, *Trichoplusia ni*, *Artogeia rapae*, *Leptophobia aripa*, Broccoli, Natural parasitism, Mexico.

INTRODUCCION

En la región del Bajío, Altiplano Central de México, se cultivan alrededor de 41000 ha de crucíferas, de las cuales el 89% se dedica a la producción de brócoli y el 11% restante a coliflor. El cultivo de estas crucíferas es intensivo durante todo el año debido a la demanda de estos productos y al clima de la región.

Estas hortalizas son atacadas por diversos lepidópteros, destacando en orden de importancia la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L.) (Plutellidae), el gusano falso medidor *Trichoplusia ni* (Hubner) (Noctuidae), el gusano

importado de la col *Artogeia rapae* (L.) (Pieridae) y el gusano rayado de la col *Leptophobia aripa* (Boisduval) (Pieridae). El daño más importante de estos insectos no es la disminución del rendimiento, sino la contaminación de la flor, con su presencia y excrementos, restándole calidad al producto (Salas-Araiza *et al.* 1993).

Un aspecto importante para desarrollar un programa de manejo integrado de plagas es el control biológico natural, así como la variación estacional y su impacto en la población de cada uno de estos insectos en la región. En el caso de *P. xylostella*, se ha señalado que todos los estados de desarrollo son atacados por numerosos parasitoides y depredadores, y que los adultos son presa de pájaros y arañas. Los parasitoides más efectivos son el ichneumonido *Diadegma* spp y el

Recibido: 11/03/98. Aprobado: 4/12/98.

*Universidad de Guanajuato. Instituto de Ciencias Agrícolas. Apartado Postal 311. Irapuato 36500, Gto., México.

bracónido *Cotesia* spp. (Talekar y Shelton 1993). García (1991) señala que en Aragua, Venezuela, desde fines de julio hasta mediados de setiembre *Diadegma insulare* (Cresson) parasita hasta el 30% de larvas de esta especie.

En California, se ha observado que el principal parásito de *T. ni* es el taquínido *Voria ruralis* (Fallén), que parasita hasta un 36,8% de las larvas durante el otoño e invierno. Durante el verano, actúan *Hyposoter exiguae* (Viereck) y *Copidosoma truncatellum* (Dalman). *A. rapae* es atacado por *Pteromalus puparium* (L.) hasta en un 45% y por el taquínido *Madremyia saundersii* (Willigston) (Oatman y Platner 1969). Con respecto a *L. aripa*, se ha informado de larvas atacadas por *Apanteles* spp. (Braconidae) (Needer de Roman y Arce de Hamity 1983).

Oatman y Platner (1969) señalan que los huevos de *T. ni* son parasitados en un 7,8% y los de *P. xylostella* en un 3,9% por *Trichogramma pretiosum*, y que los huevos de *A. rapae* no presentaron parasitismo en California.

En la región del Bajío, a pesar de la extensa superficie que se cultiva con brócoli, no se ha determinado con precisión el período del año en que hay mayor incidencia de los parásitos de las principales plagas de este cultivo, ni las especies que parasitan en mayor porcentaje cada especie. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el parasitismo natural y su variación estacional en huevos y larvas de *P. xylostella*, *T. ni*, *Artogeia rapae* y *L. aripa*, en el cultivo de brócoli en la región del Bajío, México.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en los campos experimentales del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato, Irapuato, Guanajuato, México, ubicados en la región del Bajío, en el Altiplano Central de México, (latitud N 20° 49' 49", longitud oeste 101° 01' 01"), a 1750 msnm, precipitación promedio anual de 680 mm, temperatura media de 17,7°C, y 56% humedad relativa (Fig. 1).

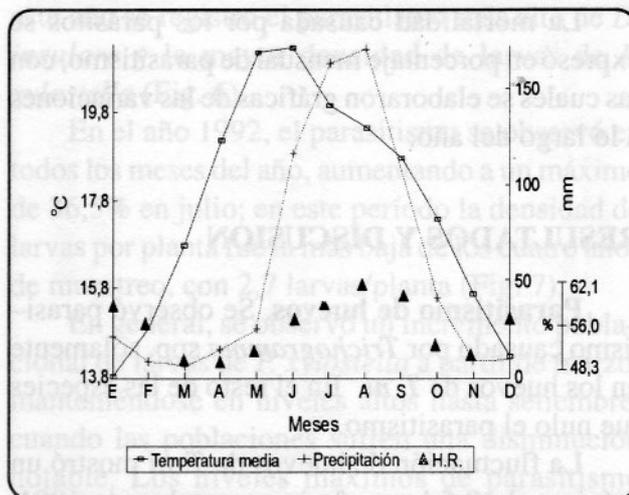


Fig. 1. Climatograma de la estación meteorológica del Instituto de Ciencias Agrícolas, Irapuato, Gto. México.

Los muestreos se realizaron durante todo el año, desde 1989 hasta 1992, en plantaciones de brócoli de la variedad GV-023, en parcelas de 1500 m² de diferente edad y comprendieron hasta la etapa de formación de botón floral. Las labores de cultivo fueron las recomendadas para las plantaciones comerciales, excepto la aplicación de insecticidas, con el propósito de evaluar el efecto de los enemigos naturales. Al azar se seleccionaron y revisaron 20 plantas/semana y las larvas, de todos los instares de las cuatro especies de lepidópteros evaluados se tomaron con un pincel de pelo de camello. Estas se depositaron individualmente en frascos con hojas de brócoli para su alimentación y posterior observación de su parasitismo y se mantuvieron en una cámara de cría a 27°C y 70% HR, con un fotoperíodo de 12:12.

De la misma parcela, se tomaron semanalmente 200 hojas de brócoli, desde octubre de 1991 y hasta octubre de 1992, con el fin de determinar el parasitismo de huevos en las cuatro especies de lepidópteros. Las hojas se introdujeron en bolsas de polietileno para trasladarlas al laboratorio donde se revisaron. Los huevos encontrados se aislaron, separando el trozo de hoja y depositando cada uno en una cápsula de gelatina. Estos también se mantuvieron en una cámara de cría (con condiciones similares a la descrita) hasta su emergencia.

La mortalidad causada por los parásitos se expresó en porcentaje mensual de parasitismo, con las cuales se elaboraron gráficas de las variaciones a lo largo del año.

RESULTADOS Y DISCUSION

Parasitismo de huevos. Se observó parasitismo causado por *Trichogramma* spp. solamente en los huevos de *T. ni*. En el resto de las especies fue nulo el parasitismo.

La fluctuación de huevos de *T. ni* mostró un máximo de 0,5 huevo/hoja en octubre de 1991, disminuyendo hasta menos de 0,1 en febrero de 1992; posteriormente incrementó en la época más cálida del año (abril y mayo) (Fig.2).

En marzo y setiembre se presentó un 10% y 25%, respectivamente, de huevos parasitados. El incremento de parasitismo se observó previo a que la población de huevos alcanzara el pico máximo. La actividad de *Trichogramma* spp. disminuyó a cero al inicio de la temporada de lluvias (mayo-julio).

Oatman y Platner (1969) señalaron que el mayor número de huevos de *T. ni* se presenta en setiembre y octubre, bajando notablemente en abril, lo cual coincide con la fluctuación observada para este nóctuido en el Bajío. En California, estos autores reportaron un promedio de 7,8% de parasitismo por *T. pretiosum*. En este estudio el parasitismo registrado fue considerablemente más alto, alcanzando un pico de 25%.

La fluctuación de huevos de la palomilla dorso de diamante tiene un comportamiento similar a los de *T. ni*. Los incrementos más notables ocurren a partir de abril, manteniéndose en esos niveles hasta octubre, cuando disminuyen marcadamente hasta febrero, mes en que nuevamente empiezan a elevarse (Fig. 2).

No se detectaron huevos parasitados; es posible que el huevo de *P. xylostella* no sea lo suficientemente grande para que la larva de la avispa se desarrolle completamente. Sin embargo, Salas en investigaciones sin publicar, determinó que en condiciones de laboratorio el

parasitismo de *Trichogrammatoidea* spp. en huevos de este insecto hasta en 47,5%. No obstante, no se logra la siguiente generación de tricogramas. El mismo resultado se obtuvo con liberaciones masivas de este parásito en campos de brócoli, Yaseen (1978) señala que *Trichogramma brasiliensis* tiene un índice de parasitismo en huevos de *P. xylostella* muy bajo para lograr un control eficiente.

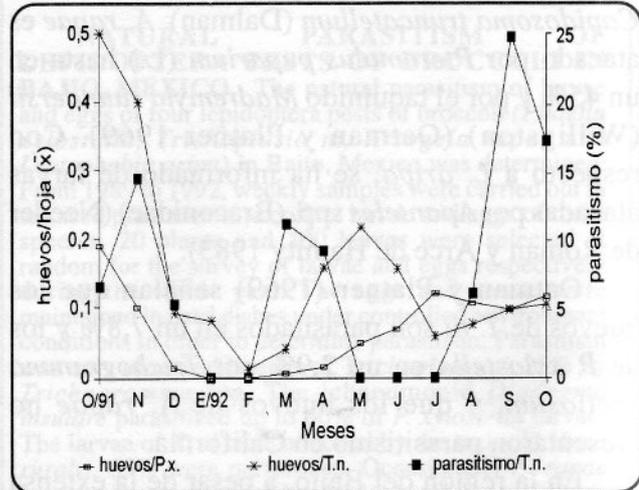


Fig. 2. Huevos de *P. xylostella* y *T. ni*. Irapuato, Gto. México.

Estos resultados contrastan con lo informado por Oatman y Platner (1969) que detectaron un promedio de 3,9% de huevos de *P. xylostella* parasitados por *T. pretiosum*. Asimismo difieren de resultados obtenidos por Vásquez *et al.* (1997), quienes en evaluaciones del parasitismo de seis especies de tricogramas en huevos de *P. xylostella*, obtuvieron mortalidades entre 95% y 98%, con tres de las especies (*T. bactrae*, *T. pretiosum* y *T. minutum*). En investigaciones sin publicar, Salas se ha evaluado el parasitismo de *T. pretiosum* en laboratorio con resultados nulos.

La ausencia de parasitismo de huevos en *A. rapae*, coincide con los resultados obtenidos por Oatman y Platner (1969). La mayor incidencia de huevos de este piérido se presentó durante el invierno y disminuyó drásticamente desde el inicio del año hasta agosto y setiembre que es cuando inicia un incremento (Fig. 3). Esta tendencia en la fluctuación de la población de huevos es similar a

la observada en California por Oatman y Platner (1969).

En este estudio no se observó parasitismo en huevos de *L. aripa*. Salinas y Briseño (1981) y Neder de Roman y Arce de Hamity (1983), informan igualmente un parasitismo nulo en Venezuela y Argentina, respectivamente. La fluctuación de huevos de *L. aripa* es similar a la de *A. rapae*, aunque existe una época del año (diciembre - fines de setiembre) en la que desaparece totalmente. El número máximo de huevos en campo ocurren entre octubre y noviembre (Fig. 3).

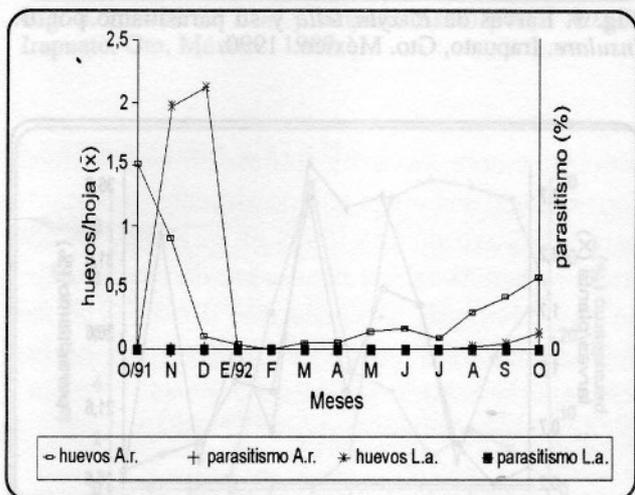


Fig. 3. Huevos y parasitismo de *A. rapae* y *L. aripa*. Irapuato, Gto. México.

Parasitismo de larvas

***Plutella xylostella*.** El único parásito que atacó larvas de este insecto fue el ichneumonídeo *D. insulare*. En 1989 alcanzó 36% de parasitismo durante el mes de setiembre (Fig. 4); después de alcanzar la población máxima de larvas se presentan dos incrementos poblacionales de parásitos.

En 1990, el parasitismo llegó a 45% en marzo, disminuyendo el mes siguiente e incrementándose las poblaciones larvales del lepidóptero; esta misma tendencia se observó durante todo el año. El nivel más alto de parasitismo fue de 50% en noviembre (Fig. 5).

En 1991 solo se presentó un incremento poblacional, aumentando el parasitismo desde 25% (entre abril-julio) hasta 60% en agosto. En

este año se registró el parasitismo más alto de *D. insulare* y la mayor densidad de larvas de *P. xylostella* (Fig. 6).

En el año 1992, el parasitismo se observó en todos los meses del año, aumentando a un máximo de 36,5% en julio; en este período la densidad de larvas por planta fue la más baja de los cuatro años de muestreo, con 2,7 larvas/planta (Fig. 7).

En general, se observó un incremento poblacional de larvas de *P. xylostella* a partir de marzo, manteniéndose en niveles altos hasta setiembre, cuando las poblaciones sufren una disminución notable. Los niveles máximos de parasitismo siguieron un patrón similar al obtenido con la población de larvas. Esta relación hospedante-parásito es probablemente uno de los principales factores de mortalidad, responsable de mantener las poblaciones de *Plutella* en un nivel manejable. Existe una adecuada sincronización hospedante-parásito porque *D. insulare* estuvo presente durante el tiempo en que habían larvas de *P. xylostella*. La fluctuación observada en este estudio coincide con la informada por Oatman y Platner (1969) y Ru y Workman (1979). Los primeros señalan que el parásito más abundante en California fue *D. insulare*, con 35,2% de parasitismo, y en menor proporción *Diadromus erythrostomus* (Cam.) (Ichneumonidae), además del braconídeo *Microplitis plutellae* Mues. en Canadá.

Harcourt (1960), determinó hasta 10 diferentes parásitos de larvas de *P. xylostella*, aunque señala a *D. insulare* como el de mayor incidencia. En Florida, además de *D. insulare*, el eulófido *Tetrastichus sokolowskii* Kurdjumov ataca larvas de este insecto (Ru y Workman 1979).

Durante la investigación, se observó estados inmaduros del carábido *Lebia viridis* Say alimentándose de larvas de tercer ínstar de *P. xylostella* y adultos del pentatómido *Oplomus pulcher* Dallas atacando larvas de cuarto ínstar del mismo lepidóptero. Cappaert *et al.* (1991) señalan que las especies del género *Lebia* son ectoparásitos de pupas de crisomélidos y que los adultos son voraces depredadores de huevos y pupas de estos coleópteros.

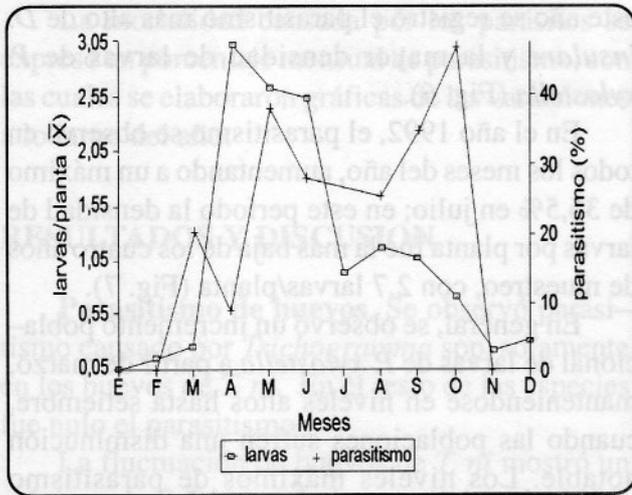


Fig. 4. Larvas de *P. xylostella* y su parasitismo por *D. insulare*. Irapuato, Gto. México. 1989.

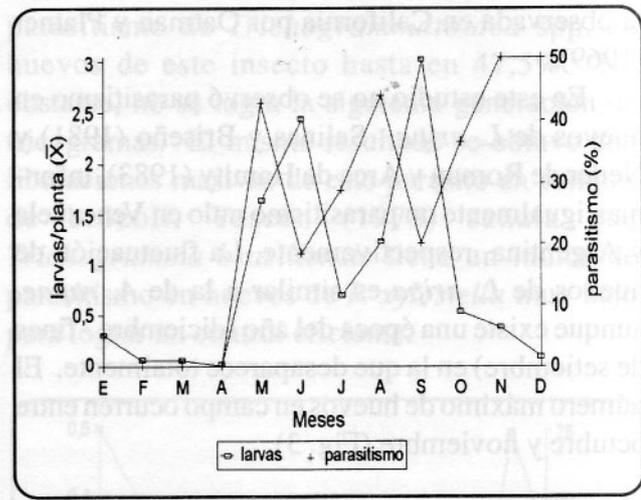


Fig. 5. Larvas de *P. xylostella* y su parasitismo por *D. insulare*. Irapuato, Gto. México. 1990.

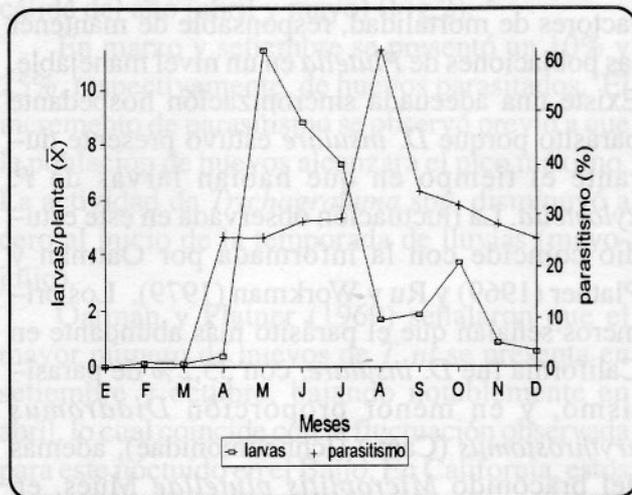


Fig. 6. Larvas de *P. xylostella* y su parasitismo por *D. insulare*. Irapuato, Gto. México. 1991.

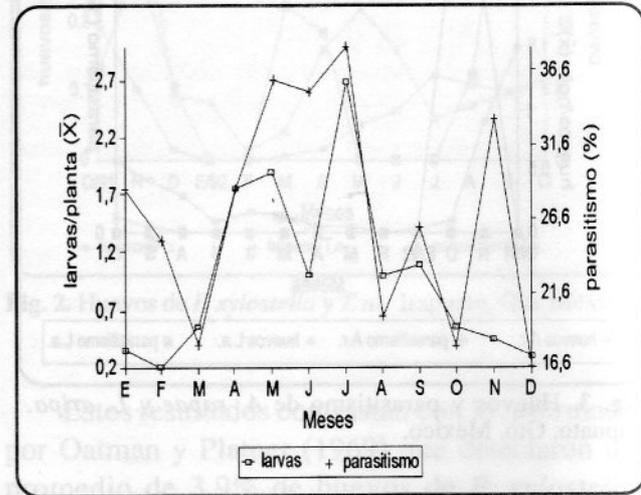


Fig. 7. Larvas de *P. xylostella* y su parasitismo por *D. insulare*. Irapuato, Gto. México. 1992.

Trichoplusia ni. El parásito más abundante de larvas de este insecto, en la región del Bajío, fue el taquínido *V. ruralis*, y esporádicamente, *Microplitis* spp. (Braconidae) e *Hyposoter* spp. (Ichneumonidae).

De marzo a junio de 1989, se presentó mayor incremento poblacional de larvas de *T. ni* (2,5 larvas por planta), elevándose paulatinamente el porcentaje de parasitismo hasta 30% en setiembre (Fig. 8). Esta misma tendencia se observó en 1990 (Fig. 9), aunque la densidad máxima fue de aproximadamente 6 larvas por planta en junio, disminuyendo posteriormente. A partir de agosto, el parasitismo se volvió a incrementar hasta

alcanzar un máximo de 65% en octubre. Para 1991, se detectó el mismo modelo de fluctuación hospedante y parásito (Fig. 10). En 1992, el número de larvas por planta disminuyó, siendo el más bajo en los cuatro años; pero su permanencia a lo largo del año fue casi uniforme. En este mismo año la distribución del parasitismo fue similar a la de los años anteriores, aunque se obtuvo el porcentaje más alto de los cuatro años de estudio, con un 65% aproximadamente.

En general, durante todos los meses del año se observaron poblaciones de larvas de *T. ni*, las cuales se incrementaron de julio a noviembre y disminuyeron en la primera mitad del año. Esta

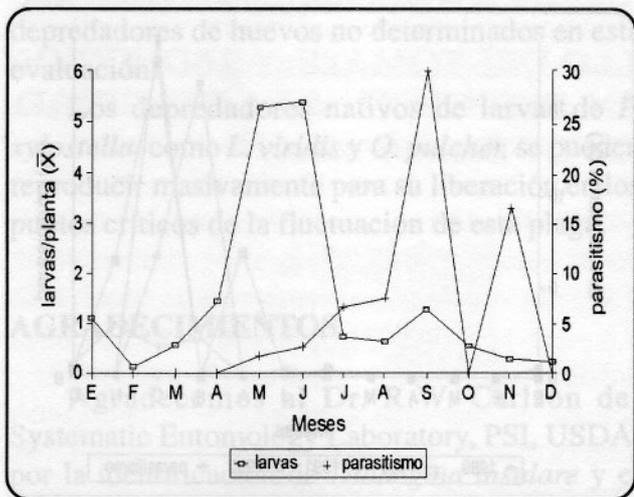


Fig. 8. Larvas de *T. ni* y su parasitismo por *V. ruralis*. Irapuato, Gto. México. 1989.

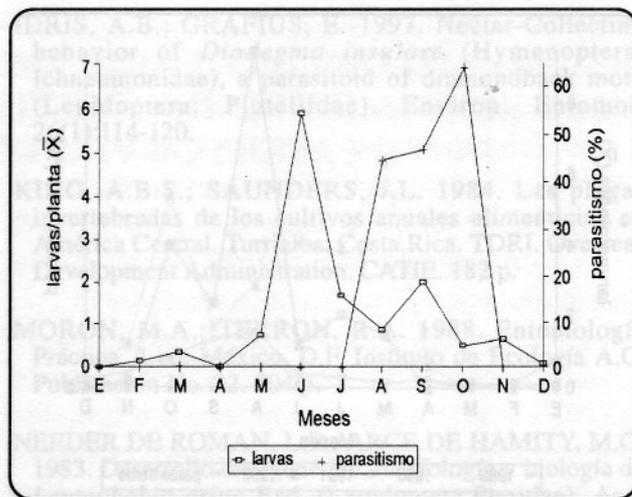


Fig. 9. Larvas de *T. ni* y su parasitismo por *V. ruralis*. Irapuato, Gto. México. 1990.

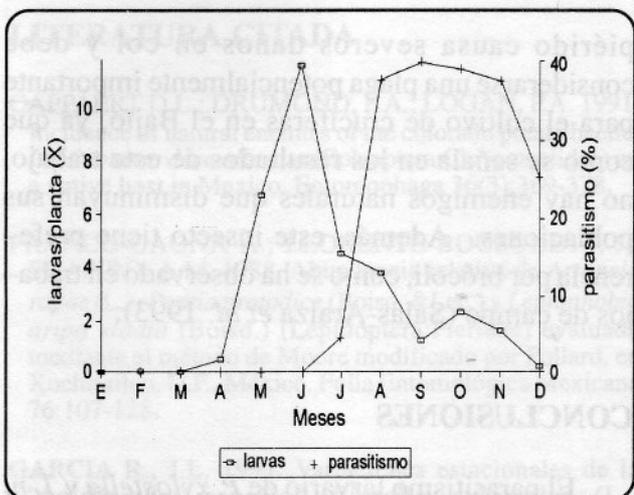


Fig. 10. Larvas de *T. ni* y su parasitismo por *V. ruralis*. Irapuato, Gto. México. 1991.

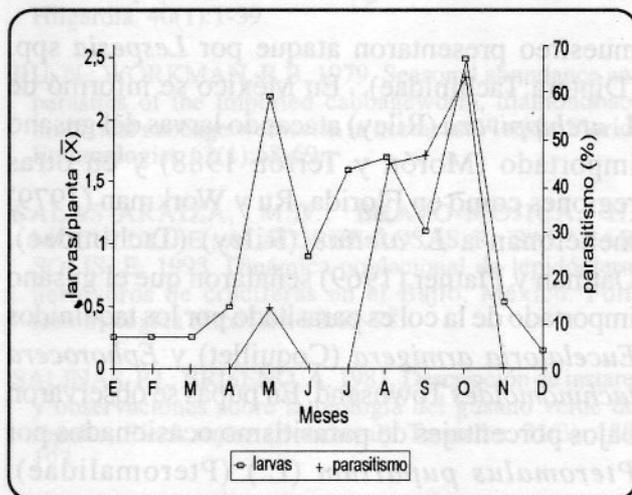


Fig. 11. Larvas de *T. ni* y su parasitismo por *V. ruralis*. Irapuato, Gto. México. 1992.

fluctuación es similar a la informada por Guzmán *et al.* (1984) para el área de Chapingo, Méx. y por Oatman y Platner (1969) para California. Además, los resultados de este estudio coinciden con lo señalado por estos investigadores, en lo referente a que *V. ruralis* es el parásito dominante, alcanzando un parasitismo de 95,6% en Chapingo y 66,7% en California. En el Bajío, el parasitismo fue aproximadamente de 65% (Fig.11). Guzmán *et al.* (1984), señalan que este parásito se encuentra durante todo el año, pero en Bajío se observó únicamente entre junio y noviembre, después de que la población del hospedante alcanzó su nivel máximo.

Otros parásitos observados atacando larvas de *T. ni* fueron *Hyposoter* spp., *Copidosoma truncatellum* (Encyrtidae) y *Microplitis* spp., pero en porcentajes muy bajos, y principalmente en verano.

Artogeia rapae. Las larvas de este insecto se encontraron en campo durante todo el año, elevándose su población durante los meses de agosto a octubre (Fig. 12). En algunos años, como 1991, los picos poblacionales se presentaron incluso en mayo. En esta investigación se determinó que el parasitismo es esporádico, solamente cuatro larvas durante los años de

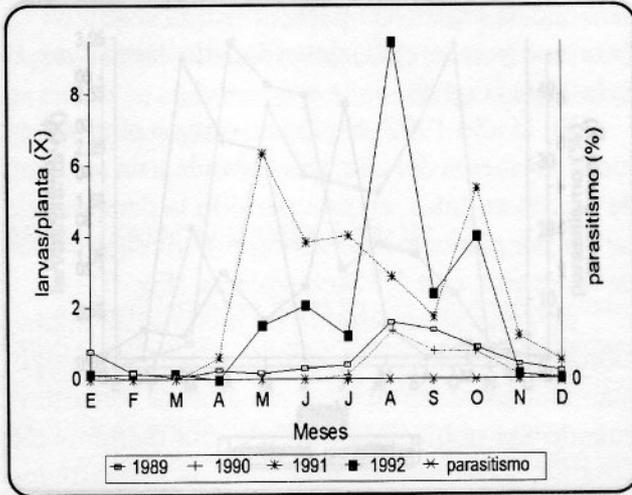


Fig. 12. Larvas de *Artogeia rapae* en brócoli. Irapuato, Gto. México.

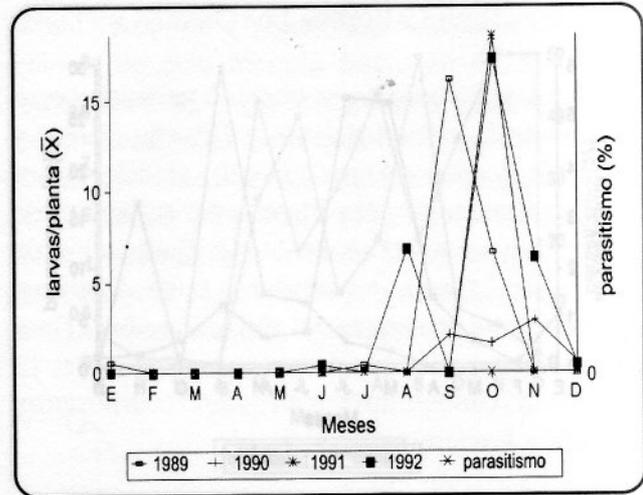


Fig. 13. Larvas de *Leptophobia aripa* en brócoli. Irapuato, Gto. México.

muestreo presentaron ataque por *Lespesia* spp. (Diptera:Tachinidae). En México se informó de *L. archippivora* (Riley) atacando larvas del gusano importado (Morón y Terrón 1988) y en otras regiones como en Florida, Ru y Workman (1979) mencionan a *L. aletiae* (Riley) (Tachinidae). Oatman y Platner (1969) señalaron que el gusano importado de la col es parasitado por los taquínidos *Eucelatoria armigera* (Coquillet) y *Ephorocera tachinomoides* Townsend. En pupas se observaron bajos porcentajes de parasitismo ocasionados por *Pteromalus puparium* (L.) (Pteromalidae). Eventualmente se encontraron pupas muertas por bacterias.

***Leptophobia aripa*.** Las poblaciones de este insecto presentaron estacionalidad bien definida. En general, su población se presentó entre julio y diciembre, desapareciendo en los meses restantes (Fig. 13). No se observó parasitismo en larvas o pupas. El número de larvas por planta fue el más alto de las cuatro especies de lepidópteros muestreados, alcanzando 18 larvas/planta. Franco *et al.* (1988), señalaron también estacionalidad en el área de Xochimilco, México.

Únicamente se tienen reportes de parasitismo larvario por *Apanteles* spp en Argentina (Neder de Roman y Arce de Hamity 1983), y de patógenos bacterianos como *Bacillus thuringiensis* Berl., además de virus (King y Saunders 1984). Este

piérido causa severos daños en col y debe considerarse una plaga potencialmente importante para el cultivo de crucíferas en el Bajío, ya que como se señala en los resultados de este trabajo, no hay enemigos naturales que disminuyan sus poblaciones. Además, este insecto tiene preferencia por brócoli, como se ha observado en trabajos de campo (Salas-Araiza *et al.* 1993).

CONCLUSIONES

El parasitismo larvario de *P. xylostella* y *T. ni* en el Bajío es efectivo. Únicamente se observó parasitismo de huevos en *T. ni*. Es recomendable establecer programas que favorezcan la persistencia de *D. insulare* tales como la creación de refugios, manejo racional de insecticidas, establecimiento de plantas provisoras de néctar para los adultos, tales como *Brassica kaber*, *Barbarea vulgaris* y *Daucus carota*, que incrementan la fecundidad de éstos, además de la cría masiva para su posterior liberación. Esto también se sugiere para *V. ruralis*, parásito de *T. ni*, ya que la col atrae a los adultos de *V. ruralis*, y por tanto, esta crucífera sería útil como atrayente para incrementar las poblaciones del díptero en los campos de brócoli. Con respecto a los piéridos, es importante realizar un estudio más detallado sobre factores de mortalidad, porque es posible que existan

depredadores de huevos no determinados en esta evaluación.

Los depredadores nativos de larvas de *P. xylostella*, como *L. viridis* y *O. pulcher*, se pueden reproducir masivamente para su liberación en los puntos críticos de la fluctuación de esta plaga.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. R.W. Carlson del Systematic Entomology Laboratory, PSI, USDA. por la identificación de *Diadegma insulare* y el envío de literatura. A la Compañía Gigante Verde por el financiamiento del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

CAPPAERT D.L.; DRUMOND, F.A.; LOGAN, P.A. 1991. Incidence of natural enemies of the colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera:Chrysomelidae) on a native host in Mexico. *Entomophaga* 36(3):369-378.

FRANCO-GAONA A.; LLORENTE-BOUSQUETS, J.; SHAPIRO, A.M. 1988. Abundancia relativa de *Artogeia rapae* (L.), *Pontia protodice* (Boisd. & Lec.) y *Leptophobia aripa elodia* (Boisd.) (Lepidoptera:Pieridae) evaluada mediante el método de Moore modificado por Pollard, en Xochimilco, D.F., México. *Folia Entomológica Mexicana* 76:107-128.

GARCIA R., J.L. 1991. Variaciones estacionales de la "polilla del repollo" *Plutella xylostella* (L.) (Lep.:Yponomeutidae) y del parasito *Diadegma insulare* Cresson (Hym.:Ichneumonidae), en la Estación Experimental Cataurito, Edo. Aragua. *Bol. Entomol. Venezuela N.S.* 6(1): 27-35.

GUZMAN, G.A.M.; BRAVO M., H.; CARRILLO S., J.L. 1984. Factores que determinan la eficiencia de *Voria ruralis* (Fallén) sobre *Trichoplusia ni* (Hubner), en Chapingo, México. *Agrociencia*. 57:163-177.

HARCOURT, D.G. 1960. Biology of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera:Plutellidae), in eastern Ontario. II. Natural enemies. *Canadian Entomologist* 92:419-428.

IDRIS, A.B.; GRAFIUS, E. 1997. Nectar-Collecting behavior of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Environ. Entomol.* 26(1):114-120.

KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de los cultivos anuales alimenticios en América Central. Turrialba, Costa Rica. TDRI. Overseas Development Administration. CATIE. 182 p.

MORON, M.A.; TERRON, R.A. 1988. Entomología Práctica. 1 ed. México, D.F. Instituto de Ecología A.C. Publicación No. 22. 504 p.

NEEDER DE ROMAN, L.E.; ARCE DE HAMITY, M.G. 1983. Desarrollo ontogenético, morfología y biología de *Leptophobia aripa* Bsd. (Lepidoptera:Pieridae). *Acta Zoológica Lilloana*. 1:77-85.

OATMAN, E.R.; PLATNER, G.R. 1969. An ecological study of insect populations on cabbage in southern California. *Hilgardia*. 40(1):1-39.

RU, N.; WORKMAN, R.B. 1979. Seasonal abundance and parasites of the imported cabbageworm, diamondback moth, and cabbage webworm in northeast Florida. *Florida Entomologist*. 62(1):68-69.

SALAS-ARAIZA, M.D.; BRAVO-MOJICA, H.; MCCULLY, J.E.; ALATORRE-ROSAS, R.; SALAZAR-SOLIS, E. 1993. Dinámica poblacional de lepidópteros herbívoros de crucíferas en el Bajío, México. *Folia Entomológica Mexicana* 88:69-78.

SALINAS, P.J.; BRISEÑO, A. 1981. Descripción de instares y observaciones sobre la biología del gusano verde del repollo, *Pieris rapae* (Boisduval). *Turrialba*. 31(3): 189-193.

TALEKAR, N.S.; SHELTON, A.M. 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annual Review Entomology* 38:275-301.

VASQUEZ, L.A.; SHELTON, A.M.; HOFFMANN, M.P.; ROUSH, R.T. 1997. Laboratory evaluation of commercial trichogrammatid products for potential use against *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera:Plutellidae). *Biological Control* 9: 143-148.

YASEEN, M. 1978. The establishment of two parasites of diamond-back moth *Plutella xylostella* (Lep.:Plutellidae) in Trinidad, W.I. *Entomophaga*. 23(2):111-114.

SEVERIDAD DEL MOTEADO AMARILLO DEL TOMATE Y REDUCCION DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO EN RESPUESTA A LA DENSIDAD DE ADULTOS VIRULIFEROS DE *Bemisia tabaci**

Eduardo Salazar**
 Douglas Cubillo***
 Pilar Ramírez****
 Galileo Rivas Platero*****
 Luko Hilje*****

RESUMEN

El estudio se realizó en el CATIE, en Turrialba, Costa Rica, en un área de baja o casi nula presencia de *B. tabaci* (biotipo C). Se utilizó tomate de mesa (var. Dina Guayabo). El almácigo se cubrió con malla fina y se trasplantó a los 39 días. En el campo se estableció un diseño en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. En todos, excepto el testigo, las plantas se inocularon con el geminivirus ToYMoV, tres días después del trasplante. Los tratamientos (densidades de adultos) fueron: 2, 5, 10, 15, 20 y 30 adultos virulíferos, denominados T2, T5, T10, T15, T20 y T30, respectivamente. El índice de severidad del moteado amarillo del tomate aumentó al incrementarse la densidad del vector. El rendimiento total mostró una relación inversa y de tipo lineal con la severidad ($Y = 2,83 - 0,77X$, $R^2 = 0,82$), y cuadrático con la densidad del vector ($Y = 1,39 - 0,030X + 0,0005X^2$, $R^2 = 0,88$). Sin embargo, el rendimiento se estabilizó a partir de 25 adultos por planta, lo que indica que la densidad de adultos virulíferos afecta la producción, pero solo hasta cierto punto.

Palabras clave: Tomate, *Bemisia tabaci*, Geminivirus, Adultos virulíferos, Severidad, Rendimiento.

ABSTRACT

EFFECT OF VIRULIFEROUS ADULT *Bemisia tabaci* DENSITY ON TOMATO YELLOW MOTTLE SEVERITY AND CROP YIELD.

Research was conducted at CATIE, in Turrialba, Costa Rica, in an area with low or no presence of *B. tabaci* (C biotype). Pole tomatoes (var. Dina Guayabo) were grown on seedbeds covered with a fine net, and were transplanted when they were 39 days old. In the field, a randomized complete block design with four replications was used. Plants from all treatments, excepting the control, were inoculated with the ToYMoV geminivirus, three days after transplanting. Treatments (adult densities) were: 2, 5, 10, 15, 20, and 30 viruliferous adults, named as T2, T5, T10, T15, T20, and T30, respectively. The severity index of the tomato yellow mottle disease increased as vector density did so. Total yield showed an inverse and linear relationship with severity ($Y = 2,83 - 0,77X$, $R^2 = 0,82$) and quadratic with vector density ($Y = 1,39 - 0,030X + 0,0005X^2$, $R^2 = 0,88$). However, yield was stabilized from 25 adults per plant on, which demonstrates that viruliferous adult density do affect tomato production, at least up to a certain point.

Key words: Tomato, *Bemisia tabaci*, Geminivirus, Viruliferous adults, Severity, Yield.

INTRODUCCION

El moteado amarillo del tomate es una enfermedad causada por el geminivirus ToYMoV, el cual hasta ahora se ha detectado solamente en

Costa Rica, y es transmitido por la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) (Polston y Anderson 1997). En dicho país, aún con la aplicación frecuente de insecticidas no se puede evitar que los campos de tomate alcancen infestaciones de 100%, y los agricultores consideran que eliminando adultos evitarán la virosis. Sin embargo, bastan densidades muy bajas del vector, de apenas 0,3 adultos por planta, para que los virus sean diseminados rápidamente (Cubillo *et al.* 1999a).

Recibido: 19/02/98. **Aprobado:** 4/12/98.

*Parte de la tesis de Licenciatura en Agronomía del primer autor. Sede Universitaria Regional del Atlántico (SURA). Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica.

**Escuela de Postgrado. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

***Unidad de Fitoprotección. CATIE. Dirección Actual: Standard Fruit Company. San José, Costa Rica.

**** Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

***** Unidad de Fitoprotección, CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Hasta ahora no se ha evaluado experimentalmente en el campo si existe un número mínimo de adultos virulíferos que cause pérdidas económicas importantes, sobre todo si se presentan durante el período crítico del cultivo a los geminivirus. Para varios geminivirus, incluyendo el ToYMoV, dicho período corresponde a los primeros 50-60 días desde la germinación (Franke *et al.* 1983, Acuña 1993, Schuster *et al.* 1996).

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la densidad de adultos virulíferos de *B. tabaci* sobre la severidad del moteado amarillo del tomate y el rendimiento del cultivo. Esta información permitiría aconsejar al agricultor si se justifica aplicar insecticidas al incrementarse las densidades del vector.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento. Se realizó de abril a agosto de 1996, en la estación experimental La Montaña, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en un área de baja o nula presencia de *B. tabaci*. Esta se ubica en Turrialba, Cartago (Costa Rica), a 9°52'N y 83°38'O, a 590 msnm, en la zona de vida de bosque húmedo premontano (Tosi 1969). La temperatura y precipitación media anual son de 22°C y 2479 mm respectivamente, la humedad relativa de 87% y la radiación solar de 11,82 uJ/m² (Jiménez 1994); durante la investigación, sus valores promedio fueron de 23°C, 6 mm, 88% HR y 18 uJ/m². El suelo era moderadamente ácido (pH= 4,8) y tenía buen contenido de materia orgánica.

Manejo del cultivo. Se sembró, por trasplante, la variedad Dina Guayabo, de crecimiento semi-determinado. El almácigo se hizo en bandejas plásticas Tray Masters No. 72 (V-J Growers Supply, EE.UU.), colocadas sobre el suelo dentro de un túnel cubierto con malla fina Agronet-S (Kayserberg S.A., Alemania).

El sustrato fue una mezcla de suelo, grana de arroz y abono orgánico "Bocashi" (Miranda y Paniagua 1994) (10:2:1), más 20 g/kg de mezcla

del fertilizante Osmocote (Grace-Sierra, EE.UU.). Se colocaron cinco semillas por compartimento, y las bandejas se cubrieron por seis días con sacos de nailon para mantener la humedad del suelo y favorecer la germinación. Se regó dos veces al día. Se raleó a los 13 días después de la siembra (dds), para dejar una planta por compartimento.

El trasplante se hizo a los 39 dds, a una distancia de siembra de 1,2 m entre surcos y 0,4 m entre plantas. Treinta días antes del trasplante (dat) se aplicó al suelo gallinaza y cal, a 1150 y 1850 kg/ha, respectivamente (según el análisis de suelo). A la siembra y a los 15 y 22 ddt se aplicó 10-30-10 (N-P-K) y 45 días después se fertilizó con Nutran (nitrato de amonio). Semanalmente se aplicaron fertilizantes foliares, ricos en Mg, B, Zn, S, Ca y N. A la floración se aplicó azufre foliarmente, en forma de sulfatos, para fortalecer el pedúnculo, eliminar la posible contaminación con bacterias y evitar la caída de las flores. Se regó diariamente (2 L/planta) entre los días 1-15 ddt.

Para el combate de enfermedades, en especial el hongo *Alternaria solani*, inicialmente se usaron fungicidas protectores, de contacto y sistémicos, según la necesidad. No fue necesario aplicar insecticidas contra gusanos del fruto ni gusano alfiler. Sin embargo, una vez inoculadas las plantas y hasta 60 ddt se aplicó endosulfán (Thiodan) o bifentrina (Talstar), alternados cada semana, para eliminar los adultos de *B. tabaci* que pudiera haber en el campo.

Tratamientos y diseño experimental. Hubo seis tratamientos: 2 (T2), 5 (T5), 10 (T10), 15 (T15), 20 (T20) y 30 (T30) adultos virulíferos por planta, que se compararon con un testigo absoluto (TA), sin vectores. Se empleó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. Cada unidad experimental midió 7,68 m² y consistió en 16 plantas. En todos los tratamientos, excepto el testigo, las plantas se inocularon con el ToYMoV tres días después del trasplante (ddt), utilizando adultos virulíferos.

Inoculación del ToYMoV. Las colonias de *B. tabaci*, biotipo C (Brown *et al.* 1995), se

mantuvieron en un invernadero, en plantas de tomate y tabaco. Para la adquisición del ToYMoV se tomaron adultos de edad y sexo desconocidos, y se colocaron por 24 h en microjaulas foliares plásticas (Serra 1996), adheridas al envés de hojas de plantas de tomate infectadas. Para inocular el virus, por 48 h se adhirió una microjaula por planta (con cada densidad de adultos) en el campo.

Variables de respuesta y análisis estadístico. Se registraron las siguientes variables: severidad del moteado amarillo del tomate, concentración del ToYMoV y rendimiento.

a. Severidad de la enfermedad. Se utilizaron tres criterios complementarios: síntomas visibles, altura de la planta, y biomasa.

Los *síntomas* se clasificaron en cinco categorías (Ioannou 1985): *Sin síntomas*, se refiere a que la planta no presentara ningún efecto observable, fisiológico o morfológico, debido al virus (Grado 0); *leves*, a síntomas mínimos en las hojas superiores (Grado 1); *moderados*, a síntomas persistentes en las hojas superiores (clorosis marginal e internerval), sin efecto aparente en el crecimiento de la planta (Grado 2); *fuertes*, a síntomas típicos de hoja rugosa amarilla, con reducción del crecimiento de la planta (Grado 3); y *muerte*, al cese de procesos fisiológicos y morfológicos en la planta (Grado 4). La severidad se evaluó en todas las plantas de cada unidad experimental, semanalmente.

La *altura* de la planta se midió semanalmente, desde la base hasta la yema apical, en cinco plantas por unidad experimental, elegidas al azar inicialmente.

La *biomasa* acumulada se determinó al terminar la cosecha, para lo cual se registraron los pesos fresco y seco total de la parte vegetativa (hoja, tallo y raíz), en cinco plantas por unidad experimental. Las muestras se secaron a 120°C, durante una semana.

b. Concentración del ToYMoV. Se realizaron ocho muestreos de tejido foliar (uno por semana) entre los 15 y los 64 ddt. En la primera fecha se

recolectaron muestras de todos los tratamientos, pero a partir del segundo muestreo solo se consideraron los tratamientos inoculados. Cada tratamiento se muestreó solo una vez y correspondió a la suma de cinco plantas (0,14 g de tejido foliar, en total). Para ello se presionó la tapa de un tubo Eppendorf de 1,5 ml sobre la hoja más alta completamente desplegada en la planta, para obtener un pequeño disco de hoja.

Las muestras se trasladaron al laboratorio del Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) de la Universidad de Costa Rica, donde se prepararon las membranas para determinar la concentración relativa de ADN viral. Esto se hizo mediante el método de hibridación de ácidos nucleicos (Ramírez y Rivera-Bustamante 1996), utilizando una sonda radioactiva, marcada con P³², específica para el ToMYoV.

Para asegurarse de que las plantas inoculadas estaban infectadas con el virus, se empleó un testigo (control negativo), el cual permitió comparar los tratamientos con una planta protegida, sin virus (sometida a prueba de hibridación). Para el análisis de la concentración relativa del ADN viral, los "dot-blot" se interpretaron mediante un programa especial de computadora (NIH Image/68 k 1.57, versión McIntosh), que permitió compararla con los testigos positivo y negativo.

c. Rendimiento. Su evaluación comenzó cuando el cultivo tenía tres meses de edad, y se hicieron dos recolecciones de frutos por semana. Estos se clasificaron mediante la siguiente escala (Kopper *et al.* 1991): mayores de 180 g, de al menos 7 cm de diámetro, sanos y con buena apariencia (*Clase I*); de 120-180 g, 5,5-7 cm de diámetro, sanos y con buena apariencia (*Clase II*); y menores de 120 g y 5,5 cm de diámetro, sin madurez definida (*Clase III*).

En cuanto al análisis estadístico, para la severidad de la virosis, la biomasa y el rendimiento se realizaron análisis de varianza y comparaciones de medias de tratamientos. La severidad y la densidad del vector se correlacionaron con la altura, peso fresco y seco, número de frutos y peso de los mismos, mediante análisis de regresión. El modelo

de regresión permitió estimar funciones polinomiales del tipo $Y = a + bx$ y $Y = a + bx + cx^2$; donde x fue la severidad del geminivirus en el tiempo y la densidad de adultos de *B. tabaci*. El modelo se asemeja a una ecuación del tipo punto crítico usada en epidemiología (Strange 1993). La severidad se consideró como una variable continua. En todos los casos, se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS Institute 1985).

RESULTADOS

Las plántulas se desarrollaron bien en los almácigos, sin mostrar síntomas de virosis, y en el campo su desarrollo fue normal. En el testigo, no inoculado, hubo retardo en la expresión de la virosis, en comparación con los tratamientos inoculados. En éstos, la incidencia del moteado amarillo del tomate fue de 100% a los 18 ddt (15 ddi), aunque en algunas plantas los síntomas eran leves, de mosaicos incipientes; para esa fecha, algunas plantas en el testigo mostraban síntomas leves.

La severidad de la enfermedad aumentó de manera progresiva en todos los tratamientos inoculados, hasta alcanzar el grado 3 (síntomas de hoja rugosa amarilla, con reducción del crecimiento de la planta). Esto sucedió en la 10ª semana después de la inoculación (sdi). En T15, T20 y T30, el grado tres se presentó en la 8ª sdi; en el testigo en la 13ª sdi. Entre 3 y 9 sdi los tratamientos inoculados difirieron entre sí ($P < 0,05$). Al calcular un promedio general para toda la temporada, se obtuvieron valores de 2,10-2,31, diferentes entre sí ($P < 0,05$) y con respecto al testigo (Cuadro 1); fue mayor en T15, T20 y T30, que no difirieron entre sí ($P > 0,05$).

La altura también aumentó en forma progresiva en todos los tratamientos, hasta alcanzar valores máximos promedio de 69,6-74,45 cm al final de la temporada (15 sdi). Sin embargo, aunque hubo diferencias entre los tratamientos, incluyendo al testigo, fueron erráticas, lo cual se reflejó en el promedio general para toda la temporada (Cuadro 1); los valores variaron entre 58,96

CUADRO 1. Promedios generales del índice de severidad y de altura durante la temporada del cultivo, según los tratamientos. CATIE, Turrialba. 1996.

Tratamiento	Severidad (Grados)	Altura (cm)
Testigo	1,76 e	61,33 a
T2	2,10 d	61,77 a
T5	2,18 c	61,82 a
T10	2,22 b	60,82 ab
T15	2,29 a	59,93 bc
T20	2,29 a	61,37 a
T30	2,31 a	58,96 c

Valores dentro de columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$), según la prueba de Duncan.

y 61,82 cm.

Los tratamientos difirieron en la producción de biomasa ($P < 0,05$), y hubo relación directa entre el peso fresco y el seco (Cuadro 2), con los menores valores para T10, T15, T20 y T30, los cuales no difirieron entre sí.

La concentración relativa de ADN viral fue de 123-164 unidades inicialmente (15 ddi), según los tratamientos, y después aumentó levemente o declinó, manteniendo valores de 100-165. A partir de los 43 ddi se estabilizó en todos los tratamientos, con valores cercanos a 100 unidades.

En cuanto al rendimiento, el número de frutos de clase I difirió entre los tratamientos inoculados

CUADRO 2. Promedios del peso fresco y seco (g/planta) de hojas, tallo y raíces, acumulados al final de la temporada del cultivo, según los tratamientos. CATIE, Turrialba. 1996.

Tratamiento	P. fresco	P. seco
Testigo	417,50 a	63,05 a
T2	327,00 b	49,45 b
T5	297,50 c	45,10 c
T10	262,25 d	41,90 d
T15	242,75 e	40,80 d
T20	244,50 e	40,30 d
T30	229,25 e	38,80 d

Valores dentro de columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$), según la prueba de Duncan.

y el testigo ($P < 0,05$); los tratamientos inoculados no difirieron entre sí para las clases I y III, pero sí ($P < 0,05$) para la clase II (Cuadro 3). En el total, T2 y T5 fueron los mejores, junto con el testigo, y fueron significativamente diferentes de T30. En relación con el peso de los frutos, la clase I fue la más abundante y predominó en todos los tratamientos; la III casi siempre superó a la II (Cuadro 4). Además, el peso varió mucho ($P < 0,05$) entre tratamientos, para las clases I y II y el total. Para el total, destacaron T2 y el testigo, que contrastaron claramente con T30.

El rendimiento, así como los pesos fresco y seco mostraron una relación lineal, inversa y fuerte

($P < 0,01$) con el promedio de la severidad durante el ciclo del cultivo, mientras que la relación de la densidad del vector con dichas variables fue de tipo cuadrático, también inversa y fuerte (Cuadro 5, Fig. 1).

Al predecir las pérdidas mediante las ecuaciones de regresión, según la severidad de la enfermedad, los pesos fresco y seco del testigo y T2 difirieron en 27 y 23%, mientras que los de T2 y T30 lo hicieron en 17 y 15%, respectivamente (Cuadro 6). La producción y el ingreso bruto del testigo y T2 difirieron en 6 t/ha y US\$3000/ha, mientras que los de T2 y T30 lo hicieron en 3 t/ha y US\$5000/ha (Cuadro 7).

CUADRO 3. Número promedio de frutos de tomate por planta, según las clases comerciales. CATIE, Turrialba. 1996.

Tratamiento	Clases			Total
	I	II	III	
Testigo	3,98 a	2,50 bcd	4,28 a	10,77 a
T2	2,95 b	3,38 a	4,32 a	10,66 a
T5	2,62 b	3,09 ab	4,44 a	10,16 a
T10	1,98 b	2,84 abc	4,31 a	9,14 ab
T15	2,39 b	2,61 bcd	4,61 a	9,61 ab
T20	2,55 b	2,20 cd	4,90 a	9,64 ab
T30	2,05 b	2,06 d	3,78 a	7,89 b

Valores dentro de columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$), según la prueba de Duncan.

CUADRO 4. Rendimiento promedio (kg/planta) de frutos de tomate, según sus clases, por tratamiento. CATIE, Turrialba. 1996.

Tratamiento	Clases			Total
	I	II	III	
T	0,73 a	0,33 b	0,36 a	1,43 a
T2	0,52 b	0,42 a	0,38 a	1,34 ab
T5	0,44 bc	0,36 ab	0,38 a	1,18 bc
T10	0,35 c	0,35 ab	0,36 a	1,07 cd
T15	0,45 bc	0,30 bc	0,34 a	1,10 cd
T20	0,43 bc	0,25 c	0,40 a	1,08 cd
T30	0,37 bc	0,25 c	0,33 a	0,96 d

Valores dentro de columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$), según la prueba de Duncan.

CUADRO 5. Ecuaciones de regresión para tres variables dependientes de la severidad promedio de la enfermedad y de la densidad de *B. tabaci*. CATIE, Turrialba. 1996.

Variables dependientes	Ecuación	R ²	Modelo
SEVERIDAD			
Peso fresco	Y= 1018,00 - 43,30X	0,97	Lineal
Peso seco	Y= 139,00 - 43,30X	0,99	Lineal
Rendimiento	Y= 2,83 - 0,77X	0,82	Lineal
DENSIDAD DEL VECTOR			
Peso fresco	Y= 380,86 - 14,295X + 0,318X ²	0,88	Cuadrático
Peso seco	Y= 56,97 - 1,810X + 0,042X ²	0,80	Cuadrático
Rendimiento	Y= 1,39 - 0,030X + 0,0005X ²	0,88	Cuadrático

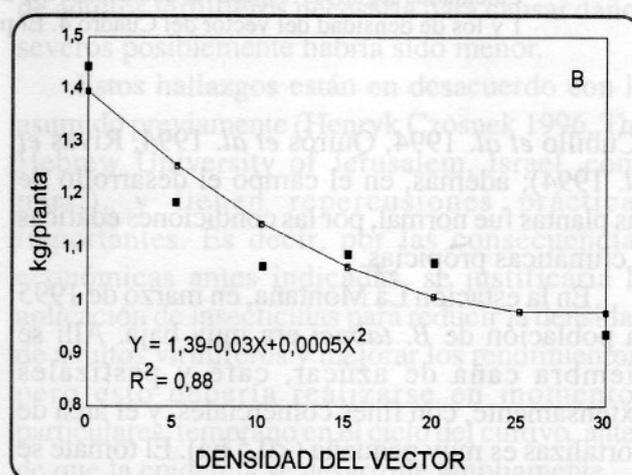
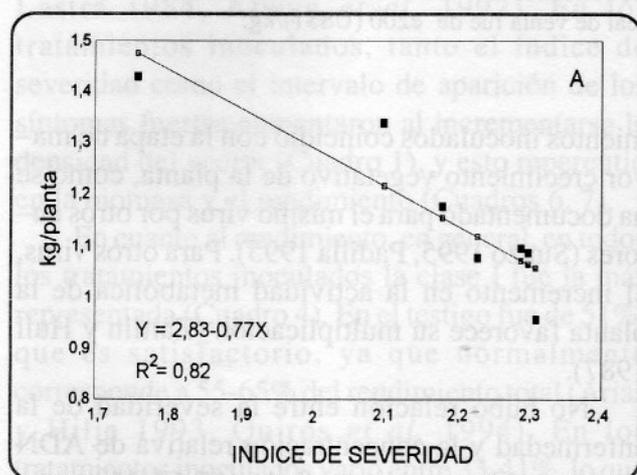


Fig. 1. Relación entre severidad promedio del moteado amarillo del tomate, (A) la densidad de *B. tabaci* (B), y el rendimiento total promedio del cultivo. CATIE, Turrialba. 1996.

Cuando se consideró la densidad del vector, los pesos fresco y seco del testigo y T2 difirieron en 6% y 7%, y en 23% y 31% entre T2 y T30, respectivamente (Cuadro 6). La producción y el ingreso bruto del testigo y T2 difirieron en 1 t/ha y US\$1000/ha, mientras que los de T2 y T30 lo hicieron en 7 t/ha y US\$7000/ha (Cuadro 7).

DISCUSION

Las plántulas llevadas al campo tuvieron buenas características agronómicas, favorecidas por el fertilizante de liberación lenta y el microclima creado por la malla fina, lo cual coincide con los resultados de otros autores

CUADRO 6. Pérdidas estimadas (%) en los pesos fresco (PF) y seco (PS) totales, según el grado de severidad de la enfermedad y la densidad de *B. tabaci*, para los diferentes tratamientos. CATIE, Turrialba. 1996.

Tratamiento	Severidad		Densidad vector	
	PF	PS	PF	PS
Testigo	0	0	0	0
T2	27	23	6	7
T5	33	29	14	17
T10	37	32	24	29
T15	42	36	31	38
T20	43	37	34	42
T30	44	38	29	38

Calculadas según las respectivas ecuaciones del Cuadro 5, utilizando los valores de severidad del Cuadro 1.

CUADRO 7. Estimados del rendimiento (kg/planta), producción (t/ha) e ingreso bruto (US\$), para cada tratamiento, según las ecuaciones obtenidas para el grado de severidad y la densidad del vector. CATIE, Turrialba. 1996.

Tratamiento	Severidad			Densidad vector		
	Rend.	Prod.	Ingreso Bruto	Rend.	Prod.	Ingreso Bruto
Testigo	1,48	31	30.000	1,39	29	29.000
T2	1,22	25	27.000	1,33	28	28.000
T5	1,16	24	25.000	1,25	26	26.000
T10	1,12	23	24.000	1,15	24	24.000
T15	1,08	22	22.000	1,08	23	23.000
T20	1,07	22	22.000	1,03	22	22.000
T30	1,06	22	22.000	1,01	21	21.000

Calculados según las respectivas ecuaciones del Cuadro 5, utilizando los valores de severidad del Cuadro 1 y los de densidad del vector del Cuadro 4. El precio real de venta fue de ¢200 (US\$1)/kg.

(Cubillo *et al.* 1994, Quirós *et al.* 1994, Rivas *et al.* 1994); además, en el campo el desarrollo de las plantas fue normal, por las condiciones edáficas y climáticas propicias.

En la estación La Montaña, en marzo de 1995 la población de *B. tabaci* era muy baja. Allí se siembra caña de azúcar, café y pastizales extensamente, con fines comerciales, y el área de hortalizas es muy pequeña (<0,5 ha). El tomate se siembra de manera esporádica, en parcelas menores de 500 m². El biotipo C de *B. tabaci*, presente en la zona, no se reproduce en la planta de tomate (Brown *et al.* 1995). En un experimento concluido pocas semanas antes de esta investigación, la densidad de adultos de *B. tabaci* fue de 0,65 por planta (Hilje, obs. pers.). Esto sugiere que el testigo fue inoculado, principalmente, por adultos de *B. tabaci* virulíferos durante la inoculación de los demás tratamientos, presentes en el campo.

La menor presión de inóculo en el testigo se reflejó en la menor severidad de la enfermedad. Dicha presión se explica porque el ToYMoV quizás se diseminó en forma aleatoria y no en todas las plantas simultáneamente, debido a los pocos adultos que escaparon de las jaulas o llegaron del campo. La severidad se expresó tardíamente, en comparación con los tratamientos inoculados. El aumento en los grados de severidad en los trata-

mientos inoculados coincidió con la etapa de mayor crecimiento vegetativo de la planta, como se ha documentado para el mismo virus por otros autores (Suazo 1995, Padilla 1995). Para otros virus, el incremento en la actividad metabólica de la planta favorece su multiplicación (Zaitlin y Hull 1987).

No hubo relación entre la severidad de la enfermedad y la concentración relativa de ADN viral, en el intervalo estudiado (15-64 ddi), pues la primera aumentó en forma progresiva en todos los tratamientos, según el desarrollo de la planta, mientras que la segunda varió muy poco entre ellos. Es posible que dicho intervalo represente una etapa tardía para hallar diferencias en la señal de detección del virus, como también lo observaron Suazo (1995) y Padilla (1995).

La altura fue de 20,3 cm al trasplante, en promedio, y varió poco, en forma errática, entre los tratamientos. Ello coincide con los datos de los autores antes mencionados, y quizás se explique por la buena nutrición aportada a las plantas. En cambio, en general, la biomasa de las plantas fue menor a los mayores índices de severidad y de densidad del vector (Cuadros 2, 5, 6), posiblemente porque en las plantas infectadas disminuye la fotosíntesis neta, y en sus hojas se reducen los niveles de clorofila, proteínas solubles y nitrógeno,

como se demostró para un geminivirus que causa el mosaico amarillo del tomate en Venezuela (Leal y Lastra 1984).

El testigo presentó el menor índice de severidad (Cuadro 1), quizás debido a que la inoculación no fue provocada experimentalmente y a que ocurrió en forma tardía y aleatoria, aunque las plantas enfermas mostraron síntomas fuertes al final de la temporada del cultivo. Es posible que en los tratamientos inoculados, la inoculación y multiplicación temprana del virus afectaran de manera irreversible el metabolismo de la planta, pues los geminivirus pueden afectar seriamente la mayoría de los procesos vitales de ésta (Leal y Lastra 1984, Alwyn *et al.* 1992). En los tratamientos inoculados, tanto el índice de severidad como el intervalo de aparición de los síntomas fuertes aumentaron al incrementarse la densidad del vector (Cuadro 1), y esto repercutió en la biomasa y el rendimiento (Cuadros 6, 7).

En cuanto al rendimiento, en general, en todos los tratamientos inoculados la clase I fue la más representada (Cuadro 4). En el testigo fue de 51%, que es satisfactorio, ya que normalmente corresponde a 55-65% del rendimiento total (Arias y Hilje 1993, Quirós *et al.* 1994). En los tratamientos inoculados varió entre 33-41%, lo que representaría pérdidas para los agricultores. Los mayores rendimientos totales se obtuvieron en el testigo y T2 (equivalentes a 30 y 28 t/ha, respectivamente), los cuales se ubican dentro del promedio nacional, de 25-35 t/ha (Gustavo Calvo 1996, CATIE, com. pers.). Su producción e ingreso bruto difirieron en apenas 1 t/ha y US\$1000/ha, respectivamente, pero entre T2 y T30 las diferencias fueron cuantiosas, de 7 t/ha y US\$7000/ha (Cuadro 7).

La relación del rendimiento total fue lineal con la severidad y cuadrática con la densidad del vector. En el primer caso (Fig. 1A), el límite superior se explica porque el índice de severidad se basó en una escala con un valor máximo preestablecido (grado 4), mientras que en el segundo caso (Fig. 1B) no lo había, excepto experimentalmente. Sin embargo, el rendimiento

se estabilizó a partir de 25 adultos por planta, lo que indica que la densidad de adultos virulíferos afecta la producción, pero solo hasta cierto punto, que podría ubicarse entre 21 y 25 en este experimento y para la var. Dina Guayabo.

Este valor específico posiblemente obedeció a que la inoculación con el ToYMoV se efectuó a los 42 dds, en la segunda etapa del período crítico (Franke *et al.* 1983, Acuña 1993, Schuster *et al.* 1996), cuando la planta se había desarrollado suficiente como para aportar un rendimiento mínimo de 1 kg/planta (Cuadro 4), a pesar de la infección viral. Es decir, si la inoculación se hubiera realizado varias semanas antes, la densidad de adultos virulíferos necesaria para causar daños severos posiblemente habría sido menor.

Estos hallazgos están en desacuerdo con lo asumido previamente (Henryk Czosnek 1996, The Hebrew University of Jerusalem, Israel, com. pers.), y tienen repercusiones prácticas importantes. Es decir, por las consecuencias económicas antes indicadas, se justificaría la aplicación de insecticidas para reducir la densidad de adultos virulíferos y mejorar los rendimientos, pero esto debería realizarse en momentos particulares, temprano en el ciclo del cultivo, antes de que la epidemia se desarrolle ampliamente.

Además, en Costa Rica, donde ha predominado históricamente la siembra directa, lo cual expone a las plántulas al vector desde edades tempranas, esta información permite fundamentar aún más la utilización de almácigos protegidos con malla fina durante la primera etapa del período crítico del cultivo (Cubillo *et al.* 1994, 1999b, Quirós *et al.* 1994, Rivas *et al.* 1994).

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al CATIE (Unidad de Fitoprotección), el financiamiento de la investigación. A Dr. Pedro Oñoro, su apoyo en el análisis estadístico. A la M.Sc. Ana Cecilia Tapia (SURA), sus valiosas sugerencias.

LITERATURA CITADA

- ACUÑA, W. 1993. Efecto de la infección de un geminivirus sobre el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) a geminivirus. Tesis Lic. Agr. Sede Universitaria Regional del Atlántico, Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 73 p.
- ALWYN, G.C.; LINDBECK, D.; DENNIS, J. 1992. Mutant coat protein of tobacco mosaic virus induces acute chlorosis in expanded and developing tobacco leaves. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 5(3):235-241.
- ARIAS, R.; HILJE, L. 1993. Uso del frijol como cultivo trampa y de un aceite agrícola para disminuir la incidencia de virosis transmitida por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el tomate. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 27:27-35.
- BROWN, J.K.; BEDFORD, I.D.; BIRD, J.; COSTA, H.S.; FROHLICH, D.R.; MARKHAM, P.G. 1995. Characterization and distribution of esterase electromorphs in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae). *Biochemical Genetics* 33:205-213.
- CUBILLO, D.; CHACON, A.; HILJE, L. 1994. Producción de plántulas de tomate sin geminivirus transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 34:23-27.
- CUBILLO, D.; SANABRIA, G.; HILJE, L. 1999a. Evaluación de coberturas vivas al suelo para el manejo de *Bemisia tabaci* como vector de geminivirus. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. (En edición).
- CUBILLO, D.; SANABRIA, G.; HILJE, L. 1999b. Evaluación de recipientes y mallas para producir plántulas de tomate sin geminivirus transmitidos por *Bemisia tabaci*. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. (En edición).
- FRANKE, G.; VAN BALEN, L.; DEBROT, E. 1983. Efecto de la época de infección por el mosaico amarillo sobre el rendimiento del tomate. *Revista de la Facultad de Agronomía (Venez.)* 6(2): 741-743.
- IOANNOU, N. 1985. Yield losses and resistance of tomato to strains of tomato yellow leaf curl and tobacco mosaic viruses. Agricultural Research Institute, Cyprus. Technical Bulletin No. 66. 11 p.
- JIMENEZ, F. 1994. Resumen acumulado de datos agroclimáticos. CATIE. Turrialba, Costa Rica. s.p. (Mimeografiado).
- KOPPER, N.; MENESES, R.; JIMENEZ, J.M.; QUESADA, S. 1991. Evaluación de líneas de tomate de mesa resistentes a *Pseudomonas solanacearum* en la época seca en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 19:1-4.
- LEAL, N.; LASTRA, R. 1984. Altered metabolism of tomato plants infected tomato yellow mosaic virus. *Physiological Plant Pathology* 24:1-7.
- MIRANDA, G.R.; PANIAGUA, J. 1994. Horticultura orgánica: una guía basada en la experiencia en Laguna de Alfaro Ruiz. San José, Costa Rica. 76 p.
- PADILLA, M.R. 1995. Reducción de la severidad del mosaico amarillo del tomate mediante fertilización al suelo. Tesis Mag. Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 88 p.
- POLSTON, J.E.; ANDERSON, P.K. 1997. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. *Plant Disease* 81(12):1358-1369.
- QUIROS, C.A.; RAMIREZ, O.; HILJE, L. 1994. Participación de los agricultores en adaptar y evaluar tecnologías de semilleros contra la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), en tomate. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 34:1-7.
- RAMIREZ, P.; RIVERA-BUSTAMANTE, R. 1996. Identificación de geminivirus. In *Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus*. L. Hilje (ed.). Serie Materiales de Enseñanza No. 37. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 30-41.
- RIVAS, G.G.; LASTRA, R.; HILJE, L. 1994. Retardo de la virosis transmitida por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate, mediante semilleros cubiertos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 31:12-16.
- SAS INSTITUTE INC. 1985. SAS user guide: Statistics, Version 5 ed. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. 956 p.
- SCHUSTER, D.J.; STANSLY, P.A.; POLSTON, J.E. 1996. Expressions of plant damage of *Bemisia*. In *Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage control and management*. D. Gerling, R.T. Mayer (eds.). Andover, Hants, UK. p. 153-165.
- SERRA, C. 1996. Biología de moscas blancas In *Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus*. L. Hilje (ed.). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza No. 37. p. 11-21.
- STRANGE, R.N. 1993. Plant disease control. Towards environmentally acceptable methods. New York, Chapman Hall. 374 p.
- SUAZO, P.E. 1995. Efecto de podas y fertilización foliar sobre la severidad del mosaico amarillo del tomate. Tesis Mag. Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 84 p.
- TOSI, J. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical.
- ZAITLIN, M.; HULL, R. 1987. Plant virus-host interactions. *Annual Review of Plant Physiology* 38:291-331.

EFEITO DE *Beauveria bassiana* SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE *Sitophilus zeamais*

Alcides Moino Junior*
Sérgio Batista Alves*

RESUMEN

EFEITO DE *Beauveria bassiana* SOBRE EL DESARROLLO DE *Sitophilus zeamais*. La mayor parte de las evaluaciones del efecto de agentes de control biológico para el combate de insectos plagas en granos almacenados consideran únicamente la mortalidad de adultos. En este estudio se evaluaron dos aislamientos de *Beauveria bassiana* en el desarrollo del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*. Se evaluaron parámetros biológicos como peso de los adultos emergidos, duración del ciclo de vida y número de adultos que emergieron a los 40, 50 y 60 días después de la infestación del arroz. La cantidad de adultos que emergieron en el tratamiento en el cual el arroz fue inoculado con hongos antes de la infestación fue 60% menor que el testigo y que los tratamientos donde la inoculación se realizó después de la infestación. Este resultado indica que el hongo entomopatógeno puede ser un agente de control biológico eficaz si se utiliza de manera preventiva, aplicándolo al grano, antes de la infestación del gorgojo. La duración del ciclo de vida y el peso de los adultos fue poco afectado por la inoculación de los hongos, probablemente debido al proceso de selección de insectos más vigorosos que sobrevivieron a la acción de los entomopatógenos.

Palabras claves: *Sitophilus zeamais*, *Beuveria bassiana*, Control biológico, Granos almacenados.

ABSTRACT

EFFECT OF *Beauveria bassiana* ON THE DEVELOPMENT OF *Sitophilus zeamais*. Most studies evaluate effects of biological control agents for stored grain insect pests only in terms of adult mortality. In this study we evaluated effects of two isolates of *Beauveria bassiana* on development of the maize weevil *Sitophilus zeamais*. Biological parameters observed were mean weight of emerged adults, mean length of life cycle and number of emerged adults at 40, 50 and 60 days after infestation of rice. Number of emerged adults in the treatments where rice was inoculated with fungus before infestation was 60% less than the control and treatments where inoculation occurred after infestation. This result indicates that the entomopathogenic fungus can be an effective microbial control agent only if used in a preventative manner, treating grains before infestation by weevils. The length of life cycle and weight of emerged adults were less affected by fungi inoculation, probable due to a selection process of more vigorous insects, that survived from the action of the entomopathogens.

Key words: *Sitophilus zeamais*, *Beuveria bassiana*, Biological control, Stored grains.

INTRODUÇÃO

Os gorgulhos (Coleoptera, Curculionidae) constituem-se em sério problema no armazenamento de grãos. O uso contínuo de produtos químicos tem levado ao aparecimento de casos de resistência, ressurgência e intoxicações (Pacheco *et al.* 1990, Sartori *et al.* 1990).

O controle biológico por meio da utilização de fungos entomopatogênicos vem sendo abordado como uma alternativa viável para o controle dessas pragas, isoladamente ou de forma integrada com outros métodos de controle, como o químico, uso de feromônios, variedades

resistentes, etc. (Hluhy & Samsinakova 1989, Rodrigues & Pratisoli 1990, Lourenção *et al.* 1993).

Trabalhos como os de Adane *et al.* (1996) e Moino Jr. & Alves (1997) contribuem para o entendimento das possibilidades e limitações do emprego de fungos entomopatogênicos, como é o caso de *Beuveria bassiana*, para o controle de coleópteros que constituem pragas de grãos armazenados. Por outro lado, faltam estudos que avaliem o efeito desses entomopatógenos sobre os parâmetros de desenvolvimento do inseto. As pesquisas que vêm sendo conduzidas resumem-se na observação do efeito do fungo na mortalidade de adultos, e na seleção de isolados mais eficientes, que possibilitem o desenvolvimento de estratégias de controle microbiano dessas pragas.

Recibido: 31/07/97. Aprobado: 4/12/98.

* Depto. de Entomologia (ESALQ/USP). Caixa Postal 9, 13418-900. Piracicaba - SP - Brasil.

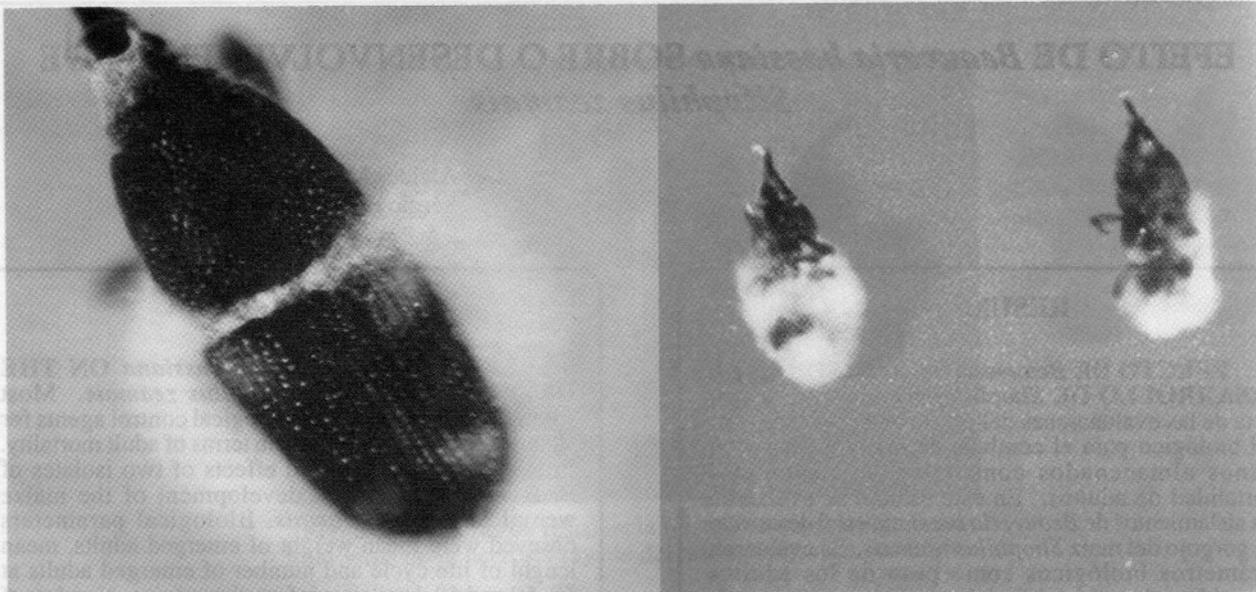


Fig. 1. Conidiogênese de *Beauveria bassiana* (isolado 643) em adultos de *Sitophilus zeamais*.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de dois isolados de *Beauveria bassiana* sobre o desenvolvimento de *Sitophilus zeamais*, por meio da observação dos parâmetros biológicos de insetos inoculados com o entomopatôgeno.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Patologia de Insetos, do Departamento de Entomologia (ESALQ/USP), em Piracicaba, São Paulo, Brasil, em sala com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, Umidade Relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

Foram utilizadas caixas plásticas circulares de polietileno contendo 20 g de arroz beneficiado, o qual foi posteriormente infestado com 20 adultos não sexados de *S. zeamais*, retirados 10 dias após a infestação. Realizou-se a inoculação de 2 isolados (604 e 643) de *B. bassiana*, na concentração de 0,1 g (aproximadamente 10^{11} conídios)/100 g de grãos, previamente ou após a infestação, configurando os seguintes tratamentos: Testemunha - sem inoculação do fungo; 604 - inoculação após a infestação; 643 - inoculação após a infestação; 604 - inoculação anterior à

infestação (pré); 643- inoculação anterior à infestação (pré).

Cada tratamento foi elaborado com 10 repetições, e os parâmetros observados foram o peso médio dos adultos emergidos, a duração média do ciclo (ovo-adulto), e o número de adultos emergidos aos 40, 50 e 60 dias após a infestação, além da mortalidade de adultos infestantes, 10 dias após a infestação, quando da retirada dos mesmos. A primeira avaliação na progênie foi efetuada aos 30 dias após a infestação, avaliando-se diariamente o experimento durante o período de um mês, contando-se e pesando-se os adultos emergidos. Os adultos mortos foram lavados em álcool etílico 93 GL e água destilada, e mantidos individualizados, em câmara úmida constituída por placas plásticas de polietileno, acondicionadas em recipiente hermético com filme de espuma umedecida ao fundo, para confirmação da mortalidade pelo fungo, por meio da conidiogênese nos cadáveres (Fig. 1). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância com teste de Tukey para a comparação entre as médias, sendo os valores de número de insetos emergidos transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

Tabela 1. Porcentagens médias de mortalidade de adultos de *S. zeamais* mantidos em arroz beneficiado inoculado com *B. bassiana*, 10 dias após a infestação (Temperatura=25±1°C; Umidade Relativa=70±10%; Fotofase=12 horas).

Tratamentos	Mortalidade (%)
Testemunha	0 a
604 (pré)	80,0 ± 2,11 b
643 (pré)	75,0 ± 3,39 b
CV(*)	18,62%

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

(*) Coeficiente de Variação (%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à mortalidade dos adultos de *S. zeamais*, devido à ação de *B. bassiana*, os dados (Tabela 1) concordam com os valores obtidos por Moino Jr. & Alves (1997). Esses dados variaram de 78 a 85% de mortalidade, 10 dias após a infestação, utilizando-se a mesma concentração (0,1 g de conídios/100 g de grãos).

Os resultados obtidos com relação aos parâmetros biológicos de *S. zeamais* na presença ou não de *B. bassiana* indicaram pouca variação entre os dois isolados utilizados, nos três parâmetros avaliados (Tabela 2). Com relação ao peso dos adultos emergidos e à duração do ciclo, ocorreu pequena diferença entre os tratamentos,

talvez devido a um processo de seleção, no qual os adultos que sobreviveram à ação do patógeno (20 a 25% do total), sendo mais vigorosos, deram origem à insetos também mais vigorosos, portanto com maior peso, e com melhor capacidade de desenvolvimento, resultando em ciclos menores, quando comparados à testemunha. Porém, Ramalho (1975), avaliando a resistência de diferentes genótipos de milho à *S. zeamais*, ressaltou que o parâmetro peso parece ser importante apenas na indicação de possíveis diferenças nutricionais entre os tratamentos, o que não é o caso do presente estudo.

Com relação ao número de adultos emergidos aos 40, 50 e 60 dias, no grupo formado pelos tratamentos onde foi feita a inoculação anterior à infestação (604 e 643 pré), houve uma diminuição do número de insetos emergidos de aproximadamente 60% em relação à testemunha, talvez devido à mortalidade dos adultos que infestaram os grãos, sendo que esta ocorre a partir do 4º dia após a inoculação do fungo (Moino Jr. & Alves 1997), ou também à um efeito de redução da atividade de postura dos insetos remanescentes, descartando-se a inviabilização dos ovos e mortalidade de formas imaturas (larvas, pupas), pelos resultados obtidos nos tratamentos em que a inoculação foi posterior à infestação (Fig. 2). Assim, o fungo entomopatogênico *B. bassiana*

Tabela 2. Parâmetros biológicos de *S. zeamais* criado em arroz beneficiado inoculado com *B. bassiana* (Temperatura=25±1°C; Umidade Relativa=70±10%; Fotofase=12 horas).

Tratamentos	Peso (mg)	Número de adultos emergidos *			Duração do ciclo (dias)
		40 dias	50 dias	60 dias	
Testemunha	1,34±0,02a	2,80±0,24a	6,49±0,46a	7,68±0,52a	41,92±0,45a
604	1,39±0,01ab	3,02±0,14a	6,85±0,19a	8,07±0,21a	41,98±0,26a
643	1,44±0,02b	3,02±0,25a	6,78±0,26a	7,78±0,27a	41,57±0,48 ab
604 (pré)	1,45±0,03b	1,83±0,19b	3,66±0,33b	4,11±0,34b	39,56±0,84 b
643 (pré)	1,44±0,03ab	1,74±0,25b	3,67±0,26b	3,93±0,29b	41,03±0,34 b
CV**	5,56%	28,16%	18,11%	17,17%	3,95%

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

(*) Dados transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

(**) Coeficiente de Variação (%).

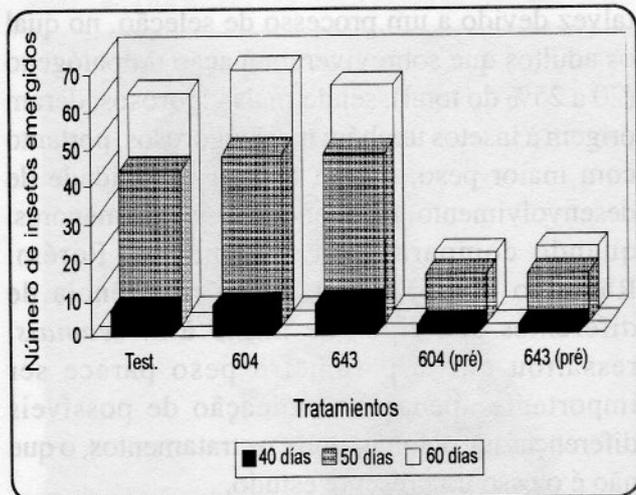


Fig. 2. Número de adultos de *S. zeamais* emergidos aos 40, 50 e 60 dias submetidos ou não ao tratamento com *Beauveria bassiana*.

pode ser considerado como eficiente agente de controle microbiano somente quando usado de forma preventiva, tratando-se os grãos antes da ocorrência da infestação.

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Dr. José Djair Vendramim, do Departamento de Entomologia (ESALQ/USP), pelas sugestões na condução deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADANE, K.; MOORE, D.; ARCHER, S.A. 1996. Preliminary studies on the use of *Beauveria bassiana* to control *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in the laboratory. *J. stored Prod. Res.* 32(2):105-13.

HLUCHY, M.; SAMSINAKOVA, A. 1989. Comparative study on the susceptibility of adult *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and larval *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae) to the entomogenous fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *J. stored Prod. Res.* 25(2):61-4.

LOURENÇÃO, A.L.; KOMATSU, S.; ALVES, S.B. 1993. Aplicação de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e pirimifós-metil em milho para controle de *Sitophilus zeamais*. *Ecosistema* 18:69-74.

MOINO JR., A.; ALVES, S.B. 1997. Determinação de concentrações de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para o controle de insetos-pragas de grãos armazenados. *An. Soc. Entomol. Brasil* 26(1): 15-20.

PACHECO, I.A.; SARTORI, M.R.; TAYLOR, R.W.D. 1990. Levantamento de resistência de insetos-pragas de grãos armazenados à fosfina, no Estado de São Paulo. *Coletânea do Itai* 20(2):144-54.

RAMALHO, F.S. 1975. Resistência de raças, híbridos e variedades de milho em palha e debulhado ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motsch, 1855. Piracicaba, 122 p. (Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

RODRIGUES, C.; PRATISSOLI, D. 1990. Patogenicidade de *Beauveria brongniarti* (Sacc.) Petch. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e seu efeito sobre o gorgulho do milho e caruncho do feijão. *An. Soc. Entomol. Brasil* 19(2):301-6.

SARTORI, M.R.; PACHECO, I.A.; IADEROSA, I.A.; TAYLOR, R.W.D. 1990. Ocorrência e especificidade de resistência ao inseticida malation em insetos-pragas de grãos armazenados no Estado de São Paulo. *Coletânea do Itai. Campinas* 20(2): 194-209.

UNA TRAMPA CON FEROMONA PARA EL CONTROL DE *Rhynchophorus palmarum* EN PALMA AFRICANA

José Inácio L. Moura*
Evaldo F. Vilela**
Joana M. S. Ferreira***

RESUMEN

Para el monitoreo y control de *Rhynchophorus palmarum*, agente transmisor del anillo rojo de la palma africana, se han utilizado con éxito trampas. Las trampas usualmente utilizadas son elaboradas con baldes con capacidad de 50 L, con aberturas en las tapas para la captura de los insectos, los cuales son atraídos con formulaciones comerciales de feromonas y con caña de azúcar, ambos colocados dentro del balde. Estas trampas son costosas y fácilmente removidas fuera de las plantaciones por curiosos. Por tanto, en este experimento se evaluó un nuevo tipo de trampas, confeccionada con trozos de caña de azúcar, impregnados con insecticida de contacto para retener los insectos; además de la adición de una formulación comercial de feromonas. La trampa tradicional de balde fue más eficiente; sin embargo, la nueva trampa es más práctica, menos costosa y más útil, principalmente para pequeñas plantaciones de palma africana.

Palabras claves: *Rhynchophorus palmarum*, Trampas, Palma africana, Anillo rojo de la palma africana, *Bursaphelenchus cocophilus*.

ABSTRACT

A PHEROMONE TRAP FOR THE CONTROL OF *Rhynchophorus palmarum*(L.) IN PALM OIL PLANTATIONS. Monitoring and mass control of *Rhynchophorus palmarum*, a vector of the oil palm red-ring disease, can be done successfully using 50 L plastic basket with openings on the lid, and containing aggregation pheromone lures plus pieces of sugar cane as attracts to the insects. Nevertheless, these traps are expensive and can easily be removed from the field, which has lead us to develop an efficient and less expensive trap. The novel trap consists of tied pieces of sugar cane sprayed with contact insecticide plus the aggregation pheromone lures. Despite the fact that these traps collect less insects, they are very reliable for small oil palm plantations and can be very useful for a sustainable pest management strategy for *R. palmarum*.

Key words: *Rhynchophorus palmarum*, Traps, Palm oil, Oil palm red ring diseases, *Bursaphelenchus cocophilus*.

INTRODUCCION

El anillo rojo, enfermedad letal de la palma africana, coco y otras palmas, es causada por el nemátodo *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb.) Goodey, cuyo principal vector es *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Este picudo transporta el nemátodo en su cuerpo, externa e internamente (Dean 1979; Ferire 1988; Griffith 1968; Hagley 1963b), siendo un hospedante intermediario (Griffith 1968). *R. palmarum* es atraído por el olor emanado por las

heridas de las palmas hospedantes y puede inocular el nemátodo por simple contacto o por la perforación que realiza para la postura. Las larvas penetran en la palma y se alimentan de los tejidos meristemáticos hasta convertirse en pupas. El área de las axilas de las hojas más nuevas es la preferida por este insecto para la postura, por tanto, es por ésta donde el nemátodo penetra con mayor frecuencia.

El control de la enfermedad se basa en el combate del vector *R. palmarum*. Hagley (1963) señala que un programa sistemático de control de *R. palmarum* puede reducir hasta en 30% las pérdidas producidas por el anillo rojo. Un porcentaje similar de reducción fue informado por Fenwick (1976b) con aplicaciones mensuales de insecticidas.

Recibido:16/02/98. Aprobado: 4/12/98.

*Estación Experimental Lemos Maia/CEPLAC/CEPET, Una, BA, Brasil.

**Universidad Federal de Viçosa, 36571-000 - Viçosa, MG, Brasil.

***Embrapa/CPATC, 49025-040 Aracaju, SE, Brasil.

La identificación y síntesis de feromona de agregación de este curculiónido, el 2(E)-6-metil-2-hepten-4-ol (Rochat *et al.* 1991), ha permitido su empleo como atrayente en trampas para la captura de insectos adultos. Por tanto, ésta constituye una nueva e importante herramienta para el control integrado de la plaga (Moura *et al.* 1997) en muchos países del mundo, incluyendo Brasil (Tiglia 1995).

El tipo de trampa más utilizado es la trampa tipo balde; éstas trampas a pesar de ser eficaces, son caras y fáciles de remover fuera de las plantaciones. Por tanto el objetivo de este trabajo fue evaluar un nuevo tipo de trampa con fines más prácticos.

MATERIALES Y METODOS

La investigación fue realizada en una plantación de 28 ha de palma africana, atacada severamente por el anillo rojo, en la Estación Experimental Lemos Maia/CEPLAC, Una, Bahía, Brasil.

La trampa evaluada es construida con 15 manojos de trozos de caña de azúcar de aproximadamente 40 cm, previamente machacados para acelerar el proceso de fermentación. Los trozos de caña de azúcar fueron amarrados y colgados del tronco de la palma africana (Fig. 1) a una altura aproximada de 2,5 m. En esta se colocó la feromona de agregación 2(E)-6-metil-2-hepten-4-ol, en

dispositivo liberador, formulada por Fuji Flavor de Japón.



Fig. 1. Trampa tipo manojo.



Fig. 2. Trampa tipo balde.

La trampa comúnmente utilizada es la tipo balde, la cual es construida con un balde con capacidad de 50 L, con aberturas en las tapas para la captura de los insectos atraídos por la misma feromona utilizada en la otra trampa y por los compuestos volátiles de los trozos de caña de azúcar, colocados en el interior de la trampa (Fig. 2) (Moura *et al.* 1989; Oehlschlager *et al.* 1992; Moura 1997).

Experimento 1. Se comparó la captura de insectos de ambas trampas. Se evaluó la trampa tipo manojo, con los siguientes tratamientos: (TA) con aplicación de insecticida de contacto (Furadan CE 0,2%) sobre los trozos de caña de azúcar para evitar la fuga de los insectos y con recolecta semanal; (TB) sin aplicación de insecticida sobre los trozos de caña de azúcar y recolecta diaria de los insectos atraídos; (TC) sin aplicación de insecticida sobre los trozos de caña de azúcar y recolecta semanal de insectos. Los trozos de caña de azúcar fueron cambiados cada siete días en todas las trampas, en cada ocasión las trampas se cambiaron de lugar dentro de la plantación.

Experimento 2. Se compararon los siguientes tratamientos: (TA) trampas tipo balde con feromonas y aplicación de insecticida de contacto

(Furadan CE 0,2%) sobre los trozos de caña de azúcar en el interior del balde; (TB) trampas tipo balde con feromonas pero sin insecticidas; (TC) trampa tipo manojó con insecticida sobre los trozos de caña de azúcar, y (TD) trampa tipo manojó sin aplicación de insecticida sobre los trozos de caña de azúcar.

En ambos experimentos las trampas se colocaron a una distancia de aproximadamente 100 m una de las otras y permanecieron en el campo 21 días. Se realizaron tres repeticiones (trampas) por tratamiento en el Experimento 1, y cuatro en el Experimento 2. Semanalmente, se evaluó la captura de insectos por trampas. En el Experimento 1, también se registró la captura diaria, la cual se comparó con la lectura semanal. Se utilizó la prueba de Turkey ($P < 0,05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1. La trampa tipo manojó con feromona más insecticida (TA, fué significativamente superior ($P < 0,05$) a las demás trampas en la captura de adultos de *R. palmarum* (ANOVA, $P < 0,001$). Las trampas de manojó

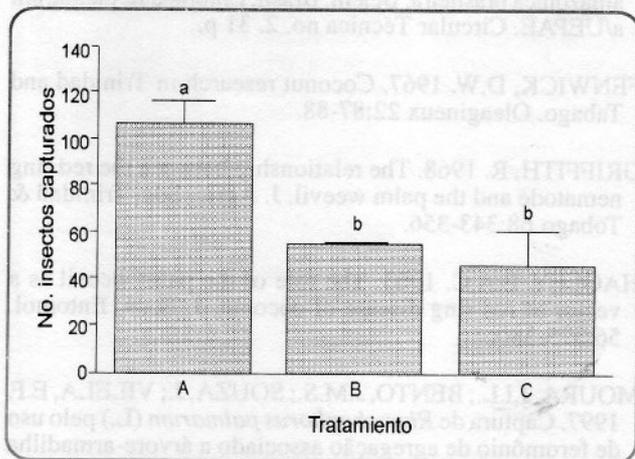


Fig. 3. Promedio semanal de *R. palmarum* capturados en trampas tipo manojó Una, Bahía, Brasil. (TA) trampa tipo manojó con feromona más insecticidas; (TB) trampa tipo manojó con feromona sin insecticida y lectura diaria; y (TC) trampa manojó con feromona sin insecticida y lectura semanal, Histogramas con la misma letra no difieren entre sí (Test de Tukey $P = 0,05$).

conteniendo únicamente feromonas, tanto en la evaluación diaria (TB) como en la semanal (TC), no fueron diferentes entre sí ($P > 0,05$) (Fig. 3).

Experimento 2. La trampa tipo balde con feromona más caña de azúcar e insecticida (TA, Fig. 4) capturó significativamente más insectos que las demás trampas evaluadas. La trampa tipo balde con feromona más caña de azúcar (TB) mostró un desempeño ligeramente superior a la trampa tipo manojó más feromona e insecticida (TC) y con feromona únicamente (TD).

La diferencia entre las capturas de los tratamientos TA (Fig. 3) y TC (Fig. 4) puede deberse a factores locales, teniendo en cuenta que los experimentos se realizaron en la misma época pero en localidades distantes aproximadamente 3000 m entre sí. Por tanto, el tamaño de las poblaciones de cada localidad podría haber sido diferente o ser influenciado por diferentes factores.

La trampa tipo manojó con feromona e insecticida, a pesar de capturar menos insectos que la trampa tipo balde, puede ser valiosa para la reducción de la plaga, por su capacidad de atracción y su bajo costo (US\$1/trampa comparada con los US\$40 por unidad de la trampa tipo balde.

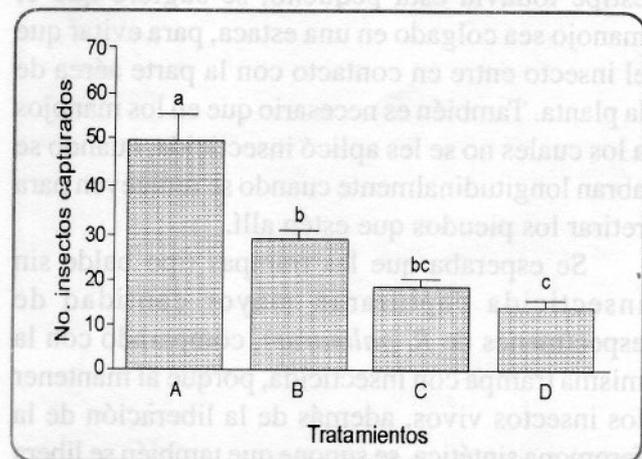


Fig. 4. Promedio semanal de *R. palmarum* capturados en trampas tipo balde y tipo manojó Una, Bahía, Brasil. (TA) tipo balde con feromona más caña de azúcar e insecticida; (TB) trampa tipo balde con feromona más caña de azúcar, pero sin insecticida; (TC) trampa tipo manojó con feromona e insecticida y (TD) trampa tipo manojó sólo con feromona, sin insecticida. Histogramas con la misma letra no difieren entre sí (Test de Tukey, $P = 0,05$).

Estas características la convierte en una herramienta práctica y fácil de utilizar. Al tener la trampa insecticida de contacto asperjado sobre los trozos de caña de azúcar, permite que los adultos de *R. palmarum* atraídos por los compuestos volátiles de la feromona sintética sean capturados y retenidos; lo contrario sucede en el tratamiento sin insecticida.

Con respecto al tiempo de lectura, se determinó que para las trampas que no contienen insecticida, el muestreo puede ser semanal, lo cual reduce el costo del sistema de control de plagas. También la trampa de manojos es una buena opción para los agricultores que no desean utilizar insecticidas, siempre que la plantación no sea muy grande para invalidar el método.

Al comparar la trampa de manojos con la de tipo balde, la primera no mostró el mismo desempeño en la captura de *R. palmarum*. Sin embargo, al ser la trampa de manojos más económica y su montaje y uso más práctico, la hace más útil para pequeños y medianos productores.

Algunos aspectos que deben considerarse cuando se utiliza la trampa de manojos son: no es recomendable colocar el manojos próximo a la base de las raquis foliares, porque *R. palmarum* podría posarse en las hojas, defecar y transmitir la enfermedad. En plantaciones jóvenes, cuando el estipe todavía está pequeño, se sugiere que el manojos sea colgado en una estaca, para evitar que el insecto entre en contacto con la parte aérea de la planta. También es necesario que en los manojos a los cuales no se les aplicó insecticida, cuando se abran longitudinalmente cuando se remueven para retirar los picudos que estén allí.

Se esperaba que las trampas tipo balde sin insecticida capturaran mayor cantidad de especímenes de *R. palmarum*, comparado con la misma trampa con insecticida, porque al mantener los insectos vivos, además de la liberación de la feromona sintética, se supone que también se libera feromona natural producida por los insectos capturados en las trampas. Sin embargo, esto no fue así.

CONCLUSIONES

La mejor trampa para la captura de *R. palmarum* fue la trampa de balde con feromona comercial y trozos de caña de azúcar impregnados con insecticida de contacto. Sin embargo, alternativamente, se pueden usar manojos de caña de azúcar con feromona comercial anexo a los trozos, colgados en las plantas. Este sistema captura menos insectos; pero es más económico y es más práctico para el agricultor, principalmente para pequeñas plantaciones. La aplicación de insecticida sobre los trozos de caña de azúcar para retener los insectos en la trampa permite la lectura semanal y resulta un tratamiento eficiente. Sin embargo, para plantaciones pequeñas, en las cuales el agricultor no quiere utilizar insecticidas, se puede eliminar el uso de ellos y promover la lectura y captura de los insectos semanalmente, sin afectar el control de la plaga.

LITERATURA CITADA

- DEAN, C.G. 1979. Red ring disease of *Cocos nucifera* L., caused by *Rhadinaphelenchus cocophilus* (Cobb 1991) Goodey 1960. An annotated bibliography and review. St. Albans, Herts, U.K. Commonwealth Institute of Helminthology. Technical Communication, no. 47. 70 p.
- FREIRE, F.C.O. 1988. As doenças do dendezeiro na região amazônica brasileira. Belém, Brasil, Embrapa R. palmarum a/UEPAE. Circular Técnica no. 2. 31 p.
- FENWICK, D.W. 1967. Coconut research in Trinidad and Tabago. *Oleagineux* 22:87-88.
- GRIFFITH, R. 1968. The relationship between the red ring nematode and the palm weevil. *J. Agric. Soc. Trinidad & Tobago* 68:343-356.
- HAGLEY, E.A.C. 1963. The role of the palm weevil as a vector of red ring disease of coconut. *J. Econ. Entomol.* 56:375-380.
- MOURA, J.I.L.; BENTO, J.M.S.; SOUZA, J.; VILELA, E.F. 1997. Captura de *Rhynchophorus palmarum* (L.) pelo uso de feromônio de agregação associado a árvore-armadilha e inseticida. *An. Soc. Entomol. Brasil* 26:69-73.
- MOURA, J.I.L.; REZENDE, M.L.V.; VILELA, E.F. 1995. Manejo Integrado do *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera:Curculionidae) em plantios de dendê na Bahia. *An. Soc. Entomol. Brasil* 24:504-506.

INCREMENTO EN LA PRODUCCION DE BANANO MEDIANTE NEMATICIDAS USADOS EN EL CONTROL DE *Radopholus similis**

Javier Farias-Larios* *
 Mario Orozco-Santos* **
 José Gerardo López-Aguirre**
 Francisco Silva-Montes**

RESUMEN

El cultivo del banano representa el segundo producto frutícola de mayor demanda y una fuente importante de ingresos económicos para la región occidental de México. Su producción es limitada por diversos problemas fitoparasitarios, destacando el nematodo barrenador (*Radopholus similis*). Su control está basado en la aplicación de fenamifos y carbofuran. Recientemente, la aparición del fosthiazate hizo necesaria la evaluación de nuevos ingredientes activos químicos para el control de esta plaga y determinar su efecto sobre el rendimiento del cultivo. Los tratamientos evaluados fueron: fosthiazate en tres dosis (20, 30 y 40 g), fenamifos y carbofuran a 30 g y el testigo sin aplicación. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental consistió de seis plantas. La plantación utilizada tenía 10 años de establecida. La población inicial de nematodos fue de 12 565/100 g de raíces frescas. A los 40, 105, 187 y 273 días después de la aplicación se efectuaron muestreos de raíces a una profundidad de 20 cm. Las variables determinadas fueron: población de larvas de nematodos, diámetro, longitud y peso de frutos, manos y peso de racimos y plantas caídas por ha. Se encontraron diferencias significativas en el peso de frutos y peso de los racimos. El diámetro y la longitud de frutos, así como el número de manos por racimo no fueron afectadas por la aplicación de los nematicidas. El fosthiazate en sus dosis 30 y 40 g y fenamifos, resultaron los mejores tratamientos, con un control superior al 79%; carbofuran no mostró buen control. En las plantas no tratadas, la población de nematodos presentó un crecimiento positivo (22%) alcanzando un total de 15 426 larvas en un lapso de 263 días.

Palabras claves: *Radopholus similis*, Banano, Control químico, Fosthiazate, Rendimiento.

ABSTRACT

INCREASE IN BANANA PRODUCTION THROUGH CONTROL OF *Radopholus similis* WITH NEMATICIDES. Banana represents the second most valued fruit crop and is an important source of income for the western region of Mexico. Its production is limited by various plant parasites, in particular, the burrowing nematode *Radopholus similis*. Nematode control is based on the application of fenamiphos and carbofuran. Recently, with the introduction of fosthiazate, new active chemical ingredients need to be evaluated for the control of this pest and their effect on crop yield needs to be determined. The treatments evaluated were: Three rates of fosthiazate (20,30 and 40g), 30g of fenamiphos and carbofuran and a control without application. A randomized block design with four repetitions was used; the experimental unit consisted of six plants. An established ten year old plantation was used. The initial nematode population was 12 565/100g of fresh root. Samples of roots, 20cm deep, were taken 40, 105, 187 and 273 days after application. The variables evaluated were: population of nematodes, diameter, length and weight of fruits, hands and weight of bunches and fallen plants / ha. There were significant differences in fruit weight and bunch weight. The diameter and length of fruits, as well as the number of hands / bunch, were not affected by the nematicide applications. fosthiazate, at rates of 30 and 40 g, and fenamiphos, were the best treatments with over 79% control; control was poor with carbofuran. The population of nematodes in non treated plants increased (22%), reaching a total of 15 426 nematodes, in 263 days.

Key words: *Radopholus similis*, Banana, Chemical control, Fosthiazate, Yield.

Recibido: 28/10/97. Aprobado: 28/09/98.

*Parte de la tesis de licenciatura en Agronomía del último autor. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima, Tecomán, Colima, México.

** Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima. Apartado postal 36. 28100 Tecomán, Colima, México. jfarias@volcan.ucol.mx.

***INIFAP. Campo Experimental Tecomán. Apartado postal 88. 28100 Tecomán, Colima, México. orozco@bciencias.ucol.mx

INTRODUCCION

El cultivo del banano es afectado por diversos problemas fitoparasitarios, entre los que destacan los provocados por nematodos, de los cuales *Radopholus similis* (Coob) Thorne, constituye el principal problema. Algunos de los daños ocasionados por este nematodo son la reducción

del peso y calidad del fruto, parasitismo de las raíces y la caída de plantas (O'Bannon 1977; Sarah 1989; Guzmán-González *et al.* 1994). También reduce la vida productiva del cultivo (Orozco *et al.* 1993) y el ataque severo causa la caída de 500 o más plantas con racimo por ha, debido a un sistema radical deficiente. La planta se debilita debido a la deficiencia en el aprovechamiento de agua y nutrimentos causado por la destrucción del sistema radical; lo cual ocasiona el desplome de la planta, principalmente, cuando ocurren fuertes vientos o por el peso del racimo. Este es uno de los síntomas característicos del ataque de este nematodo; en las plantas afectadas que no se desploman, la maduración de los frutos no es uniforme ni se da el desarrollo de los dedos de las últimas manos del racimo

Las raíces y el cormo, al ser infectados por el nematodo, muestran lesiones de color café rojizo, que se tornan negras (Yepez *et al.* 1972; Orozco *et al.* 1993).

R. similis presenta una distribución cosmopolita, hallándose en casi todas las regiones bananeras del mundo (O'Bannon 1977), en diversos países como: Cuba (Acosta y Veitia 1989), Colombia (Cubillos *et al.* 1978), Ecuador (Arreaga *et al.* 1991), San Vicente (Hunt y Gowen 1978), India (Patel *et al.* 1991), Costa de Marfil (Mateille 1993; Quenehervé 1993), Venezuela (Yepez *et al.* 1972) y México (Vargas *et al.* 1994; Guzmán-González *et al.* 1994; Gómez *et al.* 1995).

El control de este nematodo se ha basado en el uso de nematicidas aplicados al suelo, como fenamifos (Nemacur), carbofuran (Furadán), izazofos y aldicarb (Villaderbo y Guerot 1976; Cubillos *et al.* 1978; Hunt y Gowen 1978; Sarah 1989; Patel *et al.* 1991; Quenehervé 1993). En México, los productos utilizados son carbofuran, fenamifos, tri-mat (Ebufos y Vidate; de los cuales, carbofuran y fenamifos son los productos tradicionalmente empleados (Orozco *et al.* 1993).

A nivel experimental, recientemente se ha informado sobre un nuevo compuesto organofosforado cuyo ingrediente activo es el fosthiazate. Su nombre químico es: IKI-1145,

(R,S)-S-sec-butil-o-etil-2-oxo-1,3-tiazolidina-3-il fosfonotioato) (Giblin-Davis *et al.* 1993). Este producto ha sido evaluado en la zona bananera del occidente de México, para el control de *R. similis* y los resultados obtenidos fueron muy promisorios, logrando un control más eficiente que los nematicidas tradicionales (Guzmán-González *et al.* 1994).

Este trabajo pretende buscar nuevas alternativas para el control de *R. similis*, que permitan disponer de una amplia variedad de ingredientes activos y romper con la práctica de utilización de un mismo compuesto químico, reduciendo al máximo los probables fenómenos de resistencia, como aparentemente existen para el carbofuran y fenamifos.

En la actualidad, no ha sido posible asociar un control adecuado de este nematodo con mayor rendimiento del cultivo. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes dosis de fosthiazate y otros nematicidas de uso tradicional en el control de *R. similis* y determinar su efecto sobre el rendimiento y características de los frutos de banano.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se desarrolló en una plantación comercial de banano, subgrupo Cavendish cultivar Grande Naine, con 10 años de establecida y una distancia entre plantas de 2,5 x 3,0 m (1320 plantas/ha). La plantación está ubicada en Tecomán, Colima, México, 18° 55' latitud Norte y 103° 53' longitud Oeste, en un suelo tipo feozem, pH 7,9 a 40 m.s.n.m., temperatura media anual de 26°C y precipitación promedio anual de 750 - 900 mm.

Los tratamientos evaluados fueron: fosthiazate en tres dosis: 20, 30 y 40 g., fenamifos y carbofuran en dosis comercial de 30 g/planta y un testigo (sin aplicación), distribuidos en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, se utilizaron seis plantas como unidad experimental. Los nematicidas se aplicaron directamente alrededor de cada planta. Se aplicó

riego por gravedad cada 15 días, con una lámina de 100 a 150 cm.

Previo a la aplicación de los tratamientos, se efectuó un muestreo de raíces a 20 cm de profundidad y se determinó la población inicial de nematodos. A los 40, 105, 187 y 263 días después de la aplicación de los nematicidas se efectuaron muestreos de raíces, las cuales fueron llevadas al laboratorio y lavadas con agua. Posteriormente, se extrajeron las larvas, mediante la técnica de tamizado en húmedo y centrifugado en sacarosa propuesta por Jenkins (1964). Se utilizaron columnas de tamices de 100, 200, 270 y 400 mallas.

Las variables determinadas fueron: número de larvas en 100 g de raíces, diámetro, longitud y peso de frutos, número de manos, peso del racimo y número de plantas caídas por ha. La estimación de la población de nematodos en raíces de banano se hizo mediante el conteo de cinco sub-muestras de 1 ml, depositadas en una caja de polietileno transparente, cuadrado en 1 cm y observadas mediante un microscopio estereoscópico. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Duncan al 0,05 de probabilidad.

RESULTADOS

El efecto de la aplicación de los nematicidas evaluados sobre el número de larvas de *R. similis*, a diferentes tiempos después de su aplicación, se presenta en la Fig. 1. Se determinaron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos, a los 40, 105, 187 y 263 días después de la aplicación; el mayor número de larvas (15,867) se presentó en el testigo a los 187 días, y se observó un incremento de 22% en la población de nematodos en un período de 263 días.

La población de *R. similis* se redujo con respecto al testigo en los siguientes porcentajes: fosthiazate (20 g) 79,65%, fosthiazate (30 g) 89,23%, fosthiazate (40 g) 90,37%, fenamifos (30 g) 92,76% y carbofuran (30 g) 78,83% (Fig. 1).

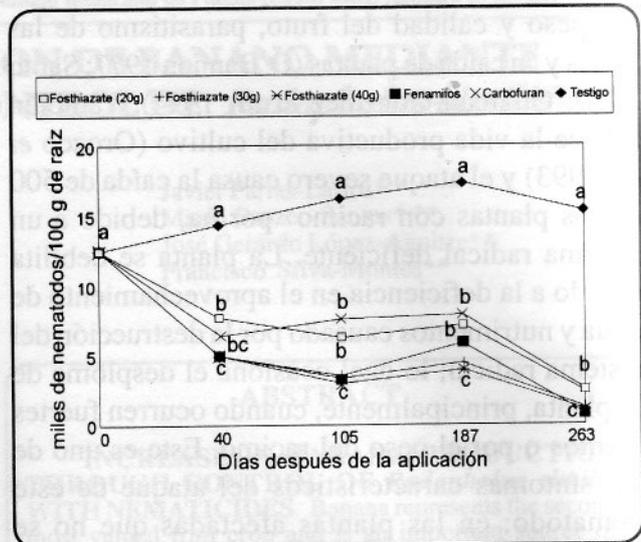


Fig. 1. Efecto de diferentes nematicidas sobre la población de larvas de *Rodopholus similis* en raíces de banano. Tecmán, México, 1996.

Con respecto al efecto de los diferentes nematicidas sobre las características del fruto de banano, no se observó un efecto significativo ($P > 0,05$) entre los tratamientos para las variables diámetro y longitud del fruto (Cuadro 1); mientras que el peso de frutos si manifestó diferencias significativas ($P < 0,05$), siendo mayor en plantas tratadas con fosthiazate (30 y 40 g) y con fenamifos.

En el Cuadro 2, se presenta el efecto de los diferentes tratamientos sobre el número de manos/racimo, peso de racimo y el número de plantas caídas/ha. Se apreció un efecto no significativo ($P > 0,05$) entre tratamientos para la variable número de manos/racimo. Por el contrario, para el peso de racimo y número de plantas caídas/ha se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$), siendo fosthiazate en las dosis de 30 y 40 g, al igual que fenamifos, los nematicidas con mayor influencia sobre el peso de racimos y menor incidencia de plantas acamadas.

CUADRO 1. Efecto de la aplicación de nematicidas sobre las características del fruto de banano Grande Naine. FCBA, Tecomán, México. 1997.

Nematicidas	Dosis (g)	Promedio Población nematodos (263 días)**	Características del fruto		
			Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Peso (g)
Fosthiazate	20	5 985	3,4 a*	24 a	152 b
Fosthiazate	30	3 581	3,7 a	25 a	165 a
Fosthiazate	40	3 387	3,8 a	23 a	170 a
Fenamifos	30	3 830	3,7 a	24 a	168 a
Carbofuran	30	6 223	3,5 a	24 a	150 b
Testigo	—	15 867	3,0 a	22 a	120 c

*Valores seguidos de la misma letra dentro de columna no difieren, según Duncan al 5%.

** Miles de nematodos/100 g de raíces

CUADRO 2. Efecto de la aplicación de nematicidas sobre el número de manos/racimo, peso del racimo y plantas de banano Grande Naine caídas/ha FCBA, Tecomán, México. 1997.

Nematicidas	Dosis (g)	Población de nematodos desde de 180 días y hasta la cosecha**	Manos/racimo (No.)	Peso de racimo (Kg)	Plantas caídas/ha (No.)
Fosthiazate	20	4 912	8,2 a*	26,2 b	48 b
Fosthiazate	30	2 939	8,5 a	31,2 a	28 c
Fosthiazate	40	2 706	8,4 a	29,9 a	28 c
Fenamifos	30	3 469	8,4 a	30,8 a	31 c
Carbofuran	30	5 341	8,3 a	26,5 b	51 b
Testigo	—	16 428	8,4 a	20,4 c	92 a

*Valores seguidos de la misma letra dentro de cada columna no difieren, según Duncan al 5%.

** Miles de nematodos/100 g de raíces

DISCUSION

La población de 12 565 nematodos en 100 g de raíces de banano, encontrada en el primer muestreo de esta investigación, es crítica de acuerdo con los parámetros establecidos por Tarte y Pinochet (1981), quienes señalan que niveles superiores a 10 000 nematodos en 100 g de raíces frescas, son muy dañinos para la planta hospedante, y que vientos ligeros pueden llegar a acamar las plantas.

Los resultados muestran diferentes efectos de los nematicidas evaluados para el control de *R. similis*. Una clara disminución en su población se obtuvo en las plantas tratadas con los productos y, en consecuencia, menor incidencia de plantas

acamadas; lo cual coincide con Patel *et al.* (1991) quienes señalaron una reducción de 276% y 268%, en la población de nematodos, con la aplicación de fenamifos y carbofuran, respectivamente, al compararse con plantas no tratadas. También se determinó un incremento significativo en el peso de frutos de banano.

Guzmán-González *et al.* (1994) informaron que fenamifos y fosthiazate en diferentes dosis (10, 20, 30 y 40 g/planta) redujeron la población de *R. similis* a los 25, 50, 75 y 115 días después de la aplicación, en comparación con el testigo. También señalaron, que a partir de los 50 días de la aplicación, las plantas tratadas con las dosis más altas de fosthiazate (30 y 40 g/planta), tenían el mejor control de nematodos. Estos resultados son

similares a los obtenidos en este estudio y a los señalados por Giblin-Davis *et al.* (1993) evaluando el control de nematodos fitoparásitos de césped en campos de golf.

Los resultados obtenidos muestran poca efectividad del carbofuran sobre *R. similis* en algunos muestreos especialmente a los 105 y 187 días después de la aplicación. Posteriormente, se alcanza un nivel de control satisfactorio (78,83%).

En el sistema radical de las plantas no tratadas, la población de nematodos presentó un incremento del 22% (población inicial = 12 565 contra población final = 15 860) en un lapso de 263 días. Este incremento es similar a lo reportado por Guzmán-González *et al.* (1994), quienes obtuvieron 21% de incremento, en un período de 115 días.

También Villaderbo y Guerot (1976) y Cubillos *et al.* (1978), informaron que carbofuran y fenamifos junto con Athoprop son muy eficaces, con un promedio de 4 300 y 9 300 nematodos en 100 g de raíces, niveles similares a los encontrados en esta investigación, sobre todo, a los 45 días después de la aplicación de los productos. De igual manera, Arreaga *et al.* (1991), evaluaron diferentes productos biológicos como: Sincosin y Agrispon así como compuestos químicos tradicionales (aldicarb y fenamifos). La población promedio de *R. similis* osciló de 25 100 a 38 991 en 100 g de raíces, en cuatro muestreos cada 40 a 50 días. Al comparar los resultados de esta investigación con la anterior se observó que las poblaciones de nematodos encontradas fueron muy superiores a la informada por Arreaga *et al.* (1991), por tanto, fosthiazate se considera una opción eficaz en el control del nematodo barrenador.

Las mejores dosis en el control del nematodo muestran una relación directa con las variables peso de frutos y número de plantas caídas, determinándose un incremento en el peso de frutos y menor incidencia de plantas acamadas, con respecto al testigo (relación 1:3). En este sentido, Quenehervé *et al.* (1991), informan que la utilización del Cadusafos (nematicida organofosforado) permitió un incremento (en resultados acumulativos de tres cosechas) de 15,6% y 48,8% en el rendimiento del cultivo de banano, en

comparación con la aplicación de aldicarb y el testigo, respectivamente.

En algunos estudios, la aplicación de nematicidas en banano clón Valery no mostró un incremento significativo en el peso de racimo; sin embargo, el efecto más notorio se registró en el número de racimos cosechados y la producción total. La aplicación de butilfos aumentó en un 12,5% el peso del racimo, un 22,8% el número de racimos cosechados y en 35,6% la producción total de fruta en comparación con las plantas no tratadas (Molina y Figueroa 1988). En este mismo sentido, en la región Pacífico Centro de México, la aplicación de oxamil y aldicarb en el banano clón Gran Naine mostró un efecto positivo en el peso del racimo, ya que ambos nematicidas lo incrementaron en un 49,8% y 36,6%, respectivamente (Orozco y Orozco 1994). En esta investigación, fosthiazate 20 g y carbofuran 30 g mostraron 22,5% de incremento en el peso de racimo; fosthiazate 30 g aumentó la producción en 34,6% con respecto al testigo (Cuadro 2).

Los resultados obtenidos indican que el producto de fosthiazate, representa una opción para el control de *R. similis*, con mejores perspectivas de eficacia e incremento en la producción que los productos de uso tradicional.

CONCLUSIONES

- La aplicación de nematicidas incrementó el peso de racimos y redujo el acame de plantas de banano.
- Fosthiazate en sus dosis de 30 y 40g, incrementó el peso de racimos en 10,8 y 9,5 kg, respectivamente; mientras que fenamifos mostró un incremento de 10,4 kg, en comparación con el testigo.
- Las dosis más efectivas de fosthiazate fueron 30 y 40 g/unidad de producción, reduciendo en 89,2% y en 90,3%, respectivamente, la población de nematodos, lo que se tradujo en mayor peso de racimos y menor incidencia de plantas acamadas.

- Fenamifos tuvo un control adecuado (92,76%) del nematodo barrenador y su eficiencia fue similar a la del fosthiazate en sus mejores dosis.
- En el testigo, la población de *R. similis* tuvo un incremento de 2861 larvas que representa un crecimiento de 22% durante un lapso de 263 días, lo cual incidió sobre la población.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, O.; VEITIA, A. 1989. Distribución de los nematodos parásitos del plátano en la provincia de Sancti Spiritus. *Ciencia y Técnica en la Agricultura* 12(4):101-109.
- ARREAGA, B.J.; SYLTIE, P. W.; MANOSALVAS, L. 1991. Control of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, banana production, and economic factors in Ecuador using Sincocin and Agrispor (biological agents), Aldicarb, and Fenamiphos. *In Reunión ACORBAT* (9, 1991). Memorias. p. 305-315.
- CUBILLOS, Z.G.; BARRIGA, O.R.; PEREZ, A.L. 1978. Control químico de nematodos en banano cavendish Cv. Grand Naine en Uruba, Colombia. *Nematropica* 8(2):7.
- GIBLIN-DAVIS, R.B.; CISAR, J.L.; BLIZ, F.G. 1993. Evaluation Fosthiazate for the suppression of phytoparasitic nematodes in turfgrass. *Nematropica* 23:167-175.
- GOMEZ, V.V.; RAMIREZ, G.S.; VARGAS, G.S. 1995. Situación actual del sistema radicular del plátano en Teapa, Tabasco. *In Congreso Nacional de Fitopatología* (21, 1995, Cuernavaca, Mor. México). Memorias. p 67.
- GUZMAN-GONZALEZ, S.; OROZCO-SANTOS, M.; FARIAS-LARIOS, J. 1994. Effect of Fosthiazate on control of *Radopholus similis* in banana. *Nematropica* 24:165-168.
- HUNT, D.J.; GOWEN, S.R. 1978. Effect of nematicides on banana yield from light soil in St. Vicent. *Nematropica* 8(2):13.
- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report* 48:692.
- MATEILLE, T. 1993. Effects of banana-parasitic nematodes on *Musa acuminata* (AAA group) cvs. Poyo and Gros Michel vitro plants. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 70(4):325-331.
- MOLINA, A.M.E.; FIGUEROA, M.A. 1988. Efectos de los nematicidas en el control de los nematodos y la producción del banano. *ASBANA* 12(29):19-25.
- O'BANNON, J. 1977. Worldwide dissemination of *Radopholus similis* and its importance in crop production. *Journal of Nematology* 9:16-25.
- OROZCO, R.J., MEDINA, U.V.; BECERRA, S. 1993. Guía para producir plátano en la zona costera de Colima, Michoacán y Jalisco. Colima, México. Sericolor. p. 25.
- OROZCO, J.; OROZCO, S.M. 1994. Control del nematodo *Radopholus similis* en banano en el Pacífico Centro de México. *In Reunión ACORBAT* (11, 1994, San José, Costa Rica). Memorias. p. 475-481.
- PATEL, H.R.; PATEL, D.J.; PATEL, C.C.; THAKAR, N.A. 1991. Field testing of four granular nematicides for checking infection of plant parasitic nematodes in banana (*Musa paradisiaca*). *Indian Journal of Agriculture Science* 61(5):350-352.
- QUENEHERVE, P. 1993. Nematode management in intensive banana agroecosystems: Comments and outlook from the Cote d'Ivoire experience. *Crop Protection* 12:164-172.
- QUENEHERVE, P.; MATEILLE, T.; TOPART, P. 1991. Effect of cadusafos compared with tree other non-fumigant nematicides on the control of nematodes and on the yield of banana cv. Poyo in Ivory Coast. *Revue de Nematologie* 14(2):207-211.
- SARAH, J. L. 1989. Banana nematodes and their control in Africa. *Nematropica* 19:199-215.
- TARTE, R.; PINOCHET, J. 1981. Problemas nematológicos del banano, contribuciones recientes a su conocimiento y combate. Panamá, UPEB, Mundo Agropecuario. p. 32.
- VARGAS, S.G., RAMIREZ S.G.; GOMEZ R.O. 1994. Dinámica estacional de fitonematodos en 5 fincas plataneras de Teapa, Tabasco, Méx. *In Congreso Nacional de Fitopatología*. (21, 1994, Cuernavaca, Mor. México). Memorias. p. 68.
- VILLADERBO, A.; GUEROT, R. 1976. A review on nematode control with Athoprop, Phenamiphos and Carbofuran in french speaking West Africa. *Nematropica* 6:51-53.
- YEPEZ, T. G.; MEDERITH, A. J.; PEREZ, A. 1972. Nematodos de banano y plátano (*Musa* sp.) en Venezuela. *Nematropica* 2(2):34-42.

ABUNDANCIA ESTACIONAL Y DAÑO DE *Anastrepha striata* EN GENOTIPOS DE GUAYABA Y CAS

Manuel Carballo V.*

RESUMEN

Se evaluó la abundancia estacional y el daño de *Anastrepha striata* en diferentes genotipos de guayaba y cas de la colección de germoplasma del CATIE, durante 1996-1997. Los picos poblacionales de larvas de *A. striata* se presentaron en junio, lo que coincide con períodos de baja producción de frutos, mientras que los niveles más bajos ocurrieron en setiembre, que corresponde a la época de mayor producción de frutos. Ello indica una reducción en la infestación de larvas conforme aumenta la cosecha. Siete genotipos de *Psidium* tuvieron índices de infestación bajos, catorce medios, seis altos y nueve muy altos. La susceptibilidad baja solo se presentó en setiembre cuando la productividad de frutos por árbol es muy alta. Se determinó el parasitoide *Dorytobracon areolatus* Szepliget, atacando larvas de *A. striata*. No obstante, los niveles de parasitismo son muy bajos, con un máximo de 9,36%.

Palabras claves: *Anastrepha striata*, *Psidium*, Guayaba, Cas, Abundancia estacional, Daño.

ABSTRACT

SEASONAL ABUNDANCE AND DAMAGE OF *Anastrepha striata* IN GUAVA GENOTYPES.

The seasonal abundance and damage of *Anastrepha striata* in different genotypes of Guava in the germoplasm collection of CATIE, was evaluated during 1996-1997. The population peaks of *A. striata* larvae appeared in June, which coincided with periods of low fruit production, whilst the lowest levels occurred in September, corresponding to the time of greatest fruit production, which indicates that a reduction in the infestation of larvae is associated with an increase in harvest. Seven Guava genotypes had low infestation indices, fourteen medium, six high and nine very high. Low susceptibility was only observed in September when the productivity of fruit per tree is very high. The parasitoid, *Dorytobracon areolatus* Szepliget was recognized, attacking *A. striata* larvae. Nevertheless, parasitism levels are very low, with a maximum of 9,36%.

Key words: *Anastrepha striata*, *Psidium*, Guava genotypes, Seasonal abundance, Damage.

INTRODUCCION

La producción de fruta fresca en Centro América y el Caribe, es una industria en rápido crecimiento y con gran potencial. Sin embargo, las moscas de la fruta son uno de los principales problemas de postcosecha que limitan su almacenamiento y mercadeo. Estas pertenecen al género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) y están entre las plagas más devastadoras del mundo (Aluja 1994). Las especies de *Anastrepha* son endémicas en el nuevo mundo y están restringidas a ambientes tropicales y subtropicales; de las 184 especies de este género, únicamente existe suficiente información de *A. fraterculus*, *A. grandis*, *A. ludens*,

A. oblicua, *A. serpentina*, *A. striata* y *A. suspensa* porque son las de mayor importancia económica (Aluja 1994).

En Costa Rica, *A. striata* Schiner, es la plaga más importante en guayaba (*Psidium guajava* L.) (Jirón y Hedstrom 1988), así como en Venezuela (Boscán y Cásares 1982) y en Colombia (Olarte 1980). Jirón *et al.* (1988) informaron que esta especie se encuentra en México, Centro América, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela, Surinam, Trinidad y Brasil. Este insecto tiene un amplio rango de hospedantes primarios y secundarios para su alimentación, oviposición y desarrollo, pero la guayaba es la preferida, posiblemente por la atracción que ofrece su fruto como fuente de alimento y sustrato de oviposición (Olarte 1980, Jirón *et al.* 1988). La mayoría de las hembras de las especies de *Anastrepha* depositan

Recibido: 25/05/98. Aprobado: 4/12/98.

*CATIE. Unidad de Fitoproteccion. 7170 Turrialba, Costa Rica.

sus huevos en la región del epi o mesocarpo de frutos maduros (Aluja 1994). Las moscas de las frutas disponen durante todo el año de abundantes hospedantes para ovipositar, proceso que se inicia con la maduración de los primeros frutos (Olarie 1980).

En Costa Rica, Hedstrom (1992) en estudios de distribución de *A. striata* dentro del árbol de guayaba, determinó que la cantidad de larvas y adultos de la mosca son más altos en los estratos medio y bajo del árbol, que en la capa superior de la copa, donde la temperatura es más alta por la exposición al sol. Esta condición puede ser letal para los huevos y larvas. Asimismo, el número de moscas también fue mayor en los árboles con copas de follaje relativamente compacta comparada con los de follaje abierto.

Los objetivos del presente estudio fueron estudiar la abundancia estacional de larvas de *A. striata* durante los períodos de producción de guayaba (*Psidium guayaba*) y cas (*P. friedrichsthalianum*) para establecer los principales períodos productivos durante el año y correlacionarlos con la incidencia de la plaga, determinar el nivel de susceptibilidad de diferentes introducciones de guayaba y cas durante dos años y evaluar el parasitismo causado por un enemigo natural.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló entre marzo de 1996 y octubre de 1997 en la colección de guayabas, la cual incluía cas, en la Estación Experimental del CATIE en Turrialba, Costa Rica, ubicada a 602 msnm. Para la evaluación de la abundancia estacional de larvas de *A. striata* se realizaron muestreos mensuales. Se tomaron cuatro muestras de cuatro frutos por árbol, para un total de 16 frutos por árbol. Sin embargo, cuando los frutos fueron escasos, se recolectaron cuatro frutos por árbol. Se seleccionaron frutos maduros, pero con la cáscara de color verde claro. Estos fueron colocados en cajas plásticas de 30 x 20 cm con arena fina en el fondo para favorecer la pupación.

Para los períodos de producción, en cada muestreo se cuantificó el número de frutos maduros en el suelo (caídos), así como su peso y diámetro.

Para cada una de las introducciones se establecieron cuatro índices de susceptibilidad basados en la cantidad de larvas presentes en 100 g de fruto. Los índices fueron: **bajo (B)**: = < 3 larvas, **medio (M)** = 4 - 7 larvas, **alto (A)** = 8 - 11 larvas y **muy alto (MA)** > de 12 larvas.

Para el análisis de resultados, los genotipos de guayaba y cas fueron subdivididos en tres grupos, según su productividad por árbol. Los grupos fueron: **baja** < 40, **media** 40 - 90 y **alta** > 90. A los resultados se les realizó un análisis de varianza, considerando las introducciones como tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Dinámica poblacional de larvas de *A. striata* durante los períodos de muestreo. La abundancia estacional de larvas de *A. striata* durante los dos años del estudio se presenta en las Figuras 1, 2, 3 y 4. Durante 1996, los árboles de baja productividad presentaron dos picos de infestación de larvas, uno alto en mayo y junio con un máximo de 24 larvas /100 g de fruto y el otro en agosto con 17,5 larvas/100 g del fruto (Fig. 1). Los niveles más bajos de larvas se presentaron en setiembre y octubre, con 8 y 3 larvas/100 g de fruto, respectivamente. Estos valores bajos de infestación de larvas, coincidieron con los meses donde la producción de frutos fue menor. Durante 1997, el comportamiento fue similar, con picos poblacionales en junio, los que correspondieron también a períodos de baja producción (Fig. 2).

Para árboles de alta productividad (Figs. 3 y 4), la infestación se incrementó desde abril hasta junio, donde se presentaron los niveles más altos de infestación durante los dos años. Los picos máximos fueron de 16,5 y 17 larvas/100 g de frutos para 1996 y 1997, respectivamente. La mayor infestación de larvas por frutos coincidió con los períodos más secos y con la menor producción de

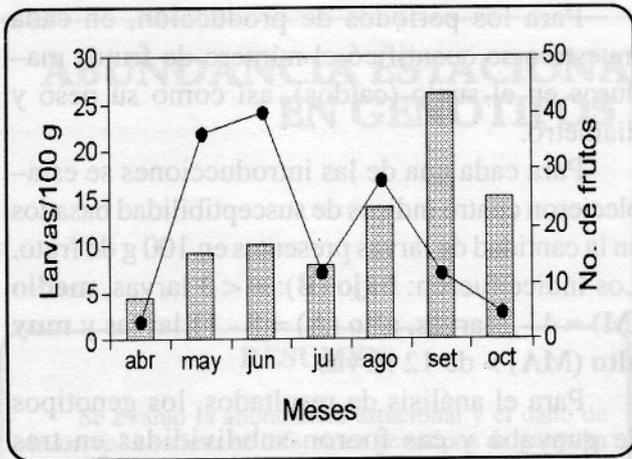


Fig. 1. Abundancia estacional de *A. Striata* en genotipos de guayaba y cas de baja productividad. Turrialba, Costa Rica, 1996.

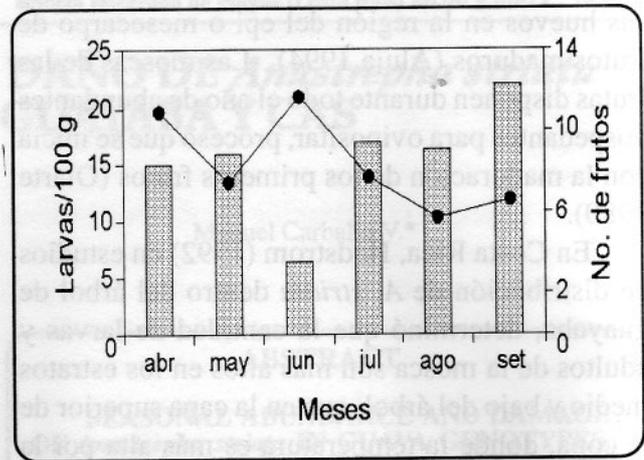


Fig. 2. Abundancia estacional de *A. Striata* en genotipos de guayaba y cas de baja productividad. Turrialba, Costa Rica, 1997.

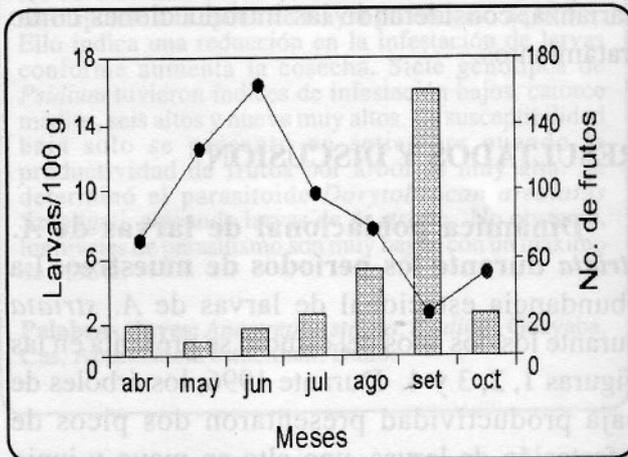


Fig. 3. Abundancia estacional de *A. Striata* en genotipos de guayaba y cas de alta productividad. Turrialba, Costa Rica, 1996.

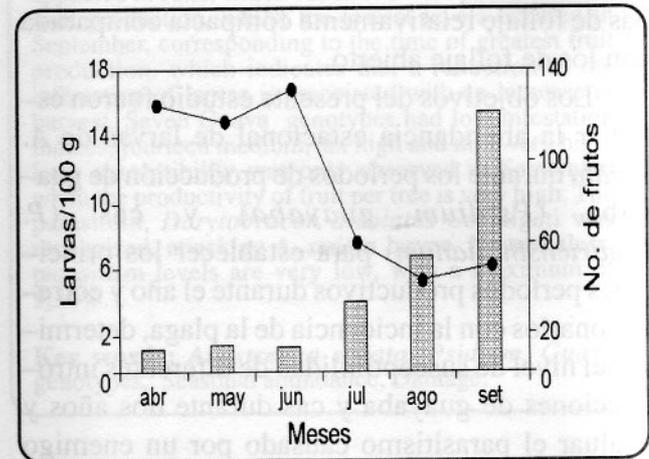


Fig. 4. Abundancia estacional de *A. Striata* en genotipos de guayaba y cas de alta productividad. Turrialba, Costa Rica, 1997.

frutos por árbol. Esta reducción en la infestación de larvas de *A. striata* cuando hay mayor cantidad de frutos, probablemente es consecuencia de que el incremento en la población de hembras ovipositando no es capaz de ajustarse al ritmo creciente en el número de frutos producidos, por lo que los frutos serán parasitados por *A. striata* en niveles bajos y en consecuencia, el número de larvas por fruto será menor.

Períodos productivos de guayaba y cas.

Como se observa en las Figuras 1, 2, 3 y 4, los principales picos de producción, durante los dos años, se presentaron en setiembre, aunque éste se extiende desde agosto hasta octubre. La producción máxima en setiembre, coincidió con la

floración fuerte de abril y mayo, y el desarrollo fenológico de los frutos, permitió que estos alcanzaran la madurez en aproximadamente 4 - 5 meses. La producción observada durante casi todo el año, coincide con floraciones escalonadas y de niveles bajos en diferentes meses del año. Esto último favorece la presencia de mosca durante todo el año, lo que coincide con lo informado por Olarte (1980).

Correlación de la producción con el daño.

La matriz de correlación entre producción y daño de la plaga mostró una relación negativa entre la cantidad de larvas presentes en 100 g de frutos y la producción (valores de r de -0,55 y -0,60 para los dos años respectivamente) que indican que la

infestación de larvas por fruto disminuye conforme la producción se incrementa (Fig. 5). También se observó una disminución significativa en el número de larvas (de 10,1 a 1,8 larvas/100 g de fruto para 1996 y de 18,0 a 7,0 para 1997), mientras la producción se incrementó desde niveles bajos de producción hasta 120 frutos por árbol. Estos resultados se relacionan con los de Olarte (1980) en Colombia, quien indicó que el factor clave en la regulación de las poblaciones de larvas, es la cantidad de moscas hembra presentes, de tal forma, que la cantidad presente en la plantación no es suficiente para ovipositar en los frutos disponibles durante los picos de producción. Aunque en este estudio no se cuantificó la población de hembras de la mosca, una indicación de su nivel está dado a partir del número de larvas presentes, las cuales son el resultado de la oviposición de las hembras.

Nivel de daño. El nivel de infestación de larvas/100 g de fruto, se presenta en los Cuadros 1, 2 y 3, para los genotipos agrupadas como baja, media y alta productividad por árbol. En los tres casos, los niveles de infestación fueron muy altos en junio, disminuyendo en setiembre. Esto se asocia con los niveles máximos y mínimos de producción de frutos por árbol en esos períodos. Se utilizó el nivel de larvas/100 g de fruto debido

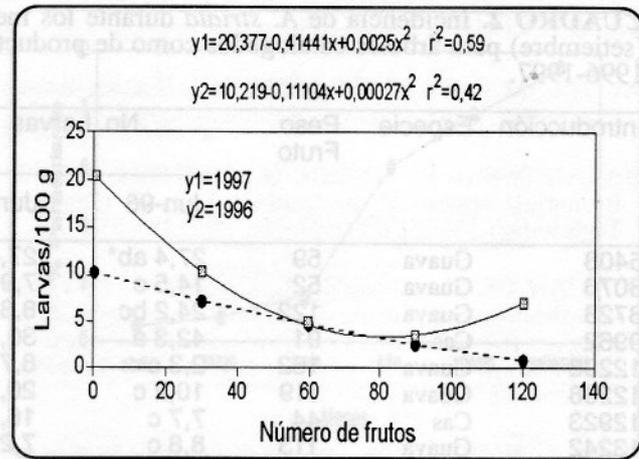


Fig. 5. Correlación entre el número de larvas de *A. striata* en 100 g de fruto y el número de frutos por árbol. Turrialba, Costa Rica, 1996 (y2) y 1997 (y1).

a la gran variabilidad en el tamaño de los frutos disponibles. El porcentaje de frutos infestados fue muy alto, alcanzando más del 75% en la mayoría de los meses e incluso alcanzó 100% en el mes de marzo.

Indices de susceptibilidad. En setiembre, durante el pico máximo de producción de frutos, solamente tres introducciones (8078, 8719 y 13243) de los materiales catalogados como de alta productividad, presentaron bajos índices de susceptibilidad (Cuadro 3). De los materiales clasi-

CUADRO 1. Incidencia de *A. striata* durante los meses de mínima producción (junio) y máxima producción (setiembre) para árboles catalogados como de baja productividad (< 40 frutos/árbol). Turrialba, Costa Rica, 1996-1997.

Introducción	Especie	Peso Fruto	No. Larvas		Indice de daño	No. Larvas		Indice de daño**
			Jun-96	Jun-97		Set-96	Set-97	
5407	Cas	58	—	5,1 c	M	9,9 b	15,7 a	MA
7834	Cas	39	20,1 a*	17,4 b	MA	—	2,7 a	B
8989	Guava	119	2,9 a	10,4 bc	A	2,6 b	16,7 a	MA
9044	Guava	36	40,5 a	25,7 b	MA	19,5 a	—	MA
9336	Guava	48	25,6 a	74,7 a	MA	4,4 b	15,1 a	MA
9369	Guava	121	2,27 a	15,5 b	MA	3,4 b	—	B
12299	Guava	81	16,3 a	17,1 b	MA	4,6 b	10,9 a	A
12333	Cas	61	17,7 a	33,7 b	MA	—	19,1 a	MA
12824	Guava	155	—	25,5 b	MA	3,2 b	5,7 a	M
14228	Guisaro	8	59,4 a	—	MA	8,6 b	—	A
14377	Cas	38	16,2 a	—	MA	—	—	—
14754	Guava	60	—	—	MA	7,1 b	—	M

*Valores con igual letra dentro de cada columna son iguales entre sí según la prueba de Tukey al 5%.

**Indice de daño: (B) bajo, (M) medio, (A) alto y (MA) muy alto.

CUADRO 2. Incidencia de *A. striata* durante los meses de mínima producción (junio) y máxima producción (setiembre) para árboles catalogados como de productividad media (40-90 frutos/árbol). Turrialba, Costa Rica, 1996-1997.

Introducción	Especie	Peso Fruto	No. Larvas		Indice de daño	No. Larvas		Indice de daño**
			Jun-96	Jun-97		Set-96	Set-97	
5408	Guava	59	27,4 ab*	27,4 ab	MA	6,6 a	4,1 bc	M
8076	Guava	52	14,5 c	7,9 b	MA	2,8 ab	0,8 c	B
8723	Guava	122	24,2 bc	8,8 b	MA	0,6 b	6,6 bc	M
9962	Cas	91	42,3 a	30,7 a	MA	5,4 ab	12,5 ab	A
12296	Guava	162	2,3 c	8,7 b	A	0,6 b	12,2 ab	A
12298	Guava	119	10,2 c	20,1 ab	MA	7,8 a	1,5 c	M
12923	Cas	44	7,7 c	16,4 ab	MA	—	15,8 a	MA
13242	Guava	113	8,8 c	7,2 b	A	—	—	—
13244	Guava	97	13,5 c	9,7 ab	MA	4,1 ab	1,1 c	B

*Valores con igual letra dentro de cada columna son iguales entre sí según la prueba de Tukey al 5%.

**Indice de daño: (B) bajo, (M) medio, (A) alto y (MA) muy alto.

CUADRO 3. Incidencia de *A. striata* durante los meses de mínima producción (junio) y máxima producción (setiembre) para árboles catalogados como de alta productividad (> 90 frutos/árbol). Turrialba, Costa Rica, 1996-1997.

Introducción	Especie	Peso Fruto	No. Larvas		Indice de daño	No. Larvas		Indice de daño**
			Jun-96	Jun-97		Set-96	Set-97	
474	Guava	62	39,1 a*	29,0 ab	MA	6,7 bc	18,7 a	M
5409	Guava	51	13,1 bcd	40,3 a	MA	1,9 bcd	8,3 abcd	A
7238	Guava	52	16,5 bcd	12,1 bc	MA	4,4 bcd	3,1 cd	M
7824	Guava	65	13,5 bcd	21,0 ab	MA	4,7 bcd	11,1 abc	A
8077	Guava	62	26,7 ab	12,1 bc	MA	2,1 bcd	13,4 ab	MA
8078	Guava	65	10,4 cd	17,2 abc	MA	1,4 bcd	21,1 a	B
8718	Guava	116	2,6 d	17,1 abc	MA	0,2 d	15,8 a	MA
8719	Guava	127	10,6 cd	4,1 c	A	1,0 cd	1,8 d	B
8720	Guava	65	8,1 cd	11,6 bc	A	1,4 bcd	6,6bcd	M
9566	Guava	62	4,6 d	10,6 bc	A	2,5 bcd	5,3 bcd	M
9614	Guava	74	10,9 cd	36,8 ab	MA	2,1 bcd	7,5 abcd	M
9963	Guava	80	14,5 bcd	25,7 ab	MA	0,2 d	10,7 abc	A
12169	Guava	42	—	32,1 ab	MA	7,2 b	2,42	M
12293	Guava	126	13,7 bcd	4,2 c	MA	3,5 bcd	5,2 bcd	M
13243	Guava	87	—	5,7 c	M	2,4 bcd	2,6 cd	B
13954	Guava	50	18,9 bc	11,8 bc	MA	0,0d	4,1 cd	M
14269	Guava	62	17,9 bcd	12,8 bc	MA	0,9 cd	5,8 bcd	M
15353	Guava	55	14,8 bcd	—	MA	17,1 a	10,4 abcd	MA

*Valores con igual letra dentro de cada columna son iguales entre sí según la prueba de Tukey al 5%.

**Indice de daño: (B) bajo, (M) medio, (A) alto y (MA) muy alto.

ficados de productividad media, solamente las introducciones 8076 y 13244 mostraron índices de susceptibilidad bajos (Cuadro 2) mientras que en los materiales de baja productividad, se determinó baja infestación en las introducciones 7834 y el 9369 (Cuadro 1). En setiembre, 14

materiales presentaron índices de susceptibilidad medios (M), seis altos (A) y nueve muy altos (MA), mientras que en junio, durante la menor producción de frutos, casi todos los genotipos presentaron índices de infestación altos (A) o muy altos (MA). Suplicy *et al.* (1984) informaron que

el pH destacó entre los factores intrínsecos de los frutos de guayaba que ejerció influencia significativa sobre el índice de infestación de *Anastrepha* spp. en cinco variedades de guayaba; mientras que los grados Brix solamente mostró influencia en tres de las variedades. En este estudio, el pH de los frutos presentó gran variabilidad (2,9 - 4,2) entre los materiales, pero no se determinó una correlación con la infestación de larvas.

Evaluación de parasitismo. Durante 1997, se evaluó el parasitismo causado por *Dorytobracon areolatus* (Szepliget 1911) (Hymenoptera: Braconidae). Según Cave 1995, este parasitoide se encuentra distribuido en América Central, América del Sur, México y Florida. El parasitismo fluctuó entre 0,52% y 1,57% en los períodos de abril a junio, y correspondió a la época de mayor infestación por fruto, no obstante, el nivel de infestación en la plantación total fue bajo debido a la reducida producción. De julio a setiembre cuando la infestación relativa por fruto fue baja y la producción fue alta, el parasitismo fluctuó de 6,07% - 9,36% (Fig. 6). En Guatemala, Eskafi (1990) informó de un parasitismo combinado para *Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) que varió entre 0,04% y 7,95%, con un promedio de 1,5%, con los parasitoides *Dorytobracon crawfordi* Viereck y *Biosteres longicaudatus* Ashmead, y en menor grado con *D. areolatus*. Sin embargo, en guayaba solamente informaron de parasitismo por *D. crawfordi*.

Es importante destacar que *D. areolatus* es la especie nativa de mayor distribución geográfica en Costa Rica y se ha encontrado parasitando *Anastrepha obliqua* Macquart, *A. striata* y *A. distincta* (Green) (Jirón y Mexzon 1989). Otros parasitoides ocasionales fueron una especie de *Cynipidae* y una especie de *Diapridae*. Por tanto, *D. areolatus* es la que podría tener potencial para ser utilizada en programas de control biológico mediante liberaciones inoculativas. No obstante, Jirón y Mexzon (1989) indicaron que los parasitoides de moscas de la fruta en Costa Rica muestran poca especificidad, lo cual sugiere que su uso

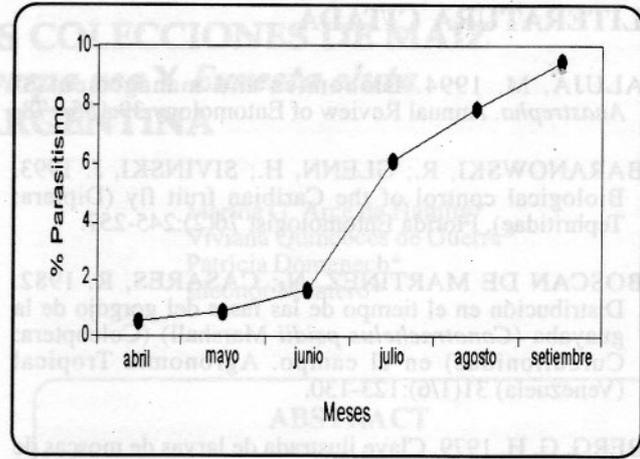


Fig. 6. Porcentaje de parasitismo causado por *Dorytobracon areolatus* en larvas de *A. striata*. Turrialba, Costa Rica, 1997.

como método de control de Tephritidos podría ser ineficaz, debido a que los parasitoides se dispersan desde las especies foco, y para mantener los niveles de mosca bajo el nivel de daño económico sería necesario realizar liberaciones masivas sucesivas de los parasitoides.

CONCLUSIONES

Se observaron varios patrones de abundancia estacional de *Anastrepha striata*, de acuerdo a la productividad de los genotipos, pero en general, los picos poblacionales de esta plaga se presentaron en junio, coincidiendo con períodos de baja producción de frutos. Los niveles más bajos de la plaga, se presentaron en setiembre-octubre, coincidiendo con los períodos de mayor producción de frutos.

La producción máxima de frutos se presentó en setiembre, aunque esta va desde agosto a octubre, los cuales coinciden con la floración fuerte de abril y mayo.

Se obtuvo una correlación negativa significativa entre la infestación de larvas y el rendimiento (cosecha), que indica una reducción en la infestación de larvas, conforme se aumenta la cosecha.

El parasitoide *Dorytobracon areolatus* presentó niveles bajos de parasitismo, que se incrementaron conforme aumentó el número de frutos producidos.

LITERATURA CITADA

- ALUJA, M. 1994. Bionomics and management of *Anastrepha*. Annual Review of Entomology 39:155-178.
- BARANOWSKI, R.; GLENN, H.; SIVINSKI, J. 1993. Biological control of the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist 76(2):245-257.
- BOSCAN DE MARTINEZ, N.; CASARES, R. 1982. Distribución en el tiempo de las fases del gorgojo de la guayaba (*Conotrachelus psidii* Marshall) (Coleoptera: Curculionidae) en el campo. Agronomía Tropical (Venezuela) 31(1/6):123-130.
- BERG, G. H. 1979. Clave ilustrada de larvas de moscas de la fruta de la Familia Tephritidae. OIRSA. 36 p.
- ESKAFI, F.M. 1990. Parasitism of fruit flies *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera Tephritidae) in Guatemala. Entomophaga 35(3):355-362.
- CAVE, R.D. 1995. Manual para el reconocimiento de parasitoides de plagas en América Central. 1 ed. Honduras, EAP. 202 p.
- HEDSTROM, I. 1992. Why do guava fruit flies, *Anastrepha striata* (Tephritidae) avoid the upper canopy of host trees? Tropical Pest Management 38(2):136-143.
- JIRON, L. F.; HEDSTROM, I. 1988. Occurrence of fruit flies of the genera *Anastrepha* and *Ceratitis* (Diptera Tephritidae) and their host plant availability in Costa Rica. Florida Entomologist 71:63-73.
- JIRON, L.F.; SOTO-MANATI, J.; NORRBOOM, A.L. 1988. A preliminar list of the fruit flies of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) in Costa Rica. Florida Entomologist 71:130-137.
- JIRON, L.F.; MEXZON, R.G. 1989. Parasitoid hymenopterans of Costa Rica: geographical distribution of the species associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae). Entomophaga 34:53-60.
- OLARTE, E.W. 1980. Dinámica poblacional del complejo constituido por moscas de las frutas *Anastrepha striata* Sch. *Anastrepha fraterculus* Wied. En el medio ecológico del sur de Santander. Bucaramanga, Colombia, Universidad de Santander. 69 p.
- SUPLICY F.N.; SAMPAIO, A.S.; MYAZAKI, I.; BITRAN, E.A.; OLIVEIRA, D.A.; VEIGA, A.A. 1984. Estudio de factores determinantes do grau de susceptibilidade ao parasitismo por moscas das frutas *Anastrepha* spp. em cinco variedades de goiaba. Biológico 50(8) 169-176.

SUSCEPTIBILIDAD DE SEIS COLECCIONES DE MAÍZ AL ATAQUE DE *Helicoverpa zea* Y *Euxesta eluta* EN JUJUY, ARGENTINA

Martha G. Arce de Hamity*
Viviana Quincoces de Guerra*
Patricia Domenech*
Eleonor Montero*

RESUMEN

Se evaluó el daño de *Helicoverpa zea* y *Euxesta eluta* en mazorcas de maíces autóctonos amiláceos para determinar la relación entre nivel de daño en las mazorcas y la coloración de los granos. El experimento se realizó en condiciones de campo en la Prepuna, Jujuy, Argentina, durante dos años consecutivos (1994-95 y 1995-96) y se muestrearon 423 y 1161 mazorcas en cada temporada, respectivamente. Las mazorcas fueron clasificadas por color, registrándose el daño según la especie. El porcentaje total de espigas dañadas, en función del tiempo para ambas temporadas (50,83% y 52,11% respectivamente) fue similar. La evaluación del daño en los distintos colores indica que los maíces con granos blancos reciben menos ataques con respecto a las de color. Entre las espigas coloreadas, las de granos cremosos son menos atacadas y los infectados severamente fueron especies con granos amarillos, morados-lilas y rojos. Los valores de infestación natural indica que ninguna colección de maíz autóctono amiláceo es resistente a las dos plagas.

Palabras claves: *Helicoverpa zea*, *Euxesta eluta*, Maíz, Susceptibilidad, Argentina.

ABSTRACT

SUSCEPTIBILITY OF SIX COLLECTIONS OF MAIZE TO ATTACK FROM *Helicoverpa zea* AND *Euxesta eluta* IN JUJUY, ARGENTINA. Damage by *Helicoverpa zea* and *Euxesta eluta* to native starched corn cobs was evaluated with the aim of determining if the level of damage to cobs depended upon the colour of the grains. A field experiment was performed in the Prepuna, Jujuy, Argentina, during two consecutive years (1994/5 and 1995/6), 423 and 1161 cobs were sampled in each season. The cobs were separated by colour, recording their damage by the aforementioned species. The total percentage of damaged ears as a function of time in the two seasons, (50,83% and 52,11% respectively) is similar. Evaluation of damage to particular colours indicates that corn with white grains receives less attacks than coloured corn. Amongst coloured ears, those with creamy grains are least attacked and yellow, purple-lilac and red are severely infected. The levels of natural infestation indicate that collections of native starched corn are not resistant to the two pests.

Key words: *Helicoverpa zea*, *Euxesta eluta*, Corn, Susceptibility, Argentina

INTRODUCCION

El maíz, cultivo ancestral y base de la alimentación de los pueblos americanos se caracteriza por su gran adaptación al ambiente andino. Además tiene diversos usos, como forraje, alimento, bebidas, entre otros.

La Quebrada de Humahuaca, Argentina y regiones vecinas poseen el 27,7% del total del maíz sembrado en la provincia de Jujuy. Además son las más ricas en maíces autóctonos o indígenas. Estos presentan un policromismo llamativo que

va del blanco al azul-violaceo casi negro, pasando por el amarillo y rosado, solos o combinados en cada grano, extendiéndose uniformemente en franjas.

Parodi (1933) consigna los siguientes grupos: 1) Maíces córneos (*Zea mays - indurata* Sturt) usado para preparación de comidas o para consumir como "choclo". 2) Maíces amiláceos (*Zea mays - amylacea* Sturt) grupo más importante, distinguiéndose "capia" y "culli". Los primeros destinados para mote y harina, los segundos para elaboración de "chicha". 3) Maíces reventones (*Zea mays - everta* Sturt) empleados para tostar y freír.

Cada grupo presenta diversas colecciones que varían en porte, ciclo, tamaño y color de las mazorcas.

Recibido: 07/10/97. Aprobado: 4/12/98.

*Instituto de Biología de la Altura. Sec. Entomología. UNJu. Avda. Bolivia 1661. S.S. de Jujuy (4600). Argentina.

Entre los insectos plagas que atacan estos maíces, se destacan las larvas de varias especies de Noctuidos, predominando *Helicoverpa zea* Boddie (Lep. Noctuidae), que causa daños directos a las mazorcas, impidiendo el desarrollo normal de los granos o destruyendo los ya formados, y *Euxesta eluta* Loew (Dip. Otitidae) plaga secundaria cuyas larvas aceleran la putrefacción de las mazorcas atacadas o no por *H. zea* (Arce de Hamity y Neder de Román 1980, Arce de Hamity 1986 y Branco *et al.* 1994).

El ataque de estos dos insectos provoca serios daños en las mazorcas de la zona, en particular en los tipos coloreados, por lo cual los productores prefieren destinar las tierras al maíz blanco, en detrimento de las colecciones coloreadas.

La Quebrada de Humahuaca es considerada un centro geográfico de reserva genética de maíz (Marino 1934); sin embargo, carece de estudios sobre los daños causados por *H. zea* y *E. eluta* en los maíces autóctonos.

El objetivo es evaluar la relación entre el nivel de daño causado por *H. zea* y *E. eluta* y la coloración de los granos en maíces autóctonos amiláceos, así como determinar si existe homogeneidad de ataque entre fechas de muestreos en cada temporada o ciclo de cultivo.

MATERIALES Y METODOS

En una parcela, ubicada en la localidad de Tilcara, Argentina se sembraron seis colecciones de maíz durante dos temporadas consecutivas. Las semillas utilizadas proceden del mercado de la zona.

La parcela, del tamaño de las cultivadas en la zona (aproximadamente 500 m²), fue manejada de acuerdo al sistema tradicional que consiste de roturación del suelo con arado tirado por bueyes en invierno, incorporación de abono (estiércol). La siembra en primavera se realizó manualmente y sin mezclar los maíces el 1/11/94 y 24/10/95 para ambas fechas; a los 20 días después de la siembra se proporcionó el primer riego de asiento.

Además se realizó una deshierba manual y "aporcado" con cultivadora a tracción animal. La cosecha fue a mano en la época de verano.

La aparición de las primeras mazorcas maduras marcó el inicio de los muestreos.

La muestra consistió de un número variable de mazorcas maduras, lo cual dependió de la evolución del cultivo. Las muestras se realizaron con una frecuencia aproximada de 8 días, hasta el fin de la cosecha.

En cada fecha de muestreo se efectuó el recuento total de mazorcas, y se procedió a separarlas por color. Para cada grupo se registró el número de mazorcas sanas y atacadas, discriminado el daño causado por *H. zea* o *E. eluta*.

En lo referente a los colores, para la sistematización de datos se agruparon en las siguientes categorías: blanco, cremoso, amarillo, morado-lila, moteado y rojo.

Para analizar la variación del ataque de *H. zea* y *E. eluta* en el total de mazorcas, en función del tiempo de muestreo, se utilizó la Prueba de Homogeneidad del X^2 .

En la determinación de la variación entre el grado de ataque y el color o forma de maíz, se empleó la Prueba de Independencia de X^2 . El análisis de la variación de ataque entre colores se hizo con base en la descomposición de los grados de libertad en la prueba de Independencia del X^2 . Para la comparación de las proporciones generales de ambas temporadas se utilizó la Prueba de Z.

RESULTADOS

En los cuadros 1 y 2, se presentan los resultados de la recolección de mazorca por fechas, discriminando las atacadas y no atacadas, y los resultados de la Prueba de Homogeneidad del X^2 para cada temporada.

No existen evidencias para descartar la homogeneidad del ataque entre fechas, en ambos años.

El Cuadro 3, presenta los resultados de mazorcas sanas y atacadas, discriminando por color para ambas temporadas y los valores de X^2 de la Prueba de Independencia.

CUADRO 1. Mazorcas maduras atacadas y sanas, por fecha de muestreo, Tilcara, Argentina. 1994-1995.

Fechas	Atacadas	Sanas	Total
08/03/95	5	7	12
15/03/95	36	35	71
22/03/95	67	73	140
05/04/95	49	48	97
12/04/95	30	30	60
26/04/95	28	15	43
Total	215	208	423

$X^2 = 4,430$ ($P > 0,30$)

CUADRO 2. Mazorcas maduras atacadas y sanas por fecha de muestreo, Tilcara, Argentina. 1995-1996.

Fechas	Atacadas	Sanas	Total
28/02/96	99	58	157
06/03/96	67	53	120
13/03/96	105	97	202
20/03/96	97	92	189
29/03/96	53	47	100
03/04/96	43	48	91
17/04/96	45	57	102
24/04/96	48	52	100
08/05/96	48	52	100
TOTAL	605	556	1161

$X^2 = 13,11$ ($P > 0,10$)

En ambos casos, existen evidencias para rechazar la hipótesis nula de Independencia entre ataque de *H. zea* y *E. eluta* y el color.

Los valores de X^2 en la descomposición de los grados de libertad de los datos del cuadro 3 para ambas temporadas, son los siguientes:

Característica	1994/1995	1995/1996
Blanco vs. Color	20,445 ($P < 0,01$)	29,424 ($P < 0,01$)
Crema vs. Otros Colores	3,843 ($P < 0,05$)	7,241 ($P < 0,01$)

Para la característica blanco vs color y crema vs otros colores existen evidencias para rechazar la hipótesis nula de Independencia entre ataque y colores.

En el Cuadro 4, se presentan los porcentajes de mazorcas dañadas, discriminadas por color, así como el total para las dos temporadas.

La comparación de los porcentajes generales de ataque para ambas campañas no manifiesta diferencias significativas: $Z_c = 0,452$ ($P > 0,65$).

En la figura 1 se muestra el total de mazorcas dañadas y sanas, en ambas temporadas, discriminando el ataque por *H. zea*, *E. eluta* y *H. zea + E. eluta* y color de granos.

DISCUSION

Los resultados obtenidos, al analizar el total de espigas dañadas en función del tiempo en las dos temporadas, indica que el ataque se comporta en forma similar en las distintas fechas. O sea, que desde el inicio de la cosecha hasta finalizar la misma, los valores del daño se pueden considerar semejantes.

El análisis de la variación de la infestación por *H. zea* y *E. eluta*, en función del color de las mazorcas, indica que puede considerarse que el color incide en el grado de ataque.

La evaluación del daño, según el color de las mazorcas, demuestra que los maíces con granos blancos sufren menos ataque con respecto a las de color. Entre las mazorcas coloreadas, la de granos cremosos son menos atacadas y las infectadas severamente son las amarillas, moradas-lilas y rojas.

Cuando se analiza la incidencia de cada plaga en las distintas colecciones de mazorcas, la especie más dañina es *H. zea*, alcanzando en los maíces morados-lilas, valores de hasta 70% de daño.

En la comparación del porcentaje general de mazorcas dañadas en las dos temporadas, no se

CUADRO 3. Mazorcas atacadas y sanas, discriminadas por ciclo 1994 - 1995 y 1995-1996, Tilcara, Argentina.

Color	1994-1995		1995-1996	
	Atacadas	Sanas	Atacadas	Sanas
Blanco	54	96	187	258
Cremoso	36	37	107	104
Amarillo	32	16	122	46
Morado-Lila	32	15	5	2
Moteados	52	39	162	140
Rojos	9	5	22	6
Total	215	208	605	556
	X^2 26,147 (P < 0,01)		X^2 55,814 (P < 0,01)	

CUADRO 4: Porcentaje de ataque por color y general en dos temporadas, Tilcara, Argentina. 1994-1995 y 1995-1996.

Color	1995 (%)	1996 (%)
blanco	36,00	42,02
cremoso	49,32	50,71
amarillo	66,67	72,62
morado-lila	68,09	71,43
moteados	57,14	53,64
rojos	64,29	78,57
general	50,83	52,11

encontraron diferencias significativas entre ambas 50,83% y 52,11%, respectivamente, para 1995 y 1996).

Estos valores de infestación natural, indican que en general, ninguna forma de maíz autóctono amiláceos es resistente a las dos plagas.

El maíz blanco, dentro de los maíces nativos es el menos susceptible naturalmente al ataque de *H. zea* y *E. eluta*; esta característica sería importante considerarla para la formación de nuevas poblaciones híbridas resistentes. Por otro lado, los maíces coloreados, que son los más susceptibles, deben conservarse por su valor genotípico.

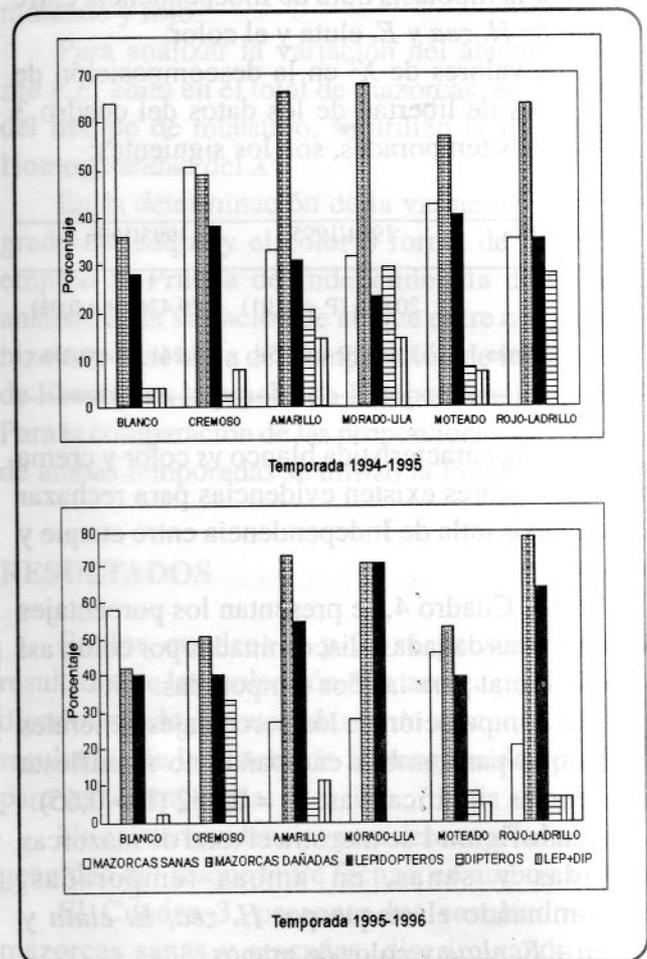


Fig. 1. Total de mazorcas sanas y dañadas discriminando el ataque por *H. zea*, *E. eluta* y *H. zea* + *E. eluta* y color de grano en las dos temporadas.

En ambos casos, es necesario minimizar la incidencia de estas plagas, mediante la implementación de técnicas agroecológicas, que regulen o disminuyan las poblaciones de *H. zea* y *E. eluta*.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Fernando Navarro (Fundación Miguel Lillo) por la identificación de la especie *Helicoverpa zea*, al Sr. Holger Schmid por el resumen en inglés y a la Sra. Rosa Quispe por Tareas de Laboratorio.

LITERATURA CITADA

Arce de Hamity, M.G.; Neder de Román, L.E. 1980. Evaluación y variación altitudinal de la entomofauna en los maíces autóctonos de la Provincia de Jujuy. Buenos Aires, Arg. Neotrópica. p. 57-64.

Arce de Hamity, M.G. 1986. Biología de *Euxesta eluta* (Dip. Otitidae). Comportamiento en el ataque y putrefacción de las espigas de maíz. Acta Zoológica Lilloana 38(2):119-128.

Branco, M.C.; Villas Boas, G.; Reifschneider, F.J.; Cruz, I. 1994. Avaliação da resistencia a *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera : Noctuidae) e *Euxesta sp* (Diptera: Otitidae) em linnhagens de Milho-Doce. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 23(1):137-140.

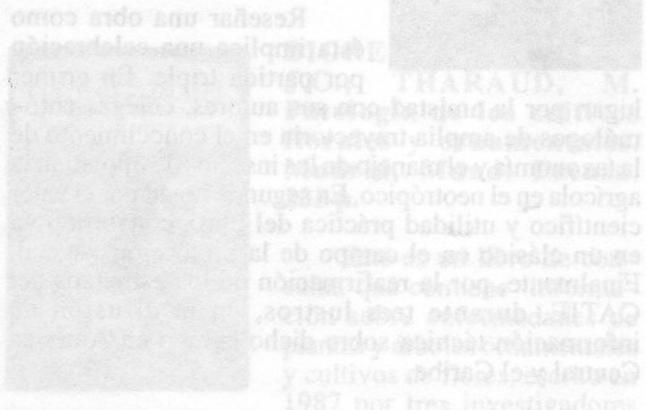
Marino, A.E. 1934. La agricultura en la Quebrada de Humahuaca (Jujuy). Trab. Inédito. Buenos Aires, Institución Mitre. s. p.

Parodi, L.R. 1933. Notas preliminares sobre plantas sudamericanas cultivables en la provincia de Jujuy. GAEA. Ann. Soc. Est. Geog. Tomo IV. N° 1. p. 19-28. Bs. As.

Para las bacterias fitopatógenas, se incluye la ubicación de estas en la clasificación de Procariones,



algunos causan graves daños a los cultivos y también son transmisores de enfermedades a los seres humanos. La obra es de gran utilidad para investigadores, estudiantes y personal de cultivos y unidades vegetales de los países especialmente porque existen pocas obras sobre el tema que reúnan información tan valiosa.



La actual edición presenta información sobre casi 400 especies de insectos, ácaros y moluscos que afectan a 37 cultivos anuales y de valor nutricional, en América Central, muchas de las cuales tienen amplios ámbitos de distribución, por lo que la información es útil para los técnicos de otras regiones tropicales y subtropicales.

Mantiene la estructura de la edición anterior, con una clave dicotómica de daño (por cultivo, estado fenológico y estructura afectada), la cual es muy funcional, pues permite identificar con agilidad a las principales plagas. Una vez hecho esto, remite a un

SECCION INFORMATIVA

RESEÑAS DE PUBLICACIONES



SAUNDERS, J.L.; COTO, D.T.; KING, A.B.S. 1998. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. 2 ed. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico No. 29. 305 p.

Reseñar una obra como ésta implica una celebración por partida triple. En primer lugar, por la amistad con sus autores, colegas entomólogos de amplia trayectoria en el conocimiento de la taxonomía y el manejo de los insectos de importancia agrícola en el neotrópico. En segundo lugar, por el valor científico y utilidad práctica del libro, convertido ya en un clásico en el campo de la protección vegetal. Finalmente, por la reafirmación de los esfuerzos del CATIE, durante tres lustros, en la difusión de información técnica sobre dicho campo en América Central y el Caribe.

En realidad, el libro corresponde a la segunda edición de la obra homónima, publicada en 1984 por Andrew King y Joseph Saunders con el apoyo editorial de la ODA (Inglaterra), ahora con la incorporación de un nuevo autor, Daniel Coto. Los 14 años que separan a ambas obras han atestado una demanda casi febril por el libro, que hizo que las dos versiones (en español e inglés) se agotaran rápidamente. Hoy, sus autores no solamente llenan ese vacío, sino que nos presentan una edición actualizada y enriquecida con información reciente sobre plagas nuevas y antiguas; además, se mejoró en varios aspectos formales, incluyendo la impresión en papel brillante de gran calidad.

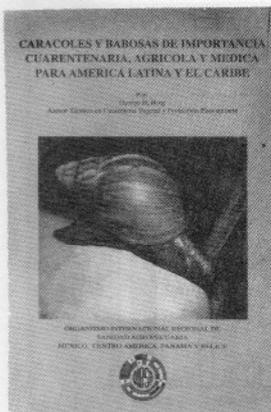
La actual edición presenta información sobre casi 400 especies de insectos, ácaros y moluscos que afectan a 37 cultivos anuales y de valor nutricional, en América Central, muchas de las cuales tienen amplios ámbitos de distribución, por lo que la información es útil para los técnicos de otras regiones tropicales y subtropicales.

Mantiene la estructura de la edición anterior, con una clave dicotómica de daño (por cultivo, estado fenológico y estructura afectada), la cual es muy funcional, pues permite identificar con agilidad a las principales plagas. Una vez hecho esto, remite a un

recuento de la especie, el cual incluye información sobre su sinonimia, nombres comunes, distribución geográfica, hospedantes, ciclo de vida, daño, *status* de plaga y métodos de manejo. Dichos recuentos son complementados con una lista de referencias y fotografías a color, de las cuales aparecen 425 en el libro.

Puesto que en la noción y prácticas del manejo integrado de plagas no se excluye el uso de insecticidas, la última sección del libro se orienta a dar orientaciones para su uso racional. Sobresalen dos amplios cuadros, ricos en información acerca de su nomenclatura, naturaleza química, toxicidad, modo de acción, formulaciones, intervalos antes de la cosecha y fitotoxicidad. Ambos están precedidos por una explicación de los fundamentos teóricos de su contenido, escrita de manera breve y clara.

Agradecemos a los autores y al CATIE este notable esfuerzo por poner a disposición de los extensionistas y los estudiantes, especialmente, esta valiosa obra, tan útil como herramienta para el diagnóstico y manejo de plagas y, por tanto, para el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles en los trópicos. (Reseñado por: Dr. Luko Hilje. Unidad de Fitoprotección, CATIE).



Caracoles y babosas de importancia cuarentenaria, agrícola y médica para América Latina y el Caribe. 1997. San Salvador, El Salvador, OIRSA. 132 p.

Este documento recopila información sobre caracoles y babosas de importancia cuarentenaria, agrícola y médica para América Latina y El Caribe. El tema es de gran interés, porque estos organismos causan graves daños a los cultivos y también son transmisores de enfermedades a los seres humanos. La obra es de gran utilidad para investigadores, estudiantes y personal de cuarentena y sanidad vegetal de los países especialmente porque existen pocas obras sobre el tema que reúnan información tan valiosa.

El libro consta de varias secciones: I. Importancia económica. II. Introducción de especies exóticas. III. Introducción al filum molusco. IV. Descripción sistemática e importancia económica y cuarentenaria. V. Medidas cuarentenarias y clave para la identificación de especies de importancia económica y cuarentenaria. (Reseñado por: MSc. Daniel Coto. Unidad de Fitoprotección, CATIE).



SOSA-MOSS, C.; PERDOMO ROLDAN, F.; BRATHWAITE, C.W.D.; SALAZAR CRUZ, J.J. 1997. Manual de Técnicas para el Diagnóstico de las Enfermedades de las Plantas. México, IICA. 223 p.

Los autores describen en siete capítulos los aspectos fundamentales para el desarrollo de un diagnóstico fitosanitario. El primer capítulo es sobre la identificación de hongos, el cual puede ser mediante observación directa del tejido afectado. Se describen algunas técnicas de cultivo de los principales patógenos de importancia económica.

También se presentan las técnicas más importantes para la preservación de hongos, tales como liofilización, preservación en aceite mineral y conservación en seco, así como los ingredientes, las proporciones y la metodología a seguir para la elaboración de los medios de cultivo.

Para las bacterias fitopatógenas, se incluye la ubicación de éstas en la clasificación de Procariotes, así como los pasos a seguir para realizar la identificación de las mismas, incluyendo la recolección y el transporte de las muestras. Se describe el proceso mediante la detección rápida e identificación precisa, los diferentes métodos de preservación y los medios de cultivo comúnmente utilizados para su reproducción.

En el capítulo de identificación de nematodos fitoparásitos se resalta la importancia del muestreo y las características que lo definen; la extracción y la preservación de nematodos del suelo y tejidos

vegetales; la identificación de las especies y los reactivos utilizados en las técnicas de electroforesis bidimensional.

También explica las técnicas para la detección de virus, viroides y otros patógenos, destacando las etapas de la purificación, los tipos de virus, la transmisión de los mismos, la detección mediante técnicas como ELISA y DAS ELISA.

En síntesis, constituye un apoyo para los técnicos dedicados a la identificación de patógenos de plantas. En él se presenta tanto las técnicas de diagnóstico en uso, así como otras más novedosas, las cuales garantizan la confiabilidad que exigen los sistemas internacionales de comercio.

(Reseñado por: Ing. Christian Zúñiga Pereira. Unidad de Fitoprotección, CATIE).



BIGRE, J.B.; MORAND, J.C.; THARAUD, M. Patología de los cultivos florales y ornamentales. Madrid, Mundi Prensa. 233 p.

Este es un libro de consulta, que contiene información sobre enfermedades de plantas y árboles ornamentales y cultivos de flores, escrito en 1987 por tres investigadores

franceses y traducido al español en 1990, por Peña Iglesias. El libro está dividido en capítulos de acuerdo a los grupos más grandes de patógenos que afectan las plantas ornamentales: hongos (divididos en familias), bacterias y virus. De cada grupo de patógenos presenta una revisión general sus características biológicas y una lista de los patógenos más importantes. Para cada patógeno incluye hospedantes, síntomas y recomendaciones de manejo. El libro contiene fotografías a color sobre las enfermedades y dos anexos con listas de los patógenos y enfermedades por hospedante.

(Reseñado por: Dra. Vera Sánchez, Unidad de Fitoprotección, CATIE).

FUTUROS EVENTOS

18 - 19 Marzo, 1999

Symposium on Biological Control in the Tropics

Información:

National Council for Biological Control
Malasia, MARDI
P.O. Box 12301, 50774 Kuala Lumpur, Malasia
Tel.: 60-03-948-7639
Fax: 60-03-943-7432
EMail: anwar@mardi.my

7 - 9 Abril, 1999

Plaguicidas y Alternativas

Información:

Ing. Marcos L. Pacett
CRESAPC
Av Melchor Pinto 137, 1ª
Casilla 2503. Bolivia
Fax: 0591-3-360049
EMail: cresap@movinet.bo.com

12 - 16 Abril, 1999

7º Simposio de Epidemiología de Virus

Información:

A. Fereres CCMA-CSIC
Serrano MS dpdo 28006
Madrid, España
Fax: 341 5640800
EMail: ebvaf22@fresno.csis.es

12 - 16 Abril, 1999

XLV Reunión Anual del PCCMCA

Información:

PCCMCA
Fax: (502)631-2002
EMail: ictagme@concyt.gob.gt

Mayo, 1999

5th International Conference on Plant Protection in the Tropics

Información:

Malaysian Plant Protection Society (MAPPS)
N.Z. Radziah
EMail: sivagam@marchi.my
Fax 60-3-656-5251

18 - 21 Mayo, 1999

Congreso Internacional de Producción Orgánica de Hortalizas en el Trópico

Información:

REDCAHOR
Apartado 6742-1000
San José, Costa Rica
Tel.: (506)229-0200
Fax: (506)229-4689
EMail: jechever@iica.ac.cr

21 Mayo - 3 Julio, 1999

International Course on Integrated Pest Management

Información:

International Agriculture Center
P.O. Box 88
6700 A.B. Wageningen - The Netherlands
Fax: 731-317-418552

1 - 4 Julio, 1999

XVI Congreso Venezolano de Entomología

Información:

Instituto de Zoología Agrícola. Fac. de Agronomía
Universidad Central de Venezuela
Apartado Postal 4579
Maracay 2101-A Estado de Aragua, Venezuela
Fax: 043 507085
EMail: entomologia@unefm.edu.ve

25 - 30 Julio, 1999

14th International Congress on Plant Protection

Información:

IPPC Secretariat
P.O. Box 50006
Tel Aviv 61500
Israel
Fax: 972-35140077
EMail: ippc@kenes.com

16 - 19 Marzo, 2000

Tizón tardío: un reto para la seguridad alimentaria mundial

Información:

GILB, CIP
Apartado 1558, Lima 12, Perú
Fax: 51-1-349-5638
EMail: m.kearl@cgnet.com

19 - 21 Mayo, 2000

World Neem Conference

Información:

M.B. Isman
Dept. of Plant Science
University of British Columbia
Vancouver, B.C. V6T 1Z4, Canadá
Fax: 1-604-822-8640

3 - 6 Junio, 2000

22nd Brazilian Weed Science Congress

Información:

B.N. Rodrigues
Foz do Iguassu, PR, Brazil
EMail: sbcpd@cnpso.embrapa.br ó noedi@pr.gov.br

20 - 26 Agosto, 2000

21st International Congress of Entomology

Información:

D.L. Gazzoni
Iguassu Falls, Brazil.
EMail: francovi@sercomtel.com.br
Web site: www.embrapa.br/ice



MOSCA BLANCA AL DIA

Coordinador: Luko Hilje
(lhilje@catie.ac.cr)



No. 25

Diciembre, 1998

NOTA EDITORIAL



Al finalizar otro año y realizar el balance pertinente, deseamos compartir nuestro sentimiento de optimismo. A pesar de muchas dificultades, nuestra red de colaboración se mantiene productiva y útil, como se demostró en el reciente VII Taller, y tiende a fortalecerse con algunas actividades del proyecto Sustainable Integrated Management of Whiteflies as Pest and Vectors of Plant Viruses in the Tropics (CIAT) y de la Red Colaborativa de Investigación y Desarrollo en Hortalizas (REDCAHOR). Asimismo, el intercambio de información con colegas de países externos a nuestra región se ha robustecido, como se evidenció en el simposio mundial efectuado en Puerto Rico. No hay duda de que ya hay avances importantes, prácticos, para enfrentar los problemas provocados por las moscas blancas y los geminivirus, gracias a un amplio contingente de científicos, técnicos y agricultores en todo el mundo. A todos estos amigos les enviamos nuestros deseos de que disfruten de salud y paz espiritual en esta Navidad, así como renovados bríos en el Año Nuevo.

VII TALLER



En octubre se realizó en Nicaragua VII Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus, al cual asistieron 125 personas. Agradecemos a sus coordinadores, *Martha Zamora, M.Sc.* y *Julio Monterrey, M.Sc.* y sus colaboradores, la calidad de la organización y las atenciones recibidas. También, a *Jorge Hernán Echeverri, M.Sc.* y el *Dr. James Nienhuis* (REDCAHOR), quienes financiaron la asistencia de varios representantes nacionales, así como otras actividades del evento. Asimismo, al Proyecto Mosca Blanca-CIAT y la FAO por financiar la asistencia de varios expositores. Se acordó que el VIII Taller se realice en Recife, Brasil, en octubre de 1999.

LOGROS PLAN DE ACCION



A continuación se sintetizan los avances del Plan de Acción para el Manejo de las Moscas Blancas y Geminivirus en América Latina y el Caribe, entre 1997-1998, con base en las discusiones del VII Taller.

Cobertura. Se mantienen activos los 18 países participantes en el Plan. Al Taller concurren colegas de 13 países que integran el Plan: México, Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Brasil, Argentina, República Dominicana y Cuba. No se pudo contar con representantes de Venezuela, Perú, Ecuador, Haití ni Puerto Rico. En general, las Comisiones Nacionales se han debilitado en los últimos años, por varias razones, pero siempre hay grupos activos en cada país.

Centros de diagnóstico. Aunque las actividades de diagnóstico de especies de Aleyrodidae y biotipos de *Bemisia tabaci* (EAP, Zamorano) y de geminivirus (CIBCM, Universidad de Costa Rica) se han mantenido, no se les ha aprovechado debidamente. En la actualidad, gracias al Proyecto Mosca Blanca-CIAT, se contará con un buen inventario de biotipos de *B. tabaci* y de geminivirus, al menos para los países de Mesoamérica y el Caribe.

Fuentes de información. Se han publicado 24 números del boletín trimestral *Mosca Blanca al Día*, como una sección de la revista *Manejo Integrado de Plagas* (CATIE), a la cual también se tiene acceso por internet. Pronto se publicará una memoria con las charlas magistrales, las síntesis temáticas y los informes nacionales del VII Taller, la cual será financiada por REDCAHOR. Además, el libro *Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus* ha recibido gran acogida.

Transferencia de tecnología. Si bien en casi todos los países se realizan actividades (mediante parcelas demostrativas en campos de agricultores) para validar y/o transferir algunos métodos para el manejo del complejo mosca blanca-virosis, es común escuchar que la respuesta de los agricultores no ha sido del todo positiva. Fue por esto

que, con el firme apoyo de REDCAHOR, convertimos el **VII Taller** en un evento de capacitación, esencialmente, para aprovechar la rica y original experiencia generada por los colegas de Nicaragua en el último decenio. Así, se trabajó por grupos, con metodologías para capacitar a los técnicos en la transferencia de tecnología de MIP mediante métodos participativos. Ahora en casi todos los países contamos con técnicos adiestrados en dichas metodologías, para beneficio de sus agricultores. Esto nos acerca más al eje estratégico del **Plan**, que es la validación y transferencia de tecnologías de manejo integrado de plagas (MIP) para el manejo del problema.

Aportes técnicos. Por la naturaleza del Taller, no se estimuló mucho la presentación de trabajos específicos mediante afiches (de los cuales hubo 26), sino más bien de cuatro charlas magistrales sobre temas críticos, una síntesis de los avances en el manejo del problema, e informes técnicos de países selectos (México, Cuba, Nicaragua, Brasil y Argentina).

Las charlas fueron: **Aspectos bioecológicos de Bemisia tabaci y su importancia en la epidemiología de las enfermedades virales** (Dr. Luko Hilje, CATIE), **Uso de un modelo matemático como herramienta analítica para evaluar la canasta de opciones MIP para Bemisia tabaci y los geminivirus** (Dra. Pamela Anderson, CIAT), **Taxonomía de mosca blanca: historia, status y avances** (M.Sc. Rafael Caballero, Universidad de Arizona) y **La evolución de las enfermedades virales en cultivos tradicionales y de exportación en América Latina** (Dr. Francisco Morales, CIAT).

Las síntesis de los avances para el manejo del problema se organizaron por tácticas, así: **combate fitogenético** (Dr. William González, UCR, Costa Rica), **prácticas agrícolas** (Dr. Luko Hilje, CATIE), **control biológico** (Ing. Leopoldo Serrano, UES, El Salvador), **combate legal** (M.Sc. Emigdio Gómez, JAD, Rep. Dominicana) y **combate químico** (M.Sc. Mario Bustamante, Zamorano).

Reestructuración. Aunque el eje estratégico del **Plan** seguirá siendo la validación y transferencia de tecnologías de MIP, mediante metodologías participativas, se acordó que cada taller se puede organizar según necesidades específicas del país anfitrión. Para el **VIII Taller** (Brasil) se priorizarán los informes nacionales (lo cual a su vez podría convertirse en un instrumento para reorganizar las Comisiones Nacionales) y se asignará más tiempo a la sesión de afiches. Asimismo, se mantendrá la sesión de síntesis de avances, que este año resultó muy satisfactoria, y en las charlas magistrales se procurará tener un balance entre expositores latinoamericanos y de otras regiones.

Financiamiento. Aunque se mantiene la tendencia de que cada país consiga sus propios recursos financieros para ejecutar las actividades estipuladas en el **Plan**, actualmente se cuenta con apoyo de otras iniciativas. Desde este año REDCAHOR está financiando el sobretiro y distribución de **MBDía**, y está efectuando evaluaciones regionales de varios centenares de accesiones de tomate y chile, para el mejoramiento fitogenético contra los geminivirus o su vector. Asimismo, varios países han recibido el apoyo económico del Proyecto Mosca Blanca-CIAT, que en su primera fase se ha concentrado en el inventario de biotipos de *B. tabaci* y de geminivirus, pero que en el futuro incluirá aspectos de manejo del problema.

REUNION



Del 31 de enero al 2 de febrero de 1999 se efectuará en Albuquerque, Nuevo México, la **Sétima Reunión Anual sobre el Plan Quinquenal de Moscas Blancas para los EE.UU.** Contacto: Ms. Ljisa Arth, *CNAS Deans's Office*, 311 College Building North, University of California Riverside, CA. 92521. Tel (909) 787-7292, Fax (909) 787-4190, E-mail: lisa.arth@ucr.edu

Del 18 al 21 de mayo de 1999 se realizará en Antigua Guatemala, el **Congreso Internacional de Producción Orgánica de Hortalizas en el Trópico**, organizado por REDCAHOR. Contacto: M.Sc. Jorge Hernán Echeverri REDCAHOR. IICA. San José, Costa Rica. Tel. (506) 229 0222, Fax (506) 209-4689, E-mail: jechever@iica.ac.cr



ESTE BOLETIN ESTA DISPONIBLE POR CORREO ELECTRONICO, EN LA SIGUIENTE DIRECCION:
<http://www.catie.ac.cr/80/~cicmip/>

POR FAVOR, FOTOCOPIE ESTE BOLETIN Y ENVILO RAPIDAMENTE A TODOS LOS INTERESADOS QUE CONOZCA

Este boletín es copatrocinado por:

CATIE





ACCIONES MIP EN HORTALIZAS

¿QUE ES REDCAHOR?

El objetivo de REDCAHOR es fortalecer la colaboración en investigación y desarrollo de las hortalizas en Centroamérica, Panamá y República Dominicana, con el propósito de aprovechar la tecnología de una agricultura sostenible.

Los objetivos técnicos de la Red son mejorar la adaptación de cultivos comerciales, desarrollar semilla de alta calidad libre de los patógenos más importantes, racionalizar el uso de plaguicidas y mejorar el manejo tecnológico post-cosecha.

Para lograr estos objetivos esta Red desarrolla actividades tendientes a incrementar la investigación sobre hortalizas, definir prioridades de investigación para la región, facilitar la coordinación entre los investigadores y el acceso a la información sobre los canales de mercadeo.

La meta es desarrollar una red regional de instituciones nacionales donde se discutan ideas, se prioricen agendas y se establezcan mecanismos de cooperación, con el fin de maximizar el impacto de la utilización de los recursos disponibles.

Esta Red cuenta con la coordinación técnica del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el apoyo

técnico del Centro Asiático de Investigación y Desarrollo en Hortalizas (AVRDC), y el Departamento de Horticultura de la Universidad de Wisconsin, EEUU. Con la ayuda de estas Instituciones, los países evaluarán a nivel regional variedades mejoradas que puedan tener mejor adaptación a las condiciones climáticas.

REDCAHOR busca integrar la capacidad técnica y logística de las instituciones regionales y nacionales involucradas en la investigación y el desarrollo de las hortalizas entre las que están: el CATIE, la EAP, el IDIAP (Panamá), el MAG (Costa Rica), el INTA (Nicaragua), el CENTA (El Salvador), el DICTA (Honduras), el ICTA (Guatemala) y la SEA (República Dominicana), quienes aportarán sus conocimientos y fortalezas a la RED.

Algunos de los productos esperados son el desarrollo y adopción de tecnologías de manejo integrado de plagas, desarrollo e investigación en métodos de control biológico de plagas, determinación de tecnologías necesarias para el cultivo orgánico de hortalizas y priorización de los requerimientos de investigación e iniciar acciones de coordinación para mejorar la tecnología de post-cosecha de las hortalizas.

CRÍA DE LOS PARASITOIDES *Cotesia plutellae* Y *Microplitis plutellae* DE *Plutella xylostella* EN NICARAGUA

Freddy Miranda Ortiz*
Hellen Pérez J.**
Jossué Brenes B.***

INTRODUCCION

En Centroamérica, los cultivadores de repollo han visto disminuida su producción debido a la combinación de condiciones adversas, y problemas en la adquisición de insumos agropecuarios, carencia de crédito, poca adaptabilidad de las variedades y deficiente manejo del cultivo; así como por las crecientes exigencias fitosanitarias (Barahona *et al.* 1989). En los años 70, normalmente, el repollo se sembraba dos veces por año, en primera y en postrera. A partir de los años 80, los productores se han visto obligados a concentrar la producción en la época de primera, debido al fuerte ataque de *Xanthomonas campestris* y a las altas poblaciones de *Plutella xylostella*, que causan grandes pérdidas en este cultivo.

El uso intensivo de plaguicidas, como táctica principal de manejo de estos problemas fitosanitarios, ha provocado un

desequilibrio ecológico de tal magnitud, que plagas con anterioridad secundarias como *Ascia monuste* y *Leptophobia aripa* se constituyen hoy en un problema. Esta situación se ha agravado por el uso incorrecto de prácticas agronómicas (Miranda 1989 y Varela 1991).

En Nicaragua, el control de *Plutella* se ha limitado al uso de productos químicos, llegando a realizarse en un ciclo productivo entre 10 y 20 aplicaciones. (Miranda 1989) y en Costa Rica, se informa de 22 aplicaciones en promedio durante la época seca (Saborío 1991). Esto demuestra que los productores de repollo utilizan grandes cantidades de plaguicidas para obtener su cosecha. (Appel 1990).

La Universidad Nacional Agraria de Nicaragua, a través de la Escuela de Sanidad Vegetal inició desde 1995 investigaciones sobre prácticas de manejo integrado de las plagas (MIP) del Repollo, con el propósito de encontrar alternativas no químicas de manejo. Como parte de estas investigaciones se han evaluado microorganismos como *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringiensis* e

insecticidas microbiales como Dipel y de origen botánico como Nim 20.

A inicios de 1998, por iniciativa de la Red Colaborativa de Investigación y Desarrollo de las Hortalizas para América Central, Panamá y República Dominicana, REDCAHOR, se introdujeron a la región varios parasitoides de la palomilla del repollo, entre ellos: *Diadegma semiclausum*, *Cotesia plutellae* y *Microplitis plutellae*.

Con el objetivo de capacitar a un técnico de la región en la crianza de los parasitoides, REDCAHOR otorgó una beca a un funcionario de la Universidad Nacional Agraria, en el Centro Asiático de Investigación y Desarrollo Hortícola (AVRDC) de Taiwán, Centro que facilitó dichos parasitoides.

Con base en la información disponible sobre adaptación de los tres parasitoides y en la recomendación del Grupo Interinstitucional e Interdisciplinario sobre Sistemas Hortícolas, (GIISH), de Nicaragua, la Red procedió a la cuarentena y estudio de adaptación de los parasitoides

*Docente investigador Escuela de Sanidad Vegetal UNA.

**Estudiante tesista de la Escuela de Sanidad Vegetal UNA.

***Estudiante de la Escuela de Sanidad Vegetal UNA.

en dos lugares diferentes; *D. semiclausum* en la EAP/Zamorano, y *C. plutellae* y *M. plutellae* en la UNA, Nicaragua.

A partir de mayo de 1998 se inició bajo la supervisión de las autoridades de cuarentena de Nicaragua, la crianza del *C. plutellae* y de *M. plutellae*. Los resultados obtenidos han permitido definir una metodología para la crianza de ambas especies en condiciones de laboratorio. Este documento presenta las principales experiencias con estos parasitoides en Nicaragua.

RESULTADOS

El conocimiento de la temperatura, es fundamental para una selección correcta de especies de parasitoides que puedan adaptarse a las condiciones de cada región

El Cuadro 1 presenta los registros de humedad y temperatura, durante la mañana, tarde y noche, de cuatro días consecutivos, en el laboratorio de crianza de los parasitoides *C. plutellae* y *M. plutellae* en

Nicaragua. En la mañana y en la tarde la temperatura varió de 2-3 grados y la humedad relativa promedio en la mañana fue de 68% y de 67% en la tarde, reduciéndose en la noche a 63%.

Estas condiciones son similares a las del insectario del AVRDC. Talekar y Yang (1991) informaron que las condiciones favorables de temperatura para *M. plutellae* y *C. plutellae* deben ser de 20- 35°C.

Cría de *M. plutellae*

M. plutellae (Muesebeck), Orden: Hymenoptera, Familia: Braconidae, se encuentra principalmente en áreas subtropicales; sin embargo estudios realizados por el AVRDC indican que este parasitoide se multiplica eficazmente a temperaturas de 25-35 °C, lo que permitiría su uso en zonas cálidas.

Los adultos de este parasitoide prefieren ovipositar sobre las larvas de *Plutella*, llegando a poner cada hembra hasta 230 huevos.

La duración del ciclo de vida de este parasitoide, evaluado durante cuatro generaciones, fue de 30,7 días (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los informados por Talekar N.S. & Mei- Ying Lin (1998) quienes reportaron un ciclo de vida de 32 días.

Cría de *C. plutellae*

C. plutellae (Kurdjumov), Orden : Hymenoptera, Familia: Braconidae es uno de los parasitoides de *P. xylostella* más importantes, en las zonas cálidas y se encuentra distribuido en Asia. No obstante, ya ha sido introducido en el Caribe, América Central y América del Sur. *C. plutellae* es un parásito larval y prefiere el segundo y tercer instar de *Plutella* para realizar su oviposición. Su ciclo de vida es de 10-15 días, semejante al de su huésped y la temperatura ideal para el parasitismo y multiplicación es de 25-35°C .

En Nicaragua, la producción de hortalizas se localiza tanto en zonas altas, donde predominan un clima

CUADRO 1. Condiciones de humedad relativa (HR) y temperatura (°C) para la crianza de los parasitoides *C. plutellae* y *M. plutellae*, Nicaragua.

Días	Mañana			Tarde			Noche		
	°C*	HR*	Hora	°C	HR	Hora	°C	HR	Hora
1	23	72	7 a.m.	24	71	2 p.m.	21	65	9 p.m.
2	23	70	7 a.m.	23	71	2 p.m.	21	65	9 p.m.
3	26	65	7 a.m.	23	65	2 p.m.	23	57	9 p.m.
4	23	66	7 a.m.	22	61	2 p.m.	24	64	9 p.m.

*Promedio de 10 días.

CUADRO 2. Duración promedio, en días, del ciclo de vida completo (larva-adulto) de *M. pluteae* durante cuatro generaciones.

Generación	Huevo-Larva	Pupa	Adulto	Total
I	8,7	5,1	12	25,8
II	9,5	5,7	18	33,2
III	9,1	5,2	14	28,3
IV	9,5	5,7	19	34,2

CUADRO 3. Duración promedio, en días, del ciclo de vida completo (larva-adulto) de *C. pluteae*, durante tres generaciones.

Generación	Huevo-Larva	Pupa	Adulto	Total
II	10	4,5	13	27,5
III	8,3	5,2	22	35,6
IV	9,4	4,6	15	29,1

fresco con temperaturas de 18 a 25°C como en zonas bajas donde la temperatura oscila entre 25-35°C.

La duración del ciclo de vida de *C. pluteae* fue de 30,7 días en promedio para las tres generaciones (Cuadro 3). Este resultado es similar a los obtenidos por Talekar N.S. & Mei-Ying Lin (1998), los cuales informaron que la duración del ciclo de vida de este parasitoide es de 25-35 días, a una temperatura de 25 y 35°C .

En octubre de 1998 se autorizó por parte de las instituciones de cuarentena de Nicaragua el uso y evaluación en el campo de los parasitoides *M. pluteae* y *C. pluteae*, etapa que se inicia con el apoyo de las instituciones nacionales de investigación agrícola del país.

LITERATURA CITADA

APPLE, J. 1990. Seminario taller sobre capacitación en el uso racional de plaguicidas y sus alternativas. Managua, Nic., CSUCA-UNI. 57 p.

MIRANDA, F. 1989. Estimación del nivel de daño económico de la palomilla del repollo, *Plutella xylostella* en el cultivo de repollo. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, UNA. s.p.

SABORIO, M. 1991. Aspectos generales del sector hortícola en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Subdirección de Investigaciones Agrícolas. sp.

TALEKAR, N.S.; YANG, J.C. 1991. Characteristics of parasitism of diamondback moth by two larval parasites. Entomophaga 36:95-104.

TALEKAR, N.S.; YANG, J.C. 1993. Influence of crucifer cropping system on the parasitism of *Plutella xylostella* (Lep.: Iponomeutidae) by *Cotesia pluteae* (Hym.: Braconidae) and *Diadegma semiclausum* (Hym.: Iponomeutidae). Entomophaga 38:541-550.

TALEKAR & MEI-YING LIN. TRAINING. 1998. Manual on IPM of Diamondback moth. Taiwán, AVDR.

VARELA, G. 1991. Policultivos (repollo- tomate; repollo- zanahoria) y la incidencia de *Plutella xylostella* y sus enemigos naturales en repollo. Tesis. M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

Eventos Redcahor I Semestre 1999

8-12 Marzo

Taller sobre Cultivos de Hortalizas en zonas "Periurbanas". Tegucigalpa, Honduras

30-31 Marzo

Taller Regional sobre Mercadeo y Comercialización de las Hortalizas. Panamá, Panamá

18-21 Mayo

Congreso Internacional de Producción Orgánica de Hortalizas en el Trópico Antigua, Guatemala

LA NECROSIS RAYADA DEL ARROZ: UNA NUEVA ENFERMEDAD VIRAL EN AMERICA

Francisco José Morales G.*

Desde 1935, la "hoja blanca" del arroz había sido la única enfermedad viral del cultivo del arroz en las Américas (Garcés-Orejuela *et al.* 1958, Morales y Niessen 1983). En 1991, asistentes técnicos de la zona arroceras del departamento del Meta, Colombia, observaron varios campos de arroz con plantas muertas o severamente deformadas. Inicialmente, se consideró que este problema era causado por la aplicación de herbicidas hormonales; sin embargo, los síntomas también se presentaban en plantaciones en las cuales no se había utilizado este tipo de productos químicos. A partir de 1991, se emitieron algunos diagnósticos que relacionaban la incidencia de este problema, al que se llamó "entorchamiento", con diversos factores bióticos y abióticos, tales como la compactación del suelo, deficiencia de elementos menores, áfidos de la raíz, y ataques de nematodos (Bastidas y Montealegre, 1994, Pardo y Muñoz 1994, Tapiero 1994). A pesar de la aplicación de medidas correctivas tendientes a mejorar la calidad de los suelos, y al uso de altas dosis de diversos insecticidas y nematicidas, el "entorchamiento" continuó su diseminación en el departamento del Meta, y en la actualidad se encuentra en los principales departamentos productores de arroz en Colombia.

Considerando la rápida diseminación del "entorchamiento" en Colombia, es necesario alertar a

los países productores de arroz en América Latina, sobre los posibles medios de transmisión de esta nueva enfermedad viral del arroz.

¿Cómo reconocer la enfermedad?

Los síntomas característicos de esta enfermedad consisten en la muerte de plántulas de arroz, luego de la siembra, por lo general, formando focos o parches en campos afectados (Fig. 1). Las plantas infectadas que escapan la necrosis sistémica, presentan rayas cloróticas en la base de hojas (Fig. 2), enanismo y deformaciones en diversas partes de la planta: el borde del limbo de algunas hojas es plisado y la hoja central puede emerger completa-



Fig. 1. Foco de plántulas de arroz necróticas en un campo recién sembrado.

mente deformada en zigzag (Fig. 3). La enfermedad puede deformar la panícula cuando las plantas infectadas alcanzan el estado reproductivo. El sistema radical de la planta produce abundantes raíces adventicias (Fig. 4), y el sistema vascular desarrolla finalmente una necrosis sistémica, causando la muerte de la planta.

¿Cuál es el agente causal del "entorchamiento" del arroz?

En 1994 y ante la imposibilidad de demostrar una relación entre los diversos agentes causales propuestos y el "entorchamiento" del arroz, se realizó una

*Unidad de Virología, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Apartado 6713. Cali, Colombia.

investigación en la Unidad de Virología del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) sobre la posible etiología viral de esta enfermedad. Los resultados de esta investigación (Morales *et al.* 1995) mostraron que el "entorchamiento" es una enfermedad causada por un virus que posee partículas rígidas de dos longitudes predominantes, 260 y 360 nm (Fig. 5), perteneciente al grupo de los furovirus* (Brunt y Richards 1988). Los furovirus poseen diversos componentes genómicos (2-5) de ácido ribonucleico encapsidados en una cubierta protéica formada por subunidades de una proteína de peso molecular aproximado de 22 Kd. Los furovirus son transmitidos por hongos del suelo, principalmente por el plasmodioforomiceto *Polymyxa* spp. En el caso del "entorchamiento" del arroz en Colombia, la especie del hongo vector es *P. graminis* (Morales *et al.* 1995).

Estos resultados preliminares demostraron que el "entorchamiento" del arroz en Colombia, es similar a la enfermedad conocida como «necrosis rayada» del arroz (rice stripe necrosis virus: RSNV) en Africa Occidental. Esta enfermedad se describió por primera vez en 1977 (Louvel y Bidaux 1977) en Costa de Marfil, y los síntomas descritos y presentados gráficamente en ese informe corresponden exactamente a los observados para esta enfermedad. Adicionalmente, las partículas del virus aislado en Colombia, poseen una longitud con distribución bimodal fluctuante entre 260 y 360 nm, similar a la reportada para el RSNV (270 y 380 nm) en Africa (Fauquet *et al.* 1983). Experimentos realizados en el CIAT, demostraron que

El grupo de los Furovirus está siendo revisado taxonómicamente en el momento y es posible que el virus (RSNV) se reclasifique como un miembro del nuevo grupo de los Benyvirus.

el virus asociado con el "entorchamiento" del arroz en Colombia, se relacionan con el furovirus de la "necrosis rayada" del arroz en Africa.



Fig. 2. Rayas cloróticas en plantas de arroz afectadas por "entorchamiento".

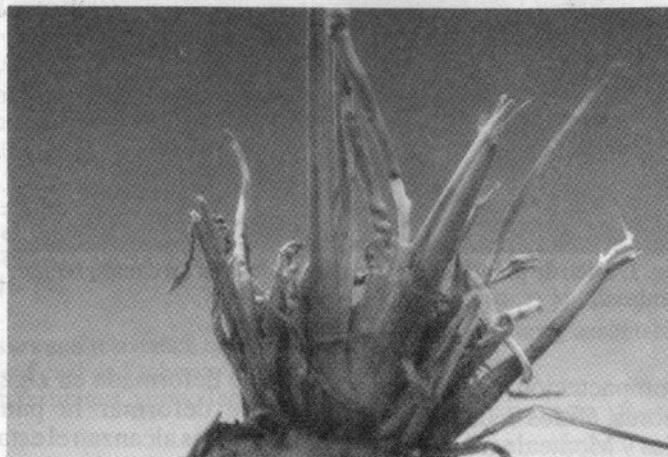


Fig. 3. Deformación de plantas de arroz infectadas por el virus de la necrosis rayada.

¿Dónde sobrevive el virus y el hongo vector?

El plasmodioforomiceto vector del virus, produce cuerpos globulares conocidos como "cistosoros" dentro de las raíces de las plantas invadidas (Fig. 6), los cuales permiten la supervivencia del hongo en el suelo, aún en ausencia de cultivos de arroz. Los cistosoros dan origen a zoosporas que contienen el virus, y que son las encargadas de diseminar e inocular el virus, una vez que logran desplazarse a través del agua y penetrar las raíces de plantas sanas. Los cistosoros pueden permanecer viables en suelos infestados por un espacio de tiempo superior a los 10 años, posiblemente asociados a residuos de material orgánico o a gramíneas silvestres hospedantes.

¿Dónde se presenta la enfermedad?

La enfermedad se encuentra en las zonas tropicales donde se cultiva el arroz en Colombia y en Africa Occidental, pero es posible que se presente en zonas templadas, porque el hongo vector *P. graminis* proviene de estas zonas. La enfermedad se manifiesta tanto en condiciones de arroz irrigado como de temporal o secano, teniendo mayor incidencia en suelos de textura liviana, como los franco-arenosos. Esto se debe a la mayor movilidad

de las zoosporas en este tipo de suelo, siempre y cuando tenga un contenido de humedad apropiado para el desplazamiento de las zoosporas y crecimiento del cultivo. La incidencia del "entorchamiento" parece estar influenciada por factores climáticos, coincidiendo los brotes más severos con la ocurrencia de períodos de sequía y lluvias alternados.

¿Qué daños causa el "entorchamiento"?

En la etapa inicial del cultivo, el "entorchamiento" puede causar una alta mortalidad de plántulas de arroz durante la germinación, el daño se presenta como parches de plántulas muertas en campos afectados. La muerte de plántulas de arroz es un problema que el agricultor trata de compensar, aumentando la cantidad de semilla en la siembra, hasta 270 kg/ha. En Colombia esta práctica incrementa en los costos de producción en un 7,5% (aproximadamente \$US75/ha). Las pérdidas de producción asociadas a esta enfermedad han sido estimadas entre el 20-40% en el departamento del Meta, Colombia. Estas pérdidas varían según el año, siendo mayores en años con períodos secos y promedios de lluvia menores de lo normal. También existen pérdidas económicas considerables en regiones donde se continúa aplicándose insecticidas y nematicidas sistémicos para controlar el "entorchamiento", por falta de conocimiento del agente causal y su vector. Se estima que los productores de arroz de los Llanos Orientales en Colombia gastaron, entre 1992-1995, un total de cuatro millones de dólares intentando controlar el "entorchamiento", además esto causa un daño ambiental incalculable.

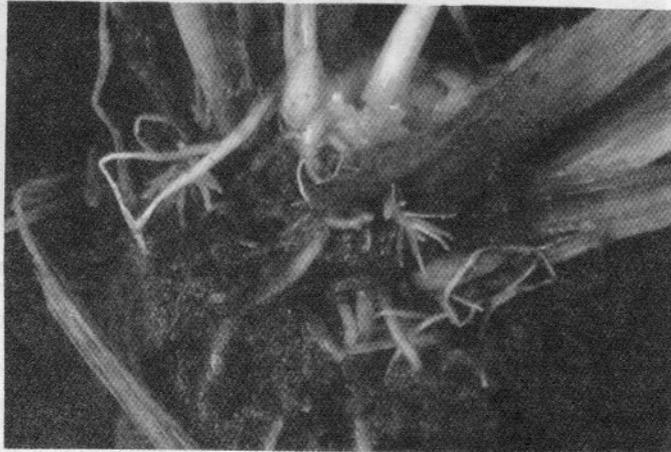


Fig. 4. Proliferación de raíces secundarias en plantas de arroz "entorchadas".

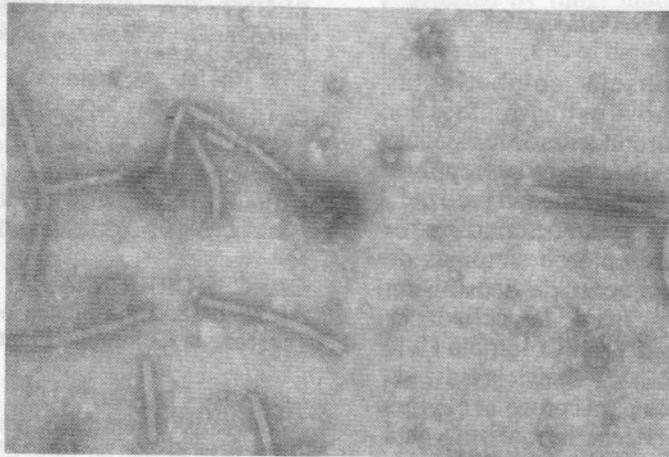


Fig. 5. Partículas del virus de la necrosis rayada del arroz.

¿Como se controla el "entorchamiento" del arroz?

La primera medida de control que debe aplicarse en los países productores de arroz, en América Latina, es la **exclusión** del virus y su hongo vector. Para implementar debe evitarse la compra de semilla de este cultivo proveniente de campos infestados por el hongo vector, donde se haya presentado la enfermedad. El RSNV no es un virus transmitido por la semilla sexual,

pero el hongo vector del virus puede diseminarse en partículas de suelo presentes en lotes de semilla de arroz. Una vez que el suelo es infestado por el hongo vector, es prácticamente imposible la **erradicación** de la enfermedad, porque no existen productos químicos que puedan ser aplicados económicamente en grandes áreas. En el caso de parcelas experimentales o viveros,

se puede esterilizar el suelo mediante tratamiento químico o calor. Sin embargo, el hongo vector parece ser capaz de tolerar altas temperaturas cuando está asociado a materia orgánica.

El control cultural del "entorchamiento" mediante la incorporación de materia orgánica (abonos verdes) parece reducir la incidencia de la enfermedad. Es posible que esta práctica promueva la proliferación de microorganismos antagonistas al hongo vector, o que exista una acción fisicoquímica directa sobre el hongo o sus estructuras reproductivas. Es importante considerar que el hongo vector se dispersa principalmente por medio de prácticas culturales en las que ocurra la contaminación de implementos de trabajo (botas, herramienta) o maquinaria agrícola con suelo contaminado con este hongo. Consecuentemente, es necesario desinfectar muy bien las herramientas y maquinaria utilizadas en campos de arroz afectados por el "entorchamiento", antes

de utilizarlos en campos libres del problema. El riego, es otro factor que debe tenerse en cuenta para evitar utilizar el agua proveniente de regiones o lotes afectados, para irrigar campos libres del virus y su hongo vector.

Es importante realizar una detección temprana de la enfermedad, por tanto, en caso de observar síntomas similares a los presentados en esta publicación es recomendable notificar a las autoridades de Sanidad Vegetal en el país. El laboratorio de Virología Vegetal

de adultos, e na seleção de isolados mais eficientes, que possibilitem o desenvolvimento de estratégias de controle microbiano dessas pragas.

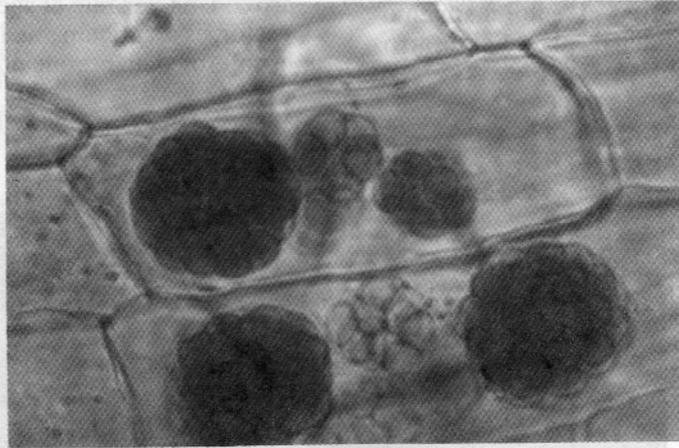


Fig. 6. Estructuras de resistencia (cistosoros) del hongo vector del virus de la necrosis rayada del arroz, *Polymyxa graminis*.

del CIAT, está al servicio de todos los países de América Latina para realizar el diagnóstico de enfermedades que amenacen la seguridad alimentaria en la región.

DISCUSION Y RECOMENDACIONES

Actualmente, se aconseja combatir las enfermedades causadas por furovirus transmitidos por hongos del suelo mediante la introducción de resistencia genética en las especies cultivadas que son susceptible. En la descripción original de la enfermedad realizada por Louvel y Bidaux (1977) se mencionan nueve genotipos de arroz que no presentaron síntomas de «entorchamiento» en un experimento de transmisión realizado en Costa de Marfil. Una de las variedades mencionadas como asintomáticas, es "Colombia 1", la cual constituye la principal fuente de resistencia utilizada actualmente en América Latina para controlar el virus de la hoja blanca del arroz. Es necesario confirmar esta observación en Colombia, con el propósito de que los trabajos de mejoramiento genético para controlar los dos virus, puedan ser realizados simultáneamente a partir de la misma fuente de resistencia. Se recomienda la evaluación de diversos genotipos de arroz por su reacción al RSNV, con el fin de ampliar la base genética de resistencia. Trabajos recientes realizados en Colombia por FEDEARROZ también sugieren que existen fuentes de resistencia en germoplasma de arroz disponible.

LITERATURA CITADA

- BASTIDAS, H.; MONTEALEGRE, F.A. 1994. Aspectos generales de la nueva enfermedad del arroz llamada entorchamiento. *Arroz* 43:30-35.
- BRUNT, A.A.; RICHARDS, K. 1989. The biology and molecular biology of furoviruses. *Adv. Virus Res.* 36:1-33.
- FAUQUET, C.M.; THOUVENEL, J.C.; FARGETTE, D.; FISHPOOL, L.D. 1988. Rice stripe necrosis virus: a soil borne rod-shaped virus. *In* *Developments in Applied Biology II. Viruses with Fungal Vectors*, Eds. J.I. Cooper y M.J. Asher. Wellesbourne, U.K. A.A.B. p. 71-82.
- GARCÉS-OREJUELA, C.; JENNINGS, P.R.; SKILES, R.L. 1958. Hoja blanca of rice and the history of the disease in Colombia. *Plant Dis. Repr.* 42:750-751.
- LOUVEL, D.; BIDAUX, J.M. 1977. Observation de nouveaux symptômes pathologiques sur des variétés précoces de riz en Cote-d'Ivoire. *Agronomie Tropicale* 32:257-261.
- MORALES, F.J.; NIESSEN, A.I. 1983. Association of spiral filamentous viruslike particles with rice hoja blanca. *Phytopathology* 73:971-974.
- MORALES, F.J.; ARROYAVE, J.A.; VELASCO, A.C.; CASTAÑO, M. 1995. Caracterización parcial de "entorchamiento" o "necrosis rayada" del arroz en Colombia. *Fitopatología Colombiana* 19:48-54.
- PARDO, F.; MUÑOZ, D. 1994. Agente causal del entorchamiento en el cultivo del arroz en los Llanos Orientales. *Arroz* 43:16-22.

CATIE

REVISTA MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

PATROCINADORES

La Revista Manejo Integrado de Plagas se complace en anunciar que como parte de las actividades para generar ingresos que aseguren su sostenibilidad, ha iniciado la vinculación de "Patrocinadores" los cuales serán anunciados en este espacio. (Mayor información para interesados en el patrocinio de la Revista MIP en p. 101).



**Autoridad Sueca
para el Desarrollo
Internacional (ASDI)**

(Contribución vía Presupuesto Básico
de CATIE)



EMPRESA LIDER EN EL
CONTROL DE
MICROORGANISMOS
FITOPATOGENOS

**Buckman
LABORATORIES**

Costa Rica (506) 278-1881 - 573-7041
Nicaragua (505)311-6003
Panamá (507)269-0944
El Salvador (503)260-6152
Honduras (504)552-2508
México (73)21-31-31 al 37
Venezuela (031)948707



Standard Fruit Company de Costa Rica S.A.
Apartado 4595-1000 San José, Costa Rica
Tel: (506)287-3000 - Fax: (506)256-2466

CATIE

Escuela de Postgrado

Producir conservando, conservar produciendo®

50

 años fomentando la excelencia académica

Estudios de Doctorado (Ph.D) en:

I. CIENCIAS FORESTALES TROPICALES

CATIE - Universidad Estatal de Colorado (Fort Collins, EUA)
CATIE - Universidad de Freiburg (Alemania)
CATIE - Universidad Estatal de Louisiana (EUA)
CATIE - Universidad Texas A & M (EUA)

II. SISTEMAS AGROFORESTALES TROPICALES

CATIE - Universidad de Florida (Gainesville, Florida, EUA)
CATIE - Universidad de Gottingen (Alemania)

III. AGRICULTURA TROPICAL

CATIE - Universidad de Gottingen (Alemania)
CATIE - Universidad de Hohenheim (Alemania)
CATIE - Universidad Estatal de Louisiana (EUA)
CATIE - Universidad Texas A & M (EUA)

Para la Universidad de Alemania es deseable el dominio del idioma alemán.

Estudios de Maestría (M.Sc.) en:

I. Agricultura Ecológica, con énfasis en:

- Recursos Fitogenéticos y Biotecnología
- Agricultura Tropical Sostenible

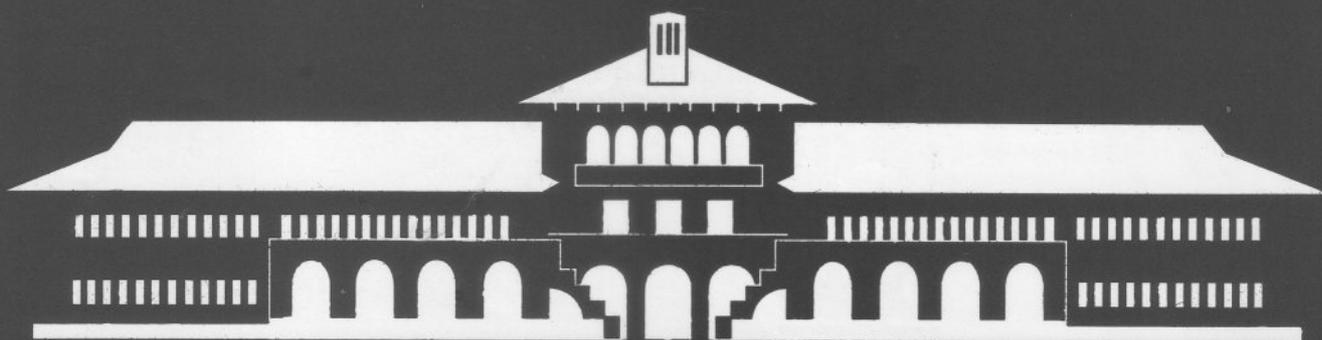
II. Sistemas Agroforestales Tropicales, con énfasis en:

III. Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad

- Manejo de Sistemas de Producción Forestal Diversificado
- Conservación de la Biodiversidad

IV. Economía Ambiental, con énfasis en:

- Administración y Gerencia Ambiental
- Socioeconomía Ambiental



Solicite información a:

Escuela de Postgrado. CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica. Tel.: (506) 556-1016/556-6431. Fax: (506) 556-0914/556-1533.
EMail: posgrado@catie.ac.cr Web-page: <http://www.catie.ac.cr>