



PROMECAFE

VIII CURSO REGIONAL SOBRE FUNDAMENTOS DE LA CAFICULTURA MODERNA

MODULO I

**9 de Julio al 10 de Agosto de 1990
CATIE, TURRIALBA, COSTA RICA**



INTRODUCCION AL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (Versión resumida)

I. ¿Que es MIP?

A. Lo que no es MIP

1. Control sin plaguicidas
2. Control biológico
3. Control químico mejorado

B. Pregunta a los estudiantes (discusión de clase)

C. Discutir y definir por palabra (ACETATO)

1. Plagas

- a) El conjunto de organismos que compiten por el cultivo con el hombre: insectos, malezas, patógenos, nemátodos etc.

2. Manejo

- a) Las acciones del hombre dirigidos a mantener a las poblaciones o el ataque de las plagas debajo de niveles que causan daños económicos al cultivo.

(1) Origen en inglés, donde "manejo" tiene un significado más diferente a "control" que es el caso en español.

(2) Concepto desarrollado originalmente en el contexto de insectos plagas, por eso el énfasis en manejo de poblaciones. Ahora usado en sentido más amplio aunque mucha literatura todavía habla exclusivamente de poblaciones.

(3) Incorpora una diferencia de enfoque: en lugar de eliminar o reducir al mínimo a las plagas, ahora se permiten niveles que no causan daño económico.

3. Integrado

- a) **Enfoque multidisciplinario** donde varias tácticas y estrategias de manejo se emplean juntos, de tal manera que funcionan como un **sistema de manejo**. Incorpora varias características

(1) Las tácticas y estrategias son **compatibles**

(a) entre ellas

(b) con el **sistema de producción** del cultivo.

(c) con el **mercado** (actúan para producir, en forma económica, la calidad de producto que requiere el mercado en el momento que lo requiere)

(d) con el **medioambiente** (deben minimizar la contaminación, la erosión del suelo, efectos negativos sobre la vida silvestre, animales domésticos)

(e) con el **hombre** (no deben tener efectos adversos en la salud humana)

(2) Tiene la meta de **optimizar** el desempeño del sistema. Contraste con

(a) **maximizar** la producción (se sacrifica la producción máxima si el costo de lograr esto es mayor que el beneficio obtenido)

(b) maximizar o optimizar el desempeño de **un componente** del sistema (por ejemplo se acepta un nivel sub-óptimo de control de una maleza)

si al mejorarlo significaria producir efectos negativos sobre el control de un insecto. Se busca que, juntos, el control de la maleza y el control del insecto funcionan en forma óptima)

D. Definición de la Universidad de California (ACETATO)

E. Confusión de nomenclatura (ACETATO)

II. ¿Porque fué necesario el enfoque MIP?

A. Breve historia de control de plagas hasta 1960

1. Orígenes en misticismo y superstición
2. Acciones aisladas de uso de químicos (azufre en Babylonia para control de ácaros en frascos de vino, 2500 AC) y control biológico
3. Desarrollo de sistemas de producción basados en variedades resistentes o tolerantes con el uso de prácticas culturales para reducir daños (por ejemplo, rotaciones, arado, remoción manual de insectos)
4. Expansión de conocimientos científicos sobre plagas y mejoramiento de sistemas viejos de producción. Uso limitado de plaguicidas inorgánicas (ej., arsenato de plomo, azufre) o productos vegetales (ej., piretrin, rotenona)
5. Epoca de los plaguicidas orgánicos sintéticos
 - a) Descubrimiento de DDT, ferbam, 2,4-D (1940-1950)
 - b) Muchos productos nuevos cada año
 - c) Promesa de cultivos libres de plagas
 - d) Permitieron el abandono de prácticas y variedades viejas
 - e) Mercado se acostumbró a productos agrícolas baratos y libres de daños
 - f) Agricultor se acostumbró al uso de plaguicidas como parte normal de sus prácticas agronómicas
 - g) Salvo en algunos casos aislados, los técnicos abandonaron los esfuerzos para buscar otras opciones no-químicas y se convirtieron en probadores de plaguicidas.
 - h) **RESUMEN: Se introdujo el doble peligro de abandono de tecnología tradicional que funcionó y adopción, sin reserva ninguna, de tecnología nueva que no había sido evaluada en el largo plazo**

B. La reacción inevitable; se encuentran desventajas en la dependencia total en los plaguicidas

1. La dependencia progresiva; cada año fué necesario aplicar mayor cantidad de plaguicidas con mayor frecuencia [ej., algodón en Nicaragua; 2-3 aplicaciones/2 especies plagas (1950), 8-10 appl./4 especies (1955), 25-30 appl./8 especies (1960), 35-40 appl./10 especies (1967) ACETATO]
2. Resistencia de insectos y posteriormente malezas y patógenos a los plaguicidas
3. Resurgencia de plagas insectiles después de una aplicación
 - a) Enemigos naturales matados
 - b) Algunas especies se reproducen más rapido cuando su densidad poblacional es baja

4. Aparición de plagas secundarias
 - a) Enemigos naturales matados
5. Contaminación del medioambiente
 - a) Muchos productos sintéticos no se descomponen fácilmente
 - b) Diseminación de residuos a lugares lejos de donde se los aplicaron (en el aire, en el agua etc.)
 - c) Concentración en la red alimenticia
 - (1) aparición en concentraciones letales en depredadores y especies que se alimentan por filtración
 - (2) aparición de residuos en tejidos humanos por consumo de productos contaminados
 - d) Contaminación de aguas subterráneas
6. Efectos en la salud humana
 - a) principalmente en trabajadores en fábricas y los aplicadores de plaguicidas
 - b) sospecha de efectos a largo plazo de consumo de productos agrícolas contaminados

III. ¿Como funciona MIP en la práctica?

A. Se han considerado definiciones anteriormente

B. MIP como un enfoque filosófico

1. No existe una receta MIP, sino en cada caso se va a encontrar que la combinación óptima de tácticas es diferente. Depende (entre otros factores) de
 - a) las plagas presentes
 - b) condiciones climáticas
 - c) el cultivo
 - d) el tipo de agricultor (lo que es óptimo para el productor grande puede ser diferente a lo óptimo para el productor pequeño)
 - e) los recursos disponibles (recursos = financieros, de conocimiento, equipos, agroquímicos)
 - f) las condiciones económicas

C. Las tácticas disponibles para MIP (ACETATO)

1. Control químico
2. Control cultural y físico
3. Control fitogenético
4. Control legal
5. Control biológico

3.2 Diagnóstico de plagas

Para el diagnóstico de problemas fitosanitarios, el técnico debe disponer de literatura pertinente al cultivo y sus principales plagas, así como a los factores abióticos que producen enfermedades carenciales y fitotoxicidades. Los folletos y revistas técnicas presentan descripciones y fotografías de las enfermedades, permitiendo su diagnóstico a nivel de campo. En esta guía se incluye información y fotografías que ilustran los trastornos causados por plagas y los factores abióticos más importantes del cultivo.

En el análisis de síntomas, el uso de literatura técnica, guías y claves debe hacerse con objetividad y buen razonamiento, ya que algunos síntomas pueden corresponder a diferentes causas. Por ejemplo, un marchitamiento puede deberse a sequía, exceso de agua o de sales solubles, pudrición de la raíz, nematodos, hongos de los haces vasculares, bacterias que atacan el xilema y destrucción del sistema radicular.

Para disminuir las posibilidades de error en la interpretación de síntomas, se presentan a continuación los más comunes y las diferentes plagas o agentes abióticos que los pueden ocasionar:

Aborto floral: Polinización y fertilización deficiente, temperatura baja o alta, ausencia de insectos.

Agallas: Insectos, ácaros, hongos, bacterias.

Amarillamientos: Virus, micoplasmas, hongos.

Caída de frutos: Daño de insectos, pudrición fungosa del pecíolo, producción de toxinas por agentes patógenos.

Clorosis: Deficiencias o excesos de nutrientes, herbicidas inhibidores de clorofila, patógenos más toxinas, pudriciones de la raíz, nematodos de la raíz.

Desarrollo de diferentes pigmentaciones foliares: Condiciones de tiempo, condiciones del suelo, insectos, ácaros, hongos y bacterias, virus y micoplasmas, exceso o deficiencia de nutrimentos, daños mecánicos o tóxicos.

Enanismo: Virus, micoplasmas, espiroplasmas, nutrición, insectos y ácaros.

Epínastia: Acumulación de hormonas en los pecíolos, etileno, marchitamiento bacterial o fungoso.

Escoba de bruja: Acaros, virus, micoplasmas, hongos.

Gomosis: Daño mecánico, daño por insectos, hongos, bacterias.

Hojas comidas: Insectos.

Hojas con agujeros: Insectos, hongos.

Hojas pegadas: Insectos, ácaros.

Mal del talluelo: Hongos del suelo, insectos, sales solubles.

Manchas de las hojas: Hongos, bacterias, materiales tóxicos, problemas nutricionales.

Mancha en anillo: Infección viral.

Marchitamiento: Exceso de sales solubles, pudrición de la raíz, nematodos, hongos vasculares, bacterias vasculares, exceso o deficiencia de agua, insectos.

Moteado de la hoja: Acaros, trips, virus.

Pudrición: Bacterias, hongos; en muchos casos es facilitada por daño mecánico o de insectos.

Pústulas: Infección bacteriana o fungosa.

Raíces adventicias: Interferencia con translocación a nivel de suelo o más profundo, estrés de agua, pudriciones radicales, nematodos.

Uno de los primeros pasos en el diagnóstico es el de tipificar el patrón del problema, de acuerdo con las características generales de campo que incluye hospedantes, tejidos afectados, tiempo de aparición y distribución. Este análisis permite conocer en la mayoría de los casos la naturaleza abiótica o biótica del agente, y aun el tipo de agente. Cuadro 5.

Cuadro 5. Características generales de campo de las enfermedades de acuerdo con sus agentes patógenos y abióticos.

CAUSAS	CARACTERÍSTICAS			
	Hospodante	Tejidos afectados	Aparición	Distribución
Patógenos de				
semilla	uno	raíz follaje	temprana gradual	aleatoria
plántulas	muchos	raíz tallo	temprana rápida	parches
base del tallo	uno	raíz tallo	tardía gradual	aleatoria topográfica áreas bajas
suelo	uno	raíz tallo	temprana gradual	topográfica tipo de suelo
follaje	uno	follaje	tardía gradual	uniforme topográfica
diseminación por vectores	uno	follaje	tardía gradual	bordes aleatoria
Abiótica				
Deriva o as- persión de plaguicidas	muchos	follaje	rápida	uniforme
Herbicidas del suelo	muchos	raíz follaje	rápida	uniforme tipo de suelo
Deficiencias ó exceso de nutrimentos	muchos	raíz follaje	rápida	uniforme tipo de suelo
Salas solubles	muchos	hojas inferiores, margen, foliar intervenal	lento	uniforme topográfica suelo arenoso
Sequía	muchos	raíces hojas viejas	lento	uniforme topográfica
Heladas	muchos	raíces tubérculos follaje	rápido	áreas bajas

En el caso de patógenos fungosos y bacteriales, además de los síntomas, la presencia de signos tales como esclerocios, rizomorrios, micelios, exudados bacteriales y estructuras de producción de esporas (royas, oidios, mildes, carbonos) permiten llegar fácilmente a la identificación del patógeno.

Cuando los conocimientos del técnico, el patrón de la plaga en el campo, los síntomas y los signos no son suficientemente claros para identificar el agente causal y dar las recomendaciones adecuadas, es necesario recolectar, en el caso de los patógenos, muestras de plantas con diferentes estados de desarrollo de la enfermedad. En el caso de artrópodos y malezas, preparar ejemplares correspondientes al problema observado. A continuación se presentan las indicaciones principales para la toma y envío de muestras.

Plantas enfermas

Considere los siguientes aspectos que en conjunto permiten enviar una buena muestra, garantizando así una exacta identificación de la enfermedad problema:

1. La muestra debe ser representativa de todos los signos y síntomas de la enfermedad. Las primeras etapas de la enfermedad deben de incluirse siempre que se pueda, debido a que el patógeno es fácilmente aislado de este material.
2. La muestra debe de corresponder al sitio real del problema, ya que algunos síntomas del follaje obedecen a ataques en las raíces o base del tallo.
3. Si las plantas son de gran tamaño, seleccione los órganos que caracterizan a la enfermedad, esto es, las hojas, partes de tallo, fruto, flores o raíces afectadas. Si las plantas son pequeñas, envíe varias muestras completas. Es aconsejable acompañar la muestra con plantas o partes sanas.
4. Recolecte la muestra cuando las plantas se encuentren sin humedad de lluvia o de rocío.
5. Las muestras deben ser colocadas en bolsas aisladas de polietileno inmediatamente después de la recolección y se almacenan o transportan en una cámara fría o en un ambiente fresco, evitando su exposición a la luz solar. El diagnóstico es casi imposible cuando las muestras llegan al laboratorio marchitas, maltratadas o en estado avanzado de pudrición.
6. No olvide etiquetarla, con su dirección y datos personales, además de cualquier otra información que usted crea ayude a la identificación del problema.

Planta entera y raíces

Saque la planta y las raíces con una buena cantidad de suelo, de los primeros 20 cm, colóquelas en bolsas de plástico. En el caso de la planta entera, amárrelas a nivel de la base del tallo en forma de adobe. Manéjese el material como si fuera planta de trasplante. Con las raíces empáquelas en cajas de cartón o en neveras portátiles envolviéndolas con papel periódico para evitar que el suelo se desprenda durante el transporte.

Hojas, flores, yemas y ramas tiernas

Se deben de enviar sin humedad exterior, extendidas en medio de hojas de papel absorbente o periódico, protegidas en bolsas plásticas y transportadas o almacenadas en un ambiente fresco o preferiblemente frío.

Tallos y ramas

Prepárelos en forma semejante a las hojas. Si son de gran tamaño, córtelos en trozos y pafine los extremos para disminuir el peligro de desecación.

Materiales carnosos

Cuando se trate de materiales carnosos, como frutos, tubérculos o bulbos, conviene sumergirlos antes en parafina derretida no muy caliente, o envolverlos cuidadosamente en papel absorbente y colocarlos en bolsas plásticas. Es aconsejable exponer al sol los granos, mazorcas o frutos secos por una hora antes de empacarlos en las bolsas plásticas.

Acaros e insectos

Para el caso de muestras insectiles envíe la planta con el daño característico de la plaga; siga la metodología sugerida para envío de muestras de enfermedades. Incluya también la plaga tanto en estado adulto como en estado de larva. En lo posible incluya también otros estados de la plaga.

Los insectos pequeños de cuerpo blando (como moscas, avispas, escamas, áfidos y larvas) y ácaros deben ser colocados dentro de frascos con alcohol al 70%, procurando que el frasco quede lleno y bien tapado.

Insectos grandes de consistencia dura tales como escarabajos, grillos, chinches y otros se deben matar en un frasco letal que contenga vapor de acetato de etilo. Una vez muertos se deben montar en alfileres entomológicos o triángulos de cartón, luego se empacan dentro de cajas de cartón, cuidando que no se rompan. No utilice algodón para envolverlos. Las mariposas o polillas se pueden colocar dentro de un pedazo de cartulina y se doblan de tal forma que el insecto cierre sus alas.

Malezas

Las muestras de malezas por coleccionar deberán de estar en floración o tener frutos. Una muestra ideal es aquella que tenga hojas, flores y frutos; cuando se trate de gramíneas o hierbas pequeñas es aconsejable coleccionarlas en forma completa. Cuando el sitio de recolección está cercano al lugar en donde será hecho el diagnóstico, las malezas pueden ser transportadas en bolsas plásticas, con papel húmedo dentro de la bolsa para evitar pérdida de turgencia del material. En estas condiciones el material puede permanecer en forma aceptable por 24 horas.

Cuando la colecta se hace en lugares distantes, es necesario prensar la maleza en el mismo sitio de la colección. Para ello las plantas recolectadas se colocan en medio de papel periódico, de preferencia de tamaño tabloide. Las flores deben de quedar lo mejor extendidas posible, tratando que sus órganos reproductores sean visibles; las hojas, con el haz y otras con el envés hacia arriba. La muestra entre papel periódico es colocada después entre dos láminas de papel secante. Las muestras se apilan una sobre otra y entre cada dos o tres de ellas se coloca un cartón corrugado. Por último, se colocan todas las muestras entre dos porciones de madera de tamaño similar a los cartones y se amarran fuertemente aplicando un torniquete para completar la prensa. El conjunto se debe poner a secar, ya sea en una secadora construída para tal fin o al ambiente, teniendo el cuidado de cambiar el papel periódicamente hasta que las plantas se sequen por completo.

Es necesario que la muestra sea acompañada de información que facilite la identificación, por ejemplo nombre común de la maleza, lugar de recolección, habitat, cultivo donde se encontró, color de flores y frutos al momento de la recolección.

Otras consideraciones

En el caso de considerar a los nematodos, sales solubles o nutrimentos como posibles causas del problema, se hace necesario tomar muestras de suelos y tejidos para hacer los análisis de laboratorio respectivos.

Como requisito para una buena muestra de plagas o de la planta afectada, es necesario registrar información de campo sobre el cultivar usado y su procedencia, condiciones ambientales predominantes, análisis del suelo y fertilización, presencia de insectos vectores, problemas fitosanitarios de cultivos anteriores, distribución en el campo, número de especies con síntomas similares, estado de desarrollo del cultivo, localización de los síntomas. Un modelo de formulario a usarse se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6 Formulario para el envío de muestras para diagnóstico

Ciudad y fecha _____ Nombre del interesado _____

Ocupación o cargo _____ Dirección _____

Cultivo afectado _____ Variedad _____

Extensión _____ Edad del cultivo _____

Finca _____ Localización _____

Estado de desarrollo:

Smillero _____ Floración _____

Plántula _____ Producción _____

Cultivos anteriores al actual _____

Cultivos vecinos _____

Parte afectada:

Raíz _____ Tallo _____

Ramas _____ Hojas _____

Flores _____ Otras _____

Frutos _____

Síntomas:

Marchitez _____ Manchas _____

Pudrición _____ Enanismo _____

Clorosis _____ Necrosis _____

Agallas _____ Otros _____

Cuadro de síntomas: _____

(Cuadro 6. Continuación)

Tipo de suelo:

Arenoso _____ Franco _____ Arcilloso _____

Estado causante del daño:

Adulto _____ Larva _____ Ninfa _____

¿Cuándo fueron observados los primeros síntomas? _____

Distribución del daño o la enfermedad dentro del cultivo

General _____ Por zonas _____ Plantas aisladas _____ Otros _____

En la pendiente _____ Zonas altas _____ Zonas bajas _____

Condiciones climáticas durante las semanas anteriores a los primeros síntomas:

Lluvia _____ Secuía _____ Bajas temperaturas _____

Altas temperaturas _____ Vientos _____

Agroquímicos aplicados

Dosis

Frecuencia de aplicación

Fertilizantes _____	_____	_____
Herbicidas _____	_____	_____
Fungicidas _____	_____	_____
Insecticidas _____	_____	_____
Otros _____	_____	_____

Esterilización del suelo

Vapor _____ Química _____

Estimación de pérdidas

_____ % Cantidad _____ % Calidad

Otras pérdidas: _____

ESTIMACION DE LOS NIVELES DE DAÑO ECONOMICO PARA PLAGAS INSECTILES*

Allan J. Hruska**
Peter M. Rosset***

INTRODUCCION

Definición de una plaga

Un insecto herbívoro u otro organismo se constituye en una plaga cuando ha alcanzado un nivel poblacional que es suficiente para causar pérdidas económicas. La meta principal de la estimación de los niveles de daño económico ("economic injury levels") es definir "pérdida económica" para un cultivo dado y calcular el nivel poblacional de una plaga dada que provocaría tal pérdida.

Estimación de pérdidas

La estimación de las pérdidas en cultivos, provocadas por plagas insectiles, es el primer paso hacia la racionalización del combate de éstas. Una vez que son cuantificadas las pérdidas en diversos cultivos debidas a los distintos insectos, se puede priorizar el trabajo investigativo según la importancia económica que tienen las diferentes plagas. Además se pueden identificar problemas actuales de insectos antes no reconocidos como plagas, y de insectos que son objeto de muchas aplicaciones químicas a pesar de que no causan daños económicos. Finalmente los datos adquiridos permiten estimar el nivel de daño económico, obteniendo así información básica del manejo integrado de plagas.

CONCEPTO DEL NIVEL DE DAÑO ECONOMICO (NDE)

Definiciones: El nivel de daño económico y el umbral económico

Hay una gran confusión en la literatura entomológica entre el Nivel de Daño Económico (NDE) y el "Umbral Económico" ("economic threshold") o "Umbral de Acción" ("action threshold"). La

* Material preparado para el: "Curso/Taller sobre Estimación de los Niveles de Daño Económico para Plagas Insectiles". 24-28 Agosto, 1987. San José, Costa Rica, Proyecto MIP/CATIE/CR.

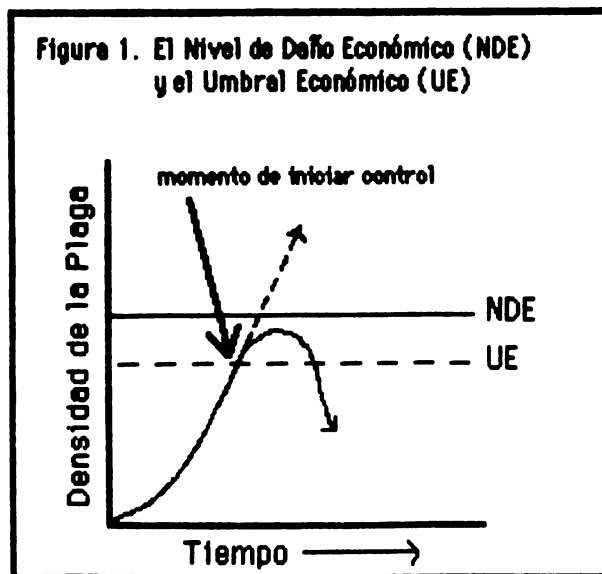
** Profesor, Escuela de Sanidad Vegetal, ISCA. Apartado 453, Managua, Nicaragua.

*** Coordinador, Proyecto MIP/CATIE/CR. Apartado 843-2050, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

tendencia ha sido la de usar estos términos como si fueran intercambiables, aunque en realidad son conceptos distintos. Recientemente se han publicado algunas revisiones de la literatura que aclaran esta situación (Poston et al., 1983; Andow y Kiritani, 1983; Pedigo et al., 1986).

El Nivel de Daño Económico es la densidad poblacional de plaga en la cual el costo del combate coincide con el beneficio económico esperado del mismo. La acción de control "salva" una parte del rendimiento, lo cual se hubiera perdido si no se hubiese implementado el control. Dicho "rendimiento salvado" tiene un valor monetario, que iguala al costo de implementar el control, si esto se hace cuando la densidad poblacional de la plaga alcanza el NDE. En otras palabras, el NDE es la densidad poblacional de la plaga donde el valor del rendimiento salvado cubre exactamente los gastos del control. Si la densidad de la plaga es menor, no sería rentable implementar el control.

El Umbral Económico (UE) o "umbral de acción" es generalmente definido como la densidad poblacional de la plaga donde el productor debe iniciar la acción de control para evitar que la población sobrepase el NDE en el futuro. Esto supone que hay un retraso entre la estimación de la densidad de la plaga (el "monitoreo") y el control de la plaga. Entonces el UE se encuentra a una densidad menor de la plaga que el NDE, para permitir el tiempo en que actúa el método del control (Figura 1).



El UE es sumamente difícil de estimar, porque depende de la futura dinámica poblacional de la plaga. Normalmente se requieren años de investigación para poder predecir el crecimiento de una población.

Se podría pensar en otros criterios potenciales para determinar un "umbral de acción". Su estimación podría depender, por ejemplo, de los factores subjetivos que incorpora el agricultor en su proceso de toma de decisiones, como de los recursos monetarios disponibles, el nivel de riesgo que él está dispuesto a aceptar, o el hecho de producir para autoconsumo versus de querer maximizar su ganancia, etc. Estos factores también son difíciles de cuantificar, y tampoco están realmente al alcance de nosotros.

En cambio el NDE es relativamente fácil de estimar, y nos podría servir como un primer paso o "umbral provisional" que divida las acciones de control en dos grupos: las que se implementan por debajo del NDE, que no son rentables; y las que se implementan del NDE para arriba, que sí son rentables. Esto quizás no indica la densidad "óptima" para iniciar un control, pero permite eliminar las aplicaciones no rentables y lógicamente innecesarias, "racionalizando" así el control químico. En este curso vamos a estimar los NDE's dejando la discusión de la estimación de los UE's o umbrales de acción, para el futuro.

Los componentes y cálculo del NDE

Volviendo a la definición del NDE,

"La densidad poblacional de la plaga en la cual el costo del control iguala al beneficio económico del control"

observamos que el NDE está compuesto por dos tipos de datos: datos biológicos provenientes de la experimentación, y datos económicos.

En la esfera biológica se ha de estimar 1) la relación entre la densidad poblacional de la plaga y el rendimiento del cultivo, y 2) la reducción de la densidad de la plaga ocasionada por el método de control (ej. una aplicación de un plaguicida). Los datos "económicos" que son necesarios son: 1) el precio de venta de cosecha (el valor), y 2) el costo del método de control (materia, maquinaria y mano de obra).

El NDE en su forma más sencilla está dado como la densidad de la plaga donde,

$$\text{Costo} = \text{Beneficio.}$$

Esta relación puede expresarse como,

$$C = mDSP,$$

donde C = el costo de control
m = la reducción en el rendimiento por unidad de plaga
D = la densidad poblacional de la plaga
S = el grado de supresión de la plaga efectuado por el control
P = el precio de venta de la cosecha

Al reflexionar queda claro que el término mDS representa el "rendimiento salvado" por unidad de plaga, debido a la aplicación del control. Al multiplicar esta cantidad por P se obtiene el valor monetario de dicho rendimiento salvado. Para calcular la densidad de plaga equivalente al NDE, se resuelve la ecuación para D, o sea,

$$NDE = D^* = C/mSP$$

Esta es la forma más sencilla de la relación; sin embargo diferentes autores presentan distintas formas de la ecuación que son superficialmente diferentes. Por ejemplo se utilizan diferentes nombres para las mismas variables. También suele suponerse que la supresión de la plaga siempre es de 100%, y en tal caso no aparece S como variable. Algunos autores utilizan porcentajes para la supresión de la plaga, prefieren otras proporciones. A veces se habla en términos de rendimiento absoluto, a veces de "rendimiento perdido", o del "porcentaje del rendimiento perdido" (Rosset, 1986; Pedigo *et al.* 1986; etc.). Todas estas variaciones son válidas y no deben oscurecer la relación básica.

Ejemplo 1: 100% Supresión de la Plaga

Si el control es 100% efectivo (Hruska, 1987), la ecuación se reduce a:

$$C = mDP,$$

y el NDE a,

$$NDE = D^* = C/mP$$

Ejemplo 2: Porcentaje del Rendimiento Perdido

En lugar de hablar de rendimientos absolutos (ej. 1000 Kg/ha), se podría hablar del porcentaje de rendimiento perdido como consecuencia de la acción de la plaga (ver Figura 4). En estos casos las variables de interés son:

C = costo de control

m = porcentaje de reducción en el rendimiento por unidad de plaga

D = densidad poblacional de la plaga

S = grado de supresión de la plaga efectuado por el control

P = precio de venta de la cosecha

R = rendimiento del cultivo esperado en la ausencia de la plaga

Ahora mDS representa el porcentaje del rendimiento "salvado", y el NDE es la densidad de la plaga donde,

$$C = \frac{mDS}{100} / 100$$

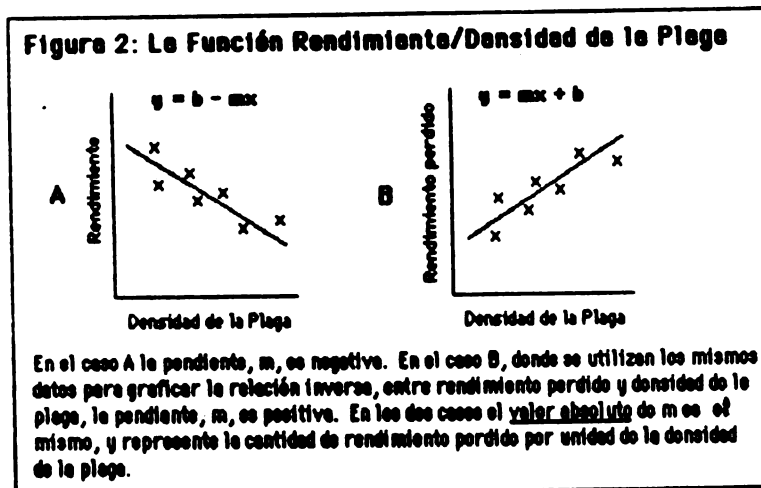
(se divide por 100 para convertir el porcentaje en proporción), y,

$$NDE = D^* = C(100) / mSPR$$

Este es el mismo análisis que presenta Rosset (1986), aunque se utilizan diferentes letras para representar las variables.

La relación entre la densidad de la plaga y el rendimiento

En las ecuaciones anteriores se utilizó la constante m , que representa la reducción causada en el rendimiento por "unidad" de la plaga. Esta constante se obtiene de la función que relaciona **Rendimiento/Densidad de la Plaga** ("yield/pest density function"), donde m es el valor absoluto de la pendiente de la línea que representa la relación entre el rendimiento del cultivo y la densidad de la plaga (ver Figura 2). La función es la ecuación de **regresión** entre las variables densidad y rendimiento. En algunos casos se supone una relación no lineal entre rendimiento y densidad (ver anexo).

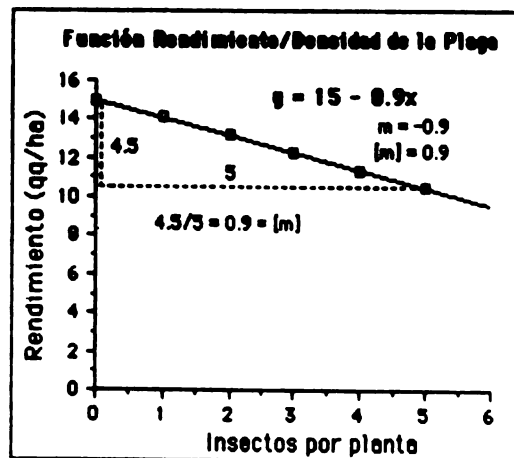


Ejemplo 3: El Cálculo del NDE

En un experimento hipotético obtuvimos los siguientes valores:

<u>Numero de insectos por planta</u>	<u>Rendimiento qq/ha</u>
0	15.0
1	14.1
2	13.2
3	12.3
4	11.4
5	10.5

De estos valores se calcula m , la reducción del rendimiento por unidad de la densidad de la plaga (el valor absoluto de la pendiente de la línea de regresión). Esto se puede calcular de dos maneras: directamente de la gráfica o de la ecuación de regresión



Este valor absoluto de m , 0.9, se utiliza junto con los siguientes datos hipotéticos para calcular el NDE

- C - el costo de control = 1000€\$/ha
- S - el grado de supresión de la plaga efectuado por el control = 0.80 (80%)
- P - el precio de venta de la cosecha 800€\$/qq
- D - numero de insectos por planta
- m - la reducción en el rendimiento por unidad de plaga - el valor absoluto de " m " en la ecuación de regresión ((m)) = 0.9

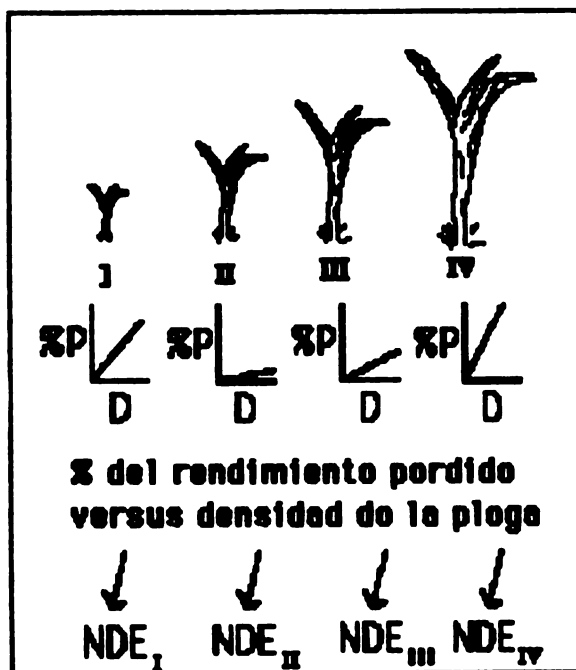
El NDE = $D \cdot C / mDSP = 1000 / 0.9(0.80)800 = 1.74$ insectos/planta

Etapas fenológicas

La susceptibilidad de la planta al daño insectil varía durante la vida de la planta. Hay etapas fenológicas donde un daño mínimo causa una pérdida significativa del rendimiento, mientras que hay

otras etapas donde la planta tolera mayor daño sin perjudicar el rendimiento. En el tomate, por ejemplo, la etapa de plántula y de formación de frutos son susceptibles, mientras que durante la etapa de crecimiento vegetativo la planta típicamente puede soportar hasta una defoliación de 30% sin reducir el rendimiento final (Rosset, 1986). Entonces se ha de estimar separadamente para cada etapa fenológica de la planta, la relación entre el nivel poblacional de la plaga y el rendimiento perdido (ver Figura 3). Luego se utiliza el valor de m de cada etapa para calcular un NDE para la misma.

Figura 3. Etapas Fenológicas



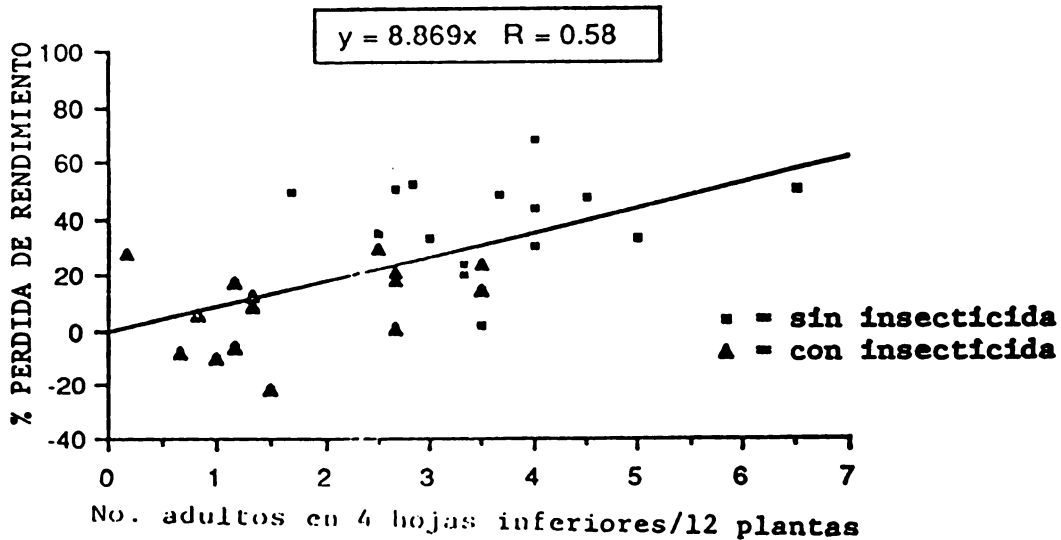
ESTIMACION DE LAS CONSTANTES

Objetivos

Se observó anteriormente que el NDE está compuesto por datos biológicos y datos económicos. Los datos económicos son: el costo de control (material, maquinaria y mano de obra), el precio que recibe el productor por la cosecha, y la gama de rendimientos esperados en la ausencia de la plaga (para el análisis basado en el porcentaje de rendimiento perdido; (Rosset, 1986). Estos datos se obtienen de estudios del mercado, de los presupuestos del cultivo, y/o de entrevistas.

Los datos biológicos son: la efectividad del método del control (reducción efectuada en la densidad de la plaga), y la función rendimiento/densidad de la plaga. El primero se obtiene de "pruebas de productos", mientras que el segundo se puede obtener a través de diferentes tipos de experimentos.

Figura 4. Regresión del porcentaje perdido del rendimiento de tomate versus la densidad poblacional de la mosca blanca (número de adultos en 4 hojas compuestas de la mitad inferior de la planta por 12 plantas) a los 43 días después de sembrar (según Rosset, 1986).



Una ventaja de este análisis es que a veces se puede aplicar a datos "archivados" provenientes de pruebas previas de productos, siendo así un método útil para "rescatar" información importante del tipo de ensayo más corriente. La gran desventaja es que confunde los efectos de la densidad de la plaga con los de período o etapa fenológica del ataque, fiándose del análisis de correlación y regresión para separar dichos efectos. El método siguiente evita este problema.

Períodos críticos

En este diseño se cruzan dos tipos de tratamientos: la dosis del producto y la "época de protección". El primer tipo es nada más que una prueba de dosis para "manipular" la densidad de la plaga. En el segundo, se "proteje" a diferentes etapas fenológicas de la planta, dejando otras sin aplicación del producto, para explícitamente separar los efectos de la plaga en las distintas etapas fenológicas de la planta (Hruska, 1987). Se utiliza regresión entre densidad y rendimiento en cada período para estimar la función rendimiento/densidad de la plaga y la constante m .

Infestación artificial

Cuando la densidad natural de la población de la plaga es baja, se puede aumentar artificialmente mediante la infestación con insectos criados en la laboratorio. En este caso los diferentes tratamientos corresponden a varios niveles de infestación. Este diseño puede ser incorporado a un experimento de "períodos críticos", infestando tratamientos diferentes en distintas fechas.

Daño artificial

Cuando ya se conoce la cantidad de daño producido por insecto, se puede defoliar la planta artificialmente para estimar la relación entre daño y rendimiento (Keularts et al., 1985). La ventaja de este método es que se puede controlar en forma precisa el porcentaje de defoliación. La desventaja es que el daño artificial no siempre causa el mismo efecto que la alimentación de un insecto.

Prueba de umbrales de acción

Otro tipo común de experimento es la prueba de umbrales de acción o "niveles críticos". En este diseño cada tratamiento corresponde al empleo de un umbral de acción distinto. Por ejemplo, en un experimento hipotético el tratamiento 1 podría ser la aplicación de insecticida cuando la densidad de la plaga alcanza una larva por planta; el tratamiento 2 cuando alcanza dos larvas por planta, etc. En este caso se realizan dos tipos de análisis estadísticos. Se utiliza el análisis de varianza para comparar los rendimientos, niveles de infestación, número de aplicaciones y ganancias netas de los diferentes tratamientos (Sears et al., 1985). Luego se hace el análisis de correlación y regresión descrita anteriormente para determinar el NDE.

La ventaja de este diseño es que incorpora, aunque como "caja negra", el efecto del umbral en la dinámica futura de la plaga. La desventaja es que confunde los efectos de la densidad de la plaga y la etapa fenológica del ataque.

EFFECTOS DE CAMBIOS EN LAS VARIABLES

La ecuación del NDE

Recordando la ecuación del NDE,

$$\text{NDE} = D^* = C/mSP,$$

debe ser claro que un cambio en el valor de cualquiera de las variables cambiaría el nivel de daño económico (Zavaleta, 1983).

Costo de control

En el ejemplo 3 la ecuación hipotética del NDE fue,

$$\begin{aligned} \text{NDE} &= D^* = C/m\text{DSP} = 1000/[0.9(0.80)800] \\ &= 1.74 \text{ insectos/planta,} \end{aligned}$$

donde el costo de control, C, era 1000¢\$/ha. Si el costo de control sube como consecuencia de un alza en el precio del producto o el costo de mano de obra, a 2000¢\$/ha, la ecuación cambia a $200/[0.9(0.80)800] = 3.47$ insectos/planta. Esto es lógico, como no debe ser rentable aplicar tanto si el producto es más caro. En cambio, si se baja el costo de control a 500¢\$/ha, como consecuencia de un subsidio al precio del producto, la ecuación nueva es $500/[0.9(.8)800] = 0.87$ insectos por planta (Rosset, 1987). Entonces la consecuencia de subvencionar el precio del insecticida es un aumento en su uso, a través de un NDE menor.

El costo cambia también cuando se sustituye otro producto con otro precio. El producto nuevo podría tener también un grado diferente de efectividad, como se expone más adelante en el párrafo sobre la efectividad del producto.

El precio de venta de la cosecha

Si el valor de la cosecha sube se justifica un uso mayor de insecticida, como consecuencia de un NDE menor. Por ejemplo, ¿cuál sería el NDE si el precio de venta de la cosecha sube de 800¢\$/qq a 1600¢\$/qq?

La función rendimiento/densidad de la plaga

El valor m , la reducción en el rendimiento por unidad de la densidad de la plaga, también puede cambiar, por ejemplo como consecuencia de la introducción de una variedad resistente o tolerante del cultivo. El uso de la variedad más resistente resultaría en un valor menor de m , o sea, una pérdida menor por unidad de plaga. Queda claro por la ubicación de m en la ecuación que al bajarlo, se **umentaría** el NDE, reduciendo así el uso de insecticida.

La efectividad del producto

Al introducir un producto nuevo, con mayor efectividad en cuanto al grado de supresión de la densidad de la plaga obtenida, se aumenta la cantidad de $m\text{DS}$, el "rendimiento salvado", justificando una mayor inversión en control (recordar que el NDE representa un balance entre el costo y el beneficio del control). Entonces disminuiría el NDE. Por ejemplo, ¿cuál sería el NDE si se introduce un producto que elimina 0.99 (99%) de la población de la plaga?

El papel del rendimiento esperado

Cuando se utiliza el análisis basado en el porcentaje de rendimiento perdido (ver ejemplo 2), el rendimiento esperado del cultivo juega un papel en la ausencia del ataque de la plaga. La ecuación del NDE es,

$$NDE = D^* = C(100)/mSPR,$$

donde R es dicho rendimiento esperado. Así un cambio en R. cambia el NDE.

La ventaja de este tipo de análisis es que hablar en términos del "porcentaje del rendimiento" y no de rendimientos absolutos, permite generalizar los NDE's a los agricultores quienes esperan obtener rendimientos diferentes. Se presentan los NDE's en forma tabular según el rendimiento esperado y el precio de venta de la cosecha (Cuadro 2).

La desventaja es que este método se justifica solamente cuando el supuesto biológico, (que la pérdida porcentual causada por la plaga no depende del rendimiento absoluto), sea válida. En muchos casos el valor de m variará cuando se cambia el sistema de producción (Ej. riego versus lluvia), violando el supuesto y haciendo necesario nuevos experimentos.

 Cuadro 2. Nivel de daño económico (NDE) para *Bemisia tabaci* en el tomate, Nicaragua 1983. Los rendimientos esperados cubren el rango esperado para el ciclo de 1982-1983 (10,000 - 40,000 kg/ha), para diferentes regiones y formas de tenencia de la tierra. Los precios esperados cubren el rango del precio predicho para 1983 según varias instuciones estatales. El NDE se basa en un costo por ha de 720c\$ por dos aplicaciones de insecticida, obtenidos de los presupuestos estimados en 1983 por el Banco Nacional de Desarrollo (Rosset, 1986).

NIVEL DE DAÑO ECONOMICO (NDE)

Rendimiento Esperado (kg/ha)	Precio de Venta de la Cosecha Esperado (c\$/kg)				
	1.76	3.52	5.28	7.04	8.80
10,000	0.891*	0.446	0.297	0.223	0.178
15,000	0.594	0.297	0.198	0.149	0.119
20,000	0.446	0.223	0.149	0.111	0.089
25,000	0.357	0.178	0.119	0.089	0.071
30,000	0.297	0.149	0.099	0.074	0.059
35,000	0.255	0.127	0.085	0.064	0.051
40,000	0.223	0.111	0.074	0.056	0.045
45,000	0.198	0.099	0.066	0.050	0.040

* = número de adultos de la mosca blanca en cuatro hojas compuestas de la mitad inferior de la planta en 12 plantas.

Conclusión: Los NDE's no tienen valores únicos

Queda estar claro que el NDE carece de un valor único, y varía según los costos, precios, etapas fenológicas, rendimientos, variedades, zonas y épocas del año (Cuadro 3). Esto indica un error muy común: el de establecer un solo NDE que nunca cambie para cada plaga. Esto no es válido. Para cambios de precios sería mejor publicar la fórmula que permite sacar el NDE, producir una tabla cada año como recomienda Rosset (1986), o emitir periódicamente nuevos NDE's. Para cambios biológicos (época del año, variedad), clima, etc.) hay que realizar nuevos experimentos con el fin de estimar el nuevo valor de μ .

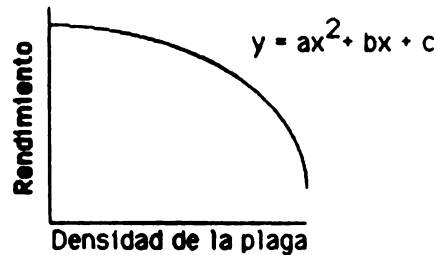
Cuadro 3. Resumen de los efectos de cambios en los parámetros del NDE.

<u>AL</u>		<u>EL NDE se</u>
Aumentar Bajar	el costo de control	umenta baja
Aumentar Bajar	el precio de venta de la cosecha	baja umenta
Aumentar Bajar	la resistencia de la planta	umenta baja
Aumentar Bajar	la efectividad del insecticida	baja umenta

ANEXO: El Caso de una Relación Curvilínea

A veces la relación entre el rendimiento del cultivo y la densidad de la plaga no es lineal. En este caso se utiliza un polinomial cuadrática en regresión curvilínea:

1) La forma de la ecuación que describa la curva es:



$$2) \quad NDE = D^* = x^* = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4a(C/P)}}{2a}$$

donde C mayúscula = Costo de control,
y P = Precio de venta de la cosecha

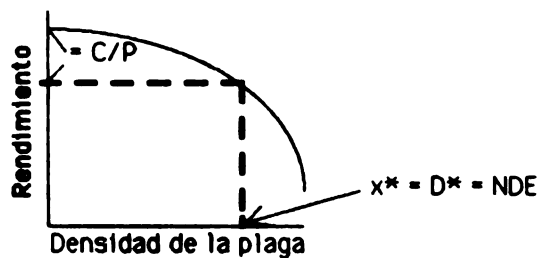
3) Se puede averiguar la solución a través del método gráfico:

Recuerde que en la densidad equivalente al NDE el Costo = Beneficio, y el beneficio refiere al "rendimiento salvado." Entonces se puede "traducir" el costo en un rendimiento de equivalente valor:

$$C = yP, \text{ o}$$

$$y = C/P$$

Este rendimiento puede ser indicado en la gráfica, y la densidad (el NDE) correspondiente calculado:



LITERATURA CITADA

- ANDOW, D.A.; KIRITANI, K. 1983. The economic injury level and the control threshold. *Japan Pesticide Information* 43:3-9.
- HRUSKA, A.J. 1987. Períodos críticos de protección y el efecto de infestación del gusano cogollero, Spodoptera frugiperda (Lepidoptera:Noctuidae) en maíz bajo riego en Nicaragua. In Memorias del 1er. Congreso Centroamericano, México y El Caribe de Manejo Integrado de Plagas, 5-7 agosto 1987, Guatemala, Guatemala. 12 p.
- KEULARTS, J.; WADDILL, V.; POHRONEZNY, K. 1985. Effect of manual defoliation on tomato yield and quality. Agricultural Experiment Stations, Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida (Gainesville), Technical Bulletin No. 847, 41 p.
- PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.* 31:341-368.
- POSTON, F.L.; PEDIGO, L.P.; WELCH, S.M. 1983. Economic injury levels: reality and practicality. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 29(1):49-53.
- ROSSET, P.M. 1986. Métodos de muestreo, reducción en rendimiento y niveles de daño económico por la mosca blanca del algodón, Bemisia tabaci Genn., en el tomate en Nicaragua. In P.M. Rosset, 1986, Aspectos Ecológicos y Económicos del Manejo de Plagas y los Policultivos de Tomate en Centroamérica. *Ann Arbor, MI, EEUU. Institute for the Development of Agricultural Alternatives*, pp. 32-70.
- _____. 1987. Precios, subvenciones y los niveles de daño económico. In Memorias del 1er Congreso Centroamericano, México y El Caribe de Manejo Integrado de Plagas, 5-7 agosto 1987, Guatemala, Guatemala (en prensa).
- SEARS, M.K.; SHELTON, A.M.; QUICK, T.C.; WYMAN, J.A.; WEBB, S.E. 1985. Evaluation of partial plant sampling procedures and corresponding action thresholds for management of Lepidoptera on cabbage. *J. Econ. Entomol.* 78(4):913-916.
- ZAVALETA, L.R. 1983. Aspectos económicos del manejo integrado de plagas. In Memorias del 1er Congreso Centroamericano, México y El Caribe de Manejo Integrado de Plagas, 5-7 agosto 1987, Guatemala, Guatemala. pp. 192-202.

MÉTODOS DE ANÁLISIS ECONÓMICO PARA SU APLICACIÓN EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS*

James B. French**

INTRODUCCIÓN

Los programas de investigación en protección vegetal se han enfocado tradicionalmente a un corto plazo, dirigidos a la solución de los problemas de plagas más inmediatos, utilizando como principal método de control los plaguicidas. (En este documento se entiende como plagas: malezas, insectos, patógenos, nemátodos y vertebrados). Los programas de manejo integrado de plagas (MIP) en cambio, poseen un enfoque a largo plazo, cuyo objetivo es desarrollar métodos de manejo del agroecosistema buscando reducir la población de la plaga y su impacto en forma ecológicamente estable y sostenible.

Los programas MIP se basan en un mejor conocimiento del agroecosistema, incluyen las plagas y sus enemigos naturales, y enfatizan en la planificación de su manejo. La estrategia de un programa MIP busca desarrollar un plan de protección eficaz, ecológicamente más consciente, económicamente mejor y socialmente de mayor aceptación.

Un plan de protección debe estar basado en las metas y objetivos que tiene el productor para la finca y su familia. Estas son muchas y variadas e incluyen metas económicas, sociales, psicológicas e interacciones entre sí. A pesar de la cantidad y la complejidad de las metas, todo productor se interesa en aumentar la cantidad de ingreso para el negocio y la familia. Esto tiene mayor importancia para el productor a medida que compra sus insumos y vende sus productos en los mercados.

* Basado en material presentado en el Cursillo Internacional de Manejo Integrado de Plagas, Universidad del Valle de Guatemala, del 3 al 4 de agosto de 1987, Guatemala, C.A.

** Economista Agrícola, CATIE, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, 7170 Turrialba, Costa Rica.

El ingreso neto es el valor total de los cultivos producidos, menos el costo total de producirlos; y mide las ganancias para el productor relacionadas con cualquier actividad de producción. Cualquier táctica o plan de manejo que aumente las ganancias, sin afectar otras metas, sería más deseable por parte de los productores. Entonces, un plan de manejo integrado de plagas debería buscar el aumento de las ganancias para los productores, y además realizar los otros puntos de la estrategia mencionados arriba.

A continuación se explican cuatro tipos de evaluación económica útiles en el desarrollo y aplicación de programas de MIP, los cuales pueden sintetizarse así:

- a) El presupuesto parcial permite evaluar modificaciones en lo practicado por el agricultor, determinando la técnica que genera un mayor aumento en el ingreso neto.
- b) La función de producción permite determinar el nivel del insumo (plaguicidas) que optimiza el ingreso neto.
- c) El umbral económico es un criterio de decisión para el empleo de plaguicidas que permita asegurar su uso únicamente cuando sea económicamente justificable.
- d) La toma de decisiones MIP bajo condiciones de riesgo e incertidumbre, es un método de análisis que le permite evaluar técnicas alternativas, basadas en los valores esperados cuando los eventos (presencia de la plaga) y las consecuencias (rendimientos o ingresos) no son ciertos.

EL PRESUPUESTO PARCIAL

El presupuesto es una técnica de análisis útil, por lo general, en la planificación de una finca. Permite comparar entre actividades alternativas basadas en sus beneficios y costos, de tal manera, que se seleccionan actividades que aumentan al máximo el ingreso neto. Para el caso de MIP en particular, el presupuesto es útil como instrumento de análisis para elegir entre varios métodos de manejo según su contribución a las ganancias.

Los investigadores, los extensionistas y finalmente los agricultores se interesan en comparar los ingresos netos que obtienen de aplicar métodos nuevos o no ensayados de manejo de plagas, con los métodos de manejo practicados por los productores. Para evaluar nuevas tácticas de manejo es preciso examinar las variaciones en los gastos y los ingresos asociados con las nuevas tácticas. Para lograr esta evaluación se elabora el presupuesto, función que consiste en llevar a cabo la tabulación de los gastos y de los ingresos asociados con la actividad.

Cuando se proponen modificaciones en las tácticas de manejo de plagas practicadas por los agricultores, las pueden evaluar económicamente de resultados experimentales utilizando la técnica de análisis de presupuesto parcial (Perrin et al, 1976). El análisis con esta técnica permite evaluar diferentes métodos de manejo tales como controles culturales, controles químicos, variedades resistentes, criterios de decisión sobre la aplicación de plaguicidas y Programas MIP que incluyen varios de estos métodos.

El procedimiento incluye la cuantificación y valoración de los insumos, que varían entre las tácticas. Por ejemplo, presume que la modificación consiste en la introducción de una práctica que el productor no realiza actualmente, como el uso de umbrales de decisión antes de aplicar los plaguicidas. Esta práctica requiere la realización regular de conteo de la plaga. También implica un cambio en el número de aplicaciones de los plaguicidas. Entonces, para realizar el análisis es necesario valorizar, en el caso de la táctica nueva, la mano de obra utilizada para los conteos de plagas y para las aplicaciones de los plaguicidas; el producto químico aplicado; y el valor del equipo usado.

Para la táctica practicada actualmente, se valorizan los insumos utilizados en la aplicación de los plaguicidas; mano de obra, plaguicidas y equipo. Asimismo, se valoriza la producción para las dos aplicaciones, ya que esta también varía. No es necesario cuantificar y valorizar los insumos que no fluctúan entre tácticas.

El presupuesto parcial permite determinar cuál de las opciones evaluadas incrementa mayormente el ingreso neto. Sin embargo, no señala si la actividad productiva (ej. sembrar maíz) es económicamente rentable o

aceptable; es decir, si provee un ingreso neto positivo y admisible por el agricultor. Para lograr ésto, sería necesario incluir todos los costos. Tampoco provee información sobre el nivel de riesgo relacionado con las opciones, ni el retorno a factores limitantes, que también tienen importancia en la selección de la mejor alternativa.

Para aplicar el presupuesto parcial es necesario valorar correctamente los factores y productos. La definición de los conceptos necesarios para aplicar el presupuesto parcial a la evaluación de experimentos pueden revisarse en Perrin, et al. (1976) y French, J. y Meseguer, M. (1986).

Ejemplo de presupuesto parcial en el manejo de plagas. Especialistas han propuesto el uso de herbicidas en la producción de maíz, en lugar de mano de obra para realizar el control de malezas durante épocas de escasez de mano de obra (CATIE, 1984). Los datos pertinentes al análisis del presupuesto parcial aparecen en el Cuadro 1.

Las únicas variables incluidas son las que difieren entre los dos métodos de manejo. El agricultor no usa herbicidas, mientras que la alternativa sí. Aunque los dos requieren actividades de chapia, la cantidad de mano de obra requerida es diferente. Las actividades que aparecen bajo costos variables de oportunidad usan estrictamente mano de obra familiar. Le dan un valor a la mano de obra familiar equivalente a lo que tendrían que pagar a un obrero en la zona por realizar esa misma labor. Este es el valor de oportunidad ya que la mano de obra es escasa en la zona y las familias podrían trabajar en otra finca a ese mismo precio.

El único costo monetario es el costo de los herbicidas. El ingreso neto parcial de la alternativa es mucho mayor que el del agricultor. Esto significa que el agricultor podría aumentar su ingreso en \$CA500.75 si adopta la alternativa que incluye herbicidas. Sin embargo, en este análisis no se consideran otros factores socioeconómicos que pudieran afectar la aceptabilidad de una táctica nueva como el riesgo y la disponibilidad de crédito para comprar los herbicidas. Se deberían tomar en cuenta estos

CUADRO 1. Comparación de presupuesto parcial entre una táctica nueva y la del agricultor para controlar malezas (por ha)*.

CONCEPTO	T A C T I C A S	
	AGRICULTOR	ALTERNATIVA
BENEFICIOS		
Rendimiento (hg/ha)	1.388.00	4000.00
Ingreso bruto (\$0.15 ha ⁻¹)	208.20	600.00
COSTOS VARIABLES PARCIALES (C.V.)		
<u>C.V. de oportunidad**</u>		
- Aplicación herbicidas		
Número de jornales	--	2
Total (\$4.50 jornal ⁻¹)	--	9.00
- Chapia de malezas		
Número de jornales	7	6
Total (\$4.50 jornal ⁻¹)	31.50	27.00
- Cosecha		
Número de jornales	3.50	6.50
Total (\$4.50 jornal ⁻¹)	15.75	29.25
<u>C.V. monetarios</u>		
- Herbicidas	--	14.00
COSTOS VARIABLES TOTALES	47.25	79.25
INGRESO NETO PARCIAL	160.95	520.75

* CATIE, 1984.

**C.V. de oportunidad, se refiere a insumos no comprados en el mercado y no fácilmente valorizados. En este caso mano de obra familiar.

otros factores antes de que se pueda juzgar si una táctica nueva es realmente deseable y adoptable por los productores.

FUNCIONES DE PRODUCCION

La función de producción es una relación técnica entre los factores que influyen la producción y el nivel de producción. Esta relación da la cantidad de producción que corresponde con diferentes niveles y combinaciones de los factores. Su conocimiento permite determinar los niveles de los factores de producción que optimizan la producción y, al conocer los valores correspondientes, optimizan también las ganancias.

La función de producción se representa teóricamente así: $Y=f(x)$ en donde: Y es el nivel de producción, f representa la función teórica que determina la relación y x es el nivel de factor que influye en la producción. En el caso de plagas, la densidad de la plaga es el factor que influye directamente en la producción por medio del daño que causa. Las tácticas de manejo influyen indirectamente en la producción por medio de sus efectos sobre la densidad y tasa de crecimiento de la plaga. Esta influencia sobre la plaga puede ser directa, reduciendo la densidad o la tasa de crecimiento como es el caso de plaguicidas o indirecta, alterando la función de producción como sería el caso de variedades resistentes. El impacto final al implementar las tácticas de manejo es aumentar la producción al bajar la población de la plaga o su daño. Nuestro interés económico es poder evaluar las pérdidas asociadas con las plagas y así determinar los beneficios asociados con su control.

Se pueden usar las técnicas de función de producción para los siguientes propósitos en la evaluación y planificación de programas de manejo de plagas: determinar la dosis de plaguicida que maximiza ganancias; evaluar el uso de plaguicidas por los productores; estimar el nivel de pérdidas económicas asociado a unas plagas a nivel de una región; determinar criterios de decisión a ser usados por el productor para la realización de un control racional de las plagas (nivel de daño económico, umbrales económicos y de decisión). Para realizar lo anterior, es necesario estimar la función de producción correspondiente a cada caso. Esto se

puede lograr utilizando la técnica estadística de regresión lineal o múltiple. Se basa la estimación en datos experimentales, de campo o de las fincas de los productores, dependiendo del propósito del análisis.

Para determinar la dosis de plaguicidas que maximiza ganancias es necesario estimar la relación entre el nivel de plaguicidas y el correspondiente nivel de producción. La relación teórica sería: $Y=f(\text{Plaguicidas})$. Sin embargo, hay que recordar que el plaguicida afecta a la producción indirectamente, por medio de su habilidad para reducir la densidad de la plaga o su tasa de crecimiento. Si hay variaciones en la densidad poblacional de la plaga, la relación entre el plaguicida y la producción también va a variar, afectando la función estimada. Entonces determinar la dosis de plaguicidas económicamente óptima, directamente en la función, como se plantea aquí, sería un método relevante solo cuando la densidad poblacional de la plaga es un problema continuo y se presenta por encima de un nivel crítico.

Bajo estas condiciones se puede estimar la función utilizando datos experimentales. Los tratamientos corresponderían a diferentes niveles de la dosis del plaguicida bajo estudio. Se determina el nivel de plaguicidas que optimiza ganancias por la siguiente relación: $P_y \frac{dY}{d \text{Plaguicidas}} = \text{Costo de plaguicidas}$, donde P_y es el precio del producto y, $\frac{dY}{d \text{Plaguicidas}}$, representa el incremento en la producción con respecto al aumento en la dosis de plaguicida (el producto marginal de plaguicidas) determinada por la función estimada y el costo de plaguicidas, corresponde al precio pagado por unidad del plaguicida. La dosis que maximiza ganancias es aquella donde el aumento en ingreso, lado izquierdo de la ecuación, es igual al aumento en costos, el lado derecho de la ecuación.

Utilizando la condición de optimización se puede evaluar el uso de los plaguicidas por parte de los productores (ICAITI, 1977). Se basa el análisis en datos provistos por los productores sobre las actividades realizadas por ellos en sus propias parcelas. La función de producción estimada con estos datos, representaría la tecnología practicada por los productores (French y Calvo, 1988). Se puede determinar si el uso de los plaguicidas tiene impacto significativo sobre la producción. También, se puede evaluar la cantidad de plaguicidas usada por los productores contra

la cantidad que maximiza ganancias. Esto permite evaluar económicamente la hipótesis de un uso excesivo por parte de los productores.

Otro método de análisis que usa la función de producción es la estimación de pérdidas asociadas con las plagas. Por medio de la función estimada, se pueden determinar las pérdidas en la producción debido a una plaga específica, o su daño en el caso que sea difícil hacer conteo de la plaga. Esta es útil en la determinación de nivel de pérdidas económicas causadas por plagas específicas en un área delimitada sea una parcela, una finca o una región (Teng, Krupa, 1980; Chiarappa, 1971). Esta información sirve a los planificadores e investigadores para evaluar los problemas de plagas y detectar cuales problemas son económicamente más serios.

La relación estimada entre la plaga, o su daño, y la producción se conoce como la función de daño. Esta función es necesaria para la determinación de umbrales de decisión, lo cual se trata en la siguiente sección (Hruska y Rosset, 1987).

Estimación del nivel óptimo de los plaguicidas. En 1976 se realizó una evaluación del uso de plaguicidas en la producción de algodón en Centroamérica (ICAITI, 1977). Una parte del estudio se dedicó a la determinación de los niveles óptimos de plaguicidas en la producción de algodón. Para lograr eso fue necesario determinar la relación entre rendimiento y plaguicida. Se especificó la siguiente relación:

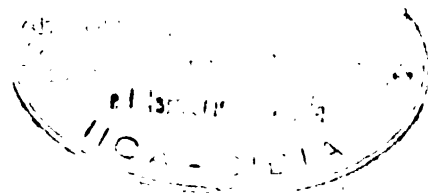
$$Y = f(fe, pl, tf)$$

donde rendimiento Y (100 libras de algodón semilla por Mz) es una función de fertilizante, fe, plaguicidas pl (libras de ingrediente activo) y tamaño de la finca, tf. Se estimó la relación a nivel de finca usando datos de Nicaragua de los años 1974/1975. Fijando los valores de fertilizantes y tamaño de la finca a sus promedios en la ecuación estimada se obtuvo la siguiente relación:

$$Y = 23.57 + .3412 pl - .00142 pl^2$$

El producto marginal de plaguicidas es:

$$Pma = dY/dpl = .3412 - .00284 pl$$



Para determinar el nivel óptimo, se incluyen los precios del algodón ($P_a = \$13/100$ libras) y los de los plaguicidas aplicados ($\$1.86/libra$). El nivel óptimo del uso de plaguicidas se determina resolviendo la siguiente relación por pl, donde el término entre paréntesis es el producto marginal de plaguicidas dY/d plaguicidas:

$$\$ 13 (.3412 - .00284 pl) = \$1.86.$$

El nivel óptimo de plaguicidas (pl) es 69.7 libras/mz o 45.2 kg/ha.

El nivel promedio del uso de plaguicidas en Nicaragua durante ese período fue 50 kg/ha. Este promedio resultó un poco por encima de lo óptimo. En el mismo período el uso medio de Nicaragua, El Salvador, Guatemala y Honduras fue de 62.4 kg/ha, bastante por encima de lo óptimo. Estos datos indican que el uso de plaguicidas no estaba en el nivel que maximizara el ingreso neto y por lo tanto había una sobredosis de plaguicida en la región.

Nivel óptimo, la función de producción y la técnica de presupuesto parcial. Anteriormente se explicó cómo se puede usar la función de producción para determinar el nivel económicamente óptimo de un control, basado en datos experimentales, ej. plaguicidas. Esto requiere estimar la relación entre nivel de plaguicidas y la producción utilizando el análisis de regresión. Sin embargo, se puede usar la técnica de presupuesto parcial para aproximarse al nivel óptimo. La ventaja de esto es obvia, no tener que estimar exactamente la función de producción. La desventaja es que no permite estimar el nivel óptimo. Se limita a los niveles utilizados como tratamientos en el experimento. Al aplicar el presupuesto parcial a este análisis, se calculan los ingresos netos parciales para cada nivel del plaguicida incluido en el experimento.

El nivel del factor que señale el mayor ingreso neto parcial, dados los precios usados, sería el nivel económicamente óptimo. Se puede ver un ejemplo de esto en el Cuadro 2, donde se presentan los resultados de un experimento, cuyo propósito fue determinar el nivel óptimo de nematicida en el cultivo de frijol de seco. Al observar los valores de ingreso neto parcial, se concluye que 1,50 Kg. de nematicida por Ha es el óptimo.

Se podrían utilizar estos mismos datos y estimar la función de producción correspondiente. Con esto se podría determinar con más precisión la dosis de nematicida entre 1,25 y 1,75 kg/ha que rinde mayores ganancias.

CUADRO 2. Aplicación de diversas proporciones de nematicidas en la producción de frijoles de secano.

Nematicida (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Ingresos Totales ^{1/} (\$/ha)	Costos Variables Parciales ^{2/} (\$/ha)	Ingresos Netos Parciales (\$/ha)
2,00	1 010	141,40	28	113,40
1,75	1 000	140,00	25	115,00
1,50	980	137,20	22	115,20
1,25	950	133,00	19	114,00
1,00	900	126,00	16	110,00
0	400	56,00	0	56,00

1/ El precio de los frijoles es de 0,14 dólares por kg a la salida de la explotación.

2/ El precio del nematicida es de 12 dólares por kg y el costo de una aplicación de 4 dólares.

Fuente: Reichelderfer, K. H. et al. (1985).

UMBRALES ECONOMICOS

La filosofía del manejo integrado de plagas tiene como una de sus metas racionalizar el uso de los plaguicidas. Por tal motivo, se ha desarrollado la técnica del umbral económico. Esta técnica es una regla de decisión para un control económicamente eficiente de la plaga. La aplicación del control de la plaga se hace cuando la población de ésta sobrepasa el umbral. El concepto, en general, consiste en soportar la presencia de la plaga hasta el punto en que cause suficiente daño como para que el beneficio de su control justifique el costo de dicho control. El umbral económico entonces, será el nivel mínimo de la población donde el beneficio marginal del control es igual a su costo marginal. Esta definición del umbral económico es similar a lo que se conoce en la literatura entomológica como niveles de daño económico.

Se puede clarificar aún más este concepto al visualizar la dinámica de la población de una plaga tal como se presenta en la Figura 1. Se observa en la fig. la que la población es biológicamente estable alrededor de un promedio natural (línea rayada). También existe un nivel de población que es suficientemente alto al comenzar a causar daño a la planta de la cual baja el rendimiento (línea continua). Este no es el momento de aplicar el control contra la plaga; la población es apenas suficientemente alta como para causar daño y generalmente el valor del daño es menor que el costo del control a este nivel de población.

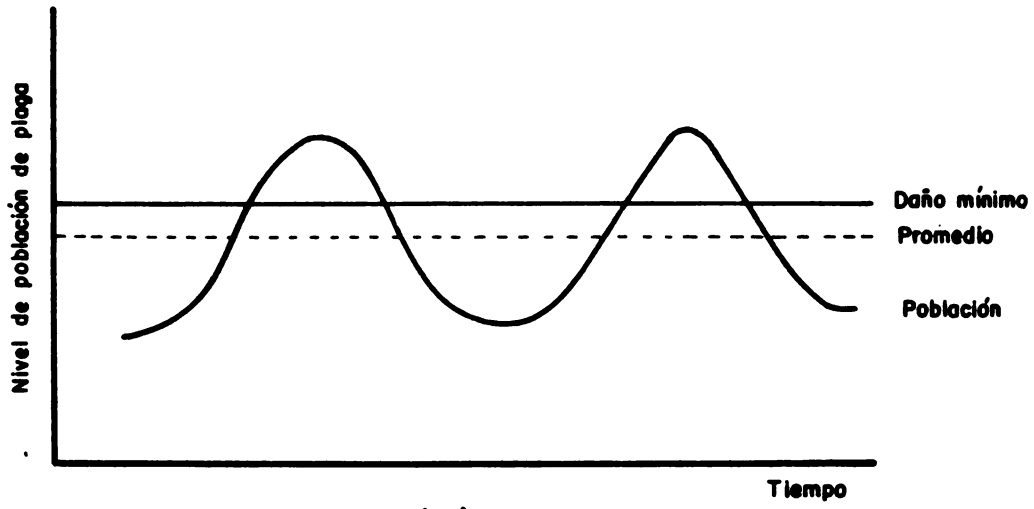
La Figura 1b, presenta el umbral económico junto con el daño mínimo. Una vez que la población alcanza el umbral, el beneficio del control es mayor a su costo y por tanto, se debe aplicar el control. El umbral económico es mayor que el nivel de daño mínimo siempre y cuando el control tenga un costo positivo. Hasta que el daño potencial y el beneficio del control sea mayor que el costo de éste, será económicamente rentable controlar la plaga.

Para estimar el umbral económico se necesita disponer de información sobre las siguientes relaciones:

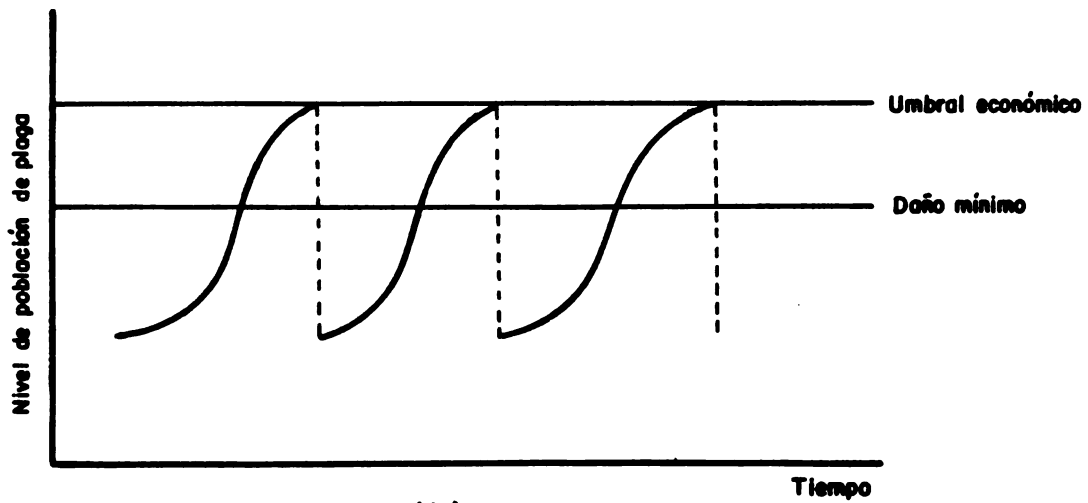
- La relación entre la población (D) y los rendimientos representados por $R(D)$ (función del daño).
- La relación entre el control y la población de la plaga k ; (eficacia del control).
- Los costos del control aplicado (C).
- El valor promedio del producto (P). Con esta información se puede determinar el umbral económico.

A fin de desarrollar umbrales que sean realistas y adecuados para el uso de los pequeños y medianos agricultores, se deben representar los precios reales que afrontan. Esto es necesario para asegurar que los umbrales y las cantidades de plaguicidas usados sean económicamente óptimos según las condiciones reales de los agricultores.

El precio promedio del producto se basa en el valor que normalmente recibiría el agricultor en el puesto de venta. Este podría estar localizado en el mercado nacional o local o en la finca misma. Dentro de este precio



(a)



(b)

Figura 1 Dinámica de una plaga y umbrales económicos

es necesario tomar en cuenta diferencias por la calidad del producto, un factor de suma importancia en el manejo integrado de plagas. También es necesario considerar que aunque el gobierno asigna un precio oficial para muchos productos, frecuentemente no compra el producto a ese precio y el agricultor debe venderlo a un precio menor. Por lo tanto este precio menor del producto, es el que debe usar en la determinación del umbral económico. Se debería usar el precio promedio, porque refleja lo que el agricultor espera recibir. Esto se puede basar en el promedio de datos históricos, siempre corrigiendo para compensar la inflación.

El costo de controlar o combatir la plaga incluye el precio del plaguicida por ingrediente activo y el valor de su aplicación. Sin embargo, al precio del plaguicida hay que agregar un costo por su adquisición y un valor por el uso del capital operativo. El costo de adquisición representa lo que se paga por el transporte de los insumos desde el mercado hasta la finca. Obviamente a mayor cantidad del producto que se compra, menor el costo por unidad de este. También, cuanto más lejos esté la finca del comprador, más alto será el costo de los plaguicidas por unidad.

El costo del uso del capital operativo corresponde al valor del dinero que se usa para la compra del insumo. Si el dinero es prestado se representa el costo por la tasa de interés del préstamo durante el período del cultivo. Si es dinero propio de la finca, se usa el costo de oportunidad que serán los intereses que se podrían obtener al prestar el dinero a otro por el período comprendido desde la compra del insumo hasta la venta de la producción.

El costo de la aplicación del plaguicida incluye el valor de la mano de obra utilizada, el costo de operación de la maquinaria y el valor del alquiler de la bomba de espalda. Si esta es propia, se debe incluir el valor por la depreciación del equipo.

Ejemplo de determinación del umbral económico. Se presenta un modelo sencillo que sirve para determinar el umbral económico de una plaga y se ofrece un ejemplo de su aplicación. El precio del cultivo es P . Se representa la población de la plaga por D . La función de daño R se

expresa como la cantidad de pérdida por unidad de la plaga D. Para cualquier nivel de la plaga D, el valor de la pérdida se expresa así:

PRD.

El efecto del control (plaguicida) se expresa por k, y se define como la reducción porcentual de plagas por cantidad del control aplicado. Entonces la expresión siguiente representa el beneficio marginal del control de la plaga.

PRDk

El costo del control y su aplicación por unidad, C representa el costo marginal del control de la plaga. El umbral económico es el nivel de la plaga en donde el beneficio marginal del control de la misma es igual al costo marginal de su control, o

$$PRDk = C.$$

El umbral se determina por la siguiente relación:

$$D^* = C/kPR.$$

Se nota por esta relación sencilla que cuanto mayor sea el costo del control, mayor será el umbral y menor la aplicación de los plaguicidas. Entonces, cuanto mayor sea el costo del transporte, del capital o de su aplicación, mayor será el nivel de daño que el agricultor debe tolerar y menor su utilización de plaguicidas.

Como ejemplo de la determinación del umbral, se presenta un caso de malezas en la producción de soya (Reichelderfer, et al. 1985). El precio de la soya es \$.18/kg., la función de daño se expresa en términos de daño de 45 kg de soya, por maleza, por fila de 10 metros en promedio. La efectividad del herbicida es 80 por ciento, por aplicación y el costo de aplicación es \$46. El umbral se define así:

$$\begin{aligned} D^* &= 346 / (.80) (.18) (45) \\ &= 7.16 \end{aligned}$$

Entonces cuando se determina un promedio de 7.10 malezas/10 metros se debe aplicar herbicidas. Para una mayor discusión sobre como determinar umbrales en la práctica consulte el trabajo de Hruska y Rosset, (1987).

LA TOMA DE DECISIONES MIP EN SITUACIONES DE RIESGO E INCERTIDUMBRE

Hasta este punto se supone que todas las relaciones son conocidas y fijas. En realidad, la agricultura se caracteriza por su incertidumbre y riesgo debido al factor biológico (variabilidad en la producción) y a la naturaleza de su industria. Esta incertidumbre dificulta la toma de decisiones sobre el manejo de la finca. Una de las principales fuentes de la variabilidad en la producción a nivel de finca son las plagas. Existe variabilidad en la población de la plaga y muchas veces es difícil o imposible determinar o estimar dicha población. Hay variabilidad en el daño que causa la plaga y en la mayoría de los casos la relación entre la plaga y la producción es desconocida. La dinámica de la plaga es variable y en muchos casos es tal, que una vez que entra la plaga en el cultivo los daños se vuelven excesivos y por tanto el riesgo es demasiado (p.e. muchas enfermedades).

La incertidumbre y el riesgo influyen en las decisiones que el agricultor debe tomar para controlar las plagas. En general, el agricultor implementa controles que le aseguren protección contra dichos riesgos (Carlson, 1984). La mejor protección es aquella que provee defensas directamente a la planta, tal es el caso de las variedades resistentes. Sin embargo, no existen variedades que garanticen suficiente protección a la mayoría de las plagas a la vez. En consecuencia el agricultor aplica plaguicidas como una medida profiláctica para proteger su cultivo de la posibilidad de la presencia de la plaga. Esta práctica, se presta para que el agricultor abuse de los plaguicidas, incurriendo además en un alto costo de producción. Este costo toma también diferentes modalidades tales como: la contaminación del ambiente; el desarrollo de resistencia de las plagas a los plaguicidas; e impactos negativos a la salud de los trabajadores, agricultores y consumidores del producto.

Bajo situaciones de incertidumbre y riesgo se puede usar la técnica de análisis de las decisiones para evaluar alternativas de manejo. Cada

posibilidad se conoce como un evento, por ejemplo, un ataque intenso de una plaga. Asociado con cada evento hay una probabilidad de su ocurrencia. Estas probabilidades pueden basarse en datos históricos cuando estén disponibles, por ejemplo datos históricos de una estación experimental. Si éstos no están al acceso se pueden usar datos subjetivos aportados por los agricultores o por los técnicos de la zona. Por ejemplo, los productores podrán estimar la probabilidad de un ataque severo o ligero de una plaga clave.

Basados en las probabilidades de los eventos y en el resultado de cada uno de ellos, medido por la producción o el ingreso correspondiente, se puede calcular el valor esperado asociado con una táctica de control específico. La táctica que presente un mayor valor esperado será la preferida por el agricultor siempre y cuando, él esté dispuesto a absorber el valor mínimo que pueda ocurrir. En el Cuadro 3, se presenta un ejemplo donde se evaluaron dos alternativas en el manejo de Phytophthora infestans en papa; atomizar y no atomizar. Hay dos eventos posibles, un ataque ligero de la enfermedad y uno intenso. El valor esperado es la suma de las probabilidades de cada evento multiplicado por el resultado, ingreso neto. El mayor valor esperado en este ejemplo, da la táctica de no atomizar donde, el agricultor recibirá el promedio de \$1.440 por año. Sin embargo, dos de cada diez años él tendrá una pérdida de \$800. Si él no estuviera dispuesto a soportar o asimilar esa pérdida, entonces preferiría la alternativa de atomizar.

La importancia de la Información. La situación anteriormente descrita supone que el agricultor carece de información que le ayude a predecir algo sobre el evento. El no tiene manera de determinar la intensidad del ataque antes de que ocurra. Si contara con la información apropiada y supiera con anticipación la llegada de un ataque ligero, escogería la táctica que le señala un mayor ingreso neto, o sea la de no atomizar. Si por el contrario ocurriera un ataque intenso, la técnica escogida sería la de atomizar.

Se puede lograr que el agricultor mejore su toma de decisiones, proporcionándole información que le permita predecir o estimar con anticipación la probabilidad de ocurrencia de severidad de un ataque. Monitoreos

CUADRO 3. Matriz de resultados monetarios, en dólares, del control de Phytophthora infestans en un campo de papas de 5 ha.

NO INFORMACION

INTENSIDAD DE INFESTACION	PROBABILIDAD	MEDIDAS ADOPTADAS	
		NO ATOMIZAR	ATOMIZAR
Ligera	0.8	2.000	1.300
Intensa	0.2	-800	500
Valor esperado		1.440	1.140

Fuente: Reichelderfer, K. H. et al. (1985).

INFORMACION: PREDICCION DE UN ATAQUE INTENSO

INTENSIDAD DE INFESTACION	PROBABILIDAD	MEDIDAS ADOPTADAS	
		NO ATOMIZAR	ATOMIZAR
Ligera	0.5	2.000	1.300
Intensa	0.5	-800	500
Valor esperado		600	900

Situación modificada por el autor de la de no información.

regulares de las plagas permiten estimar la población de la plaga en el campo. Esta información con un criterio de decisión como el del umbral económico, permite determinar si la intensidad del ataque es suficientemente severa como para justificar en términos económicos la aplicación del control. Para muchas plagas, particularmente las enfermedades, el monitoreo es difícil por el problema de su diagnóstico o por el problema de su dinámica. En estas situaciones se deben identificar otros factores relacionados con la plaga que permitan predecir su ataque. Un ejemplo de esto es el uso de información sobre el clima para predecir la posibilidad del ataque de las enfermedades.

La disponibilidad de la información a los agricultores tiene el objetivo de cambiar sus probabilidades subjetivas sobre los eventos. En el Cuadro 3 se ve lo que podría ocurrir si se le presentara información al agricultor. El modificaría sus probabilidades subjetivas basado en la confianza que él tiene en la fuente de la información. En el ejemplo, hay una predicción de un ataque intenso de Phytophthora infestans. Después de la modificación de sus probabilidades, se ve que la táctica de atomizar le da el mayor ingreso neto esperado. No es que el agricultor conscientemente mida sus probabilidades y haga los cálculos, sino que él actúa como si realmente los hiciera.

En este ejemplo, la información le hizo cambiar su táctica de control. En las situaciones donde regularmente hay uso excesivo de plaguicidas, la disponibilidad de información puede causar una reducción en su uso y un aumento en el ingreso neto.

REFERENCIAS

- CARLSON, G.A. 1984. Risk Reducing Inputs Related to Agricultural Pests. Proceedings of a Seminar Sponsored by Southern Regional Project 5-180, New Orleans, Louisiana, March 1984. Dept. of Agricultural Economics, University of Illinois, AE-4579, pp. 164-75.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1984. Alternativa de Manejo para el Sistema Maíz-Maíz, Guácimo-Pocora, Costa Rica. Descripción y evaluación en fincas pequeñas. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- CHIARAPPA, L. (ed). 1971. Crop Loss Assessment Methods. FAO. Manual on the evaluation and prevention of losses by pests, diseases and weeds. Commonw. Agric. Bureaux, Farnham, England. (Looseleaf).
- FRENCH, J. B.; CALVO, G.A. 1988. Caracterización de la tecnología de producción de plátano por pequeños productores de San Carlos, Costa Rica y de Progreso Panamá. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). No.10:28-38.
- _____; MESEGUER, M. 1986. Determinación de umbrales económicos: El método de presupuesto parcial. In Curso Intensivo "Estrategias Potenciales para el Manejo Integrado de Plagas", San Salvador, El Salvador, Proyecto MIP/CATIE, 15 p.
- HRUSKA, A.J.; ROSSET, P.M. 1987. Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). No.5:30-44.
- ICAITI. 1977. An Environmental and Economic Study of the Consequences of Pesticide Use in Central American Cotton Production (Final Report). ICAITI Project No. 1412, Guatemala, Jan. 1977.
- PERRIN, R. K. et al. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, un Manual Metodológico de Evaluación Económica. México D. F., CIMMYT. 54 p.
- REICHELDERFER, K.H. et al. 1985. Directrices económicas para la lucha contra las plagas en la agricultura. Estudios FAO. Producción y Protección Vegetal No.58. 32 p.
- TENG, P. S.; KRUPA, S. V. (eds.). 1980. Crop Loss Assessment. Proceedings of E.C. Stohman Commemorative Symposium Miscellaneous Publication. 7-1980. Agricultural Experiment Station, University of Minnesota.

ASPECTOS ECONÓMICOS DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Luis R. Zavaleta
Departamento de Economía Agrícola,
University of Illinois
Sección de Entomología Económica
Illinois Natural History Survey

El apropiado entendimiento de los conceptos económicos involucrados en el control de plagas, es una necesidad fundamental para cualquier esquema de producción agrícola que se desee llevar a cabo con éxito. Los niveles de complejidad de estos conceptos y sus medidas aumentan en relación directa a los diferentes tipos de plagas que se hallan presentes en determinado momento. En casos donde tan sólo una plaga se encuentra presente, la determinación de los beneficios y costos económicos que resultan de su supresión, pueden ser relativamente simples. Si en su lugar, se encuentra un complejo de ellas, el determinar los beneficios resultantes de la aplicación de métodos de control es una tarea que en la mayoría de los casos resulta ser bastante difícil.

Los resultados obtenidos con diferentes formas de manejo de las plagas requieren ser analizados en varias formas. Estas es, en algunos casos es suficiente el establecer el costo de protección del cultivo y los incrementos en el rendimiento; en otros casos, es necesario el análisis de los presupuestos, la determinación de los rendimientos, y el riesgo ocasionado o involucrado en el uso de determinadas medidas de control.

DEFINICIONES RELACIONADAS AL MANEJO DE PLAGAS

1. Daño de planta
Perjuicio ocasionado a la planta que pueden resultar o no en pérdida de la cosecha.
2. Pérdida de cosecha
Reducción en la calidad o cantidad del producto cosechado, debido al daño causado por la plaga.
3. Status de plaga
Categorías en las cuales puede ser incluida una plaga, dependiendo de la magnitud de las pérdidas que causan a la cosecha, y del costo que es necesario incurrir para evitarlas. Estas categorías suelen agruparse en: Plagas potenciales, ocasionales y claves.
4. Plagas potenciales
Aquelles plagas que bajo condiciones normales no causan pérdidas significativas.

ridos contra plagas claves u ocasionales. Estas sustancias químicas pueden causar una muerte masiva de los agentes de control biológico, disturbando de esta manera aquellas fuerzas que mantienen las poblaciones de las plagas potenciales por debajo de los niveles en los cuales no había pérdida de la cosecha.

5. Plagas ocasionales

Aquellos niveles poblacionales que fluctúan en el status de plaga, ya sea en tiempo u o espacio. Esta situación, las poblaciones son generalmente mantenidas bajo los niveles de daño mediante el control biológico y cultural, siendo estos controles alterados de vez en cuando.

6. Plagas claves

Afectan niveles poblacionales de ocurrencias permanente, persistente y severa. Este tipo de plagas requiere el uso dominante de prácticas de control químico.

7. Plagas indirectas

Aquellas que no afectan directamente las partes de la planta que constituyen el producto de la cosecha; tal es el caso de los defoliadores que atacan las hojas de la soya.

8. Plagas directas

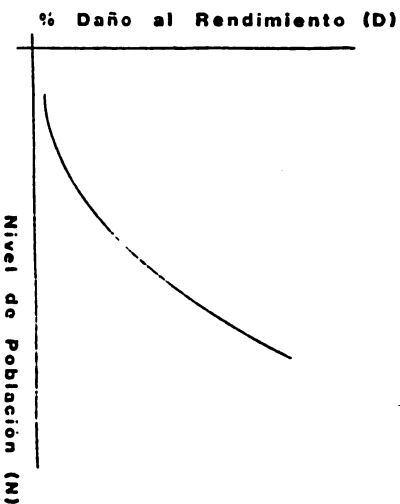
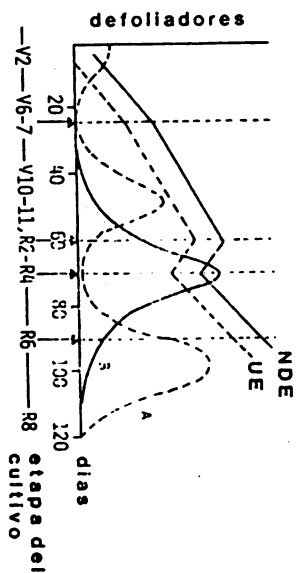
Plagas que atacan o afectan directamente las partes de la planta que constituyen los rendimientos del cultivo. Un ejemplo de este tipo de pestes son los chinches picadores que se alimentan de las semillas de la soya.

9. Nivel de daño económico (NDE)

Densidad de población de una plaga que causa suficientes pérdidas en la cosecha, haciendo su control económicamente deseable. Por debajo de este nivel poblacional, el costo de control excedería el valor de la porción de la cosecha protegida del daño, siendo el resultado neto una pérdida financiera. Por encima de este nivel, el valor de la porción protegida de la cosecha excede el costo de combate con un resultado económicamente positivo. El nivel de daño varía con el tiempo y lugar durante la estación y es sensible al clima, a las prácticas agronómicas, y a las condiciones económicas presentes.

10. Umbral económico (UE)

Aquella densidad poblacional en la cual deben iniciarse las medidas de control a fin de evitar un incremento en la población de la plaga que la haga alcanzar el nivel de daño económico. El umbral económico es previo al nivel de daño económico con el objeto de contar con suficiente tiempo para la iniciación de las medidas de control y para que estas medidas tengan efecto antes que la población alcance o exceda el nivel de daño económico.



DETERMINACION DEL NIVEL DE DAÑOS ECONOMICO

La determinación del momento adecuado en el cual aplicar medidas de control de plagas esta basada en el establecimiento de umbrales y niveles de daño económico. La aplicabilidad y uso de tales guías de decisión, dependen en gran parte de la certeza en las estimaciones de los daños causados por las plagas en las distintas etapas del crecimiento del cultivo. Igualmente, son importantes la precisión de los costos de producción y control, las predicciones de los rendimientos, y el precio de venta de la cosecha. Finalmente, la determinación del nivel de daño económico debe tomar en cuenta la eficiencia del tratamiento, y la influencia del clima y etapa de crecimiento del cultivo en que se efectúa.

Aunque escasa o raramente existen situaciones en las cuales tan sólo se da la presencia de una sola plaga, a continuación asumiremos, por motivos ilustrativos, que el cultivo de interés tan sólo se encuentra afectado por una sola plaga directa, y que la relación entre el porcentaje de daños a los rendimientos y el nivel de población de la plaga es conocida. Dicha relación puede ser descrita como:

$$D = .05 N^2$$

donde:

D es el porcentaje de daño al rendimiento,
 N es el nivel de población de la plaga.

Y puede ser expresada gráficamente como en la siguiente figura: (Gráfica 1).

Si consideramos que (Y) es el rendimiento del cultivo, el valor del daño al rendimiento puede ser estimado en base al producto del precio que se espera recibir por la cosecha (P) y el rendimiento perdido debido al daño ocasionado por las plagas (ND/100).

El nivel de daño económico se define como la población de la plaga que causaría pérdidas exactamente iguales al costo de control (C), esto es:

$$PYD/100 = C$$

Dada esta ecuación, a través de la sustitución adecuada del término D, donde D = .05N, el nivel de daño económico puede ser encontrado de la siguiente manera:

$$.05 PYN^2 = 100 C$$

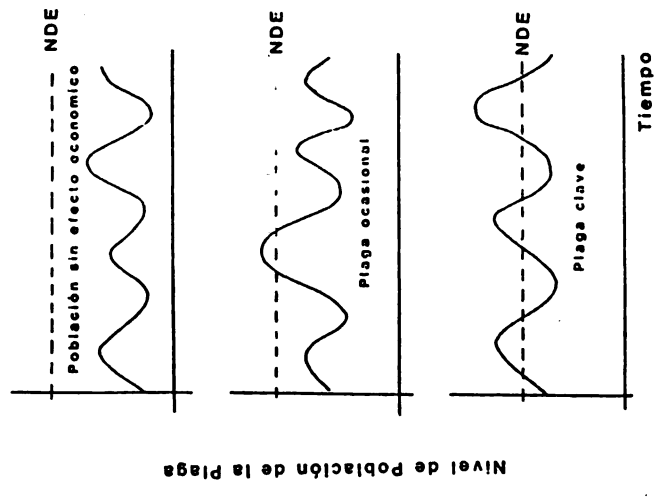
$$N^2 = 2000 C/PY$$

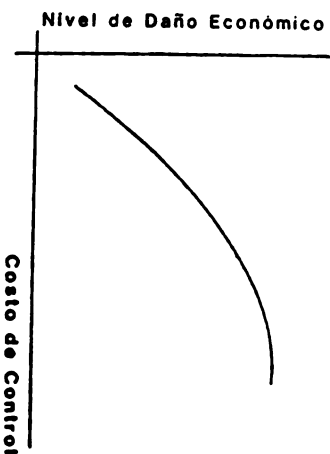
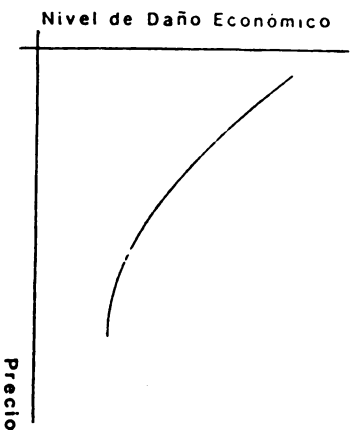
$$N = \sqrt{2000 C/PY}$$

Asumiendo un costo (C) de \$7.96, un precio (P) de \$6.50, y rendimientos (Y) de 50 bu/ha, el nivel de daño económico sería:

$$N = \sqrt{2000 (7) / (6.50) (50)}$$

- Gráfica 1





$$N = \sqrt{49}$$

$$N = 7$$

donde las unidades en que la población está expresada dependen del método de muestreo y el tipo de población que es observada. Por ejemplo, la población N , podría estar dada en número de insectos adultos por metro de surco, número de larvas por planta, o cualquier otra unidad que mida apropiadamente el nivel de infestación de la plaga.

Basados en las relaciones expresadas anteriormente, los niveles de daño económico tenderán a cambiar, como puede observarse con cambios en los costos, precios y rendimientos. Así a medida que los costos de control aumentan, se hace necesario que los beneficios a obtenerse debido a la aplicación de control, sean mayores para justificar su rentabilidad, aumentando el nivel de daño económico. Inversamente, a medida que los costos de control disminuyen, se vuelve más rentable el aplicar medidas de control a niveles de población más bajos, disminuyendo de esta manera el nivel de daño económico.

En relación a cambios en el precio de la cosecha, un incremento en el precio tenderá a incrementar el valor del cultivo, y por ende, a reducir el nivel de daño económico en el cual se deben tomar medidas de control para evitar pérdidas. Para disminuciones en el precio, la conclusión a derivarse es que los niveles de daño económico tenderán a aumentar. Finalmente, cambios en el nivel de rendimientos tienen el mismo efecto que los cambios en el precio de la cosecha, y por lo tanto, tienden a hacer variar inversamente los niveles de daño económico.

Una vez más, es necesario recalcar que en el proceso de establecimiento de los niveles de daño económico, es muy importante el contar con datos que sean confiables. Especialmente, el contar con información adecuada que relacione las pérdidas de rendimientos, en diferentes etapas de crecimiento del cultivo, con el tamaño de la población de la plaga.

USO DE PRESUPUESTOS PARA EL ANÁLISIS DEL MANEJO DE PLAGAS

Generalmente, los problemas relacionados con plagas con numerosos y complejos en su magnitud. En muchos de estos casos, no existe tan solo una plaga, sino se da el caso de que varias de ellas están presentes al mismo tiempo o sucesivamente en diferentes etapas de crecimiento del cultivo. En dichas circunstancias, la existencia de niveles de daño económico definidos para una sola plaga, no constituyen una medida exacta de los daños que pueden ocurrir en los rendimientos. Debido a esto es que existe la necesidad de tener niveles de daño económico difícil de obtener, y por lo tanto otro tipo de guías para las decisiones a tomarse son necesarias.

Una alternativa para el análisis económico de diferentes estrategias a usarse en el manejo de plagas, es el uso de presupuestos de producción e ingresos. Como ejemplo de este tipo de análisis, se presenta en la Tabla I, los diferentes costos incurridos en el proceso de producción del cultivo de soya. Los resultados con relación a rendimientos e ingresos fueron obtenidos de experimentos lle-

vados a cabo por un proyecto iniciado en 1979, bajo los auspicios de la Estación Experimental Agrícola de Illinois, USA. El proyecto ha sido independientemente coordinado y dirigido por el Departamento de Agronomía de la Universidad de Illinois. Este proyecto ha proporcionado una excelente oportunidad para llevar a cabo gran parte de la investigación interdisciplinaria que es requerida en este tipo de trabajo de campo. El objetivo general del proyecto ha sido diseñado para catalogar los efectos de rotación, cultivo, nivel de manejo de plagas y la localización geográfica de enfermedades, insectos, y malezas. Se espera que al finalizar el proyecto, se puedan hacer recomendaciones basadas tanto en consideraciones económicas como del medio ambiente.

Los niveles de manejo de plagas escogidos han sido catalogados como: alto, medio y bajo. Ellos representan los diferentes niveles de insumos aplicados a los sistemas de cultivo. Varios tipos de herbicidas, insecticidas y fungicidas fueron usados en diversas cantidades, o no fueron aplicados del todo, con la finalidad de medir los beneficios relativos de estas prácticas.

Los resultados en la Tabla 1, fueron obtenidos de parcelas experimentales localizadas en Urbana, Illinois. La información equivale a los años 1980-1982.

1. RENDIMIENTOS PROMEDIO Y RETORNOS NETOS

Los presupuestos detallados, describen los varios costos incurridos en el proceso de producción de soja bajo cada nivel de manejo de plagas y sistema de cultivo. Como puede observarse Tabla 1, el promedio de los rendimientos y los ingresos totales incrementan con el nivel o grado de intensidad en el control de las plagas. Niveles altos de insumos químicos pueden asegurar niveles de rendimientos altos, sin embargo, los costos incurridos son también incrementados, dejando como resultado el que los ingresos netos disminuyan. Bajo el rubro del sistema de cultivo reducido, los niveles "bajos" de control proporcionan, simultáneamente, los rendimientos más bajos y los ingresos netos más altos. Los rendimientos más altos fueron obtenidos con niveles de control "altos". Sin embargo, éstos fueron obtenidos a raíz del uso intensivo de pesticidas.

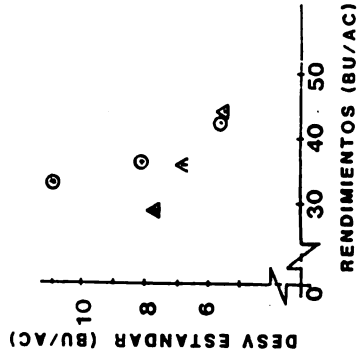
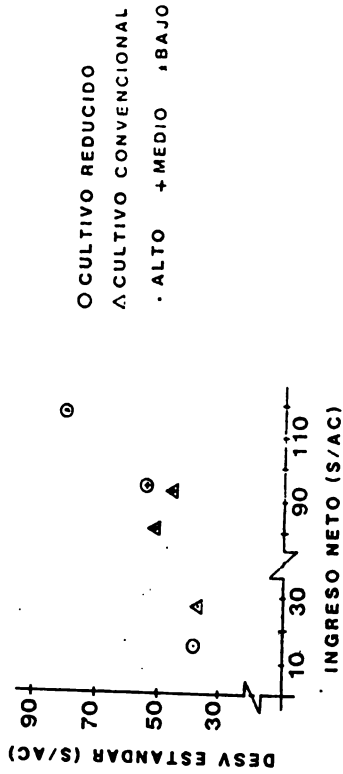
En el caso de sistemas de cultivo convencional, los ingresos netos más altos fueron obtenidos mediante el uso de un nivel "medio" de medidas de control de plagas.

Los resultados obtenidos llevan a la conclusión de que, bajo las condiciones experimentales, los niveles "bajos" o "medios" de control de plagas fueron adecuadas y a la vez económicamente deseables.

2. FACTORES DE RIESGO

Es importante el tener presente que medidas alternativas de control de plagas afectan la variación de los rendimientos y de los ingresos. La Tabla 2 presenta medidas de la variación o riesgo asociado con la producción física (rendimientos) y los retornos económicos medidos en términos de los ingresos netos.

En la figura los valores de los rendimientos han sido graficados con sus respectivas desviaciones estándares, de tal manera que se puede observar el intercambio entre el riesgo o (variación) y los incrementos o disminu-



ciones en rendimientos debidas a las diferentes prácticas de control de plagas. Dentro de las prácticas de control bajo cultivo convencional, no se observan mayores variaciones en términos de la desviación estándar tal vez debido al hecho de que el tipo de cultivo convencional sirve como un medio efectivo de control de la variabilidad de los rendimientos es incrementada con niveles bajos de manejo de plagas. Esto parece confirmar la noción de que en la ausencia del uso del arado para controlar plagas el nivel de aplicación de pesticidas se vuelve más crítico para asegurar un cierto rendimiento. Cuando los costos de producción son considerados en el análisis, una situación bastante diferente emerge.

En la figura, los niveles de ingreso neto son graficados con sus respectivas desviaciones estándar. De los puntos en el gráfico, en líneas generales, no se puede llegar a una conclusión definitiva acerca de cuál tipo de cultivo y medida de control de plaga es preferida. Los ingresos netos incrementan, pero al mismo tiempo, el riesgo asociado con ellos incrementa. La decisión de cuál tipo o cuáles tipos de cultivos y controles escoger queda en las manos de cada productor.

Tabla 2. Valores Estadísticos de Rendimientos y Retornos Netos En Soya Bajo Cultivos Convencionales y Reducidos y Tres Niveles de Manejo de Plagas:

	Cultivo Convencional		Cultivo Reducido	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Rendimiento Promedio (bu/A)	44.40	36.70	42.00	33.10
Desviación Estándar de Rendimientos	5.57	6.95	5.65	8.18
Retorno Neto Promedio	74.48	47.75	47.22	95.82
Retornos Estándar de Retornos Netos	37.88	46.58	38.42	55.62
				80.24

a. Asume un precio de \$5.80 por bu. de soya.

Tabla 1. Propiedades Para Soya: Urbana 1960-1962 (en \$/acre excepto donde se indica).

	Convencional		Reducido de Cultivo	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo
1. Ingreso Neto Rendimiento (bu/A)	44.40	36.70	42.00	33.10
Total Ingreso	201.12	214.16	245.60	249.81
2. Costos Variables				
Pre-Cosecha:				
Semilla y Fertilizante	31.79	24.93	26.57	20.11
Aplicación de Pesticidas y Fertilizantes	124.84	12.50	131.41	39.77
Repuestos de Tractor, Combustible, y otros	19.42	9.25	19.42	9.25
Mano de obra y otros	0.57	0.57	0.04	0.04
Otros, Reparaciones, Combustible, y Lubricantes	10.96	10.96	9.24	9.24
Intereses en Capital	9.71	5.97	4.16	9.56
Total Pre-cosecha	204.79	96.13	205.57	96.90
Cosecha:				
Reparación: Mano de obra, Reparaciones, Combustible, y Lubricantes	7.46	7.46	7.46	7.46
Intereses en Capital	0.08	0.08	0.08	0.08
Total Cosecha	7.54	7.54	7.54	7.54
Variables Prod.	212.33	103.67	213.11	104.44
3. Costes De Producción, Tractores y Equip.	39.87	39.87	35.96	35.96
4. Total Costes de Producción	252.21	143.54	199.07	142.47
5. Retorno a la Tierra, Mano de obra, y Administración	49.21	102.62	49.62	106.46
6. Costo de Abono	21.23	16.37	6.86	21.31
7. Costes Totales	273.44	159.91	115.35	210.28
8. Retornos Netos	28.48	92.25	82.76	117.80

RESISTENCIA DE INSECTOS A INSECTICIDAS

Marco Castro
Entomólogo IICA/PRONEXA

INTRODUCCION

El desarrollo de resistencia de insectos a insecticidas es un hecho evolucionario. Ya que resulta de cambios observables pasados de una generación a otra por medio de factores hereditarios como son los genes. La Evolución Biológica es el cambio de una generación a otra en la proporción de los diferentes genes. Este cambio puede ser leve o dramático. El concepto de Evolución Biológica fue propuesto por Darwin y Wallace. Ellos propusieron que la diferencia en tasas de supervivencia y reproducción constituyen la selección natural y llevan a la alteración de la abundancia relativa de las formas. Posteriormente se reconoció que la proporción de forma para fluctuar al azar, así que el azar es otro mecanismo de cambio evolucionario. Las variaciones se producen por accidente y la mayoría de los casos son perjudiciales. La forma genética sobrevive depende de cual tiene la capacidad reproductiva más alta. El cambio evolucionario no tiene una dirección sino una gran diversidad de direcciones.

El desarrollo de la genética ha sido la contribución más importante al pensamiento evolucionario desde Darwin, porque la base de la estructura teórica de los mecanismos de cambio evolucionario. La Síntesis Moderna de los 30's y 40's reunió al pensamiento de genetistas, sistematistas y _____ enfoque neodarwiniano en el cual Mutación y Selección no considerados como suficientes explicación del proceso evolucionario.

Características de la Evolución:

- Toda característica de los organismos tiene una distribución de frecuencia con media y varianza. La evolución es un cambio en la forma de la distribución de frecuencia de las características que persiste por una o más generaciones.
- La forma de la distribución de frecuencia permanece constante a través del tiempo si hay herencia perfecta y así los individuos de todos los genotipos tienen número idéntico de prole. El cambio puede ocurrir si algunos fenómenos reproducen menos por inhabilidad de sobrevivir a edad reproductiva, esterilidad, menor fecundidad o menor habilidad de encontrar compañeros. Estas diferencias en reproducción pueden cambiar la forma de la distribución de frecuencia sin cambiar la media o pueden cambiar la media en una dirección. Este cambio direccional en características promedio es el aspecto de cambio evolucionario que tiene más interés. La evolución Direccional se puede ver como un cambio en la posición del fenotipo medio en la estación fenotípica.
- La constancia de la distribución de frecuencia de generación a generación depende del grado de perfección de la herencia. La prole puede diferir de los progenitores al tener

- distinta información genética que es traducida a diferencias fenotípicas o al ser expuestas a diferentes ambientes. Así que la similaridad hereditaria no depende sólo del genotipo sino también de la similaridad de los ambientes. La correlación entre progenitores y progenie se reduce por recombinación y mutación.
- Entre más mutable es la unidad hereditaria más efímera será la variación generada. Los genes individuales son heredados como partículas y rara vez se alteran con el proceso de copia. Porque se mantienen a través de muchas generaciones las mutaciones genéticas tienen un efecto de largo tiempo en la evolución. Las agrupaciones de genes (genotipos) son de corta vida en especies sexuales porque son alterados durante los meiosis. Los nuevos genotipos creados por recombinación tienen sólo un efecto de corto tiempo en la evolución.
 - la variación entre poblaciones o especies requieren que las poblaciones difieran con respecto a las proporciones relativas de los fenotipos en ellas. Todos los cambios evolucionarios dependen de cambios dentro de las poblaciones. Estos cambios consisten de alteraciones en las proporciones de los genotipos (los genes) llevados por los organismos individuales que conforman la población. Estas proporciones o frecuencias de genes permanecen constantes si no hay fuerzas que las cambien.
 - existe una gran variabilidad en las poblaciones de los organismos aun en poblaciones homocigotas de plantas. Estas poblaciones son altamente polimórficas ya que consisten de una gran variedad de distintos genotipos homocigotos. Existe tanta variación que la capacidad para una respuesta genética rápida a cambios ambientales es inmanente en casi todas las poblaciones. La variación genética viene de la mutación y de la recombinación. La recombinación viene de la formación de gametos, que son genéticamente diferentes de los que se unieron para formar el individuo que los produjo. Esto resulta en nuevas combinaciones de genes con propiedades que pueden trascender a los padres.
 - Pocas poblaciones están completamente aisladas. A mayor intercambio de genes entre poblaciones, más similar será su composición genética (si no hay otros factores que contrarresten la influencia homogenizante de la migración). Si la migración es suficientemente fuerte puede contrarrestar la selección en distintas poblaciones hasta cierto punto previniendo a una población de llegar a estar completamente adaptada a su ambiente. La variación en frecuencia de genes de lugar a lugar es grande si el tamaño de vecindad de cada individuo es pequeño, pero si el promedio de la distancia de migración aumenta las variaciones en composición genética se vuelven menos pronunciadas.
 - A pesar de que la dispersión genéticamente efectiva dentro de una especie tiene un efecto profundo en sus características genéticas, se sabe poco de esto en la naturaleza. En muchas especies el nivel de dispersión

depende de la densidad de población porque la emigración aumenta en respuesta al hacinamiento o a una falta de recursos. En un experimento Drosophila pseudobscura se movió 133 m el primer día y 90 m el día siguiente de la emergencia. Las hembras copulan en los primeros 2 días así que la distancia entre los sitios de emergencia y copulación debe ser menos de 250 m. La dispersión pudo haber sido inflada por el alto número de insectos en el sitio de liberación y en la naturaleza puede ser menor. Este experimento no midió la Dispersión Genéticamente Efectiva, que requiere no sólo la dispersión sino también la reproducción.

- La estructura óptima para una rápida evolución es un complejo de poblaciones pequeñas con flujo de genes leve pero persistentes. Las mutaciones que se originan en el rango de la especie pueden ser transmitidas a la especie si es ventajosa en una amplia variedad de ambientes. Pero también cada población puede adaptarse plenamente a su ambiente local en vez de tener un genotipo compromiso adaptado para otros ambientes.
- Una mutación es un cambio en la información genética. Estas pueden ser Macrolesiones que afectan más de un cistron o Mutaciones de Punto que afectan un solo locus. Las mutaciones consisten en cambios en la secuencia de bases nucleótidas que resultan en un cambio de la secuencia de aminoácidos producidos. En una población de 1000000 individuos se puede esperar que cerca de 10 individuos tengan 1 mutación en 1 locus. Algunos factores que inducen las mutaciones son: calor, luz ultravioleta, radiación ionizante, mutágenos químicos, etc. La mayoría de las mutaciones son perjudiciales, algunas son neutras y otras beneficiosas, depende del ambiente. La mutación no depende de la utilidad que pueda tener, sino que se presenta al azar.
- La tasa de mutación es generalmente baja. Su efecto en la composición genética de una población posiblemente es reducido por factores más fuertes.
- La abundancia relativa de alelos diferentes puede aumentar y reducirse al azar de una generación a otra puramente por accidente. Este efecto es más marcado en poblaciones pequeñas y se llama Desviación Genética Aleatoria.
- Las mutaciones con efecto dramático posiblemente son más perjudiciales. Las ventajosas son las que tienen efectos leves en el fenotipo. La posibilidad que una mutación ocurra no depende de la ventaja o desventaja que ofrece.
- La selección natural o artificial es simplemente reproducción y supervivencia diferencial. Las características desarrolladas en un ambiente pueden no ser las más aprobadas para un ambiente subsiguiente.

Efecto de la selección en la frecuencia de Genes.

La más simple selección es la Selección Direccional, por ejemplo: la forma melánica industrial de Biston betularia que en 50 años aumentó de frecuencias extremadamente bajas hasta 99%. Esto ocurrió como resultado de sufrir menos depredación que las formas grises típicas. La tasa de cambio de la frecuencia génica depende de la Adaptación relativa de varios genotipos. Puesto que la Adaptación es relativa, se fija la Adaptación del genotipo más adaptado a 1, entonces la Adaptación relativa de un genotipo con 80% de la capacidad de aumento es 0.8, la diferencia de 0.2 es el Coeficiente de Selección (S) comparado con el genotipo inferior. Bajo selección direccional la población pierde variación y se puede adaptar a cambios ambientales sólo si nuevas mutaciones ocurren.

Algunas formas de selección no tienen a una población monomórfica pero mantienen la frecuencia de genes en valores intermedios. Esta variación se mantiene por varias formas de Selección Balanceada. Las mutaciones recurrentes pueden explicar la existencia de variantes raras. El flujo de alelos de otras poblaciones puede prevenir la eliminación de un alelo por selección. Este tipo de selección mantiene el polimorfismo, ya que ambos alelos se mantienen en el heterocigoto. Las fuerzas que cambian la frecuencia de genes y genotipos son: direccionales (selección, mutación y migración) y sin dirección (desviación genética aleatoria). Las fuerzas que cambian la frecuencia de genotipo pero no la frecuencia de genes son: endogamia y selección, la última esta influida por: Frecuencia de genes ("p" y "q"), fuerza de selección (S) y expresión fenotípica.

La selección artificial aplicada a todo tipo de características en una gran variedad de plantas y animales casi siempre resulta en una respuesta, a menudo dramática. En Drosophila se han observado cambios en comportamiento sexual, tasa de desarrollo, fecundidad, habilidad de dispersión, preferencia de alimentación, resistencia a insecticidas y otras tóxicas, etc.

RESISTENCIA A INSECTICIDAS

El desarrollo de resistencia es un problema para el uso continuo de algunos insecticidas. En el pasado se contraretaba la resistencia a través del uso de un material alternativo. Pero al aumentar el costo de desarrollo de nuevos insecticidas se ha enfocado hacia otros métodos para retardar el desarrollo de resistencia.

A continuación se presentan algunas definiciones de términos importantes para el tema de resistencia:

- Susceptibles: individuos que nunca ha sido expuestos al insecticida en cuestión.
- Naturalmente Tolerantes: población con habilidad innata para sobrevivir tratamiento con insecticida al que nunca ha sido expuesto.
- Resistencia: población de insectos que eran susceptibles pero que no son susceptibles más. Es el desarrollo de una habilidad heredada genéticamente para tolerar dosis de toxicantes que serían letales a la mayoría de individuos normales.

En una población Susceptibles hay individuos naturalmente tolerantes con varios grados de susceptibilidad. La Resistencia es un resultado de la selección. Es una selección de tipo Darwiniana; la aplicación del pesticida aumenta la frecuencia relativa de unos pocos individuos preadaptados.

- Resistencia Cruzada: mecanismo de defensa único que confiere resistencia contra varios tóxicos.
- Resistencia Múltiples: resistencia a varios tóxicos conferida por mecanismos diferentes coexistentes.

Algunas fechas de importancia en la historia del desarrollo de resistencia incluyen:

- 1908 escama de San José resistente a sulfato cálcico
- 1912 escama negra resistente a HCN
- 1928 Cydia pomonella resistente a arseniato de plomo
- 1946 10 especies de artropodos resistentes
- 1980 432 especies de artropodos resistentes

Los diferentes mecanismos de resistencia se pueden agrupar en:

Fisiológicos:

- Aumento detoxificación: resistencia a DDT en mosca, debido a un aumento en DDT-dehidrochlorinasa.
- Reducción de penetración cuticular: El primer caso fue resistencia a Endrin en Heliothis virescens, con resistencia cruzada a Dieldrin, Chlordano y DDT.
- Reducción de sensibilidad de sitio de acción: resistencia a Dieldrin en mosca.
- Aumento excreción
- Secuestro o almacenamiento (no demostrado)

Comportamiento:

- Dependiente de estímulo
- Independiente de estímulo

Factores que afectan desarrollo de resistencia

Genéticos

-Frecuencia, número y dominancia de genes de resistencia, selección por otros ingredientes activos

Biológicos

-Duración del ciclo, progenia, partenogénesis

Hábitos

-Migración, movilidad

Operativos

-Estructura del insecticida y relación con los anteriores, residualidad y dosis.

Métodos genéticos para estudiar resistencia

-Cruzas F1 indican el nivel de dominancia del genes.
-Retrocruzas revelan algo sobre el número de genes.

Métodos bioquímico-fisiológicos para comparar resistencia

-Estudios de resistencia cruzada
-Estudios de sinergistas
-Estudios In Vitro para actividad enzimática
-Estudios de sitio de acción con compuestos marcados
-Estudios de penetración cuticular

Resultados de estudios de resistencia

Las generalidades son similares entre la mayoría de los organismos estudiados. En la resistencia desarrollada en el campo los mecanismos de resistencia son controlados por un gene mayor. En resistencia de laboratorio hay muchos mecanismos y muchos genes generalmente involucrados. Esto puede resultar de los diferentes tipos de presión de selección en el laboratorio y el campo. En el laboratorio se trata de obtener 95% mortalidad, sin migración y en el campo se trata de obtener 100% de mortalidad, comúnmente con migración de susceptibles.

Los estudios de información biológica básica, o sea, el efecto de genes resistentes en características no toxicológicas han sido casi exclusivamente en tiempo de desarrollo y fecundidad. Las líneas resistentes se desarrollan más despacio y producen menos progenie que las susceptibles.

Resistencia a Piretroides

Existe una relación cercana entre resistencia a parálisis por DDT y a piretrinas en mosca, garrapatas y piojos. Se demostró una reducción en sensibilidad del nervio a envenenamiento por DDT en líneas que combinan resistencia a DDT y piretrinas. Los genes que dan resistencia a knockdown (efecto inmediato) de DDT y

piretrinas (Kdr) son recesivos en la mosca. En Blatella germanica resistencia a piretrinas es independiente de resistencia a DDT, por ende no es Kdr. La detoxificación Oxidativa es el principal mecanismo metabólico para piretroides. Por el hecho de que los piretroides son degradados fácilmente los aumentos en el metabolismo no son muy importantes para aumento de resistencia. Los genes Pen y Kdr son más importantes. Pen resulta de absorción reducida y Kdr se relaciona a un cambio en el sitio de acción de DDT y piretroides.

Resistencia a Organofosforados y Carbamatos

Hay distintos mecanismos de resistencia importantes:

-Sistema de oxidasas microsomales de función mixta dan resistencia a organofosforados y carbamatos. Altos niveles de oxidasas microsomales caracterizan a los insectos resistentes a fosforados y carbamatos.

-Sistema de aryl y alkyl transferasas dependientes de glutathion, dan resistencia a organofosforados. Altos niveles de enzimas detoxificantes dependientes de glutathion existen en moscas resistentes y en Heliothis virescens resistentes a organofosforados

-Carboxilesterasa, insectos con resistencia a organofosforados por esterases tienen niveles altos de carboxilesterasa.

-oxidasas microsomales dependientes de NADPH. Dos genes semidominantes en mosca controlan los altos niveles de la actividad de la oxidasa microsomal.

Sólo genes oxidativos dan resistencia metabólica a insecticidas carbamatos en mosca. En contraste con los fosforados donde los genes de resistencia metabólica oxidativa y no-oxidativa son importantes.

Los mecanismos de detoxificación son mecanismos de resistencia al existir en niveles normalmente altos. Se heredan como genes simples semidominantes.

Resistencia a Clorinados

Ciclodienos

En mosca la resistencia es controlada por un gen mayor y otro menos importante o Pen. La resistencia cruzada en común en insectos resistentes a ciclodienos y se extiende a todos los ciclodienos (heptachloro, chlordan, aldrin, dieldrin y endrin) y también a mirex y lindano. Se ha sugerido que menos tóxico se acumula en tejido nervioso de Blatella germanica y moscas resistentes en comparación con moscas susceptibles. Se ha sugerido que los ciclodienos son tóxicos porque causan la liberación de acetilcolina de las vesículas pre-sinápticas, por lo tanto la resistencia se puede relacionar al control de la emisión de acetilcolina o a un cambio en el receptor de acetilcolina. La

resistencia a DDT en mosca es debida a 3 genes: 1 semidominante (dehidrochlorinasa, que aumenta la actividad de DDT dehidrochlorinasa); 1 recesivo, Kdr; y uno semidominante para la toxificación oxidativa de DDT. En mosquitos es DDT-dehidrochlorinasa o Kdr.

Las estrategias para limitar (manejar) resistencia pueden ser químicas, de aplicación o prácticas agrícolas:

Químicas

-Aumentar la selectividad relativa a los enemigos naturales probablemente no desarrollaran resistencia tan rápido como aquellos que son altamente tóxicos a los enemigos naturales porque estos proveerán un factor de mortalidad adicional para cualquier individuo resistente que sobreviva una aplicación del insecticida. Se ha sugerido que los insecticidas que son metabolizados hidrolíticamente pueden ser los más adecuados para preservar los enemigos naturales. Niveles más altos de selectividad se pueden lograr con materiales que no sean verdaderamente insecticidas. Por ejemplo, un compuesto que atrase el crecimiento de los insectos fitófagos sin afectar directamente sus enemigos naturales. Esto no sólo preservaría los beneficios sino que también haría la plaga más vulnerable a ataque al aumentar el período de la exposición.

-Evitar compuestos y formulaciones persistentes

Los pesticidas que se descomponen lentamente proveen un rango amplio de dosis para discriminar entre genotipos resistentes y susceptibles, lo que aumenta el desarrollo de la resistencia. Los químicos no-persistentes son deseables cuando sea económicamente posible.

-Desarrollar compuestos que tengan resistencia cruzada "negativamente correlacionada" a los materiales usados previamente.

La observación de que algunos compuestos nuevos son más tóxicos a líneas resistentes que susceptibles de insectos ha llevado a especular sobre el uso de insecticidas "negativamente correlacionados" para cambiar poblaciones de resistentes a susceptibles. Este método no ha sido exitoso en la práctica.

-Usar compuestos que resulten en resistencia inestable.

Varios autores han observado que ciertos pesticidas aparentemente producen resistencia "inestable" o "reversible". Sería ideal usar tales insecticidas, pero hay muchas preguntas sobre como identificarlos y el significado de "estabilidad". Si un insecticida causa resistencia inestable en una población, causará resistencia inestable para otras poblaciones o especies con constitución genética diferente?. Cuáles son las características químicas de un compuesto inestable?. Se debe la inestabilidad a: (1) homocigosis para resistencia, (2) "coadaptación" del genoma para resistencia, (3) alta adaptación del alelo resistente

aun en la ausencia del tratamiento pesticida, o (4) la falta de dilución de la población resistente por los individuos susceptibles. Cada uno de estos cuatro factores tiene diferentes implicaciones para la reversión de la resistencia a largo plazo. Coadaptación, la reorganización del genoma a través de la recombinación, ha sido descrita como una parte importante de la evolución de resistencia en poblaciones de laboratorio. La comprensión de la evolución de resistencia es esencial para desarrollar una contraestrategia, sin embargo aun no se ha estudiado la coadaptación en una línea resistente desarrollada en el campo.

Aplicación

-Aumentar la dosis aplicada

En general, las dosis reducidas reducirán la intensidad de selección y atrasarán el desarrollo de la resistencia. Sin embargo bajo ciertas condiciones es posible inhibir la resistencia al tratar con dosis suficientemente altas para matar los heterocigotos resistentes. La utilidad de este método se ve limitada en sistemas agrícolas por tres razones: (1) el costo de usar altas dosis; (2) operacionalidad, no sabemos que dosis matarán al heterocigoto hasta que la resistencia ocurra, y entonces puede ser muy tarde; y (3) persistencia larga y cobertura incompleta puede proveer áreas en tiempo y espacio cuando las dosis aplicadas no matan todos los heterocigotos, sino más bien discriminan entre los heterocigotos y susceptibles.

-Tratar sólo cuando y donde se necesite

Como en el caso de la reducción de dosis, esto reduce la presión de selección y debe atrasar el desarrollo de la resistencia. Los científicos agrícolas ya siguen este método cuando es posible, más que todo por razones económicas.

-Tratar una sola etapa de vida

En principio, esto también reducirá la presión de selección porque sólo una fracción de la población está bajo selección en cualquier momento. Sin embargo esto no será muy útil si todos los individuos de la población son tratados al pasar a través de las etapas de vida.

-Tratar etapas de vida con niveles bajos de enzimas.

Las etapas larvales de muchos insectos, en especial lepidóptera, tienen altos niveles de enzimas de detoxificación, presumiblemente en respuesta a defensas de las plantas. Estas también proveen preadaptaciones importantes para resistencia porque los mismos sistemas de enzimas son activos contra los pesticidas. En larvas de Spodoptera littoralis el nivel de resistencia a fosforados es más alto que en los adultos, aparentemente debido a altos niveles de actividad de las oxidasas microsomales. Se ha propuesto que el control insecticida para lepidóptera se dirija a huevos y adultos porque tienen menos recursos metabólicos para degradar tóxicos. Aunque este método no

será útil en todos los casos, requiere cierta investigación. Hay mecanismos metabólicos que pueden conferir resistencia en huevos y adultos, como sitios de acción alterados, pero por lo menos la diversidad de mecanismos será reducida, y los niveles de resistencia logrados por cambios en sitios de acción son bajos.

-Aplicar insecticidas con sinergistas

Esto es genéticamente similar a aplicar contra etapas de vida depauperadas de enzimas, porque la acción de los mecanismos metabólicos de detoxificación se bloquean. Este método no ha trabajado bien en el pasado porque se ha desarrollado resistencia por mecanismos alternos, por problemas técnicos y por el alto costo.

-Aplicar pesticidas selectivamente para evitar la mortalidad de enemigos naturales

Los insecticidas se pueden hacer selectivos de dos formas: fisiológicamente y ecológicamente (el material se aplica de manera que afecte menos a los enemigos naturales). De nuevo la ventaja es que un factor adicional de mortalidad se impone en la población tratada.

-Alternar o rotar pesticidas con diferentes modos de acción. Si los insecticidas tienen distintos modos de acción y sitios de acción, la insensibilidad de un sitio de acción hacia un insecticida no conferirá resistencia a otro. Si además, un solo mecanismo metabólico no provee resistencia a ambos compuestos, y diferentes los controlan la resistencia en cada sitio activo y sistema metabólico, el uso de uno no afectará al otro. Estos insecticidas podrían entonces ser usados en rotación, cada uno reduciendo la presión selección para resistencia al otro.

-Aplicar mezclas de pesticidas

A pesar de que el uso de mezclas de insecticidas se a menudo descrito como una medida que se toma una vez que se desarrolla la resistencia, es posible que trabaje más efectivamente como una medida profiláctica para retardar el desarrollo de la resistencia.

Prácticas culturales

-Usar controles no-pesticidas cuando sea posible.

Esto reduce la presión de selección y generalmente es implementada donde es posible.

-Aumentar la frecuencia de individuos susceptibles después del tratamiento al proveer áreas sin tratar (refugios) o liberando susceptibles.

El objetivo aquí es reducir la frecuencia de los individuos resistentes por dilución y, bajo ciertas condiciones, a través de competencia. Desafortunadamente, el aumento de las densidades de plagas no es generalmente compatible con el manejo de éstas en los ecosistemas agrícolas. Este método puede ser más útil contra díptera, especialmente en

situaciones médico-veterinarias. Por ejemplo la liberación de mosquitos machos susceptibles, los que son inofensivos y no muy caros para criar, sexar y liberar.

Casi todos los métodos para reducir la tasa de desarrollo de la resistencia son mejorados por la presencia de una desventaja selectiva de los genotipos resistentes que daría la ventaja a los susceptibles en la ausencia del tratamiento químico. Sin embargo, algunos métodos, como el uso de controles alternos, parecen ser más sensibles a una desventaja selectiva que los otros. Los pocos estudios que se han hecho sobre las desventajas selectivas de los insectos resistentes indican que las desventajas son relativamente pequeñas.

BIBLIOGRAFIA

- Futyma, D.J. 1979. Evolutionary biology. Sinauer Ass. Inc. Massachusetts. 565 pp.
- Plapp, F.W. 1976. Biochemical genetics of insecticide resistance. Ann. Rev. Entomol. 21:179-197
- Roush, R. 1984. Apuntes del curso: Genética Ecológica. Miss. Stat. Univ. U.S.A.

↖
**DESCRIPCION, BIOLOGICA, ECOLOGIA Y CONTROL DE
LAS PRINCIPALES PLAGAS DEL CAFETO**

Bernard Decazy 1 ✓

1 Entomólogo, IRCC/PROMECAFE/ANACAFE

Las plagas en el café, al igual que en todos los cultivos constituyen uno de los factores limitantes en la productividad. Pero no se presentan en forma generalizada en una zona, ni durante todo el año, por lo cual damos algunas especificaciones sobre biología, ecología, forma de prevenirlas y controlarlas cuando se pueda o se sepa.

Las principales plagas del café, las que causan más daños al café o que son responsables de grandes pérdidas de cosecha, están en el cuadro siguiente, clasificadas según las plantas del café atacadas:

1. RAICES	Nemátodos	Varios	
	Gallina ciega	<u>Phyllophaga menestreiensis</u>	Scarabaeidae
		<u>Phyllophaga latipes</u>	Scarabaeidae
		<u>Phyllophaga obsleta</u>	Scarabaeidae
		<u>Anomala</u> sp.	Scarabaeidae
		<u>Pelidnota virescens</u>	Scarabaeidae
	Piojo Blanco de la Raíz	<u>Pseudococcus brevipes</u>	Pseudococcidae
		<u>Rhyzoecus nemoralis</u>	Pseudococcidae
	Piojo Blanco de la cabellera	<u>Geococcus coffeae</u>	Pseudococcidae
2. RAICES	Barrenador del tallo	<u>Plagiohamus maculosus</u>	Cerambycidae
	Grillo Indiano	<u>Paroecanthus niger</u>	Gryllidae
	Gusanos	<u>Agrotis</u> sp.	
	Cortadores	<u>Feltia</u> sp.	
		<u>Prodenia</u> sp.	
3. RAMAS, HOJAS Y FRUTOS	Piojo Blanco Aéreo	<u>Planococcus citri</u>	Pseudococcidae
	Escamas	<u>Coccus viridis</u>	Coccidae
		<u>Saissetia</u> sp.	Coccidae
	Pulgones o áfidos	<u>Toxoptera aurantii</u>	Aphidae
	Gusano de tela	<u>Acrolophus</u> sp.	Acrolophidae
4. HOJAS	Chacuatete	<u>Idiarthron subquadratum</u>	Tettigoniidae
	Picudo de la hoja	<u>Epicaerus capitellensis</u>	Curculionidae

	Minador de la hoja	<u>Leucoptera coffeella</u>	Lyonetidae
	Araña Roja	<u>Olygonichus punicae</u>	Tetranychid
5. FRUTOS	Broca del Fruto	<u>Hypothenemus hampei</u>	Scolytidae
	Mosca del Medi terráneo	<u>Ceratitidis capitata</u>	Tephritidae
6. CAFE	Gorgojito de los granos	<u>Anagrus fasciculatus</u>	Anthribidae

I. PLAGAS DE LAS RAICES

1. Gallina Ciega

Este nombre, u oruga, se aplica a los estados larvales de escarabajos de diferentes géneros que afectan cafetales y muchos otros cultivos (Phyllophaga menestriensis, P. Latipes, obsoleta, anomala sp. Pelidnota virescens).

El estado larval es el más conocido. Son gusanos ligeramente enrollados sobre la parte central, tiene tres partes de patas, el cuerpo es blanquecino y la cabeza es de color oscuro o claro, provista de mandíbulas fuertes.

El estado adulto mide de 0.5 a 2.5 cm., según la especie, de color café claro u oscuro, con los últimos segmentos de la antena, extendidos a un lado, formando un lóbulo compacto o de piezas separables.

Las generaciones tienen una duración de 9 o 10 meses. Las poblaciones mayores de adultos (que son de hábitos nocturnos: de 6 a 8 pm), se encuentran al inicio de la época de lluvia. El estado de huevo dura de 2 a 3 semanas y se convierte en larva durante los primeros meses de la estación lluviosa. El estado larval dura 6 meses con 2 picos de poblaciones, uno en julio, el otro en octubre. Luego el estado pupal, que es el más parasitado por entomopatógenos, dura 3 meses. Los adultos salen durante la época de verano.

Los daños son debidos a las larvas que producen lesiones a las raíces. Las plantas afectadas muestran síntomas de paloteo, falta de crecimiento y escasez de cosecha (momificación de los frutos). Las raíces secundarias y principal son descortezadas.

En los viveros, las plántulas, se tornan flácidas y mueren rápidamente. La dispersión de las larvas es en forma agregativa, las hembras depositan pequeños grupos de huevos. La distribución

es lineal negativa con respecto a la profundidad; el máximo de larva se encuentra entre 0 y 10 cm de profundidad.

La distribución es lineal positiva con respecto a la separación de la base del tallo; el máximo de larvas se ubica de 40 a 60 cm de la base del tallo.

Control

- a. Delimitar los focos de infestación
- b. En los lugares atacados, efectuar el control químico siguiente, en el área de goteo de la planta:

INSECTICIDA	DOSIS PARA VIVERO	DOSIS PARA CAFETAL
Volatón 2.5 G	15 g/m ²	12 g/m ²
Mocap 5 G	10 g/m ²	8 g/m ²
Lorsban 4E*	1.0cc/m ²	0.8 cc/m ²

* Diluir en 120 a 150 cc de agua

2. Piojo Blanco de la Raíz y de la Cabellera

Son las cochinillas de la raíz del cafeto. Pertenecen al orden Homoptera y a la familia Pseudococcidae.

Existen numerosas especies que infestan la raíz del café, en casi todos, sino en la totalidad de los países donde se cultivan esas plantas.

Pseudococcus brevipes y Rhyzoecus nemoralis, se encuentran en la raíz principal y las laterales.

P. Brevipes es caracterizado por la capa cerosa que cubre su cuerpo, el cual es de forma ovalada y aplanada de color amarillo o rosado, con un tamaño de 4 a 5 mm de largo.

Geococcus coffeae, ataca a las raicillas absorbentes (cabellera mide de 1.0 a 2.5 mm de largo, con un cuerpo cubierto de una capa cerosa blanca harinosa, redondo ligeramente abultado.

Las hembras no tienen alas, los machos son muy pequeños, de menor tamaño que las hembras y poseen un par de alas. Las ninfas o sean los insectos jóvenes, tienen forma similar a los adultos, diferenciándose a simple vista, principalmente en el tamaño menor de aquellos.

Con excepción de las especies del género Pseudococcus todas las demás especies se han encontrado parasitando exclusivamente la raíz. Se han hallado en café y en otras plantas como las Ingas de sombra, el banano y las malezas existentes en los cafetales.

Las cochinillas se reproducen, unas por medio sexual, es decir, con el concurso del macho y la hembra, como por ejemplo: especies del género Pseudococcus. Otras son parciales o totalmente partenogenéticas es decir, que las hembras no necesitan copular con los machos para reproducirse, como por ejemplo: especies del género Rhyzoecus.

El ciclo de vida de estos insectos varía de acuerdo con la especie. para dar un ejemplo, se presenta a continuación el ciclo de vida de una especie de Rhyzoecus, un género típicamente subterráneo.

Huevo.....	de 8 a 10 días
Ninfa	de 22 a 24 días
Adulto	de 20 a 26 días

El ciclo de vida completo lleva de 50 a 60 días. Esta especie deposita de 32 a 55 huevos en un ovillo semiesférico de hilos cristalinos dentro del cual se envuelve la hembra. Al reventar los huevos, las diminutas ninfas salen del ovillo y caminan activamente hasta localizarse en un punto sobre una raíz dentro de la cual introducen su aparato bucal y principian a alimentarse. Permanecen comiendo en el mismo punto por unos minutos o por varios días, luego se trasladan a otro punto cercano y las hembras en oviposición no se alimentan. Las hembras mueren poco después de reventar los huevos.

Las cochinillas de las especies más pequeñas se pueden considerar principalmente como Cochinitas de las Raicecillas. Estas se hallan infestando el sistema radicular en casi todo su radio a escasos centímetros bajo superficie del suelo, conforme se avanza en profundidad, la población de cochinillas tienen a disminuir y hay relativamente pocas en los extremos de la pivotante y raíces primarias, aún cuando si se hallan a más de 5 pies de profundidad.

El ciclo de vida del piojo de las raicecillas se cumplen en 3 meses:

Huevo	18 días	(15 a 95/hembra)
Ninfa	41 días	
Adulto	32 días	

Las cochinillas del género Pseudococcus se pueden considerar principalmente como cochinillas de las raíces principales y del cuello de la raíz (hablando de "Cochinitas de la Raíz"), puesto que estas cochinillas también parasitan la parte aérea de la

planta. Estas se hallan adheridas en grandes números formando masas compactas en torno a la pivotante y raíces primarias y muy pocas se localizan lejos de esta zona.

En algunos lugares se ha encontrado estas especies grandes de cochinillas parasitando la pivotante y raíces primarias, pero además cubiertas por el hongo Septobasidio. Lo más común es ver estas cochinillas parasitando las raíces y en directo contacto con el suelo sin ningún recubrimiento, pero en estos casos, al arrancar un cafeto, se aprecia un aspecto morroñoso afelpado, con abultaciones, de color café, sobre las raíces principales. Al cortar esta superficie morroñosa, se hallan las cochinillas debajo, parasitando la raíz en grandes masas compactas.

Las cochinillas que infectan las raíces principales, en algunos cafetales y en ciertas épocas del año, emigran del suelo a la superficie para parasitar el tronco y las ramas. Viven asociadas con hormigas.

Las cochinillas y hormigas se benefician mutuamente de su asociación, aquellas producen sustancias muy apetecidas por las hormigas y éstas, a su vez, cuidan de las cochinillas y las transportan fácilmente de un lugar a otro, a la vez que abren galerías por las que las cochinillas se movilizan con mayor facilidad y rapidez. Incluso hay especies de hormigas que han llegado a depender del exudado de las cochinillas como elemento indispensable de su dieta, sin el cual no se desarrollan normalmente.

Las generaciones de cochinillas se traslapan a través de todo el año y es difícil decir específicamente en qué meses del año son más abundantes en todos los cafetales del país, donde se hallan presentes.

En general, se ha observado que abundan más en los meses de mayo y junio.

Aparentemente, las cochinillas medran mejor bajo condiciones de alta humedad y alta temperatura, siempre que el suelo no se sature de agua.

Dafios

Las cochinillas se alimentan de la raíz introduciendo su aparato bucal chupador dentro del tejido. Poblaciones numerosas parasitando una planta puede provocarle una pérdida considerable de savia. Las raicecillas atacadas por cochinillas pierden sus pelos absorbentes y luego se desarrollan pequeñas áreas de pudrición que cuando ocurren en la zona de crecimiento, la raíz se atrofia.

Además del daño directo, las cochinillas pueden provocar daños secundarios al permitir el acceso de otros organismos a través de las zonas afectadas de la raíz. Se les ha atribuido también al papel de transmisores de serias enfermedades bacterianas.

Los cafetos que sufren fuertes infectaciones de cochinillas de la raíz muestran una coloración de cobrizo a café, en los bordes y puntas de las hojas. En terrenos arenosos este síntoma se acentúa y llega a ocurrir defoliación. Sin poder precisar hasta que grado, las cochinillas de la raíz causan daños al cafetal y afectan su salud y su producción.

Control

- a. Delimitar los focos de infestación
- b. Los productos a utilizar, dentro de la época lluviosa, desde el tronco hasta el goteo de la planta, son los siguientes:

INSECTICIDAS	DOSIS
Furadan 5 G	7 - 12 g/m ²
Mocap 5 G	10 - 15 g/planta
Endosulfán 35 E	2.5 - 3.5 cc/planta
Diazinon 60 E	1.5 - 2.5 cc/planta

II PLAGAS DEL TALLO

1. Barrenador del Tallo y de la Raíz

Este nombre se aplica a la especie Plagiohammus maculosus, que pertenece al orden Coleóptera y a la familia Cerambycidae.

El adulto mide unos 30 mm de largo, de color café, con manchas blanquecinas en los elitros y dos líneas blancas en el protorax.

Las antenas son más largas que el cuerpo (40 mm de largo). La larva es de color blanquecino, el cuerpo anillado, sin patas y provista de fuertes mandíbulas.

De lo que se conoce, el ciclo de vida puede durar hasta dos años. Los adultos aparecen después de las primeras lluvias, desde abril hasta fines de junio. Depositán huevos en el tallo, cerca del

suelo hasta una altura de 25 mm. Las larvas penetran en el tronco y hacen túneles en el tronco o en la raíz principal. La puerta de entrada puede localizarse por el aserrín que es eliminado del tunel por la larva. Los túneles van creciendo hasta poco menos de dos años. La pupación tiene lugar cerca de la entrada del tunel.

En general, los insectos de esta familia tienen un ciclo con la siguiente duración:

Huevo	de	2 a 3 semanas
Larva o gusano	de	1 a 2 años
Pupa	de	2 a 3 semanas
Adulto	de	varias semanas

Daños

El barrenador es considerado como una de las plagas más destructivas del cafeto. El daño es causado por los largos túneles que las larvas excavan. Los síntomas son el crecimiento retardado, la marchitez de las hojas hasta la muerte de la planta. El indicio externo que revela con seguridad la infestación de la planta por el Barrenador, es la presencia de un pequeño montículo de aserrín al pie del cafeto. Este montículo de aserrín de unos 3 a 5 cm de diámetro, cae por el orificio que comunica el túnel que el Barrenador va formando con el exterior.

Control

En los lugares donde cada año se presentan ataques, se recomienda hacer aplicaciones preventivas de insecticidas, cubriendo desde el pie de la planta hasta 1 m de altura. Se recomienda que estos tratamientos sean repetidos a intervalos de 2 semanas, durante tiempo lluvioso.

<u>Utilizar</u>	Levaycid	50%	0.2% i.a.
	Diazinon	60%	0.15% i.a.
	Aldrin	25%	0.1% i.a.
	Dieldrin	17%	0.15% i.a.

Para destruir larvas en los túneles, pero no es una medida económica (mano de obra), se puede utilizar una bola de algodón empanada en bisulfuro de carbono o dieldrin 17% a 0.15% i.a.

NOTA: En Africa existe un barrenador del mismo tipo. Se controla con sólo una aplicación anual de una mezcla de dieldrin 20 EC a 0.5% i.a.

2. Grillo Indiano: Paroecanthus niger

Este insecto pertenece al orden Orthoptera y a la familia Gryllidae. El adulto mide unos 20 mm de largo, las antenas tienen una longitud doble de la del cuerpo. El cuerpo es de color negro, las alas amarillas. Las ninfas, apteras, son parecidas a los adultos. Parece haber 3 o 4 generaciones por años. Pero más investigaciones son necesarias. Los huevos revientan más o menos a las 3 semanas y los grillos pasan aproximadamente 3 meses en estado de ninfa y sufren varias mudas antes de alcanzar su estado adulto.

Daños

Las hembras de hábitos nocturnos, salen de la hojarasca u otro lugar y depositan sus huevos en el tallo del cafeto, haciendo una serie de pequeños agujeros de 3 mm de diámetro por uno de profundidad y separados unos 10 mm. Hay 1 a 3 huevos en cada hoyo. El daño principal consiste en las perforaciones: cuando hay abundantes perforaciones, pueden afectar el desarrollo del cafeto. El daño es más importante cuando las hembras ponen sus huevos en el tejido tierno y en el semileñoso de las ramas jóvenes y los chupones o hijos, cuando las perforaciones son numerosas éstos se llegan a cambiar o quebrar. Por esta razón la importancia del daño es mayor en las plantillas.

Control

- a. Determinar los focos de infestación
Efectuar espolvoreos al suelo con 30 larvas por manzana de volatón 5%.

Si la infestación es muy fuerte y las larvas en que los han puesto sus huevos, son numerosos conviene y que pueda matar y quemarlo el mismo día.

Daños

Son más comunes en cafetales arriba de 3,000 pies de altura, son asociados con hormigas que se alimentan de las sustancias azucaradas secretadas y que las transportan de una planta a otra. Los daños son debidos, por una parte, al desecamiento de los tejidos, y por otra parte, a la fumigina, ese es un hongo (Capnodium) que se desarrolla sobre las secreciones azucaradas y que forma una capa negra sobre las hojas y frutos. Este hongo afecta la fotosíntesis de la planta y puede ocasionar la caída de los frutos.

En ciertas ocasiones, las cochinillas se localizan en gran número sobre troncos, guareciéndose entre grietas de la corteza. Una población numerosa invade todo a lo largo del tronco y llega hasta el cuello de la raíz y aún penetra la infestación a la raíz pivotante y la base de las raíces secundarias.

Control

Hacer las aplicaciones sólo en los cafetos que tengan la plaga

Utilizar:	Malathion	0.15%	i.a.
	Diazinon	0.1%	i.a.
	Folidol	0.075%	i.a.
	Gusathion	0.75%	i.a.

Sistémicos

- a. Disyston 10% 60 gramos por cafeto adulto
- b. Thimet granulado 5% 50 a 90 gramos por cafeto adulto, regada al suelo, sobre el radio de la raíz.
- c. Temik 10% 30 a 60 gramos, por cafeto adulto, regado sobre el radio de la raíz.

2. Pulgonos o áfidos (Toxoptera aurantii)

Este insecto pertenece al orden Homóptera y a la familia Aphidae. El cuerpo es color verde o negro de 4 mm de largo, ligeramente aplanado y blanco con alas o sin ellas. La reproducción puede ser sexual o partenogenética. Esta última es la más corriente, en este caso, la hembra da nacimiento a gran cantidad de individuos que se parecen al adulto, en pocos días completan su desarrollo y comienza a reproducirse en la misma forma.

Cuando las condiciones climáticas son adversas, la reproducción es sexual y da nacimiento a áfidos alados, lo que aumenta su movilidad en busca de mejores condiciones.

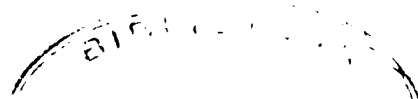
Los áfidos viven asociados con hormigas. El ciclo de vida es de 10 a 12 días.

Daños

Los áfidos chupan la savia de las partes tiernas de las ramas o del envés de las hojas. Las hojas se encarrujan y los brotes se deforman, restándoles crecimiento a la planta. Sus poblaciones crecen con ausencia de lluvias.

Control

Los áfidos tienen algunos enemigos naturales que ejercen considerable control: son las larvas y adultos de Coccinellidae y las larvas de Syrphidae.



Si no, utilizar los productos siguientes:

Malathion	0.12%	i.a.	
Diazinon	0.12%	i.a.	
Folidol	0.75%	i.a.	
Gusathion	0.75%	i.a.	sólo aplicar en los cafetos atacados severamente.

3. Gusano de tela

Pertenece a la superfamilia Pyralidoidea y probablemente a la familia Alucitidae. El adulto mide cerca de 11 mm de largo, las alas son de color gris claro con pequeñas manchas oscuras y las patas cubiertas por finos pelos.

La larva, o gusano, mide 15 mm de largo por 2 a 3 mm de ancho, de color grisáceo, la cabeza es dura y de color oscuro, el cuerpo cilíndrico de 12 segmentos.

Daños

La larva fabrica galerías penetrando en los brotes tiernos o en los lugares más blandos, como cicatrices de las ramas gruesas. Su presencia se nota por una prolongación cerosa en forma de tubo que sobresale del orificio de entrada. El gusano destruye el tejido, causando la pérdida de los brotes o ramas.

Control

Lo más corriente es podar los brotes afectados y destruirlos, de preferencia quemándolos.

Si no, utilizar los productos siguientes: Lebaycid, Diazinon, Aldrin, Dieltrin.

IV. PLAGAS DE LAS HOJAS

1. Chacuatete

Llamado también Chacuate. Se aplica a Idiarthum subquadratum. Pertenece al orden Orthoptera y a la familia Tettigonidae.

Las hembras miden de 5 a 6 cm de largo con un ovipositor en forma de espalón afilado de 10 a 20 mm. El cuerpo es café gris a verde y las antenas miden 2.5 veces más que el cuerpo. Las ninfas, sin alas son parecidas a los adultos con el color verde más acentuado.

Los huevos puestos en masa de 5 a 20 en cada postura a la profundidad de 2 a 5 cm del suelo, quedan aquí, por lo menos 5 a 6 meses (hay probablemente una diapausa embrionaria). Las primeras ninfas salen a fines de abril y principios de mayo, después de las primeras lluvias. De mayo a julio éstas permanecen entre hojarasca, alimentándose de las malezas.

En agosto, los primeros adultos de hábitos nocturnos, se ven en el cafeto, dañando las hojas y comiendo la pulpa de los frutos y los brotes tiernos. El adulto se encuentra de agosto a enero. La oviposición empieza en octubre.

Daños al Cafeto

El chacuatete está dotado de grandes y fuertes mandíbulas con las que muerde, destruye hojas, brotes y frutos. Cuando las infestaciones son leves, las hojas aparecen ligeramente perforadas en los bordes y en medio. Los brotes tiernos son comidos y las mordeduras en los frutos se limitan a la pulpa. Las infestaciones fuertes provocan la destrucción completa de hojas, brotes y "chupones" grandes y mucho fruto tierno cae al suelo; el fruto maduro se ve completamente comido de la pulpa y el endosperma (semilla) dejando únicamente un cascarón de pergamino.

Control

Según su ecología, la manera más efectiva de controlarlo es mediante aplicaciones de insecticidas en polvo en el suelo y plantas bajas, cuando las ninfas jóvenes se encuentran aquí, es decir, de mayo a julio.

Repetir las aplicaciones en función de las lluvias:

Utilizar 25 a 30 libras/manzana de:

Folidol	2%
Toxafeno	2%
Dieldrin	1.5%

Cuando las plagas de chacuatete ha pasado inadvertida durante sus primeras etapas, al llegar al mes de agosto, su control, entonces resulta de lo más inadecuado. Esta situación hay que evitarla hasta la presencia del fruto y las lluvias. Sin embargo, presentada esta situación, son imprescindibles las espolvoraciones al cafeto.

Se recomienda en este caso, aplicar insecticidas que maten al grillo. Pero que no dejen residuos tóxicos o de sabor en el fruto y que tengan una toxicidad relativamente baja. Insecticidas, por ejemplo como: Dipterex, Sevin o Malation en polvo seco, del 3 al 5% en cantidades de 30 a 50 libras por manzana, según el follaje de los cafetos.

2. Picudo de la Hoja

Este nombre se da a Epicaerus capetillensis. Pertenece al orden Coleóptera y a la familia Curculionidae.

El cuerpo de 10 mm de color café o gris tiene una trompa terminada en un picado alargado. Las larvas blanquecidas sin patas y viven en el suelo y se alimentan de varias raíces.

El adulto, cuyas poblaciones son altas de junio a agosto, comen los bordes de las hojas del cafeto. Dejándolas en forma dentada.

Control

- a. Generalmente sin control
- b. Cuando se necesita, espolvorear el follaje con Folidol 2%
Toxafeno 3%, en dosis de 30 libras/manzana.

3. El Minador de la Hoja

Este nombre se da a Leucóptera coffeella. Pertenece al orden Lepidóptera y a la familia Lyonetidae.

El adulto es una mariposa o palomilla de 4 mm de largo, color plateada y el extremo de las alas color gris o ceniza.

La larva, a completo desarrollo, mide 4 mm, su cuerpo es de forma anillada, de color blanquecino verdoso y cabeza oscura.

La pupa se halla dentro de un capullo de hilos blancos en forma de una letra H, al envés de la hoja.

HUEVO. El huevo es muy pequeño aproximadamente de un tamaño como la cuarta parte de la cabeza de un alfiler. Es de color plateado, brillante. Cuando ya ha reventado se ve sobre la mancha como un puntito abultado de color café o negro.

Ciclo de vida

El Minador de la Hoja es un insecto que pasa por 3 etapas antes de alcanzar su madurez y convertirse en mariposa: huevo, larva (o gusano), pupa (dentro del capullo). Del capullo ya sale convertido en mariposa. Cada uno de estos estados por los que pasa el Minador tarda aproximadamente:

Huevo	1 semana
Larva o gusano	3 semanas
Pupa (dentro del capullo).....	2 semanas
Mariposa.....	2 semanas

La mariposa pone sus huevos sobre la cara superior de las hojas. A la semana revientan en su parte inferior que está pegada a la hoja. La larva no sale al exterior, sino pasa directamente del huevo al interior de la hoja, donde permanecen todo su periodo de 3 semanas.

La larvita se alimenta del tejido de la hoja. Conforme crece y come más, va avanzando (dentro de la hoja), formando una mina, de allí el nombre del insecto. Conforme el gusanito come, el tejido por donde avanza se seca y va formando en el exterior lo que a simple vista parece una mancha café, pero que en realidad es una mina, o una bolsa. Pasadas alrededor de 3 semanas, el gusanito abandona la mina, sale por un pequeño agujero, como hecho con agujas y se descuelga de la hoja por medio de un hilo que suelta de la boca. Cuelga por unos minutos hasta encontrar otra hoja y se sitúa en su cara inferior. Allí principia a formar su capullo hasta llegar a quedar completamente dentro de él. En pocos casos la larvita hace un capullo en la cara superior de la hoja.

Este desprendimiento de larvita tiene lugar principalmente en las horas en que el sol no calienta mucho. Entre las 8:00 y 10:30 de la mañana y las 3:30 y 5:30 de la tarde, se ve en los cafetales infestados, gran cantidad de larvitas colgando de sus hilos. Esta es una costumbre del insecto que debe también aprovecharse a estas horas, no sólo se dirige el ataque hacia las larvas que están dentro de las hojas, sino que se logran matarse gran cantidad de las larvas que están fuera y por lo tanto más expuestas.

Las mariposas se aparean y ponen sus huevos durante la noche. Llegan al cafetal en las últimas horas de la tarde y permanecen en él durante la noche. En la mañana, antes que caliente el sol, las mariposas vuelan activas entre los cafetales, más tarde abandonan el cafetal y van a protegerse entre los árboles de sombra, arboledas vecinas y guatales. En los días nublados y también en cafetales con sombra espesa, o en plantas frondosas, la mariposa se encuentra en cualquier hora del día. Es esta otra

costumbre del insecto que puede aprovecharse para su control.

Se encuentra en fincas bajas y medias hasta 3,000 pies de altitud. Se considera como una plaga de verano, aunque los ataques se presentan en todo el año y ahora la infestación parece continuar en pleno periodo de lluvia.

Daños

El minador, es con la Broca del Fruto, la plaga de mayor importancia en los cafetos de América Central. En 1964 en Guatemala, las pérdidas a nivel nacional fueron de 18% de la producción. Las pérdidas pueden alcanzar 50 a 70% en ciertos zonas.

La larva o gusanito es el que causa el daño directo al cafeto. La superficie muerta de las hojas por el minador reduce el área activa del follaje; el cafeto se debilita y la producción se reduce cuando la infestación es muy fuerte, las hojas se llenan de manchas, que son realmente bolsas del tejido muerto, las hojas después caen, lo que provoca un daño mayor a la planta. En casos extremos las ramas quedan completamente desnudas de hojas, el cafeto se debilita demasiado y da la impresión de una planta casi muerta y aún puede morir.

Control

1. Enemigos naturales del minador. Hay varias especies de diminutas avispa que parasitan al minador. Las poblaciones de la plaga están sobre la dependencia de un equilibrio biológico poco más o menos satisfactorio y poco más o menos perturbados por las aplicaciones de insecticidas contra otras plagas o por aspersiones excesivas de fungicidas matando a los entomopatógenos.
2. Control cultural: Se considera el minador como una plaga de verano. La entrada del invierno, en muchos casos, la detiene y la destruye completamente. Periodos prolongados de lluvias, días nublados y poca ventilación del cafetal, causan excesos de humedad en la cual es difícil al minador sobrevivir.

Cuando hay minador en un cafetal, deben seguirse trabajos de campo que tiendan a evitar un ambiente muy seco de los cafetales.

3. Control químico: para obtener resultados positivos en el control es conveniente realizar recuentos o plagueos para determinar principalmente, el momento preciso de efectuar las aplicaciones de insecticidas y también el área a tratar (delimitar zonas donde empiezan las infestaciones). Los recuentos pueden realizarse cada 15 días, a partir del mes

de noviembre. Veinte (20) larvas vivas en cada 100 hojas de un muestreo es el umbral de aplicación insecticida.

Utilizar

En época seca, aspersiones al follaje, dos a tres aplicaciones de 15 a 20 días de intervalo con:

Lebaycid 50 CE	1.5	l/mz
Bidrin 45 CE	1.2	l/mz
Gusathion	1.2	l/mz

Nota: Los piretroides tienen buena eficiencia sobre el minador, pero inducen altas poblaciones de ácaros. Por esto, no se pueden utilizar solos. En época lluviosa usar sistémicos en suelo: Disyston 10% 4 a 28 gramos según el tamaño de la planta.

4. Las Tortuguillas

Hay varias especies que pertenecen al orden Coleóptera, familia Chrysomelidae. Tienen 6 a 8 mm de largo, con las alas de un color café o verde metálico. El ciclo de vida es de 5 a 7 semanas. Las primeras tortuguillas adultas aparecen a finales de abril y a principios de mayo. Las últimas infestaciones se encuentran durante la segunda semana de agosto.

Las tortuguillas, en general, ponen sus huevos en el suelo. Cuando éstos revientan, las larvas se arrastran por el suelo y suben al follaje de los árboles de sombra. El estado de pupa lo pasan en el suelo o en el follaje. Las tortuguillas adultas se guarecen entre el follaje del cafeto y de los árboles de sombra, durante la noche y mayor parte del día. De las 4 de la tarde a las 5 de la mañana, se observa el mayor número de tortuguillas comiendo en los cafetales; al ser perturbadas se dejan caer al suelo, donde pronto se esconden entre la hojarasca.

Daños

Tanto las larvas como los adultos son capaces de alimentarse del cafeto. Sin embargo, según las observaciones hechas, las tortuguillas adultas son las que causan todo el daño. En varios cafetales el daño se limita a las hojas, mientras que en otros los insectos prefieren el fruto y los brotes.

Las hojas comidas muestran perforaciones alargadas. Cuando la infestación es severa, la hoja se muestra con mayor superficie perforada que tejido sano, presentando una apariencia de encaje.

Control

Aplicación al follaje con:

1. Sevin polvo seco al 5%
 2. Malathion, polvo seco al 5%
 3. Dipterex, polvo seco al 4%
 4. Lebaycid, polvo seco al 3%
- (Selecciónese uno)

NOTA: En Africa, se controlan de la manera siguiente: Por su biología y sus hábitos (insectos escondidos durante el día):

- espolvorear en el suelo
- sacudir los cafetos para que se caigan las tortuguillas al suelo.

5. Las "Babosas"

Estos animales tienen la taxonomía siguiente:

Filo	Mollusca
Clase	Gasterópoda
Orden	Pulmonata
Familia	Limacidae

Los huevos son de color blanco hialino al principio, luego se tornan amarillos, son conectados por lo que parece ser un epitelio folicular tubular. Su tamaño es de aproximadamente 6 mm de diámetro. Las "babosas" tienen forma oboida, aplanada cuando están en descanso, inactivas. En esta condición, proturan 2 antenas o tentáculos, en la parte superior delantera de la cabeza y dos palpos de menor tamaño, en su lado inferior. Su tamaño varía de 3 a 4 cm en reposo, a unos 7 cm activas. Son de color gris terreso, de consistencia ligeramente coriácea, con la epidermis cubierta por una sustancia viscosa.

Daños al cafeto

En varios cafetales ha llegado a invadir toda su extensión, hallándose poblaciones de miles de "babosas". Su invasión provoca la destrucción de las ramas terminales en miles de cafetos, la mordedura en el tejido joven de las ramas deja completamente desnudas de su corteza y en los frutos destruye más de la mitad de la pulpa.

Control

1. Control mecánico
2. Cebos envenenados a base de: Arseniato de calcio y metaldehído.
3. Aplicaciones al follaje con: sevin 5%, cal hidratada en partes iguales, 40 lb/manzana

6. La Araña Roja

Son pequeños ácaros del orden Acarina y de la familia tetranychidae. Hay dos especies: Olygonichus punicae y Paretetranychus pilosus.

Son de color gris rojito, el cuerpo globoso y blanco, con 4 pares de patas.

El ciclo de vida se completa en 14 días (huevo, ninfa, protoninfa, deutoninfa, adulto)

Las poblaciones son mayores en las zonas altas, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura. Sus ataques se presentan con mayor incidencia durante la época de sequía.

Daños

Son chupadores. Las cicatrices dejadas al alimentarse dan a la hoja un aspecto cobrizo. Pueden producir defoliaciones severas.

Control

- a. Delimitar los focos de infestación.
- b. Utilizar varios acaricidas, después de la cosecha

Tedión V-18	1.5 l/mz
Diazinon 60 E	1.5 l/mz
Actellic 50 EC	0.5 l/mz

7. El Zompopo u hormiga cortadora

Este nombre se da a Atta spp. Pertenecen a la familia Formicidae del orden Hymenóptera. Viven organizados en colonias con una vida social muy elaborada. Al inicio de lluvias, se produce el vuelo nupcial, que consiste en la salida de miles de formas aladas (hembra y machos). Después de la copulación y fecundación, las hembras regresan al suelo para fundar una nueva colonia.

Daños

Cortan las hojas para poder cultivar el hongo (Pholiota gongylophosa) con el cual alimentan a su colonia. Participan en la defoliación de los cafetos y si el nido es importante, remueven mucha tierra y en esa zona no se puede sembrar.

Control

- Destruir los nidos (agua, fuego)
- Fumigación de los nidos

V. PLAGAS DEL FRUTO

1. La Broca del Fruto

La plaga más importante del cafeto.

2. Moscas del fruto

Este nombre se a Ceratitis capitata o a Anastrepha sp. Pertenecen al orden Diptera y a la familia Tepritidae.

El cuerpo mide 6 mm de color amarillo, con manchas pardas. El tórax tiene partes de color negro. Las alas son transparentes. La hembra deposita de 1 a 10 huevos en la pulpa de cada cereza. Las larvas viven dentro de los frutos alimentándose de los jugos. La pupación se hace en el suelo. El ciclo de vida se completa en menos de un mes.

Daños

- a. Algunos sabores desagradables en el café: sabor a papa
- b. Caída de las cerezas al tiempo de la madurez

Control

- a. Sin control
- b. Dispersión de machos estériles
- c. Trampas con insecticidas

VI. PLAGAS DEL CAFE PERGAMINO Y ORO

Hay varias plagas de los granos del cafeto, pero el "Gorgojito" de los granos, Araecerus fasciculatus puede ser una plaga muy importante del café Arábica. Pertenecen al orden Coleóptera y a la familia Anthribidae. El adulto es de color pardo oscuro de 4 a 5 mm de largo. Las larvas son blancas y sin patas. Viven en el

grano donde se empupan.

El ciclo de vida en las condiciones de almacenes portuarios tropicales (humedad y color), se completan en 30 días. Para desarrollarse este insecto necesita mucha humedad, arriba de 75% H.R. (12% de agua en el grano).

Control

- a. Limpieza en las bodegas
- b. Almacenar café con menos del 10% de humedad en lugares bastante secos.
- c. Fumigaciones de Bromuro de Metilo o de Fósforo de Alumnio.

MANEJO INTEGRADO DE LA
BROCA DEL FRUTO DEL CAFETO
Hypothenemus hampei Ferrari

Marco Castro
Entomologo
PROMECAFE.

ABRIL 1990

- 1 INTRODUCCION
- 2 TAXONOMIA Y MORFOLOGIA
- 3 DAÑOS
- 4 BIOECOLOGIA
- 5 MIP
 - 5.1 CONTROL MANUAL
 - 5.2 CONTROL CULTURAL
 - 5.3 CONTROL BIOLOGICO
 - 5.4 CONTROL QUIMICO
 - 5.4.1 JUSTIFICACION ECONOMICA
 1. PERDIDAS
 - 1.2 PERDIDAS COSECHA
 - 1.3 PERDIDAS TOTALES
 2. UMBRALES DAÑO ECONOMICO
 - 2.1 CONCEPTO UDE
 - 2.2 NIVEL PERDIDAS TOLERABLES
 - 2.3 RELACION UDE Y NPT
 - 2.4 CALCULO DEL UDE
 - 5.4.2 APLICACION OPORTUNA: MUESTRA
 - 5.4.3 PRODUCTO ADECUADO
 - 5.4.4 DOSIS ADECUADA
- 6 CONCLUSIONES

1. INTRODUCCION

El objetivo de este documento es proveer información sobre el origen y distribución de la broca, su taxonomía y morfología, los daños, la bioecología y el programa de Manejo Integrado disponible en la actualidad.

La broca del fruto es originaria de Africa Ecuatorial y fue descrita en el año de 1867 por Ferrari. Coffea arábica es originaria de Etiopía de zonas de más de 1500 msnm, Coffea canephora en cambio es originaria de lugares más bajos al Centro y Oeste del continente africano. La broca generalmente no causa problemas en alturas superiores a 1500 msnm, por lo cual se considera que C. canephora fue su huésped original. Actualmente la broca afecta el cultivo del café en casi todos los lugares del mundo donde crece éste (Africa, Asia, Oceanía, América).

La detección de esta plaga en América ocurrió en el año de 1924 en el Estado de Sao Paulo, Brasil y en Centro América su presencia se detectó en 1971 en Guatemala, posteriormente en Honduras (1977), México (1978), El Salvador (1981) y Nicaragua (1988).

Debido a la alta capacidad de colonización de la broca y a la dificultad de controlar su diseminación a través del hombre, la implementación de los programas para su erradicación no han tenido éxito. Por lo tanto es posible que en el futuro se encuentre diseminada en todas las regiones cafetaleras que presenten condiciones ecológicas adecuadas para su desarrollo.

La mayoría de los productores le hacen frente a esta plaga por medio del control químico, recurso que puede producir efectos secundarios indeseables tales como la contaminación del ambiente, la presencia de residuos tóxicos en la cosecha, la resistencia a los insecticidas y el desequilibrio ecológico. Para evitar los problemas anteriormente indicados se debe hacer uso de las tácticas de control comprendidas dentro del Manejo Integrado de la Broca.

2. TAXONOMIA Y MORFOLOGIA

los géneros Hypothenemus y Stephanoderes son sinónimos pero por prioridad se usa el nombre Hypothenemus. Hasta 1983 este género incluía 49 especies. En América se han reportado 21 especies del género, las cuales se han establecido sobre todo en áreas tropicales y subtropicales, pudiendo ser las especies monófagas (41%), oligófagas (34%) o polífagas (25%).

Hypothenemus hampei Ferrari, (broca del fruto del café), es monófaga, se alimenta y reproduce solamente en Coffea sp. Hay 4 especies de Hypothenemus que pueden convivir con la broca en la planta de café pero sólo la especie H. hampei perfora los granos y se alimenta y reproduce dentro de ellos.

Los adultos son muy pequeños, los machos miden entre 1.00 y 1.25 mm de largo y las hembras de 1.25 a 1.82 mm. Los adultos recién emergidos son de color castaño claro, cambiando a café oscuro hasta negro, tienen cabeza en forma de globo escondida dentro del protórax. Las antenas tienen forma de codo, los últimos 5 segmentos están unidos formando una bolita diminuta. Los ojos son planos y no convexos. El protórax en su margen delantero está armado de 4 a 7 dientes o espinas. Los elitros

poseen pequeñas cavidades deprimidas, longitudinalmente están cubiertos de setas cortas y planas que crecen hacia atrás, siendo 8 veces más largas que anchas. Las alas membranosas son funcionales en las hembras y atrofiadas en los machos, por lo que éstos no pueden volar. La broca tiene metamorfosis completa (huevo, larva, pupa y adulto). Los huevos son de forma global, ligeramente elípticos, de color blanco lechoso a blanco amarillento, su longitud es de 0.44 a 0.84 mm. Las larvas son de color blanco-lechoso, blandas, apodas, la cápsula cefálica está bien esclerotizada, con mandíbulas fuertes y proyectadas hacia el frente. Las larvas de último "instar" miden entre 1.88 y 2.30 mm de largo. Las pupas son de color amarillentas a pardo pálido, del tipo libre ya que las patas y otros apéndices se desarrollan por fuera. Las pupas presentan un par de "cerci" al final del abdomen. Estas estructuras no ocurren en las larvas ni en los adultos. Las pupas de los machos miden entre 1.26 y 1.42 mm y las de las hembras entre 1.70 y 2.00 mm.

3. DAÑOS

Los daños son causados por la hembra la cual penetra la corona del fruto, tardando alrededor de 4 horas para llegar al endospermo en donde se alimenta, siendo éste el sitio donde forma las galerías y oviposita. La formación de galerías y oviposición ocurre si el fruto tiene 20% o más de peso seco; si el peso seco es menor, la hembra puede permanecer en el canal de perforación sin penetrar al endospermo, lugar de alimento de las larvas (la mayoría de las veces uno solo de ellos es dañado).

El ataque de la broca también puede causar la caída de los frutos, siendo los más atacados los de la primera floración. Por esto es importante conocer la fenología del cafeto en cuanto al número de floraciones y a la proporción de frutos de cada floración.

Entre los daños principales causados por el ataque de la broca se pueden mencionar:

- 1.- La caída del fruto pequeño atacado
- 2.- La pérdida de peso del fruto que no cae (en proporción al grado de ataque)
- 3.- La reducción de calidad de una partida de café
- 4.- Las perforaciones causadas por la broca pueden servir de entrada a patógenos
- 5.- El café pergamino u oro húmedo puede ser atacado en el lugar de almacenamiento.

Además del daño directo resultante del ataque de la broca, el control químico no apropiado puede atraer consecuencias ecológicas indeseables tales como:

- 1.- Resistencia del insecto al químico. Estudios realizados en Nueva Caledonia, Oceanía, han demostrado resistencia de poblaciones de broca a endosulfán, en este caso las brocas resistentes necesitan 1000 veces la cantidad del producto para tener una mortalidad similar a las brocas susceptibles. En Centro América no se ha reportado resistencia a la broca a pesar de que en algunas zonas de Guatemala, se ha aplicado endosulfán hasta por 17 años.

- 2.- Desequilibrio ecológico, resultante de la muerte de los enemigos naturales y el surgimiento de nuevas plagas que actualmente no causan daños económicos importantes.
- 3.- Residuos, la aplicación del insecticida potencialmente puede dejar residuos en el grano de café, que se constituiría en un problema de importancia mayor para su consumo. También es importante la acumulación de residuos en el suelo y el agua.

4. BIOECOLOGIA

La broca es atraída al fruto por su olor, color y forma, también por los desechos de frutos brocados y las heces de las mismas brocas. En estudios de olfatometría se observó que existe diferencia en atractividad entre las distintas especies y variedades de café.

¡Dentro de la población algunas hembras pueden volar hasta 375 m, aunque la mayoría vuelan menos de 50 m. La mayor actividad ocurre entre las de 4 y 6 de la tarde. El café en su habitat original en la selva crece bajo la sombra, a la cual la broca está adaptada, esta situación puede explicar las menores poblaciones observadas en cafetales a pleno sol que en cafetales con sombra. En las condiciones originales existe una baja densidad de plantas huéspedes por lo tanto la hembra necesita de alguna capacidad de vuelo para encontrar nuevos frutos. Es posible que en los cafetales la mayoría de las brocas permanezcan cerca, no obstante algunas pocas se dispersan. La dispersión puede ocurrir en varias situaciones :

- 1.- Cuando las hembras fecundadas buscan un lugar donde ovipositar.
- 2.- Cuando las hembras se cambian de cereza por un aumento en la humedad o en el calor.
- 3.- Al inundarse las cavernas.

Las hembras de inter cosecha son la fuente de infestación para la cosecha siguiente, ellas se refugian en grandes números en los frutos que permanecen en la planta y el suelo. De ahí que la recolección de éstos es una buena medida para reducir las poblaciones iniciales de broca.

Se cree que además de la capacidad de vuelo de la broca otra forma de diseminación importante es la resultante de las actividades humanas relacionadas con el cultivo del café. Entre las más comunes podemos indicar las siguientes:

- 1.- El movimiento con personal, utensilios y materiales de campo.
- 2.- El movimiento con los medios de transporte animal y mecánico.

La relación entre el número de hembras y machos en promedio es de 10:1, esto puede deberse a que la cereza es un recurso limitado y posiblemente la especie tiene un mayor potencial de aumento con una proporción mayor de hembras que de machos. Esta tasa de machos a hembras varía con la temporada siendo la época seca cuando se encuentran en mayores proporciones las hembras, pues éstas tienen mayor capacidad de supervivencia que los machos.

El macho emerge de uno a dos días antes que la hembra y permanece en la cámara de emergencia debido a su incapacidad para volar. Las hembras copulan hasta 4 veces en tanto que los machos lo hacen hasta 9 veces. La reproducción puede ser consanguínea o sea entre hermanos dentro de la misma cereza, lo cual reduce la variabilidad genética de la población. Esto se debe posiblemente al hecho de que el ambiente en la cereza es relativamente estable. La cópula ocurre cuando la hembra alcanza la madurez sexual (3 a 5 días post emergencia), la mayoría de las hembras abandonan el fruto luego de ser fecundadas. Estas ovipositan sólo cuando el peso seco del fruto es de 20% o más y pueden permanecer algún tiempo en el canal de perforación hasta que la condición del fruto sea propicia. La oviposición se realiza en las galerías construidas por la hembra con un promedio de progenie por fruto de 30 individuos. Estudios recientes en Honduras, indican que la broca es capaz de reproducirse partenogénicamente, o sea sin copular con el macho.

Los huevos toman de 4 a 5 días para incubarse a una temperatura promedio de 27 °C y toman de 6 a 10 días a 22 °C. Con temperaturas fluctuantes entre 23 y 31 °C, (un promedio de 26.6 °C) el tiempo de incubación es de 5 a 8 días. El tiempo de desarrollo de los otros estados inmaduros según distintos autores es: larva de 10 a 28 días; pupa de 4 a 8 días. El ciclo de huevo a adulto puede durar de 20 a 37 días.

En el sur de México infestando artificialmente cerezas en el campo y posteriormente disectándolas se determinó el número de los distintos estados de la broca a través del tiempo. La temperatura promedio fue de 26 °C. Se observó que los primeros huevecillos aparecieron a los 4 días y el máximo se encontró a los 12 días. Las primeras larvas se encontraron a los 12 días, el máximo a los 28 días. Asimismo las primeras pupas aparecieron a los 24 días, el máximo a los 36 días y las hembras se encontraron en mayor número a los 44 días. Debido a las bajas temperaturas que ocurren en cafetales de altura la broca no constituye un problema económico en éstos.

Las brocas son más activas en la oscuridad y con alta humedad relativa, con 55% humedad la actividad se reduce, aún en la oscuridad. En condiciones de baja humedad la mortalidad aumenta. Por esto se recomienda la poda del cafeto y los árboles de sombra, ya que con esta práctica se reduce la humedad relativa del cafetal. En experimentos de laboratorio se ha observado hasta 10 veces más emergencia de brocas de cerezas húmedas que de secas. Posiblemente la humedad del fruto sea un indicador para la broca de las condiciones reinantes fuera de ella. La lluvia parece ser más importante que la humedad relativa para la emergencia. La limpia de malezas luego de la cosecha puede secar los frutos remanentes y así reducir la actividad y supervivencia de la broca intercosecha.

La broca ataca con mayor intensidad los frutos de las primeras floraciones, además la ocurrencia de muchas floraciones en un cultivo facilita el incremento de la población ya que existen frutos adecuados a través del tiempo. También se presenta el problema cuando en un cafetal existen variedades con

distintas épocas de maduración, favoreciendo el aumento de la población.

La broca es una plaga exótica introducida de Africa, razón por la cual se encuentra en nuestro continente sin el complejo de enemigos naturales que la atacan en su área de origen. Por lo tanto se piensa que la introducción y el establecimiento de enemigos naturales que contribuyan a la mortalidad de la broca podría incorporarse al programa de Manejo Integrado de la Broca.

5. MANEJO INTEGRADO

El Manejo Integrado de la Broca es una estrategia que se lleva a cabo cuando el insecto se ha establecido en una área. Para saber si la plaga ha llegado se recomienda lo siguiente:

- 1.- Examinar las cerezas flotantes en los beneficios, y
- 2.- Examinar las cerezas que quedan en los árboles después de la cosecha, ya que es en estos frutos en donde se concentran las poblaciones de broca.

Es posible que la segunda táctica sea la más adecuada para llevar a cabo en áreas con bajo nivel de infestación de broca. Una vez que se encuentre un insecto sospechoso, este debe ser matado, colocado en un recipiente sellado, y entregado a las autoridades responsables del país para su correcta identificación.

Para prevenir la introducción o dispersión a nuevas áreas se puede llevar a cabo el control legal. Entre otras cosas éste consiste en la inspección de los medios de transporte y de productos, si la plaga es detectada se puede proceder a su destrucción. Esta táctica ha sido útil en algunos países para retrasar la llegada de la broca, sin embargo, existe la posibilidad de que la plaga sea introducida a través de zonas donde no hay control preventivo o por una ejecución no adecuada.

En algunos países como Guatemala y Honduras se llevaron a cabo campañas de erradicación al ser detectada su presencia. Las campañas no lograron el objetivo de erradicar la plaga y tuvieron las desventajas del alto costo de su ejecución, así como del uso excesivo que se hizo de algunos insecticidas clorinados. Sin embargo, tuvo la ventaja de que se entrenó personal en aspectos relacionados a la broca. Las campañas de erradicación no son recomendables al detectarse la presencia de la broca, la alternativa aconsejable es usar las tácticas del Manejo Integrado de la Broca disponibles en la actualidad.

El manejo integrado de plagas hace uso de todas las tácticas de control disponibles y de una manera compatible, con el fin de asegurar que las pérdidas debidas a la plaga no lleguen a niveles de daño económico. Es un enfoque ecológico ya que considera la plaga y las interacciones de ésta con los factores bióticos (parasitoides, predadores, entomopatógenos, etc.) y abióticos (temperatura, humedad, iluminación, etc.).

Las tácticas disponibles para el manejo de la broca son las siguiente:

- 1.- Control Manual
- 2.- Control Cultural
- 3.- Control Biológico
- 4.- Control Químico

5.1 CONTROL MANUAL

Este tiene por objeto reducir los focos de infestación de la broca. Es un método preventivo si se aplica después de la cosecha y antes de la fructificación, también se puede aplicar después de iniciada la fructificación, sin embargo el costo de esta última táctica es elevado y es muy laborioso.

- **Pepeña y Repela**, con la recolección de frutos dejados en la planta y el suelo se elimina a las hembras de intercosecha presentes en estos frutos. Los frutos recogidos se pueden usar o desecharse. Para usarlos es necesario eliminar inmediatamente la broca presente en ellos para que no sirva de nueva fuente de infestación. Se recomienda hervir éstos durante 5 minutos o también se pueden tratar con Phostoxin. Dependiendo de la cantidad de frutos y del grado de daño que éstos han sufrido el costo de la pepeña y la repela puede ser compensado por el valor del café recogido, sin embargo aunque éste no sea el caso, la eliminación de las hembras intercosecha puede evitar la necesidad del control químico en la próxima fructificación.

5.2 CONTROL CULTURAL

Consiste en la modificación del ambiente a manera de que sea menos favorable para la broca y se reduzca su daño.

- **Poda de sombra y cafeto**, las infestaciones de broca generalmente son más altas con mayor sombra. La poda de la sombra como del cafeto permite una mayor ventilación y entrada de luz a las bandolas, lo cual reduce la humedad relativa, en perjuicio de la broca ya que la supervivencia y actividad son mayores con alta humedad y oscuridad. La poda por planta puede ser más adecuada para pequeños caficultores, mientras que la poda por calles es posiblemente más adecuada en extensiones mayores del cultivo.

- **Control malezas**, en caso de realizarse recolección manual de frutos del suelo éste se facilitará si el cafetal está libre de malezas, por lo anterior se recomienda una limpia inmediatamente después de la cosecha. En caso de que queden frutos en el suelo luego de la cosecha la eliminación de malezas permite que el sol y el aire los sequen y que aumente la mortalidad de los diferentes estados de broca presentes.

- **Fertilización**, una fertilización adecuada puede resultar en menos floraciones locas y las floraciones principales son más abundantes y uniformes con un período de fructificación más corto.

- **Evitar mezcla de variedades en el mismo lote**, el uso de variedades de floración temprana resulta en el aumento de las poblaciones de broca que atacan en mayor número a las variedades que florecen después. El uso de variedades de floración tardía puede permitir a la broca disponer de frutos por un mayor período de tiempo después de la cosecha de una variedad temprana, por lo tanto hay mayor posibilidad de que la broca sobreviva en números importantes hasta la siguiente cosecha.

5.3 CONTROL BIOLÓGICO

Debido a que la broca es una plaga exótica en América, ésta se encuentra libre de la mayoría de los enemigos naturales que la atacan en su lugar de origen. El control biológico clásico es la estrategia que podría tener mejor éxito. Esta consiste en la introducción de enemigos naturales y su liberación en el campo con miras a su establecimiento. Con ésto se espera una reducción de las poblaciones a un nivel más bajo que el nivel de daño económico.

Entre los enemigos naturales de la broca reportados se pueden mencionar los Bethyridae (Hymenóptera): Cephalonomia stephanoderes y Prorops nasuta. La liberación de un complejo de enemigos naturales se ha sugerido como una estrategia de control biológico clásico, por lo tanto es importante conocer las posibles interacciones entre las especies de enemigos naturales. De los dos parasitoides mencionados C. stephanoderis es el más promisorio por ser más fácil de manejar y por su mayor fecundidad. Estos parasitoides fueron introducidos a México donde se realizaron liberaciones en el campo, se está evaluando su establecimiento y efectividad. Durante 1990 estos enemigos naturales de la broca se han introducido a Guatemala, El Salvador y Honduras como parte de un proyecto de investigación regional. El hongo Beauveria bassiana infesta broca en condiciones naturales en Centro América. Los fungicidas usados en el control de roya pueden reducir la incidencia de este patógeno. Actualmente se están evaluando distintas cepas de B. bassiana para determinar si existen diferencias en cuanto a patogenicidad contra la broca y tolerancia a los fungicidas cúpricos, posteriormente se contempla desarrollar formulaciones que tengan una adecuada persistencia en el campo.

5.4 CONTROL QUÍMICO

El control químico es a la vez la mejor y la peor de las soluciones al problema de la broca. Mejor por su efecto inmediato y su confiabilidad, peor por los efectos secundarios indeseables de su aplicación, como la contaminación ambiental, residuos en cosecha, resistencia a los insecticidas y desequilibrio ecológico.

Para hacer un uso adecuado del control químico es necesario considerar algunos puntos de importancia, como los siguientes:

- 4.1 Justificación económica
- 4.2 Aplicación oportuna
- 4.3 Producto adecuado
- 4.4 Dosis adecuada

4.1 JUSTIFICACION ECONOMICA

1. PERDIDAS

Las pérdidas por broca incluyen la caída de los frutos perforados a raíz del ataque y las pérdidas en peso y calidad de la cosecha, como resultado de la alimentación de las larvas y los adultos. Para el cálculo de estas pérdidas se realizaron estudios de campo que permiten cuantificarlas, éstos son:

1.1 CAIDA DE FRUTOS PERFORADOS

Esta se estimó en base a dos estudios de dinámica poblacional, comparando el número de frutos formados en parcelas con protección total y parcelas sin ninguna protección. Es igual a:

$$y=0.8x \text{ (zona de caficultura de 600 a 1200 m de altitud)}$$

donde x = porcentaje de frutos perforados al inicio de la fructificación.

donde y = porcentaje de frutos que caen durante la fructificación.

1.2 PERDIDAS EN COSECHA

Se calcularon en base a muestras con varios porcentajes de infestación en la cosecha. Se restó el valor de café de segunda y tercera categoría (40 y 15% respectivamente del valor de primera categoría), son iguales a:

$$z=0.34w \text{ (zona de caficultura de 600 a 1200 m de altitud).}$$

donde w = porcentaje de frutos perforados al momento de la cosecha.

donde z = Porcentaje de Pérdidas en la Cosecha

1.3 PERDIDAS TOTALES

Las pérdidas totales son la suma de las pérdidas por caída de frutos más las pérdidas en la cosecha y son iguales a:

$$Y=y+z$$

4.1.2 UMBRALES DE DAÑO ECONOMICO

2.1 CONCEPTO DE UDE

El Umbral de Daño Económico (UDE) es la densidad de población de la broca en la cual las medidas de control deben ser tomadas en el momento oportuno, para prevenir que un incremento en la población sea responsable de un nivel de pérdidas en café, igual o más alto que el costo de control.

Al hacer la aplicación cuando el porcentaje de infestación al momento oportuno está bajo el umbral de daño económico, se estaría haciendo un gasto innecesario, puesto que las pérdidas en la cosecha serían inferiores al costo de la aplicación.

En cambio, al no hacer la aplicación cuando el porcentaje de infestación está arriba del umbral de daño económico en el momento oportuno para esa aplicación, las pérdidas en la cosecha serían más altas que el costo del control, y se estaría perdiendo el valor monetario de la diferencia entre las pérdidas y el costo de control.

2.2 NIVEL DE PERDIDAS TOLERABLES

Es muy importante definir con exactitud ese punto de equilibrio, o sea el UDE. Para lograr establecerlo, es preciso conocer previamente el nivel de pérdidas en café, cuyo valor

corresponde al costo del control.

Ese Nivel de Pérdidas Tolerables (NPT) depende de:

- El costo del control; se calcula por la suma de los precios de los productos; el precio de la mano de obra; y la depreciación del equipo de aspersión.

- El precio del café; deberá usarse una estimación que se acerque lo más posible al valor en el momento de la cosecha y de la venta.

- Rendimiento del cafetal: el rendimiento del cafetal también tiene que ser estimado. Se puede hacer un pronóstico de la cosecha o tomarse el rendimiento promedio de varios años del cafetal.

- Las pérdidas por broca: (como definido en 4.1.1) El nivel de pérdidas tolerable (NPT) se puede expresar en porcentaje de la producción del cafetal y se calcula así:

$$N=(C/R*P)*100$$

donde:

C: Costo de control

R: Rendimiento del cafetal

P: Precio unitario del café

2.3 RELACION ENTRE UDE Y NPT

El UDE se expresa en porcentajes de frutos perforados y está relacionado con:

- El momento más oportuno para el control: 3-3.5 meses después de la primera floración representativa en zona de caficultura de 600 a 1200 m de altitud.

- La función que une el porcentaje de frutos perforados en el momento más oportuno para el control (x) y el porcentaje de frutos perforados en el momento de la cosecha (w), obedece a la ecuación siguiente:

$$w = ce^{dx}$$

En base a dos estudios sobre dinámica poblacional de la broca se determinó el valor de los parámetros c y d para la zona de caficultura ubicada entre 600 y 1200 m de altitud, lo que da la ecuación:

$$w = 1.48 e^{0.19x}$$

donde x= al UDE

donde w= al porcentaje de frutos infestados en la cosecha

2.4 CALCULO DEL UMBRAL DE DAÑO ECONOMICO

La integración de las leyes establecidas anteriormente permite definir el porcentaje de infestación desde el cual se debe hacer el control. Obedece a la ecuación siguiente:

$$N = (C/R*P) * 100 = yx + zw = yx + z (ce^{dx})$$

Conociendo el valor de C, R y P (costo del control, rendimiento del cafetal y precio del café, respectivamente) y el valor para la zona de 600-1200 m altitud de los parámetros c,d,y,z (1.48, 0.19, 0.8 y 0.34 respectivamente) tenemos:

$$(C/R*P)*100 = 0.8x + 0.34 (1.48 e^{0.19x})$$

Se puede calcular x (donde x=UDE) por un pequeño programa de informática.

Usando este programa se calcularon UDE para distintos costos del control (dólares/hectárea), rendimientos del cafetal (quintales pergamino seco/hectárea) y precios del café (dólares/quintal). Estos se presentan en los Cuadros 1(C=\$15/ha), 2(C=\$20/ha) y 3(C=\$25/ha).

Una vez escogida la tabla que se acerque más al costo de control, se debe buscar en las filas el rendimiento estimado y en las columnas el precio del café. La intersección de las filas y columnas nos da el UDE para el cafetal específico. Debido a la imprecisión del muestreo debemos considerar un margen de error para calcular el índice de decisión, que está más abajo del UDE.

4.2 APLICACION OPORTUNA: MUESTREO

La aplicación del control químico debe hacerse en la época oportuna, cuando las brocas inter cosecha estén iniciando la perforación, esto corresponde en la zona de caficultura de 600 a 1200 m de altitud a 3 a 3.5 meses después de la primera floración representativa. Por esto es que se recomienda llevar a cabo el muestreo durante esa época para determinar el porcentaje de infestación en el cafetal.

El método de muestreo recomendado consiste en seleccionar 20 sitios distribuidos uniformemente por parcela a muestrear (hasta 4 ha). En cada sitio se escogerán 5 plantas seguidas, en cada planta se muestrearán 20 frutos al azar, anotando los frutos perforados y calculando el porcentaje de infestación.

Este porcentaje de infestación por el tipo de distribución tiene cierto grado de imprecisión. Por lo tanto es necesario determinar un índice de decisión para aplicar las medidas de control. En teoría ese índice es igual al UDE pero debido a la imprecisión del muestreo se encuentra siempre más abajo del UDE. Se calcula de la siguiente manera:

$$I = m - t_2 \alpha \sqrt{s^2 / n}$$

Donde:

I = Índice de control

m = Umbral económico (UDE)

= Riesgo de primera especie

t = t de student

n = Número de unidades de muestreo

$s = a m^b = 2.36 m^{1.21}$, donde a y b son coeficientes de la ley de Taylor calculados para definir el tipo de distribución espacial de la broca.

Una vez definido el umbral del cafetal con los cuadros 1-3 se procederá a usar la tabla 4, la cual presenta el índice de decisión de control en % (porcentaje) o k (número) de frutos perforados para ese umbral y eso según el número de sitios que se pretende muestrear. Dependiendo del número (n) de sitios que se ha decidido muestrear se da un porcentaje (%) de infestación y un número (k) de frutos perforados (FP) que nos indican la necesidad de aplicar. Una vez que se llegue a la decisión de aplicar se realizará una sola aplicación, la cual es suficiente en la mayoría de los casos.

4.3 PRODUCTO ADECUADO

El producto más eficiente para el control químico de la broca es el endosulfán (Thiodán 35 CE). Hasta la fecha los otros insecticidas evaluados no han sido tan eficientes para el control. En evaluaciones de campo se ha encontrado como promisorio el pirimifos metil, sin embargo todavía no se ha logrado determinar la dosis óptima para control de broca.

4.4 DOSIS ADECUADA

La dosis recomendada para el control de la broca es de 600 g.i.a./ha de endosulfán o 1.7 l/ha de Thiodán 35 CE (1.2 l/Mz). Esta dosis tiene igual eficiencia usando volúmenes altos o bajos aplicados con aspersora manual (400-600 l/ha) y con aspersora motorizada (120-400 l/ha)

5. CONCLUSIONES

Actualmente los países de la región de PROMECAFE disponen de un programa de manejo integrado de la broca que es eficiente para el manejo de esta plaga. Se recomienda dar énfasis a las medidas de control cultural y manual y recurrir al control químico como último recurso.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- IICA/PROMECAFE/ANACAFE. 1985. Curso sobre Manejo Integrado de Plagas del Cafeto con énfasis en la Broca del Fruto (Hipothenemus hampei Ferrari). Guatemala, Guatemala.
- IICA/PROMECAFE/IHCAFE. 1986. II Curso Regional sobre Manejo Integrado de Plagas del Cafeto con énfasis en Broca del Fruto. (Hipothenemus hampei Ferrari). San Pedro Sula, Honduras.
- ANACAFE. 1985. I Taller de Trabajo Internacional sobre Manejo Integrado de la Broca del Fruto del Café. Retalhuleu, Guatemala.
- IICA/PROMECAFE/INMECAFE. 1986. II Taller Internacional sobre la Broca del Grano del Café. (Hipothenemus hampei Ferrari). Tapachula, México.
- IICA/PROMECAFE/ANACAFE. 1988. III Taller Regional sobre Broca del Fruto del Café. Antigua Guatemala, Guatemala.

CUADRO 3. UMBRALES DE DAÑO ECONOMICO, COSTO CONTROL 25 DOLARES

PRECIO DEL CAFE EN DOLARES/QUINTAL PERGAMINO SECO

PROD QQ P.S.	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
5	12.	12.	11.	11.	11.	10.	9.8	9.8	9	9	9	8.7	8.4	8.1	8	7.6
10	7.7	7.3	6.9	6.5	6.1	5.9	5.6	5.3	5.1	4.9	4.7	4.5	4.4	4.2	4.1	3.9
15	5.2	4.9	4.5	4.4	4.1	3.9	3.7	3.5	3.4	3.2	3	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4
20	3.9	3.7	3.4	3.2	2.9	2.8	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2	1.9	1.8	1.7
25	3	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.2
30	2.4	2.3	2.1	2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1	1	0.9
35	2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7
40	1.7	1.6	1.5	1.3	1.2	1.1	1	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
45	1.5	1.3	1.2	1.1	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
50	1.2	1.1	1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
55	1.1	1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
60	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2
65	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
70	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0
75	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0
80	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0

CUADRO 4. INDICES DE DECISION PARA CONTROL DE BROCA

In	m					
	1	2	3	4	5	10
I1 %FP	-1.6	-1.9	-2	-1.9	-1.8	-0.3
I1 #FP	-2	-2	-2	-2	-2	0
I2 %FP	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	2.7
I2 #FP	-2	-1	-1	0	0	5
I3 %FP	-0.5	-0.2	0.1	0.6	1.1	4.1
I3 #FP	-1	-1	0	2	3	12
I4 %FP	-0.3	0.1	0.5	1.1	1.6	4.9
I4 #FP	-1	0	2	4	6	19
I5 %FP	-0.1	0.3	0.8	1.4	2	5.4
I5 #FP	-1	1	4	7	10	27
I10 %FP	0.2	0.8	1.4	2.1	2.9	6.8
I10 #FP	2	8	14	21	29	68
I15 %FP	0.3	1	1.7	2.5	3.3	7.3
I15 #FP	5	15	26	37	49	110
I20 %FP	0.4	1.1	1.9	2.7	3.5	7.7
I20 #FP	9	25	38	54	70	154
I25 %FP	0.5	1.1	2	2.8	3.6	7.9
I25 #FP	12	31	50	71	91	199
I30 %FP	0.5	1.3	2.1	2.9	3.8	8.1
I30 #FP	16	39	63	88	113	244
I35 %FP	0.6	1.3	2.2	3	3.9	8.3
I35 #FP	20	47	76	105	135	289
I40 %FP	0.6	1.4	2.2	3.1	3.9	8.4
I40 #FP	24	55	89	123	157	335
I45 %FP	0.6	1.4	2.3	3.1	4	8.5
I45 #FP	28	64	102	140	180	381
I50 %FP	0.6	1.5	2.3	3.2	4	8.5
I50 #FP	32	73	115	158	202	427

% O # FP= PORCENTAJE O NUMERO DE FRUTOS PERFORADOS

In= INDICE PARA n UNIDADES DE MUESTREO

RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN CAFE
IMPORTANCIA DEL PROBLEMA
E INVESTIGACION NECESARIAS

Marco Castro
Entomologo
PROMECAFE

MARZO 1990

INTRODUCCION

La mejor forma para evitar la presencia de plagas en un cultivo es introducirlo a areas nuevas sin las plagas de su area de origen. Este fue el caso para el cafe en America hasta la llegada de la roya y la broca (Lavabre 1989). Con la llegada de estas se tuvo la necesidad de hacerles frente por medio de los plaguicidas. El uso indebido de estos puede resultar en residuos en la cosecha (Urbina y Javed 1988) y en el ambiente (Feliciani y Galvez 1989). De principal importancia es el efecto sobre la salud humana ya que algunos plaguicidas tienen el potencial de causar efectos adversos tales como cancer, mutaciones, teratogenesis, dano al higado o rinones; neurotoxicidad, etc. (Hearne 1985).

El objetivo del este trabajo es presentar informacion sobre residuos de algunos plaguicidas usados en el cultivo del cafe. Se incluyen datos sobre la magnitud y significancia de los residuos en el grano, la pulpa y el suelo. Se propone la investigacion necesaria para conocer el efecto sobre la salud humana y el ambiente. El objetivo principal de esta investigacion debe ser la obtencion de informacion para proponer tolerancias o limites maximos de residuos.

RESIDUOS DE INSECTICIDAS

Los Estados Unidos de America son el mayor comprador de cafe del mundo. En este pais el monitoreo de residuos en cafe es de mucha importancia ya que el 99.9% del cafe consumido es importado (Hearne 1985). El muestreo que la FDA realizo en 1977 demostro que el 45% de las muestras de cafe analizadas contenian residuos de plaguicidas (Kovacs 1985). La frecuencia de deteccion en orden decreciente de deteccion fue: DDT, BHC, DDE, Lindano, Diazinon, Malathion, Dieldrin y Heptacloro. De estos plaguicidas solo diazinon tiene tolerancias establecidas (Anonimo 1989). Sin embargo al evaluar la significancia de los niveles encontrados se concluyo que no representaban peligro para la salud humana (Kovacs 1985). El gobierno federal de E.U. considera que la presencia de residuos de algunos insecticidas clorinados es inevitable, debido a su persistencia en el suelo, agua y aire por periodos largos despues de su uso real (Hearne 1985).

En base a estudios realizados en Guatemala, Honduras y El Salvador, se determino que los valores maximos encontrados en granos de cafe a los 21 dias despues de la ultima aplicacion (DDA) fueron: 0.02 ppm para Thiodan 35 CE; 0.16 ppm para Malathion y 0.00 ppm para Perfekthion (Urbina y Javed 1988). En plantaciones de cafe el periodo entre la ultima aplicacion y la cosecha sera generalmente mas largo que el evaluado en los ensayos, por esto podriamos esperar valores de residuos menores en situaciones de produccion reales. En un sumario de datos toxicologicos (Vettorazzi 1975) se incluye la ingesta diaria aceptable para endosulfan que es igual a 0.0075 mg/kg. Basandose en un ejemplo de Kovacs (1985) se calculo la importancia de los residuos maximos de endosulfan encontrados en los estudios de la region (Urbina y Javed 1988):

1. Se consumen 4 tazas de cafe hervido al dia
2. Se necesitan 50 g de cafe tostado para 4 tazas cafe hervido
3. 100 % del residuo en cafe oro sobrevive al tostado

4. 100 % del residuo en cafe tostado pasa al cafe solubilizado
5. El valor maximo de endosulfan fue de 0.04 mg/kg para cafe oro, encontrado 1 dia despues de la ultima aplicacion.

El acceso diario con 4 tazas de cafe seria de:

$$0.05 \text{ kg} \times 0.04 \text{ mg/kg} = 0.002 \text{ mg de endosulfan}$$

La ingesta diaria aceptable multiplicada por un peso corporal promedio es:

$$0.0075 \text{ mg/kg} \times 60 \text{ kg} = 0.45 \text{ mg de endosulfan}$$

La contribucion porcentual de los residuos hallados al acceso diario aceptable de endosulfan seria:

$$(0.002 \text{ mg} / 0.45 \text{ mg}) 100 = 0.4 \%$$

Lo anterior nos indica que los niveles encontrados son muy bajos en relacion al acceso diario aceptable para endosulfan. Estos calculos tienden a sobreestimar la contribucion de los residuos a la dieta diaria, ya que: el endosulfan no es termoestable y en la realidad el proceso de tostado eliminaria una parte del mismo, el paso del residuo al cafe solubilizado no es completo y este valor (0.04 mg/kg) se encontro 1 dia despues de la aplicacion, esperando encontrar valores mas bajos al hacer la aplicacion y la cosecha en el momento oportuno.

Cdmo parte de estas investigaciones se determino que los niveles maximos de residuos en la pulpa a los 21 DDA llegaban hasta 0.11 ppm (Munoz 1989). Los residuos en la pulpa son de interes si consideramos que la pulpa en algunos casos pasa a contaminar las fuentes de agua, siendo el problema mas serio en zonas con escasa precipitacion donde la cosecha coincide con el verano (Rodas 1987). Se sabe que el endosulfan es altamente toxico a los peces y se han dado casos de muerte de peces por contaminacion de los rios (McEwen y Stephenson 1979). Tambien es importante considerar los residuos en la pulpa debido a su uso potencial en raciones para ganado que puede llegar hasta 5% de la racion para cerdos, 8% para vacas y 5% para aves (Campabadal 1987). Sin embargo en el caso especifico del endosulfan (ingrediente activo del Thiodan) es metabolizado facilmente por los animales a diol endosulfan y otros metabolitos hidrofílicos facilmente excretados (McEwen y Stephenson 1979).

En el suelo el alfa endosulfan se descompone rapido, el beta endosulfan y el sulfato de endosulfan son mas persistentes. Se encontraron niveles entre 0.5-1.0 ppm de beta endosulfan y 1.5-2.0 ppm de sulfato de endosulfan hasta los 828 dias despues de aplicar 6.7 kg/ha de endosulfan (Stewart and Cairns 1974), tambien se determino que el 90% de los residuos permanecen en los primeros 15 cm. No se conoce si la planta de cafe puede absorber el endosulfan del suelo. En frijol luego de una aplicacion de endosulfan al suelo, se detecto la presencia de ambos isomeros, el alcohol y el eter en porciones superiores de la planta (Terranova y Ware 1963), concluyendose que el endosulfan puede ser absorbido por la raiz y traslocado de la raiz a la parte aerea. Los datos sobre propiedades

del producto, composición y estructura nos indican su reacción en el suelo, agua, aire y biomasa, el coeficiente de participación nos indica la persistencia y acumulación del plaguicida en sistemas biológicos (Calderon 1985). El modelo de Mackay y Paterson (1981) simula el destino de algunos pesticidas en diferentes compartimientos: aire, agua, suelo, biomas, sólidos suspensos y sedimentos. El modelo ha sido usado para analizar el comportamiento de algunos plaguicidas usados en la agricultura de El Salvador, concluyéndose que deberían existir restricciones en el uso de algunos de los plaguicidas estudiados (Feliciani y Galvez 1989).

RESIDUOS DE FUNGICIDAS

Actualmente los fungicidas más usados para el control de la roya son los cupricos. En ensayos realizados en Guatemala, Honduras y El Salvador (Urbina y Javed 1988) se evaluó la residualidad de fungicidas cupricos y sistémicos usados en el control de la roya. En estos estudios se incluyó el análisis de plomo en el grano, debido a la detección de la contaminación por plomo de los fungicidas cupricos que llegó hasta 4600 ppm cuando el límite permitido es de 250 ppm para una formulación al 50% (Javed 1988). Los niveles máximos de residuos encontrados para fungicidas cupricos a los 21 DDA fueron: 21.1 ppm para parcelas tratadas y 19.6 ppm para testigos sin aplicación. En cuanto a plomo se encontró hasta 0.95 ppm en las parcelas tratadas y 0.68 ppm en las parcelas testigo (Urbina y Javed 1988). La detección de cobre en parcelas sin aplicación se reportó en ensayos realizados en Brasil, llegando hasta 25.7 ppm (Carvalho y Carvalho 1974). Esto es de esperar ya que el cobre es un oligoelemento esencial para el café (Bornemisza 1988). En una revisión del contenido de minerales en granos de café, Clarke (1985) encontró que los niveles de cobre pueden variar de 1-33 ppm y los de plomo de 0.0-0.8 ppm. En base a lo anterior podemos suponer que los residuos de cobre y plomo en los testigos sin aplicación son constituyentes normales del grano. Actualmente se llevan a cabo trabajos para confirmar esta suposición. Basándose en los datos de Muñoz (1989) se calculó el porcentaje de los residuos en café oro que pasan al café solubilizado. Para cobre, solo $7\% \pm 3.5$ y para plomo $23.75\% \pm 0.95$ de la cantidad en café oro se encontró en el café solubilizado. Según la OMS la ingesta semanal de plomo no debe exceder 0.05 mg/kg (Prieto 1987), siguiendo el ejemplo de Kovacs (1985) y con los datos obtenidos en la región centroamericana (Urbina y Javed 1988), se calculó la importancia de los residuos de plomo encontrados:

1. Se consumen 4 tazas de café hervido al día
2. Se necesitan 50 g de café tostado para 4 tazas de café hervido
3. 25 % del residuo en café oro pasa al café solubilizado
4. El valor máximo de plomo fue de 0.95 mg/kg para café oro

El acceso diario con 4 tazas de café sería de:

$$0.05 \text{ kg} \times 0.2375 \text{ mg/kg} = 0.0119 \text{ mg de plomo}$$

5

La ingesta diaria aceptable multiplicada por un peso corporal promedio es:

$$0.007 \text{ mg/kg} \times 60 \text{ kg} = 0.428 \text{ mg de plomo}$$

La contribucion porcentual de los residuos hallados al acceso diario aceptable de plomo seria:

$$(0.0119 \text{ mg} / 0.428 \text{ mg}) 100 = 2.78 \%$$

Tambien para plomo los niveles encontrados son bajos en relacion al acceso diario aceptable. Estos calculos tambien tienden a sobreestimar la contribucion de los residuos que se pueden encontrar debido al corto periodo entre la aplicacion y la cosecha.

Al evaluar los residuos de cobre y plomo a los 21 DDA en la pulpa (Munoz et al 1989) se encontraron niveles maximos de cobre de 280 ppm para las aplicaciones de oxiclورو de cobre y de 260 ppm para el tratamiento con hidroxido de cobre en las parcelas no tratadas se encontro 21 ppm, esto sugiere que los residuos en la pulpa si provienen directamente de la aplicacion, los altos valores observados hacen de importancia la consideracion del desecho de la pulpa en las fuentes de agua (Rodas 1987) o su uso en la alimentacion animal (Campabadal 1987). A los 21 DDA los niveles maximos de plomo en la pulpa fueron de 2.2 ppm para oxiclورو de cobre y de 2.03 para hidroxido de cobre, estos se pueden considerar niveles normales de la planta si consideramos que el testigo sin aplicacion tuvo 2.06 ppm (Munoz 1989).

El comportamiento del cobre en el suelo es bien conocido. Este se acumula en los primeros 10 cm del suelo debido a su poca movilidad (la menor entre los oligoelementos) (Bornemisza 1988). La fitotoxicidad se puede presentar con aplicaciones repetidas de plaguicidas a base de cobre, como el oxiclورو de cobre (Tisdale et al 1985). Este es un problema de dificil correccion, por lo que se debe tener prudencia al aplicar medidas fitosanitarias para el control de enfermedades (Bornemisza 1988). El plomo, de manera similar al cobre, tiene poca movilidad en el suelo (Fassbender y Bornemisza 1987). El contenido de cobre en suelos agricolas es de 1-40 ppm en E.U. (Tisdale et al 1985) y de 0.3-71 ppm en Latinoamerica (Fassbender y Bornemisza 1987). Al evaluar el efecto de distintas concentraciones de cobre en el suelo con distintos niveles de pH (Aduayi 1977) se encontro que el efecto del cobre en el suelo sobre el cafeto dependia de el pH. Con pH menor a 5 y una concentracion de cobre de 5 ppm o mas, se observaron danos severos al cafeto y bajo contenido de hierro en las hojas. Cuando el pH fue de 5.5 o mas se necesitaron concentraciones de cobre de mas de 50 ppm para que las plantas presentaran danos severos. El plomo es un constituyente natural del suelo y probablemente es absorbido por las raices y traslocado a travez de la planta (Nash 1974).

Los estudios realizados en Guatemala, Honduras y El Salvador (Urbina y Javed 1988) tambien incluyeron la evaluacion de fungicidas sistemicos usados en el control de la roya. De estos se encontraron residuos en el grano de 1.15 ppm para Bayleton y de 0.45 ppm para Tilt.

INVESTIGACION NECESARIA

A pesar de que los niveles de residuos encontrados en los estudios en la region (Urbina y Javed 1988) no representan un peligro para la salud humana, debemos recordar que estos productos no tienen tolerancias establecidas en E.U. (Anonimo 1989) y su deteccion podria causar problemas en su comercializacion. Los resultados disponibles se pueden considerar un primer paso para la propuesta de los limites maximos de residuos o tolerancias. La tolerancia es la maxima concentracion de un residuo de plaguicida legalmente permitida en un producto alimentario, expresandola en mg/Kg. Londono (1983) ha propuesto una metodologia para el establecimiento de limites maximos de residuos de plaguicidas en productos agricolas, esta incluye la informacion sobre aspectos quimicos y toxicologicos necesaria para la aceptacion de una tolerancia. Dentro de esto corresponde a nuestros paises como productores de cafe realizar experimentos de campo para obtener datos que indiquen la magnitud de los residuos terminales en productos de cosecha. Un primer paso fue realizado por algunos paises de la region (Urbina y Javed 1988) y estos esfuerzos continuan en Guatemala, Honduras, El Salvador y Costa Rica (Anonimo 1990) usando la metodologia propuesta por Londono (1988) especificamente para cafe. Los resultados de los estudios de 1988-1989 y 1989-1990 seran presentados en un evento regional durante 1990.

Ademas de la investigacion necesaria para conocer la magnitud de los residuos en la cosecha de cafe para la propuesta de los LMR, es recomendable conocer los residuos en la pulpa y en el suelo de los cafetales. Esto debido al destino final de la pulpa al desecharla en fuentes de agua (Rodas 1987) o al suplir alimentacion animal (Campabadal 1987) y debido a que puede existir acumulacion en el suelo de cobre (Bornemisza 1988) y endosulfan (Stewart y Cairns 1974).

ALTERNATIVAS

Ademas de las investigaciones sobre residuos es necesario evaluar los metodos de control alternativos al control quimico. Una de las alternativas para evitar el uso riesgoso de plaguicidas es el desarrollo y aplicacion de programas de manejo integrado de plagas (Anonimo 1985). Segun el MIP el uso de plaguicidas es justificable de acuerdo a consideraciones economicas y biologicas, ademas dentro del MIP se consideran metodos de control alternativos como el control cultural, control biologico, control genetico, etc. Para el caso de cafe ya se iniciaron estudios de control alternativos para la roya, como el control genetico (Echeverry 1988) y para la broca como el control cultural y biologico (Decazy 1988). Los esfuerzos de investigacion para el desarrollo de programas MIP deben ser apoyados por las instituciones nacionales e internacionales. Su aplicacion dependera de las condiciones economicas, culturales y sociales de los productores, por lo que se deben buscar soluciones que puedan ser adoptadas por los mismos.

CONCLUSIONES

El uso irracional de los plaguicidas puede contaminar productos agropecuarios, potencialmente perjudicando la salud humana. Los estudios llevados a cabo en los países de la región de PROMECAFE sugieren que los residuos encontrados son de poco peligro para la salud, sin embargo estos plaguicidas no tienen tolerancias en E.U. y su detección podría causar problemas a la comercialización. Por lo tanto es necesario continuar con estudios de residuos en la cosecha para poder presentar una propuesta para el establecimiento de LMR para dichos productos en café. También es importante considerar el efecto de los residuos en la pulpa por su posterior destino y además considerar el comportamiento de estos en el suelo. La ejecución de estos proyectos en los países de PROMECAFE ha sido posible gracias al interés de los técnicos nacionales y al apoyo financiero de ROCAP a través de IICA/PROMECAFE. Es de fundamental importancia que los países cafetaleros apoyen estudios de largo plazo sobre el efecto de los plaguicidas en el ambiente y lleven a cabo monitoreos de rutina en la cosecha para la reducción del riesgo a los consumidores nacionales y a los de los países importadores. Los resultados de los ensayos del 88-89 y 89-90 serán presentados en un evento regional en 1990 donde serán discutidos y donde se harán recomendaciones sobre el futuro de estos trabajos en la región.

REFERENCIAS

- Anonimo. 1990. Programa Operativo. IICA/PROMECAFE. Guatemala, Guatemala.
- Anonimo. 1985. Codigo Internacional de Conducta para la Distribucion y Utilizacion de Plaguicidas. FAO, Roma.
- Anonimo. 1977. Orientaciones para la experimentacion de residuos de plaguicidas con vistas a obtener informacion para el registro de plaguicidas y el establecimiento de limites maximos de residuos. FAO, Roma.
- Aduayi, E.A. 1977. Relationship between varying levels of copper and soil pH on the growth and mineral composition of arabica coffee plants. Turrialba 27:7-16.
- Bornemisza, E. 1988. Principios de edafologia aplicados a la caficultura moderna. En curso de fundamentos de caficultura moderna. IICA/PROMECAFE/IHCAFE. El Zamorano, Honduras.
- Calderon, G.R. 1985. Destino de los plaguicidas despues de haber entrado al ambiente y que han actuado sobre la plaga. En Curso Regional sobre el Control de Residuos de Pesticidas en Cafe. IICA/PROMECAFE/ISIC, San Salvador, El Salvador.
- Campabadal, C. 1987. Utilizacion de la pulpa de cafe en la alimentacion de animales. En Utilizacion integral de los subproductos del cafe. PNUMA/ANACAFE/ICAITI. Guatemala, Guatemala.
- Clarke, R.J. 1985. Water and mineral contents. En Coffee, Volume 1, Chemistry. R.J. Clarke y R. McRae Eds. Elsevier Applied Science Pub. New York.
- Carvalho J. y V. Carvalho. 1974. Efeito de diferentes dossagens de fungicida cuprico usadas para controle de ferrugem no teor de cobre em graos de cafe. En 2 do Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Caffeeiras. Pocos de Caldas, Brazil.
- Decazy B. 1988. Control de la broca del fruto del cafeto. En PROMECAFE diez anos de labores. IICA/PROMECAFE. San Jose, Costa Rica.
- Echeverry J.H. 1988. Desarrollo y reproduccion de variedades con resistencia a la roya del cafeto. En PROMECAFE diez anos de labores. IICA/PROMECAFE. San Jose, Costa Rica.
- Fassbender, H.W. y E. Bornemisza. 1987. Quimica de suelos con enfasis en suelos de America Latina. IICA. San Jose, Costa Rica.

- Feliciani, F.P. y G.C. Galvez. 1989. El modelo de Mackay y sus aplicaciones a los productos mas empleados en la agricultura salvadorena. San Salvador, El Salvador.
- Hearne S.A. 1985. Contaminacion de pesticidas en alimentos importados. En Curso Regional sobre el Control de Residuos de Pesticidas en Cafe. IICA/PROMECAFE/ISIC, San Salvador, El Salvador.
- Javed, Z.U. 1988. Biologia, epidemiologia y combate de de la roya del cafeto. En PROMECAFE diez anos de labores. IICA/PROMECAFE. San Jose, Costa Rica.
- Kovacs, M.F. 1985. Pesticidas en granos de cafe importados. En Curso Regional sobre el Control de Residuos de Pesticidas en Cafe. IICA/PROMECAFE/ISIC, San Salvador, El Salvador.
- Lavabre, E.M. 1989. Control biologico de la broca. En III Taller Regional sobre broca del fruto del cafeto. IICA/PROMECAFE/ANACAFE. Antigua Guatemala, Guatemala.
- Londono, R. 1983. Metodologia para el establecimiento de limites maximos de residuos de plaguicidas en productos agricolas. ICA/IICA. Bogota, Colombia.
- Londono, R. 1988. Informe de la visita practicada a Guatemala, Honduras y El Salvador. IICA/PROMECAFE. Bogota, Colombia.
- MacKay, D. y S. Paterson. 1981. Calculating fugacity. Env. Sci. Techn. 15:1006-1014
- McEwen, F.L. y G.R Stephenson. 1979. Insecticides and their uses. En The use and significance of pesticides in the environment. John Wiley and Sons. New York.
- Munoz, R., N. Urbina, A. Rubio y J. Montoya. 1989. Determinacion de residuos de pesticidas en cafe. IHCAFE. La Fe, Honduras.
- Nash R.G. 1974. Plant uptake of insecticides, fungicides and fumigants from soils. En Pesticides in soil and water, W.D. Guenzi Ed. Soil Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin.
- Prieto, T. 1987. Metodologia seguida para determinar la presencia de cobre y plomo en cafe oro. ICAITI. Guatemala, Guatemala.
- Rodas, C.A. 1987. Estudio de caso: soluciones provisionales para la disposicion de aguas de lavado de cafe en Guatemala. En Utilizacion integral de los subproductos del cafe. PNUMA/ANACAFE/ICAITI. Guatemala, Guatemala.
- Stewart, D.K.R. y K.G. Cairns. 1974. Endosulfan persistence and uptake by potato tubers. J. Agr. Food Chem 22:984-986.

Terranova A.C. y G.W. Ware. 1963. Studies of endosulfan in bean plants by paper and gas chromatography. J. Econ. Entomol. 56:596-599.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson y J.D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. Macmillan Pub. Co. New York.

Urbina, N. y Z.U. Javed. 1988. Control de residuos de plaguicidas usados en cafe. En PROMECAFE diez anos de labores. IICA/PROMECAFE. San Jose, Costa Rica.

Vettorazzi. 1975. Toxicological decisions and recomendations resulting from the safety assesment of pesticides residues in food. Critical Reviews in Toxicology 4:125-183.

← ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA ROYA DEL CAFETO (Hemileia vastatrix Berk & Br. 1869) EN LA ZONA DEL LAGO DE YOJOA, DURANTE 1982 A 1985*.

Nestor M. Tronconi ¹
Roberto Dario Agurcia ²
Juan Antonio Escoto ³

* Trabajo presentado en el IV Seminario Nacional de Investigación, IHCAFE, Tegucigalpa, D.C. 9 - 11 de julio de 1986.

¹ Ing. Agr., M. Sc. Coordinador Programa Fitopatología, IHCAFE, S.P.S. Honduras

² Agr. Técnico de Investigación Programa de Fitopatología IHCAFE. Honduras.

³ Ing. Agr., Jefe Estación Experimental La Fe, IHCAFE, Honduras

RESUMEN

Durante el periodo de 1982 a 1985 se estudió el comportamiento de la Roya del cafeto en condiciones naturales sin aplicación de productos químicos; efectuándose cada quince días lecturas de incidencia (porcentaje de hojas con roya) en bandolas marcadas, en plantas adultas del cultivar Caturra mediante el uso de la regresión secuencial nos permitió verificar variabilidad que el patógeno manifiesta en los diferentes años. Se detectaron para cada caso, porcentajes mínimos de infección correspondientes a una época determinada. Para efectos de control químico, en la zona del Lago de Yojoa, las aspersiones deberán iniciarse en el mes de mayo. Condiciones agroclimáticas fueron decisivas para que Hemilea vastatrix en 1985 alcanzara porcentajes superiores de infección.

INTRODUCCION

El conocimiento de los factores que gobiernan el desarrollo de Hemileia vastatrix constituye uno de los aspectos más importantes, ya que los factores climáticos envueltos, condicionan una distribución de la enfermedad a su incidencia y severidad de ataque (MONTOYA & CHAVES 1974).

BOCK citado por AKUTSU (1981) relata que donde la temperatura no es limitante, el curso y la severidad de la periodicidad estacional son determinadas por la interacción de: la distribución e intensidad de las lluvias, grado de foliación de la planta y cantidad de inóculo residual presente en el final de la estación seca; cualquiera de ellos puede ser limitante.

Según BECKER (1979) la Roya hace más fuerte la defoliación que se produce, a fines de la epidemia, atrasando la formación de nuevas hojas y por ende el desarrollo de una nueva epidemia; así la curva de ataque sigue la del follaje en forma casi proporcional, hasta que las hojas son suficientemente viejas, fuertemente atacada y se caen. Aparentemente el patógeno requiere un período relativamente largo para el desarrollo de una nueva epidemia, debido a la fuerte defoliación y por lo tanto a la pérdida de la mayor parte del inóculo potencial.

El objetivo del presente trabajo pretende estudiar el comportamiento epidemiológico de la Roya del Cafeto en asociación con los factores agroclimáticos, tendientes a establecer períodos de inicio del control químico del patógeno.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo fue conducido en el Centro Experimental La Fe, Lama, Santa Barbara, zona del Lago de Yojoa, a 750 msnm. con una precipitación anual promedio de 2806.66 mm. con temperaturas medias de mínima y máxima de 20 °C y 30 °C respectivamente, durante el período de 1982 a 1985. Fue instalado en un cafetal del cultivar Caturra, bajo sombra regulada (Inga sp), al cual se le proporcionaron las prácticas agrónomicas recomendadas, con excepción de aspersiones con fungicidas.

En una área aproximada de 0.25 ha. se seleccionaron al azar quince árboles, a los cuales se le marcaron cuatro bándolas en la parte media de la planta, orientadas cardinalmente, para un total de sesenta bándolas marcadas. Cada bándola fue identificada con cinta plástica de color a partir del 7 nudo; realizándose lecturas, quincenalmente en las cuales se registraba: número de hojas actuales, número de hojas con roya, número de hojas caídas con roya y número de hojas caídas por otros factores; con estos datos se procedió luego a determinar las variables: porcentaje de

enfermedad actual, porcentaje de enfermedad acumulada y porcentaje de defoliación (Cuadro 1). Los análisis estadísticos para estas variables que involucran tratamientos con factores cuantitativos, fueron realizados mediante el análisis de regresión secuencial, según sugerencias de CHEW (1976) en el cual se estudiaron los efectos lineal y cuadrático.

La escogencia del modelo fue basado en el coeficiente de determinación, en la significancia de la regresión y en el coeficiente de regresión, adaptándose un nivel hasta de 5% de probabilidad por prueba F; iguales análisis son recomendadas para este tipo de estudios por GOMES (1982), TRONCONI (1985)

RESULTADOS Y DISCUSION

En los Cuadros 2 y 3 se presentan los porcentajes de defoliación, de enfermedad actual y acumulada correspondientes a los años 82, 83, 84 y 85 respectivamente, notándose el comportamiento diferente que año con año presenta el patógeno en estudio para los tres parámetros evaluados. Los resultados del análisis de varianza de la regresión por el método de polinomios ortogonales, evaluando efecto lineal y cuadrático nos muestra diferencias significativas por la prueba F, al nivel de 1% y 5% de probabilidad para ambos efectos, tanto para porcentaje en enfermedad como para defoliación (Cuadro 4,5,6 y 7).

En las figuras 1,2,3 y 4 se observan, el comportamiento de la Roya del Cafeto, evaluado mediante porcentaje de infección y defoliación para los años 1982, 1983, 1984 y 1985 respectivamente. El porcentaje de enfermedad acumulada para estos años estudiados manifestó un efecto cuadrático excepto para 1985 que su efecto fue lineal, mostrando una tasa de infección de 0.20% / día siendo que 1982, 83 y 84 presentan sus puntos mínimos de infección de 37.79%, 12.10% y 29.81% en los meses de junio, y mayo respectivamente (Figura 5).

El porcentaje de enfermedad actual, para todos los años manifestó un efecto cuadrático, presentando niveles mínimos de infección de 10.52%, 3.17%, 12.50% y 32.08% en los meses de julio, mayo y marzo respectivamente (figura 6).

El porcentaje de defoliación para estos años manifestó un efecto lineal, para 1983 que fue cuadrático con un mínimo de defoliación de 5.13% en el mes de abril. Siendo que para 1982, 1984 y 1985 presentaron una tasa diaria de defoliación de 0,096%, 0.11% y 0,26% respectivamente (figura 7).

Conforme estos parámetros evaluados durante los años de 1982 a 1985 sobre el comportamiento de la Roya del Cafeto, notamos que el año de 1985 presentó los mayores porcentajes de enfermedad y

defoliación, mientras que 1983 fue el año menos efectivo. Observando los datos agroclimáticos (Cuadro 8 y 9), imperantes en esos periodos, podemos notar en relación a la variable precipitación que durante 1985 esta se mantuvo más o menos estable a través de los meses; no así en 1983 que fue inconstante; en cuanto a la variable temperatura notamos que para 1985 las temperaturas fueron constantes, como una media de 23 °C, mientras que para 1983 la temperatura aun constante presentó una media de 28 °C. Deduciendo por lo tanto que los factores agroclimáticos fueron más favorables para el desarrollo de H. vastatrix en el periodo de 1985; de allí sus niveles altos de infección.

CUADRO 1. DATOS TABULADOS DEL ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA ROYA DEL CAFETO EN LA FE , ILAMA, SANTA BARBARA. DURANTE 1982. IHCAFE, 1986

Lect. *	H O J A S *				E N F E R M E D A D**				%	
	HA	HC	HCa	HT	HRA	HRC	HRCa	HRT	enf.	Desf.
0	308	0	0	308	204	0	0	204	66.23	0
15	260	57	57	317	169	54	54	223	70.35	17.03
30	255	46	103	358	135	46	100	235	65.64	27.93
45	265	54	157	422	84	53	153	237	56.16	36.26
60	298	43	200	498	61	37	190	251	50.40	38.15
75	309	23	223	532	54	14	204	258	48.50	38.34
90	318	25	248	566	35	20	224	259	45.76	39.58
105	410	19	267	677	21	15	239	260	38.40	35.30
120	445	15	282	727	20	6	245	265	36.45	33.70
135	489	32	314	803	9	15	260	269	33.40	32.58
150	509	12	326	835	8	1	261	269	32.22	31.26
165	513	8	334	847	12	1	262	274	32.35	30.93
180	531	14	348	879	24	0	262	286	32.54	29.81
195	542	20	368	910	41	5	267	308	33.85	29.34
210	539	28	396	935	51	6	273	324	34.65	29.20
225	519	26	422	941	108	7	280	388	41.23	29.75
240	498	49	472	969	163	27	307	470	48.50	31.68
255	443	71	542	985	198	41	348	546	55.43	35.33
270	394	59	601	995	228	45	393	621	62.41	39.50
285	340	56	657	997	216	52	445	661	66.30	44.63
300	284	64	721	1005	186	55	500	686	68.26	49.75
315	244	42	763	1007	160	41	541	701	69.61	53.72
330	197	47	810	1007	128	47	588	716	71.10	58.39
345	149	48	858	1007	97	44	632	729	72.39	62.76
360	109	40	898	1007	65	33	665	730	72.49	66.04

* la. lectura 18 de enero de 1982

** H,A,C,Ca,T,R,= hojas, actuales, caídas, caídas acumuladas, totales, roya, respectivamente

CUADRO 2. PORCENTAJE DE DEFOLIACION Y DE ENFERMEDAD ACTUAL Y ACUMULADO DEL ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA ROYA CONDUCTIDO EN LA FE. LLAMA, SANTA BARBARA, DURANTE 1982 Y 1983. IHCAFE 1986

Lectura	% Defoliación	1981 1		1983 2		
		% de Enfermedad Acumulada	Actual	% Defoliación	Acumulada	Actual
0	0	66.23	66.0	0	17.69	17.69
15	17.03	70.35	65.0	2.20	17.92	16.0
30	27.93	65.64	53.0	7.41	16.58	10.0
45	36.26	56.16	32.0	8.61	13.24	5.0
60	38.15	50.40	20.0	9.62	12.83	3.0
75	38.34	48.50	17.0	10.29	11.81	1.0
90	39.58	45.76	17.0	10.38	11.42	0.0
105	35.30	38.40	5.0	10.19	11.20	1.0
120	33.70	36.45	4.0	9.92	12.84	3.0
135	32.58	33.40	1.0	9.79	13.27	4.0
150	31.26	32.22	1.0	10.14	15.51	7.0
165	30.93	32.25	2.0	10.81	19.79	12.0
180	29.81	32.54	4.0	11.84	25.78	21.0
195	29.34	33.85	7.0	12.11	29.89	27.0
210	29.20	34.65	9.0	14.95	33.63	39.0
225	29.75	41.23	21.0	19.18	47.99	54.0
240	31.68	48.50	32.0	28.80	53.62	59.0
255	35.33	55.43	44.0	36.34	56.87	62.0
270	39.50	62.41	57.0	42.61	58.12	58.0
285	44.63	66.30	64.0	49.78	58.08	43.0
300	49.75	68.26	65.0	-	-	-
315	53.72	69.61	65.0	-	-	-
330	58.39	71.10	64.0	-	-	-
345	62.76	72.39	65.0	-	-	-
360	66.04	72.49	59.0	-	-	-

1 Primera lectura 18/1/82 y 25/2/83

2 Primera lectura 18/1/82 y 25/2/83 respectivamente

CUADRO 3. PORCENTAJE DE DEFOLIACION Y DE ENFERMEDAD ACTUAL Y ACUMULADA DEL ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA ROYA, CONDUCTIDO EN LA FE, ILAMA, SANTA BARBARA, DURANTE 1984 Y 1985. IHCAFE, 1986

Lectura	% Defoliación	1984 1		% Defoliación	1985 2	
		% de Enfermedad Acumulada	Actual		% de Enfermedad Acumulada	Actual
0	0	37.45	37.0	0	39.66	39.66
15	13.80	39.70	32.0	7.30	35.92	31.0
30	19.58	39.86	28.0	11.94	35.04	27.0
45	22.19	37.78	22.0	11.08	34.49	25.0
60	25.32	33.38	12.0	17.55	36.78	25.0
75	27.17	30.15	8.0	22.01	38.87	23.0
90	27.50	31.53	6.0	25.70	41.17	23.0
105	27.92	31.01	4.0	29.24	40.63	18.0
120	28.17	30.32	3.0	31.78	41.58	16.0
135	29.39	33.01	6.0	34.71	57.30	40.0
150	29.92	34.99	79.0	35.92	59.74	44.0
165	30.93	42.16	20.0	39.13	60.56	51.0
180	56.63	51.22	34.0	43.46	67.77	51.0
210	54.52	71.59	64.0	57.51	75.21	61.0
225	65.62	72.75	61.0	62.33	77.82	64.0
240	-	-	-	68.02	79.95	69.0
255	-	-	-	72.07	80.12	66.0
270	-	-	-	73.71	81.22	68.0
285	-	-	-	76.13	82.06	72.0
300	-	-	-	77.26	82.34	73.0

1 lera. lectura 16/2/84 y 20/2/85 respectivamente

2 lera. lectura 16/2/84 y 20/2/85 respectivamente

CUADRO 4. RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA, DE LA REGRESION PARA % DE DEFOLIACION Y ENFERMEDAD DURANTE 1982 DEL ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA ROYA EN LA FE, ILAMA, SANTA BARBARA IHCAFE. 1986.

F de V	G.l	C U A D R A D O S M E D I O S		
		Enfermedad Acumulada	Enfermedad Actual	Defoliación
Efecto lineal	1	500.25 **	2240.64 **	2700.72 **
Efecto cuadrático	1	4243.52 **	10473.39 **	217.99 ns
Residuo	22	38.53	179.05	80.96
Total	24			

** Significativo por la prueba F, al nivel de 1% de probabilidad.

ns No significativo por la prueba F, al nivel de 5% de probabilidad.

CUADRO 5. RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION PARA % DE DEFOLIACION Y ENFERMEDAD DURANTE 1983 DEL ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA ROYA EN LA FE, SANTA BARBARA, IHCAFE 1986

F de V	G.l	C U A D R A D O S M E D I O S		
		Enfermedad Acumulada	Enfermedad Actual	Defoliación
Efecto lineal	1	4316.57 **	5743.88 **	2356.66 **
Efecto cuadrático	1	1409.88 **	1935.76 **	561.55 ns
Residuo	17	15.70	88.80	23.87
Total	19			

** Significativo por la prueba F, al nivel 1% de probabilidad.

ns No significativo por la prueba F al nivel 5% de probabilidad.

F de V	G.1	C U A D R A D O S M E D I O S		
		Enfermedad Acumulada	Enfermedad Actual	Defoliación
Efecto lineal	1	1479.35 **	1812.43 *	3620.85 **
Efecto cuadrático	1	1428.04 **	2957.30 **	59.65 ns
Residuo	13	17.80	300.00	72.48
Total	15			

*,** Significativo por la prueba F, al nivel de 5% y 1% de probabilidad.

ns No significativo por la prueba F, al nivel de 5% de probabilidad.

CUADRO 7. RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION DE % DE DEFOLIACION Y ENFERMEDAD DURANTE 1985 DEL ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA ROYA EN LA FE, ILAMA, SANTA BARBARA, IHCAFE 1986

F de V	G.1	C U A D R A D O S M E D I O S		
		Enfermedad Acumulada	Enfermedad Actual	Defoliación
Efecto lineal	1	6680.53 **	5925.32 **	11961.68 **
Efecto cuadrático	1	18.56 ns	556.74 *	15.89 ns
Residuo	18	29.14	74.25	7.50
Total	20			

*,** Significativo por la prueba F, al nivel de 1% y 5% de probabilidad

ns No significativo por la prueba F, al nivel de 5% de probabilidad

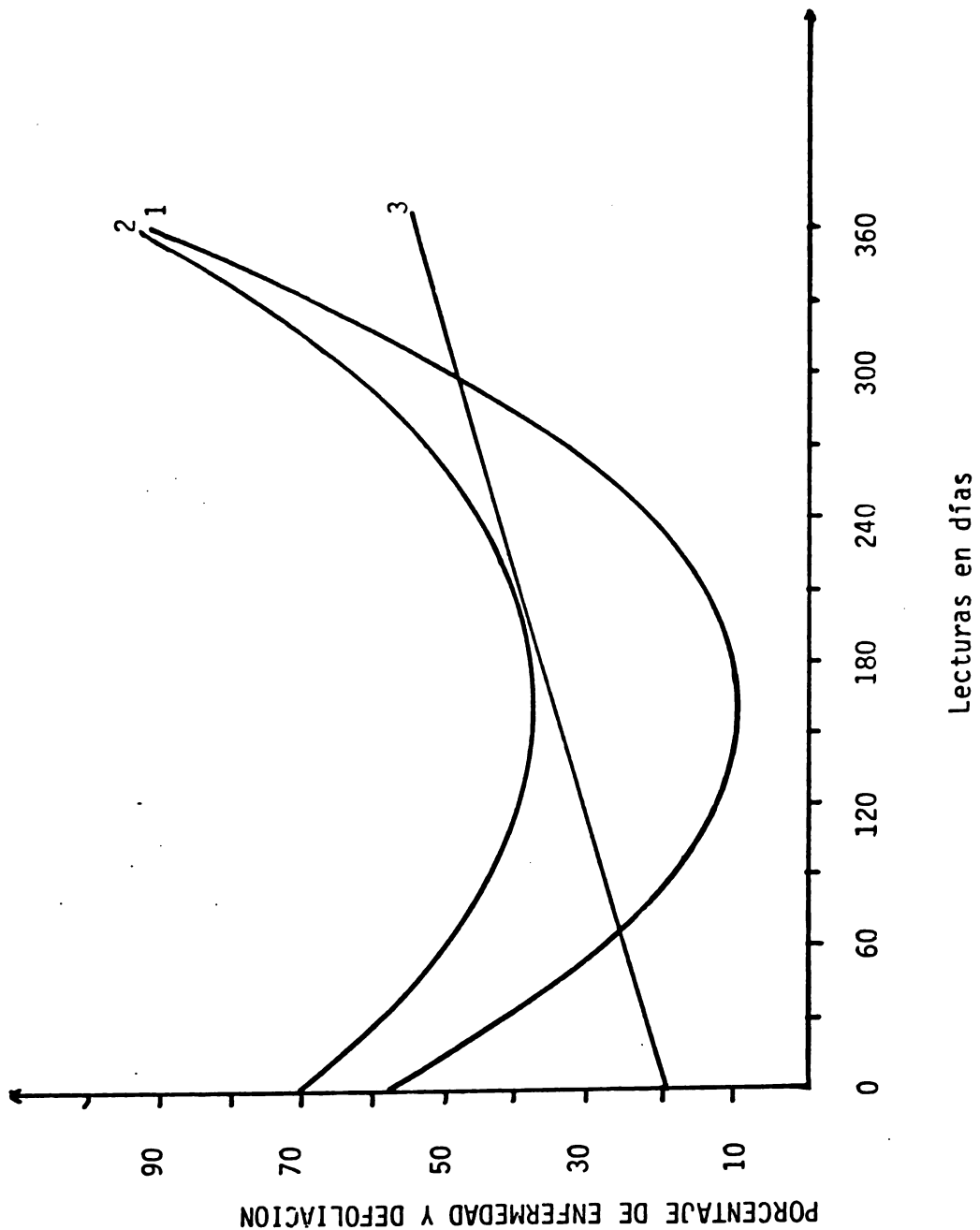


FIGURA 1. Porcentaje de enfermedad actual (1), enfermedad acumulada (2) y defoliación (3) durante 1982, en la zona del Lago de Yojoa.

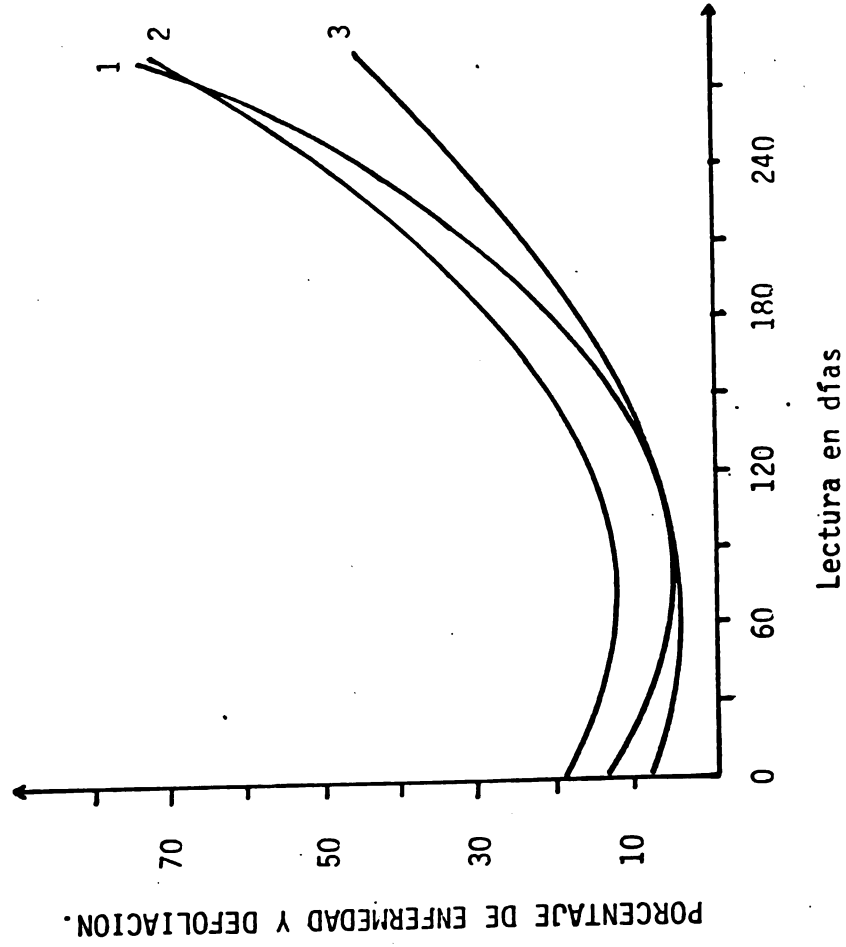


FIGURA 2. Porcentaje de enfermedad actual(1), enfermedad acumulada (2) y defoliación (3); durante 1983, en la zona del Lago de Yojoa.

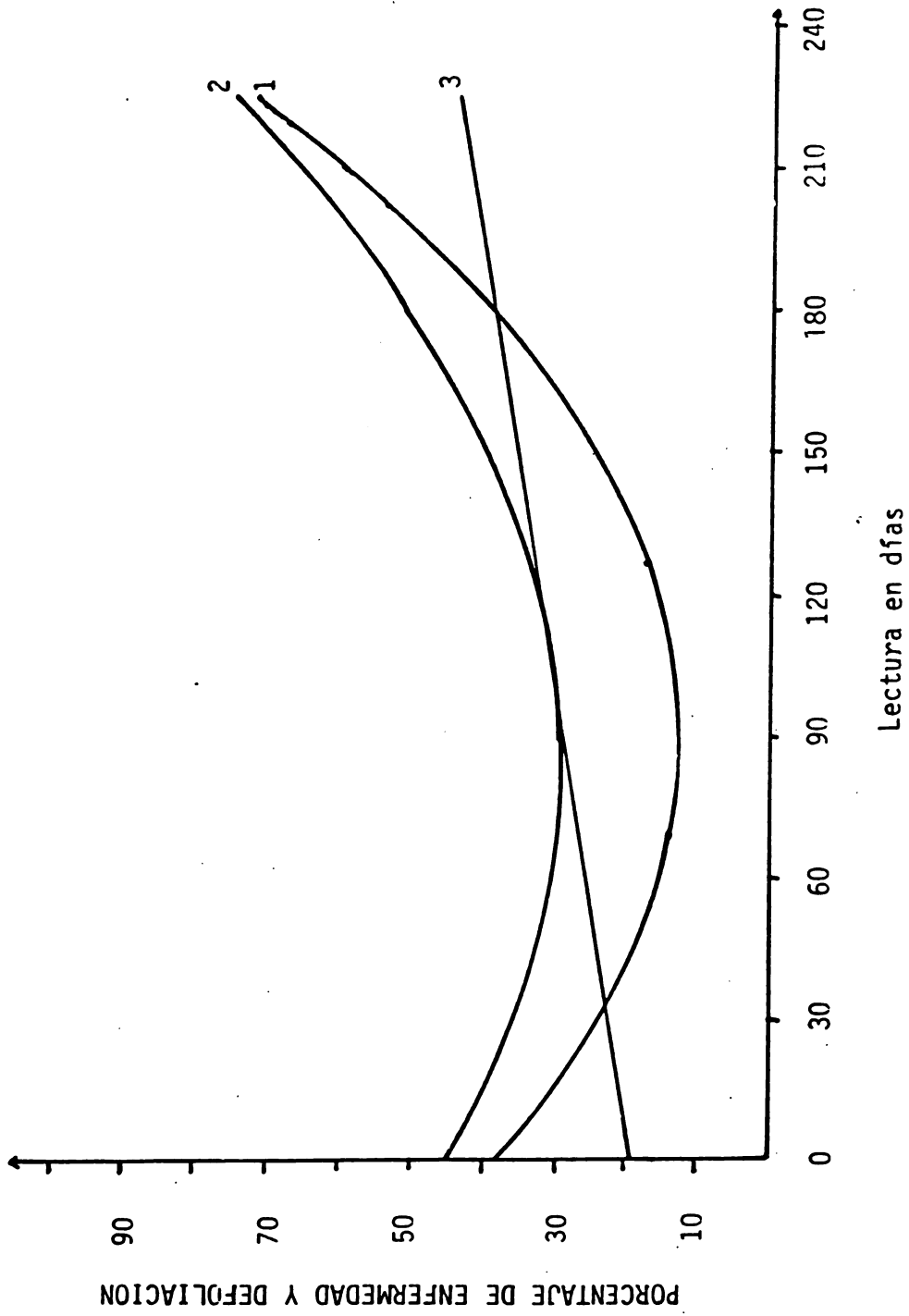


FIGURA 3. Porcentaje de enfermedad actual (1), enfermedad acumulada (2) y defoliación (3); durante 1984 en la zona del Lago de Yojoa.

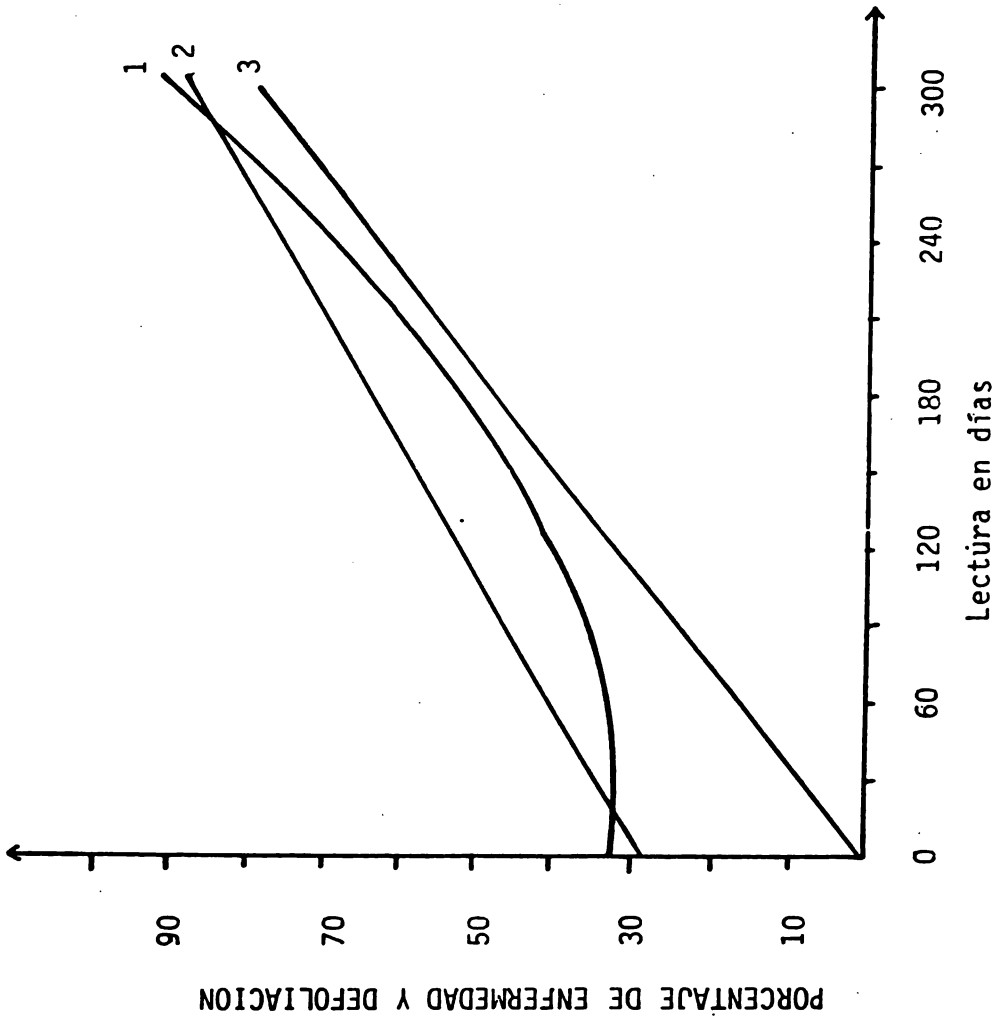


FIGURA 4. Porcentaje de enfermedad (1), enfermedad acumulada (2) y defoliación (3); durante 1985, en la zona del Lago de Yojoa.

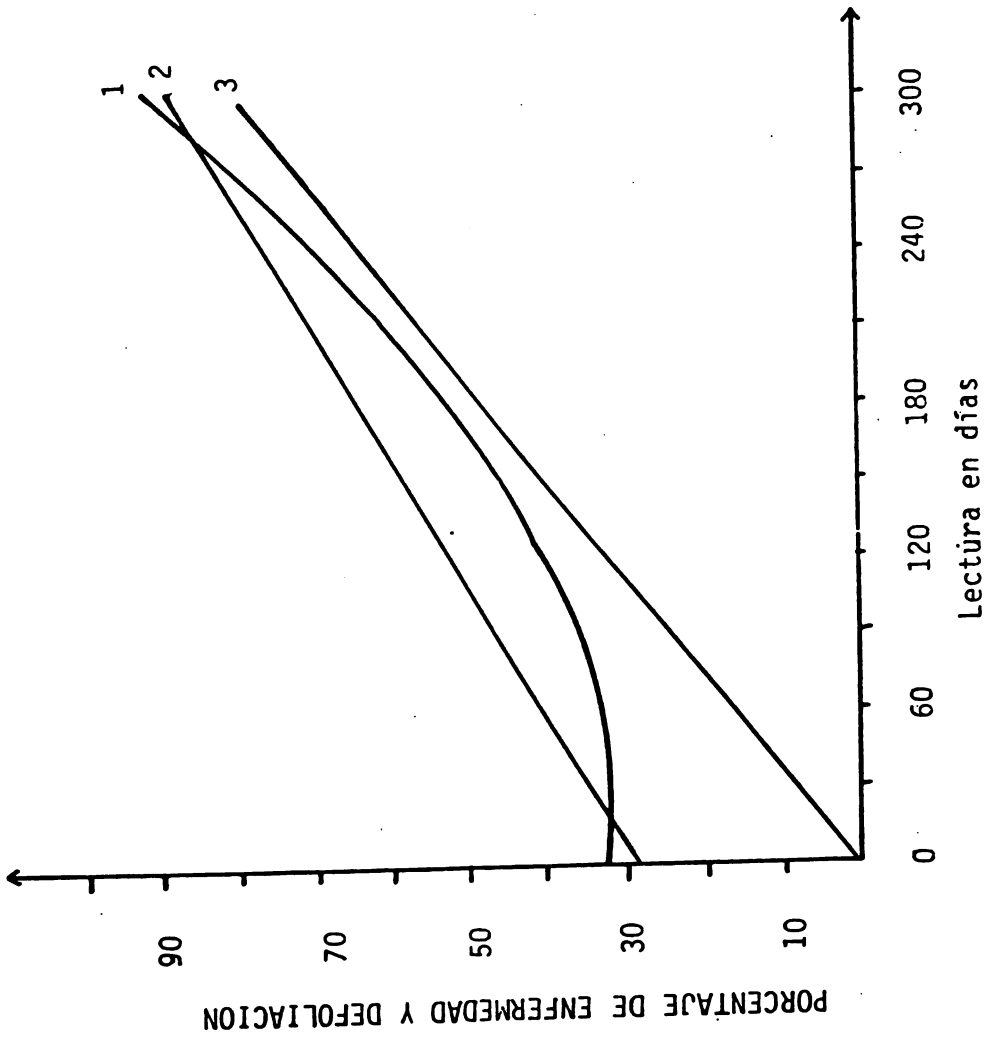


FIGURA 4. Porcentaje de enfermedad (1), enfermedad acumulada (2) y defoliación (3); durante 1985, en la zona del Lago de Yojoa.

- 2. $Y = 70.27 - 0.411**X + 0.0013**X^2$ $r^2 = 0.85$
- 3. $Y = 18.73 - 0.186**X + 0.0013**X^2$ $r^2 = 0.96$
- 4. $Y = 44.54 - 0.360**X + 0.0022**X^2$ $r^2 = 0.93$
- 5. $Y = 28.67 + 0.196**X$ $r^2 = 0.93$

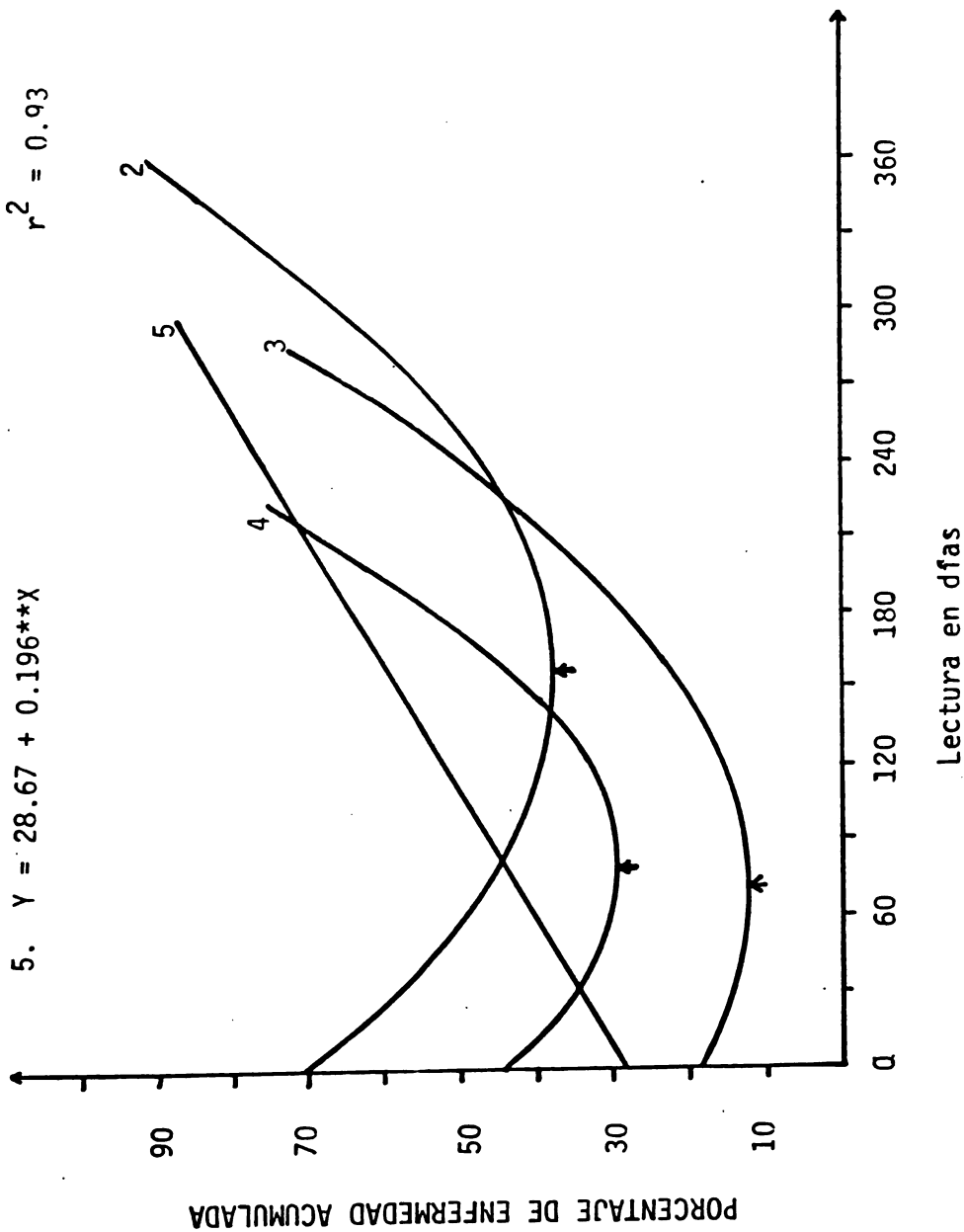


FIGURA 5. Porcentaje de infección acumulada para 1982 (2), 1983 (3), 1984 (4) y 1985 (5). ↑ punto mínimo de infección, correspondiendo para: (2) a 38% a los 158 días (28 junio), para (3) a 12% a los 72 días (9 mayo) y para (4) a 30% a los 82 días (10 mayo).

- 2. $Y = 58.548 - 0.62^{*}X + 0.00196^{**}X^2$ $r^2 = 0.76$
- 3. $Y = 13.434 - 0.224^{*}X + 0.0015^{**}X^2$ $r^2 = 0.79$
- 4. $Y = 37.520 - 0.566^{*}X + 0.0032^{**}X^2$ $r^2 = 0.76$
- 5. $Y = 32.16 - 0.015^{**}X + 0.0007^{**}X^2$ $r^2 = 0.83$

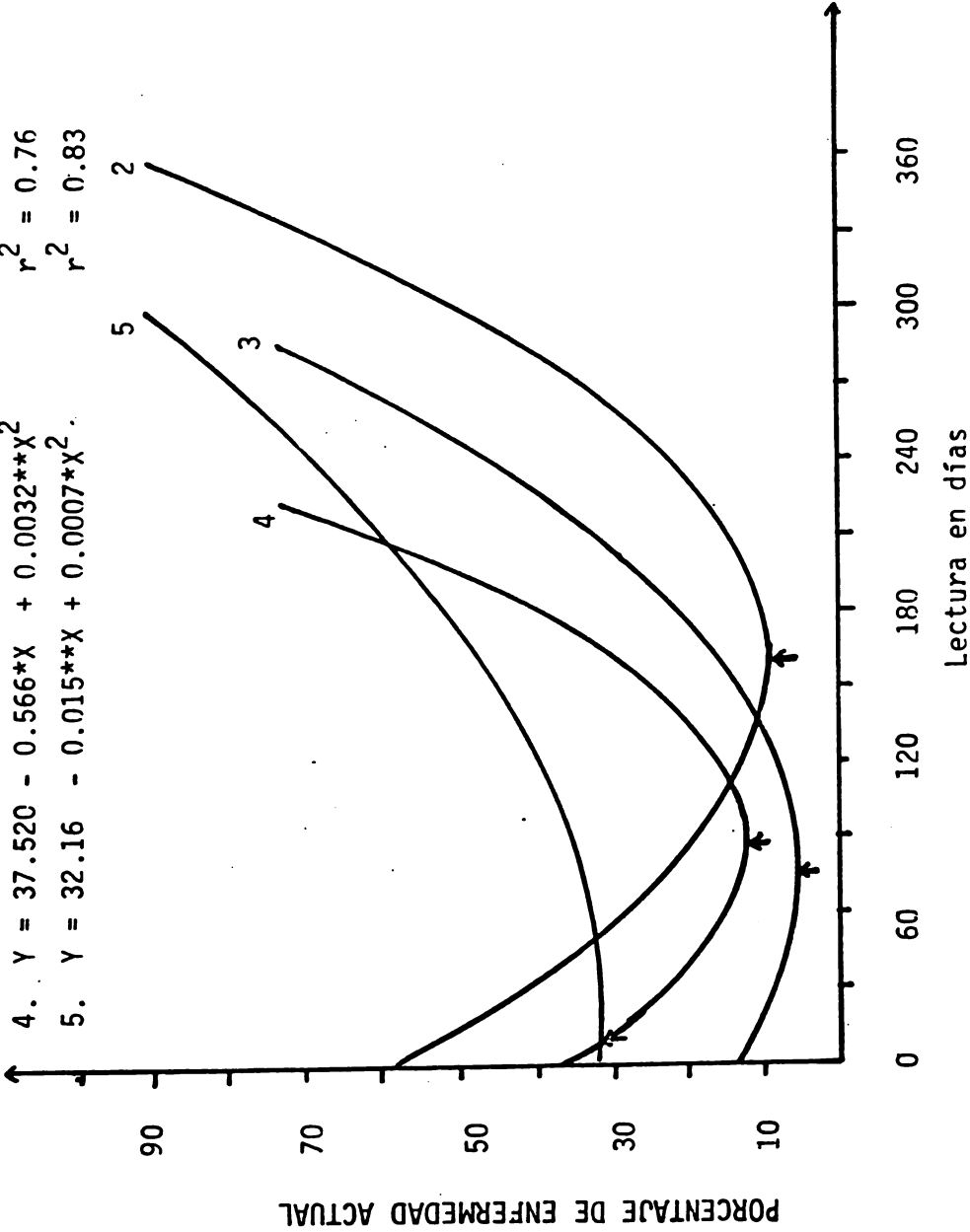


FIGURA .6 Porcentaje de infección actual para 1982 (2), 1983 (3), 1984 (4) y 1985 (5)
↑ punto mínimo de infección correspondiendo para (2) a 10.5% a los 158 días (28 junio), para (3) a 5.17% a los 75 días (12 mayo), para (4) a 12.5% a los 88 días (16 mayo), para 1985 a 32% a los 11 días (3 marzo).

$3. Y = 8.13 - 0.098^{**}X + 0.0008^{**}X^2 \quad r^2 = 0.88$
 $4. Y = 19.66 + 0.11^{**}X \quad r^2 = 0.78$
 $5. Y = 0.93 + 0.26^{**}X \quad r^2 = 0.99$
 $2. Y = 19.57 + 0.096^{**}X \quad r^2 = 0.62$

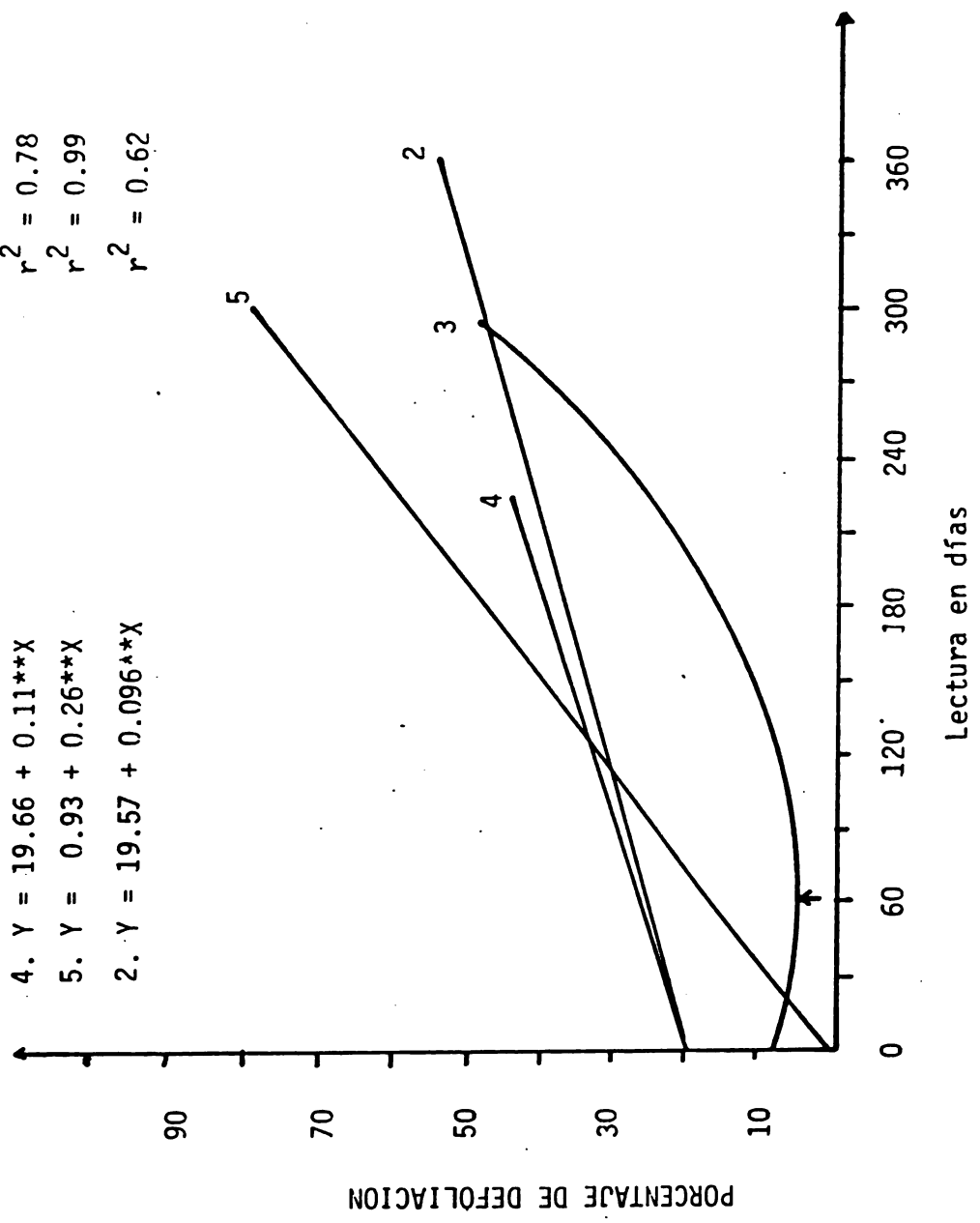


FIGURA 7. Porcentaje de defoliación para 1982 (2), 1983 (3), 1984 (4) y 1985 (5)
 ↑. punto mínimo de defoliación, para(3) a 5.13% a los 61 días (28 abril).

CUADRO 8 DATOS DE PRECIPITACION (mm) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL

LA FE, ILAMA SANTA BARBARA, IHCAFE, 1986.

	1982	1983	1984	1985	X
Enero	5.87	99.50	157.47	165.62	107.12
Febrero	8.88	58.90	59.63	116.10	60.86
Marzo	3.89	12.80	79.10	62.67	44.62
Abril	3.89	257.40	10.40	111.85	95.91
Mayo	336.92	111.60	161.60	128.95	185.32
Junio	456.36	167.45	304.24	289.64	304.42
Julio	478.41	512.11	628.36	320.40	484.82
Agosto	555.80	551.33	473.58	256.45	459.29
Septiembre	512.39	381.24	762.35	329.30	496.32
Octubre	327.67	332.37	252.00	158.20	267.56
Noviembre	137.23	185.96	144.97	116.40	146.14
Diciembre	105.50	258.42	104.50	148.67	154.27
T O T A L	2,934.90	2,929.08	3,138.40	2,224.25	2,806.66

CUADRO 9 DATOS DE TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS TOMADOS EN LA ESTACION METEOROLOGICA DEL CAMPO EXPERIMENTAL. LA FE, ILAMA, SANTA BARBARA, INCAFE, 1986.

	1983			1984			1985		
	Max.	Media	Min.	Max.	Media	Min.	Max.	Media	Min.
Enero	0.00	0.00	0.00	23.96	20.52	17.02	0.00	0.00	0.00
Febrero	0.00	0.00	0.00	27.06	22.08	17.10	0.00	0.00	0.00
Marzo	0.00	0.00	0.00	27.41	22.56	17.72	29.13	22.26	15.39
Abril	0.00	0.00	0.00	32.20	25.80	19.41	29.62	21.94	14.26
Mayo	33.00	28.85	24.70	30.80	25.45	20.10	30.82	23.20	15.59
Junio	33.00	28.85	24.70	29.06	24.18	19.79	30.67	23.86	17.04
Julio	33.00	28.50	24.00	28.80	23.62	18.44	29.20	22.98	16.75
Agosto	32.00	28.00	24.00	28.70	23.58	18.46	29.87	23.40	16.94
Septiembre	31.00	27.50	24.00	28.40	23.75	19.10	29.86	24.17	18.48
Octubre	32.00	28.00	24.00	28.77	23.64	18.51	29.86	23.30	16.74
Noviembre	32.00	28.00	24.00	25.78	21.29	16.80	28.40	22.20	16.01
Diciembre	30.00	26.00	22.00	26.50	21.30	16.10	26.65	21.08	15.50
SUMA	256.00	223.70	191.40	337.44	277.77	218.55	294.08	228.39	162.70
X	32.00	27.96	23.92	28.12	23.15	18.21	29.41	22.84	16.27

GRFO 1.A PUNTOS MÍNIMOS ENCONTRADOS EN LA CURVA Y SU CORRESPONDIENTE % DE INFESTACION Y DEFOLIACION, EN EL ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA RUYA. LA FE, LLAMA, SANTA BARBARA, DURANTE LOS AÑOS DE 1982 A 1985. INCAFE 1986.

AÑO	ENFERMEDAD ACUMULADA			ENFERMEDAD ACTUAL			DEFOLIACION		
	%	DIAS	FECHA	%	DIAS	FECHA	%	DIAS	FECHA
1982	37.79	158	28 junio	10.52	158	28 junio	-	-	-
1983	12.10	72	9 mayo	5.17	75	12 mayo	5.13	61	28 abril
1984	29.81	82	10 mayo	12.50	88	16 mayo	-	-	-
1985	-	-	-	32.08	11	3 marzo	-	-	-

VALIDACION DE DOS ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS
UTILIZADAS EN EL COMBATE QUIMICO DE LA ROYA DEL CAFETO
(Hemileia vastatrix Berk et Br.) EN UN AREA CAFETALERA
DE EL SALVADOR

Fabio Bautista Pérez*

RESUMEN

En el presente estudio se validó dos alternativas que han resultado ser eficientes en el control químico de la Roya del Cafeto, las cuales han sido obtenidas de una serie de evaluaciones de fungicidas cúpricos y sistémicos.

Las alternativas evaluadas fueron Cobox 50% CM 3.50 kg/ha y Cobre Sandoz 50% 2.50 kg/ha, ambos aplicados con programas de tres aspersiones en junio, agosto y octubre y en dos aplicaciones agosto y octubre.

Los resultados obtenidos nos mostraron que los fungicidas Cobox y Cobre Sandoz a tres y dos aplicaciones controlaron eficientemente la enfermedad, así como también presentaron los mejores beneficios netos; pero los tratamientos que arrojaron la más elevada tasa de retorno marginal fueron Cobre Sandoz y Cobox cuando ambos se aplicaron en agosto y octubre con 10386.11 y 1520.58%.

* Ingeniero Agrónomo, Técnico del Departamento de Fitopatología. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café -ISIC-. Santa Tecla, El Salvador, C. A. 1988.

INTRODUCCION

Desde que apareció la Roya del Cafeto en El Salvador en 1979 hasta la fecha, se han realizado 24 experimentos sobre control químico de la enfermedad y seis estudios epifitiológicos, según los registros de Biometría del Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café ^{1/}. En los estudios sobre control se evaluó fungicidas a base de cobre, sistémicos y misceláneos a diferentes programas de control que comprendían de dos a cinco aspersiones, de las cuales los productos cúpricos además de ser eficientes en el combate de la enfermedad, resultaron económicos debido a que su precio es más bajo que los sistémicos y misceláneos.

Los objetivos que se persiguieron en el presente estudio fueron validar tecnología sobre control químico de la Roya del Cafeto, generada en una zona determinada del país a otra con características similares, así como demostrar en forma práctica a los agricultores la efectividad de los fungicidas cúpricos en el combate químico de la Roya y su factibilidad económica.

La presente validación se desarrolló en la finca El Paraíso, Jayaque, Departamento de La Libertad, lugar que fue seleccionado después de realizar un diagnóstico de un área cafetalera en el cual se contemplaron los componentes físicos naturales, socioeconómicos, comercialización y tecnológicos de dicha área (9).

El estudio tuvo una duración de tres años, de 1986 a 1988 y los parámetros evaluados fueron porcentajes de infección y cosecha.

^{1/} MARENCO, J. M. W. 1989. Registro de ensayos. ISIC. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Departamento de Biometría. Comunicación Personal.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Estudios sobre control químico

Gil Fagioli y Bautista Pérez (7), evaluaron programas de cinco, cuatro, tres y dos aspersiones con Oxicloruro de Cobre 50% a una dosis de 3.5 kg/ha, aplicados durante la época lluviosa, encontrando que no hubo diferencias significativas entre cinco, cuatro y tres aspersiones, por lo que económicamente la alternativa más factible para el caficultor sería la de tres aspersiones realizadas en junio, agosto y octubre.

Gil (8), evaluó óxidos cuprosos y oxicloruros a 50% CM 2.0 y 3.0 kg/ha, respectivamente, obteniendo los mejores resultados cuando se realizaron aspersiones durante los meses de junio, agosto y octubre.

Bonilla (5), en estudios realizados sobre control químico de la Roya del Cafeto encontró que con tres y cuatro aspersiones de cúpricos se obtenía buen resultado en el combate de la enfermedad.

Bautista (3, 4), encontró que al realizar una evaluación de fungicidas sistémicos en 2 aspersiones comparada con tres de oxicloruro de cobre 50% CM en junio, agosto y octubre, ésta resultó muy eficiente, así como produjo el mayor promedio de cosecha durante dos años. También menciona que actualmente, dentro de los productos que más se recomiendan para el control de la enfermedad están los oxicloruros y óxidos de cobre 50% CM, a una dosis de 3.5 y 2.0 kg;ha, respectivamente.

2.2 Aspectos sobre validación y transferencia

En Guatemala (10), se tienen estudios sobre transferencia tecnológica en caficultura, la cual tiene como finalidad ayudar al caficultor

CUADRO 1. PORCENTAJE DE ROYA DEL CAFEITO EN PARCELA DE VALIDACION SOBRE PROGRAMAS DE CONTROL QUIMICO CON FUNGICIDAS A BASE DE COBRE, DURANTE LOS MESES DE MAYOR INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD. FINCA EL PARAISO, JAYAQUE. 1988-1987

TRATAMIENTOS	DOSIS KG/HA	PORCENTAJES DE INFECCION			\bar{X}
		NOVIEMBRE/86	DICIEMBRE/86	ENERO/86	
1. Cobox (junio, agosto, octubre)	3.5	3.50	6.11	19.56	9.72
2. Cobox (agosto, octubre)	3.5	1.72	5.22	7.61	4.85
3. Cobre Sandoz (junio, agosto, octubre)	2.5	0.83	4.61	9.11	4.85
4. Cobre Sandoz (agosto, octubre)	2.5	3.27	2.61	12.39	6.09
5. Testigo	-.-	21.40	31.00	43.11	31.83

Tratamientos	Épocas	Dosis kg/ha
1. Cobox	Junio, agosto, octubre	3.5
2. Cobox	Agosto, octubre	3.5
3. Cobre Sandoz	Junio, agosto, octubre	2.5
4. Cobre Sandoz	Agosto, octubre	2.5
5. Testigo		

Los parámetros considerados en la validación fueron porcentajes de hojas enfermas y cosecha durante tres años consecutivos.

Para determinar el porcentaje de infección en cada parcela se realizaron muestreos mensuales, en donde se revisaban 15 plantas al azar y en cada una de ellas 120 hojas, haciendo un total de 1800 hojas.

4. RESULTADOS

4.1 Porcentajes de infección

Durante el período 1986-1987 (Cuadro 1), los porcentajes más altos de infección se presentaron durante los meses de noviembre y diciembre de 1986 y enero de 1987, donde el testigo presentó los índices más elevados con 21.40, 31.00 y 43.11, respectivamente.

El promedio obtenido de los meses con más alta infección nos mostró que los tratamientos con Cobox y Cobre Sandoz a 3 y 2 aplicaciones presentaron los menores porcentajes, con 9.72, 4.85, 4.85 y 6.09, respectivamente y el testigo el mayor con 31.83.

Gráficamente, los resultados anteriores se pueden apreciar mejor en la Figs. 1, 2, 3, 4.

a producir más café a un menor costo, capacitarlo en la adopción y aplicación de tecnología y manejo de sus recursos con mentalidad para que su finca le sea rentable.

Navarro (12, 13), menciona que la manera más efectiva de lograr la evaluación y validación, es someter la tecnología en estudio al manejo directo de los agricultores colaboradores, lo que permitirá anticipar su adopción e impacto potencial para su difusión.

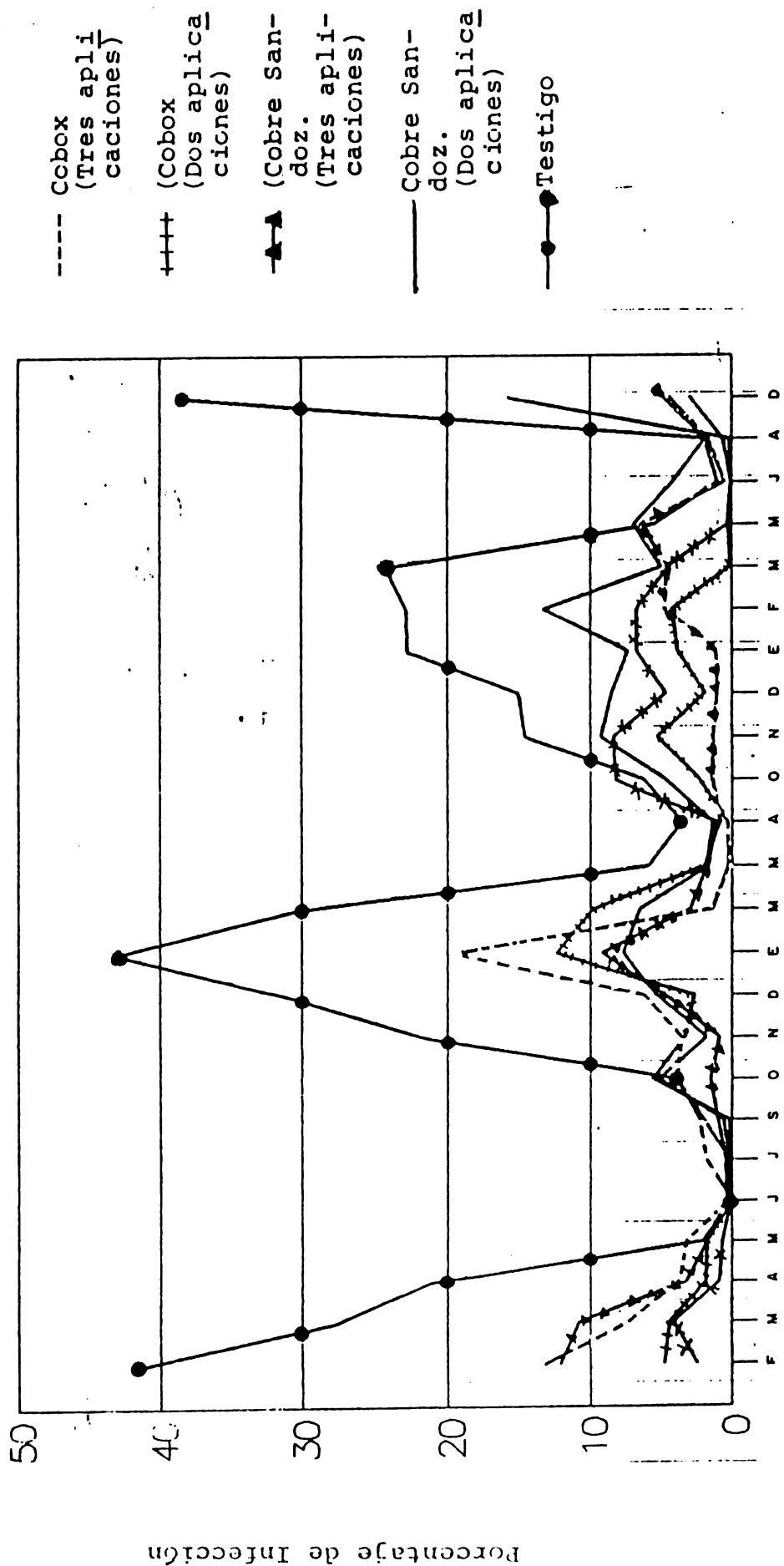
Solís et al (15), hace referencia a que con el establecimiento de las parcelas de validación se inicia el desarrollo de la innovación y el proceso de la actividad propiamente dicha en el campo del agricultor. También menciona que el tamaño de la parcela no debe ser menor a 1000 m^2 para efectos de análisis estadísticos y económicos.

Rodríguez (14) y Andrade (2) mencionan que la validación de tecnología es una fase intermedia y necesaria en el proceso de generación y transferencia de tecnología, pues le permite a los agricultores manejar la técnica generada en sus propias fincas.

Escobar (6), hace mención que la validación es la última etapa del proceso de investigación y la primera etapa del proceso de transferencia que se inicia después de comprobar las ventajas de una alternativa propuesta bajo el manejo exclusivo del agricultor.

3. MATERIALES Y METODOS

Las parcelas se instalaron en la finca "El Paraíso", municipio de Jayaque, Departamento de La Libertad, a 936 m.s.n.m., a $89^{\circ} 30'$ Latitud Norte y $13^{\circ} 40'$ Longitud Oeste, en un cafetal "cv" Bourbon de 25 años, distanciados a $1.67 \times 1.67 \text{ m}$, podados en semi-parra y bajo sombra regulada de Inga sp. El tamaño de cada unidad fue de 1750 m^2 y los tratamientos validados fueron:



M E S E S 1987 1988

Figura 1. Porcentajes de infección con roya del café durante tres años en parcela validación. Finca El Paraíso, Jayaque. 1989.

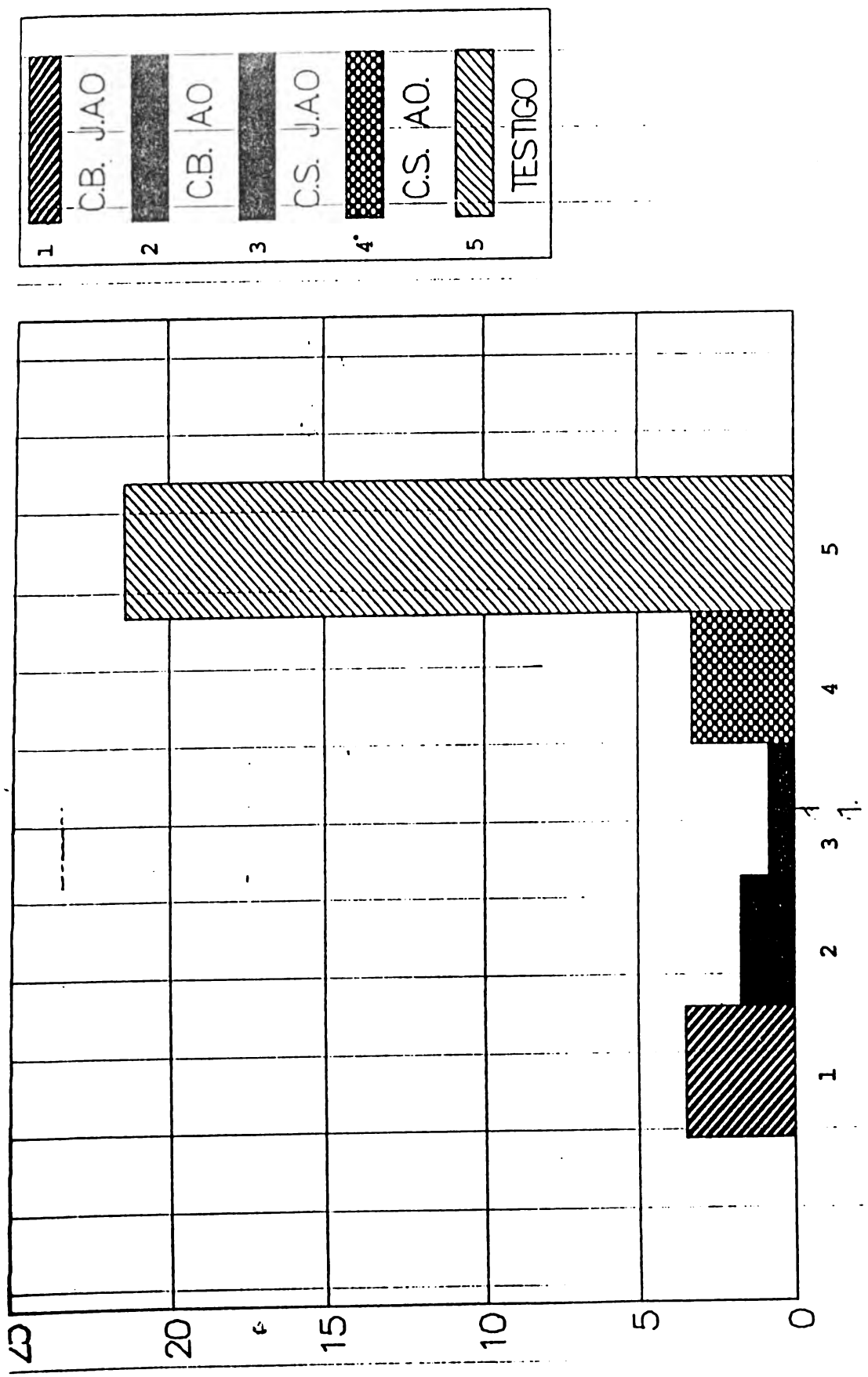


Figura 2. Porcentaje de infección durante el mes de Noviembre 1986. Finca El Paraíso, Jayaque. 1989.

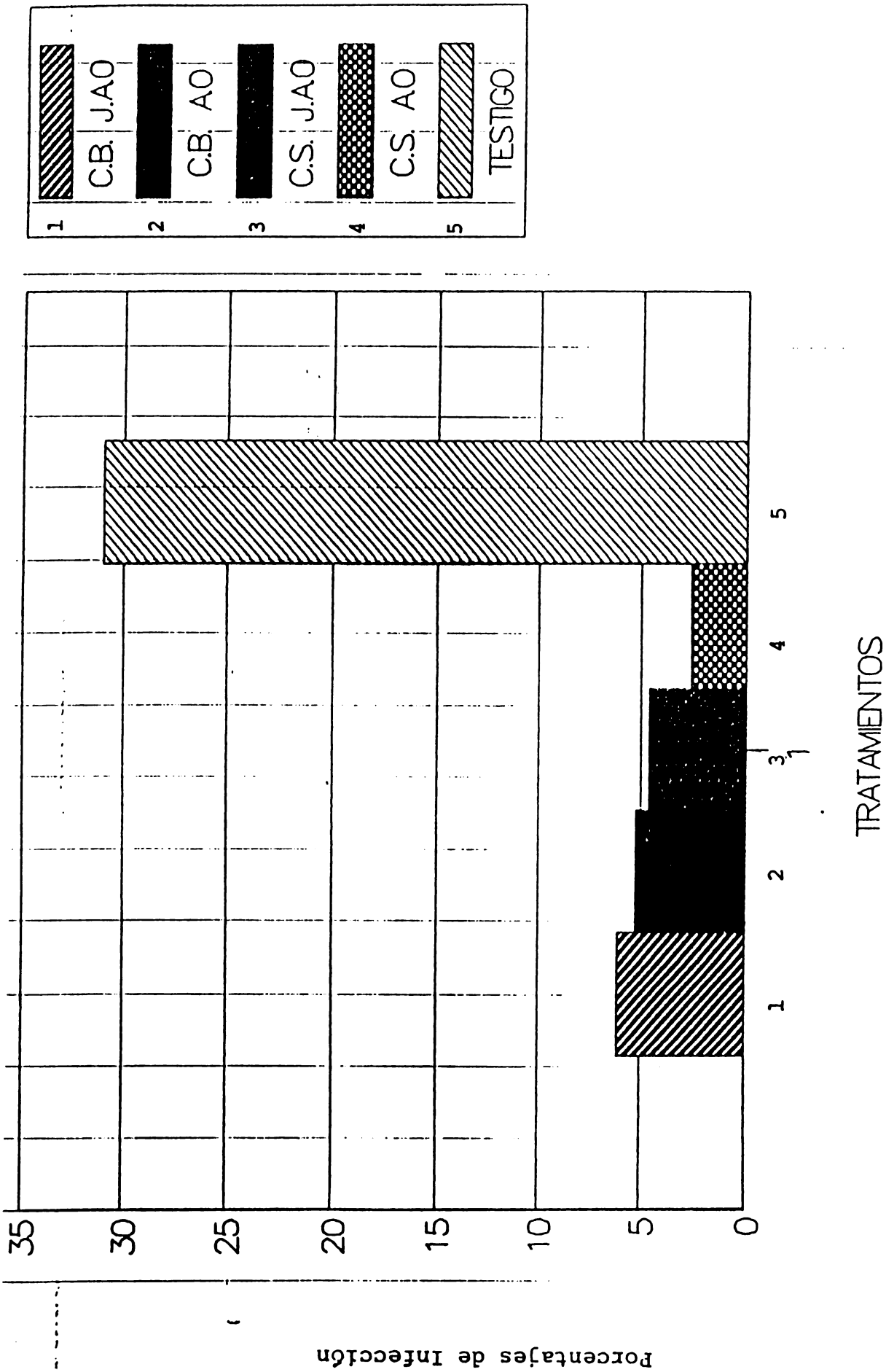


Figura 3. Porcentaje de infección con roya del café durante Diciembre 1986. Finca El Paraíso, Jayaque. 1989.

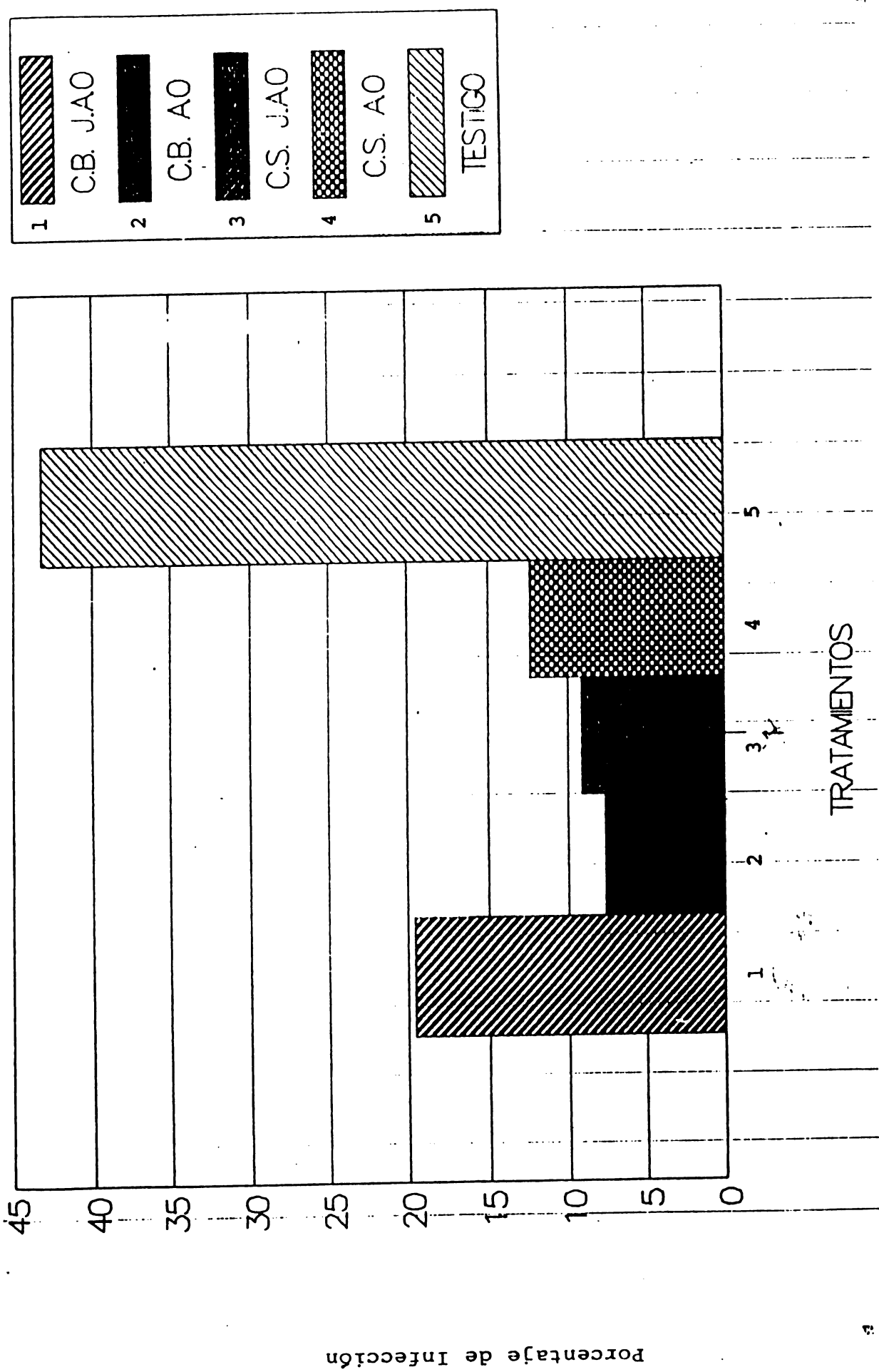


Figura 4. Porcentaje de infección de roya durante Enero 1987. Finca El Paraíso, 10
 Jayaque. 1989

En el Cuadro 2 se presentan los porcentajes de infección más elevados obtenidos durante el período 1987-1988, observándose que estos se iniciaron en noviembre 1987 hasta marzo 1988, para posteriormente proseguir en diciembre 1988, durante los cuales el testigo sin aplicación presentó los índices más altos con 14.50, 15.00, 22.72, 24.17 y 38.05, respectivamente y el promedio obtenido durante esos meses nos mostró que los tratamientos con Cobox y con Cobre Sandoz, tres y dos aplicaciones, presentaron los porcentajes más bajos de infección con 3.00, 6.11, 8.63 y 2.50 respectivamente, y el testigo sin aplicación presentó el más alto con 19.85.

En diciembre de 1988, los promedios más bajos de infección los presentaron los tratamientos con productos químicos y el testigo siempre presentó el porcentaje más alto.

Gráficamente, los resultados anteriores pueden observarse mejor en las Figs. 1, 5, 6, 7, 8 y 9.

4.2 Producción

En el Cuadro 3, se observa la fluctuación de la producción durante los tres años que duró el estudio, en el cual se observa que durante 1986, los promedios fueron bajos. En 1987, hubo un incremento en la cosecha en los tratamientos que fueron aplicados y el testigo presentó la producción más baja, y en el año de 1988, nuevamente hubo una disminución de la cosecha debido a una sequía ocurrida desde septiembre de 1987; pero al observar el promedio obtenido durante los tres años, los tratamientos con Oxícloruro y Cobre Sandoz en 3 y 2 aspersiones presentaron los promedios más altos y el testigo el menor, con 5.87, 5.99, 6.98, 6.87 y 3.21, respectivamente.

CUADRO 2. PORCENTAJE DE ROYA DEL CAFEÑO EN PARCELA DE VALIDACION SOBRE PROGRAMAS DE CONTROL QUIMICO CON FUNGICIDAS A BASE DE COBRE, DURANTE LOS MESES DE MAYOR INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD. FINCA EL PARAISO, JAYAQUE. 1987-1988.

TRATAMIENTOS	DOSIS	PORCENTAJES DE INFECCION						\bar{X}	DIC/88
		NOV/87	DIC/87	ENE/87	FEB/87	MARZO/87			
1. Cobox (junio, agosto, octubre).	3.5	5.20	1.84	3.77	4.17	0.06	3.00	15.77	
2. Cobox (agosto, octubre)	3.5	8.30	4.56	6.66	6.67	4.39	6.11	4.88	
3. Cobre Sandoz (junio, agosto, octubre)	2.5	9.20	8.45	7.27	13.34	4.89	8.63	4.77	
4. Cobre Sandoz (agosto, octubre)	2.5	1.30	1.00	1.05	4.67	4.50	2.50	2.88	
5. Testigo	--	14.60	15.00	22.72	22.78	24.17	19.85	38.05	

CUADRO 3. PRODUCCION PROMEDIO EN QUINTALES DE CAFE ORO, DURANTE TRES AÑOS CONSECUTIVOS (1986-1988) EN PARCELAS DE VALIDACION SOBRE CONTROL QUIMICO DE ROYA CON FUNGICIDAS A BASE DE COBRE. FINCA EL PARAISO, JAYAQUE. 1989.

TRATAMIENTOS	DOSIS KG/HA	PRODUCCION QUINTALES ORO ^{1/}			
		1 9 8 6	1 9 8 7	1 9 8 8	\bar{X}
1. Cobox (junio, agosto, octubre)	3.5	4.29	10.65	2.69	5.87
2. Cobox (agosto, octubre)	3.5	2.89	11.13	3.97	5.99
3. Cobre Sandoz (junio, agosto, octubre)	2.5	2.37	14.23	4.34	6.98
4. Cobre Sandoz (agosto, octubre)	2.5	3.96	14.34	2.33	6.87
5. Testigo	-.-	2.20	3.96	3.49	3.21

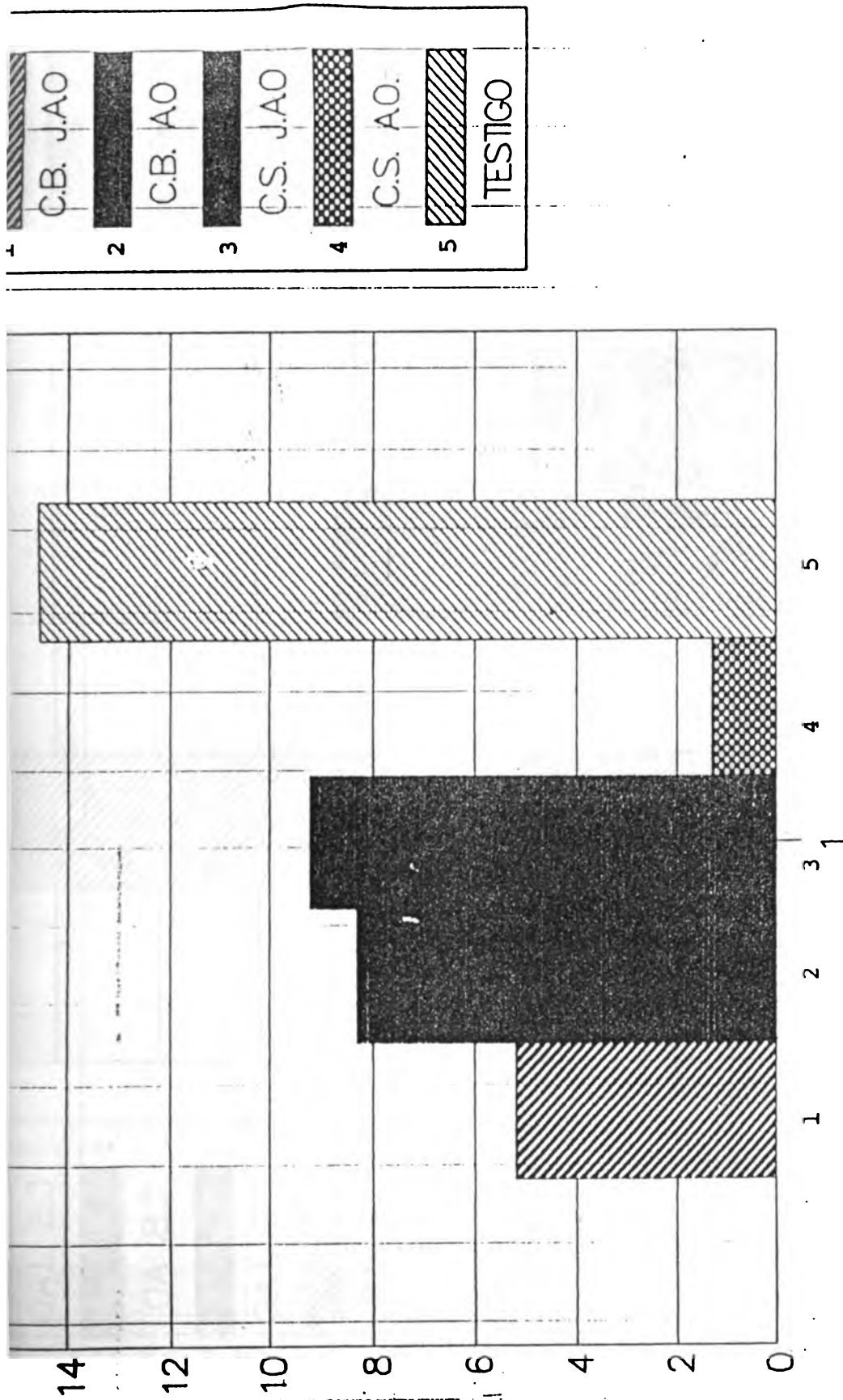


Figura 5. Porcentaje de roya del cafeto durante el mes de Noviembre 1987. Finca El Paraíso, Jayaque. 1989.

Porcentaje de Infección

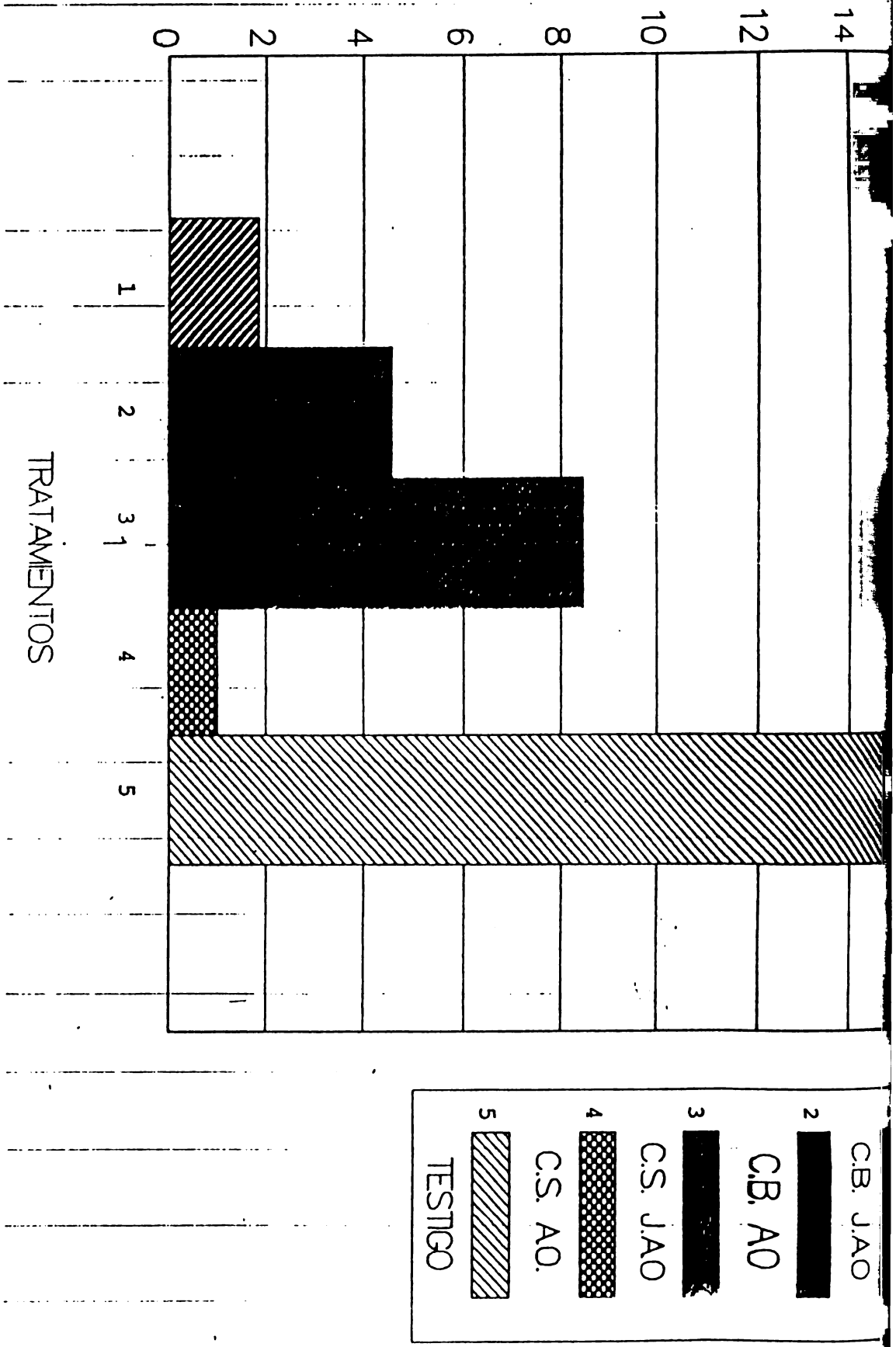


Figura 6. ² Porcentaje de infección con roya durante el mes de Diciembre 1987. Finca El Paraíso, Jayaque. 1989.

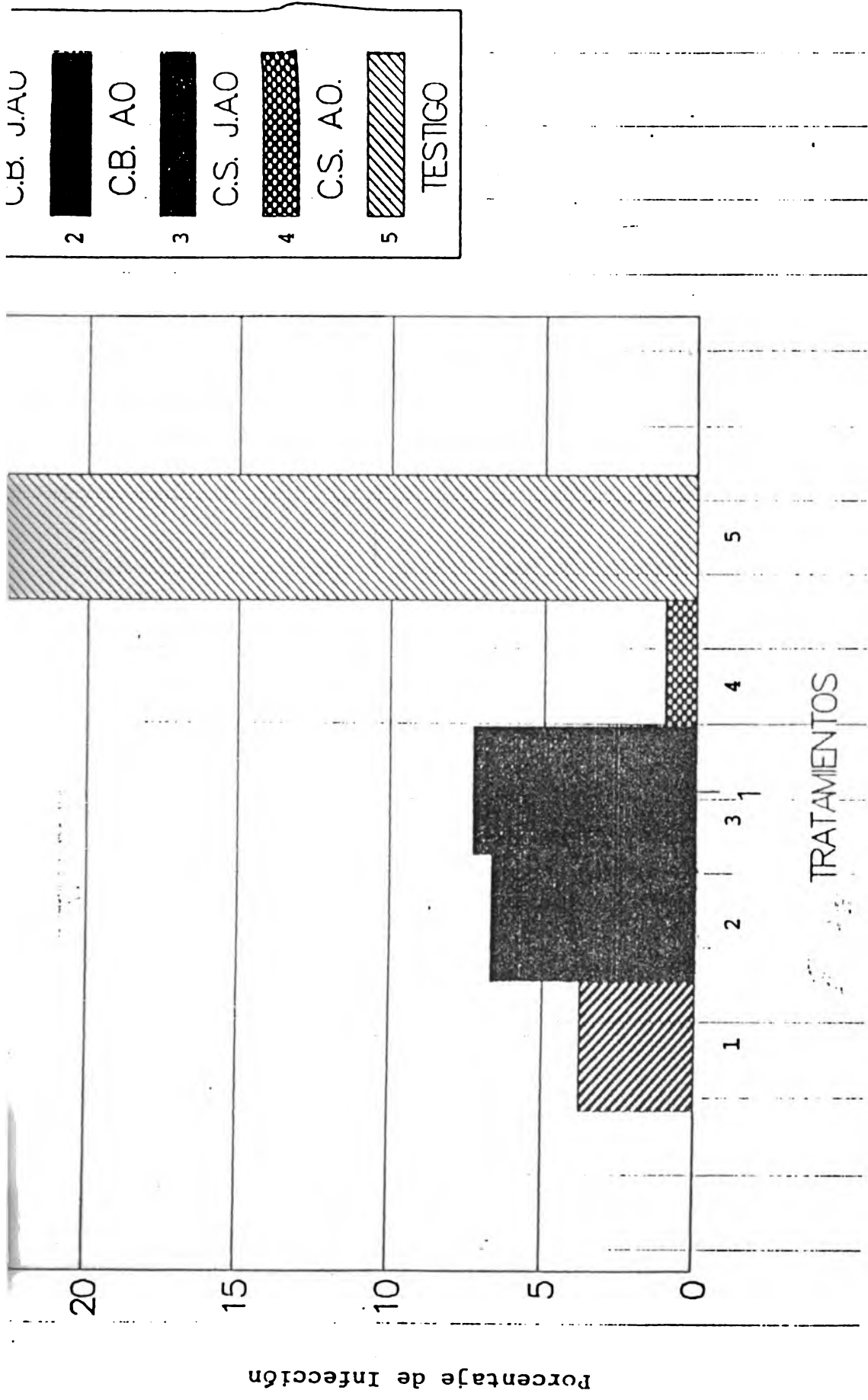


Figura 7. Porcentaje de infección con roya del cafeto durante Enero 1988. Finca El Paraíso, Jayaque. 1989.

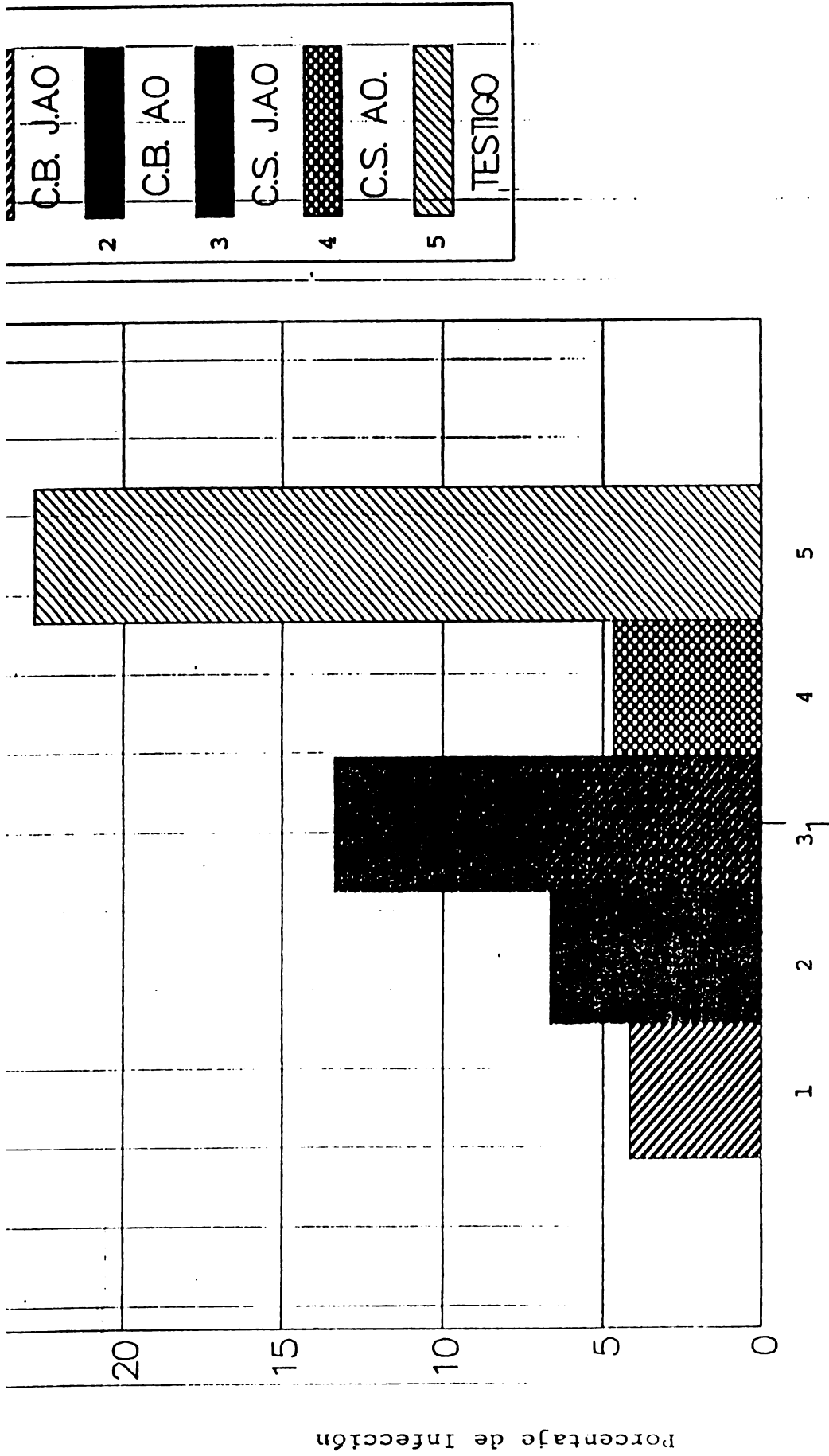


Figura 8. Porcentajes de infección con roya durar. e Febrero 1988. Finca El Paraíso, Jayaque. 1989.

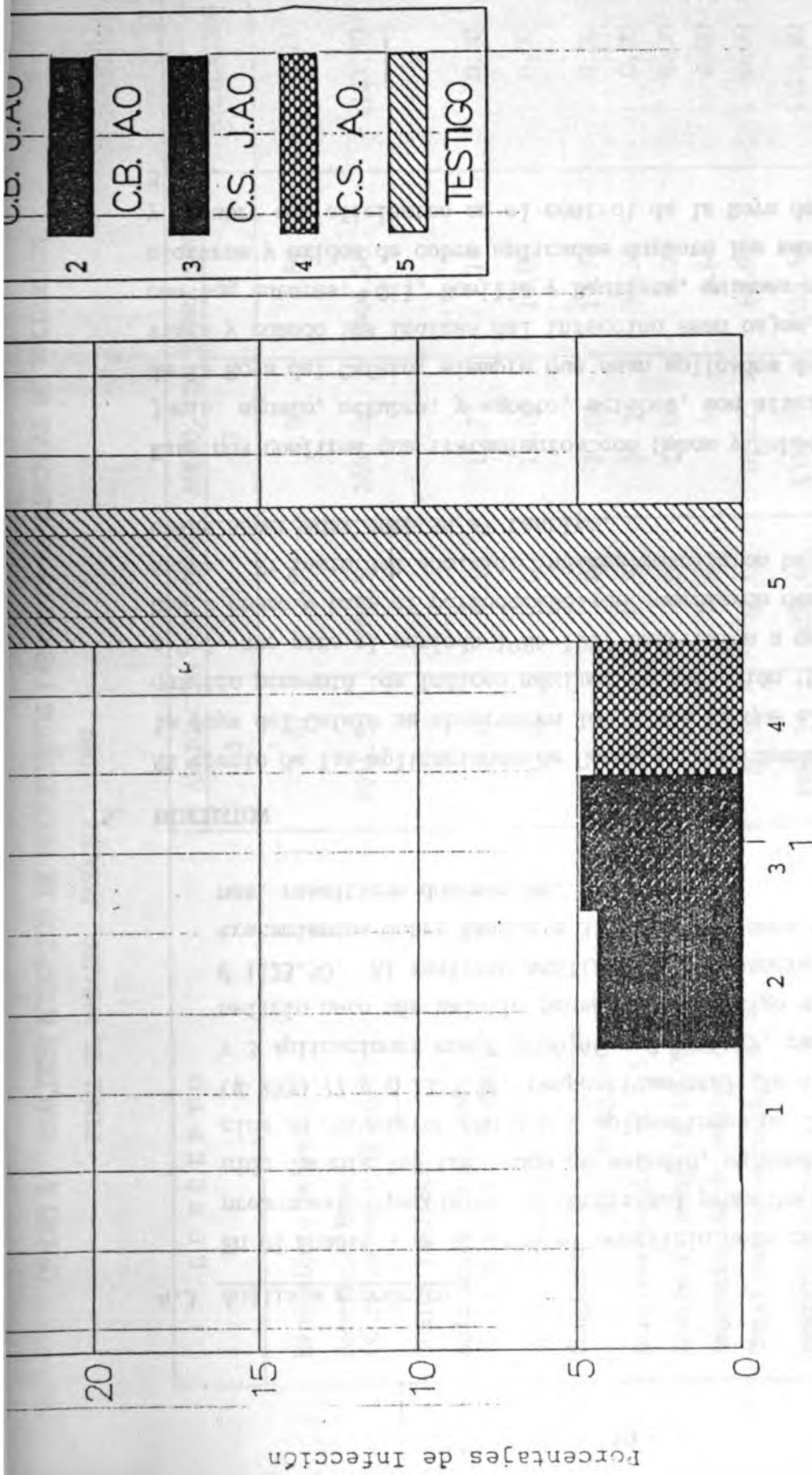


Figura 9. Porcentajes de roya del cafeto durante el mes de marzo 1988. Finca El Paraíso, Jayaque. 1989.

En el Cuadro 4 se observa el beneficio neto calculado, en base a presupuestos parciales, a partir del promedio de tres cosechas obtenido durante los tres años de estudio, en donde los mayores beneficios se obtuvieron con 3 y 2 aplicaciones de Cobre Sandoz ($\bar{\phi}$ 2339.77 y $\bar{\phi}$ 2335.58, respectivamente); le siguieron el Cobox a 2 y 3 aplicaciones con $\bar{\phi}$ 2036.46 y $\bar{\phi}$ 1964.59, respectivamente. El beneficio neto más bajo lo presentó el testigo sin aplicación con $\bar{\phi}$ 1123.50. Al realizar análisis de dominancia, se observó que los tratamientos Cobre Sandoz a 3 y 2 aspersiones y Cobox a 2 aplicaciones, resultaron dominantes. (Cuadro 5).

5. DISCUSION

El efecto de las aplicaciones de Cobox y Cobre Sandoz en el control químico presentó los índices máximos de infección (Cuadro 1, 2 y Figs. 1 a 9), que para el periodo 1986-1987 ocurrieron a partir de noviembre hasta enero y para el periodo 1987-88 sucedieron desde noviembre hasta marzo. El resto del año, los índices resultaron bajos, tanto en las parcelas asperjadas como en el testigo.

Esto nos confirma que tratamientos con Cobox y Cobre Sandoz aplicados en junio, agosto, octubre, y agosto, son eficientes en el control de la Roya del Cafeto, siempre que sean aplicados durante la época lluviosa y cuando los índices de infección sean bajos, lo cual concuerda con los autores: Gil, Bonilla y Bautista, quienes mencionan que los oxidocloruros y óxidos de cobre aplicados durante los meses de junio, agosto y octubre son eficientes en el control de la Roya del Cafeto. (7, 8, 5, 3, 4).

CUADRO 4. ANALISIS ECONOMICO DE PRESUPUESTOS PARCIALES EN PARCELAS DE VALIDACION.

FINCA EL PARAISO, JAYAQUE. 1989.

C O N C E P T O	APLICACION CON COBOX			APLIC. CON COBRE SANDOZ		SIN APLICACION
	3	2	3	2	3	
Rendimiento promedio	5.87	5.99	6.98	6.87		3.21
Beneficio Bruto (∅ 350.00/qq café oro)	2054.50	2096.50	2443.00	2404.50		1123.50
COSTOS VARIABLES						
Aplicación fungicidas (∅ 14.36 salario jornal)	10.77	7.18	10.77	7.18		0.00
Agua (∅ 0.20/galón)	15.00	10.00	15.00	10.00		0.00
Fungicida (∅ 4.00 kg Cobox ∅16.00 kg Cobre Sandoz)	7.32	4.88	20.04	13.76		0.00
Gasolina regular (∅ 7.5 galón)	39.96	26.34	39.36	26.34		0.00
Aceite 2 tiempo (∅ 16.00 litro)	12.00	8.00	12.00	8.00		0.00
Depreciación de equipo (∅ 1.82 apl)	5.46	3.64	5.46	3.64		0.00
Total costos variables	89.91	60.04	103.23	68.92		0.00
BENEFICIO NETO	1964.59	2036.46	2339.77	2335.58		1123.50

- Costo kg Cobox ∅ 4.00 (INCAFE)
- Costo kg Cobre Sandoz ∅ 16.00
- Salario jornal ∅ 14.36
- Costo galón gasolina regular ∅ 7.5
- Costo litro aceite 2 tiempos ∅ 16.00
- Gasto Cobox en 1750 m² = 0.61 kg
- Gasto Cobre Sandoz en 1750 m² = 0.43 kg.

CUADRO 5. ANALISIS DE DOMINANCIA A DATOS OBTENIDOS EN PARCELAS DE VALIDACION. FINCA EL PARAISO, JAYAQUE. 1989.

TRATAMIENTOS	DOSIS KG/HA	BENEFICIO NETO	COSTO VARIABLE
Cobre Sandoz (junio, agosto, octubre)	2.5	2339.77	103.23
Cobre Sandoz (agosto, octubre)	2.5	2335.58	68.92
Cobox (agosto, octubre)	3.5	2036.46	60.04
Cobox (junio, agosto, octubre)	3.5	1964.54	89.91*
Testigo	--	1123.59	0.00

* Tratamiento dominado.

En relación a la producción (Cuadro 3), se puede observar que durante los tres años de estudio hubo fluctuaciones en la producción, así en 1986, la producción fue baja; en 1987, la cosecha se incrementó, o sea tiene un efecto ascendente, pero luego bajó en 1988; esto se debe a circunstancias imprevistas, como fue una sequía que se inició a mediados de septiembre, lo cual afectó la cosecha. Pero al analizar el promedio de las tres cosechas, los tratamientos aplicados con Cobox y Cobre Sandoz superaron ampliamente al testigo sin aplicación, lo cual concuerda con Bautista (2), quien menciona que aplicaciones con oxiclورو de Cobre durante 2 años consecutivos incrementaron la producción.

En relación a los beneficios netos obtenidos se observó que los tratamientos con aplicación de Cobox y Cobre Sandoz, presentaron los más altos, pero si se toma en cuenta los costos variables en que se incurrió para obtener tales beneficios se puede observar que el Cobox en tres aplicaciones quedó dominado debido a que el resto de tratamientos presentaron mayores beneficios netos a un menor costo variable (Cuadros 4, 5; Fig. 10), pero al realizar un análisis marginal a los beneficios netos dominantes (Cuadro 6), se obtuvo que las alternativas con dos aspersiones, tanto de Cobox como de Cobre Sandoz presentaron las mejores tasas de retorno con 1520.58 y 10386.11 por ciento respectivamente; lo que nos indica que son económicamente rentables, ya que según Alvarado (1), Lopera Palacios y Lopera Rúa (11), toda alternativa que tenga una tasa marginal de retorno igual o mayor al 40% puede ser económicamente recomendable.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y en las condiciones en que se realizó el ensayo se puede concluir:

1. Los fungicidas Cobox y Cobre Sandoz a dos y tres aspersiones aplicadas durante la época lluviosa combatieron eficientemente la Roya del Cafeto.

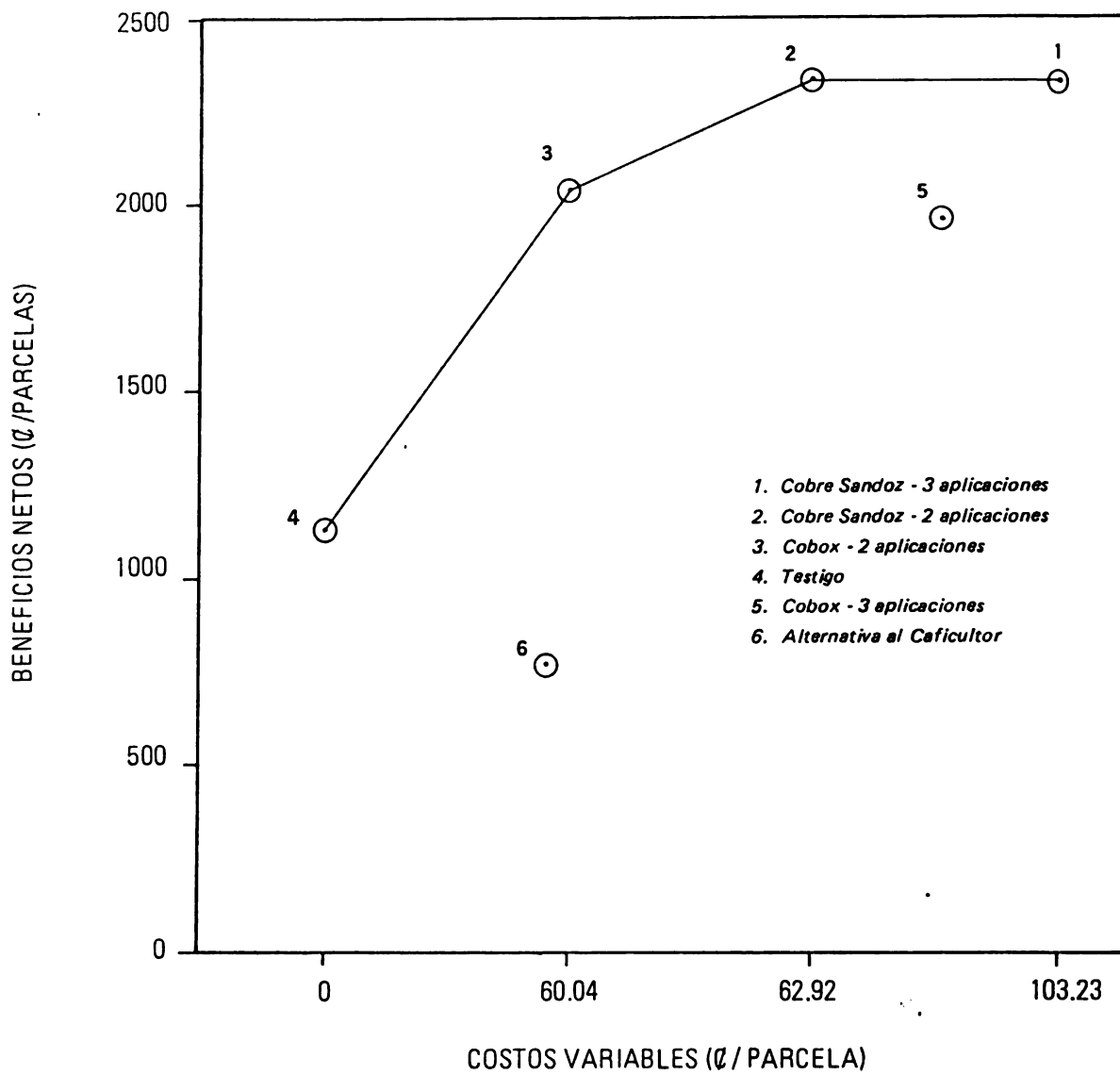
CUADRO 6. ANALISIS MARGINAL DE TRATAMIENTOS CON LOS FUNGICIDAS COBOX Y COBRE SANDOZ EN PARCELA DE VALIDACION. FINCA EL PARAISO, JAYMOUE. 1989.

TRATAMIENTOS	DOSIS KG/HA	BENEFICIO NETO (¢)	COSTO VARIABLE (¢)	INCREMENTO MARGINAL EN BENEFICIO NETO	INCREMENTO MARGINAL COSTO VARIABLE	TASA RETORNO MARGINAL (%)
Cobre Sandoz (junio-agosto-octubre)	2.50	2339.77	103.23	4.19	40.31	10.39
Cobre Sandoz (agosto-octubre)	2.50	2335.58	62.92	299.12	2.88	10386.11
Cobox (agosto-octubre)	3.50	2036.46	60.04	912.96	60.04	1520.58
Testigo (sin aplicaci3n)	--	11.23.50	0.00			

2. La mayor incidencia de la enfermedad se observó a partir de noviembre de cada año, ya que a partir de esta fecha el testigo sin aplicación inició un incremento notable en los índices de infección.
3. Los mayores beneficios netos los presentaron el Cobre Sandoz y Cobox a tres y dos aplicaciones respectivamente.
4. El menor beneficio neto lo presentó el testigo.
5. Las mayores tasas de retorno marginal las presentaron el Cobre Sandoz y el Cobox a dos aspersiones.

7. RECOMENDACIONES

1. Validar toda alternativa tecnológica que a nivel de experimentación haya resultado eficiente en el control de Roya y otras enfermedades del Cafeto.
2. Continuar recomendado al caficultor el uso de fungicidas cúpricos como una alternativa eficiente y económica en el combate de la Roya del Cafeto.



**FIGURA 2. CURVA DE BENEFICIOS NETOS PARCELA VALIDACION.
FINCA EL PARAISO, JAYAQUE. 1989.**

Beneficios Netos (¢ / parcelas)

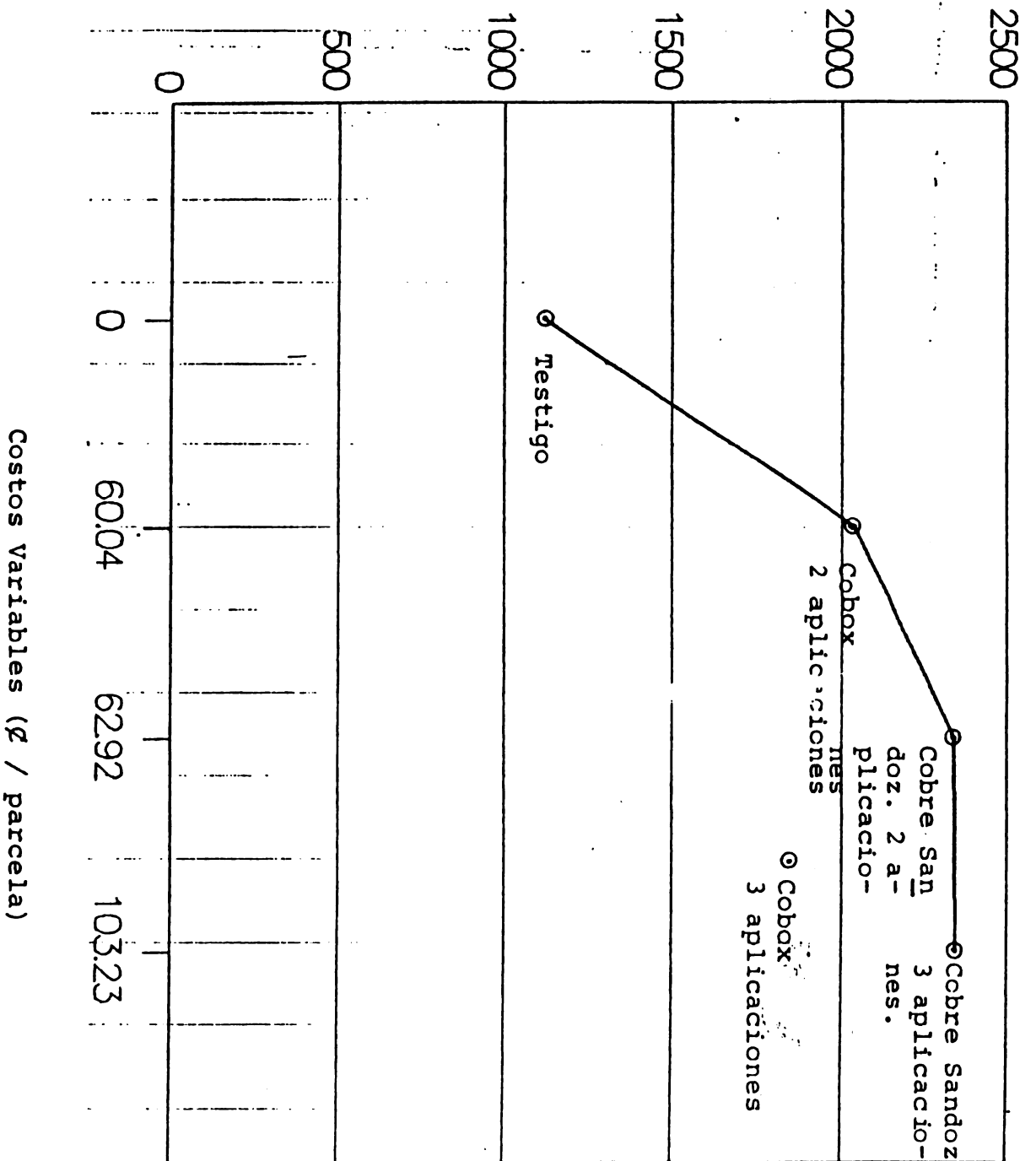


Figura 10. Curva de beneficios netos parcela validación. Finca El Paraíso, Jayaque. 1989.

B I B L I O G R A F I A

1. ALVARADO, M. E. 1987. Análisis agro-socioeconómico de alternativas tecnológicas para la transferencia en café. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café -ISIC/MAG-. San Salvador, El Salvador. 16 p.
2. ANDRADE, M. E. 1985. Aspectos de comunicación en el proceso generación-validación-transferencia de tecnología en café. In Primer Seminario-Taller Regional sobre Validación de opciones tecnológicas en café. IICA-PROMECAFE. Tela, Honduras. p. 1-17.
3. BAUTISTA PEREZ, F. 1987. Evaluación de tres fungicidas sistémicos solos o alternados con Oxicloruro de Cobre 50% Cobre Metálico en el combate de la Roya del Cafeto. In 14º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras y 1º Congreso Latinoamericano de Tecnología Cafeeiras. Campinas. sp. 1-4 Dez. 1987. COTEC/DIPRO/IBC. Campinas, Brasil. p. 294-295.
4. _____ . 1988. Principales enfermedades del cafeto. In Curso Técnicas Modernas de Cafetales. ISIC-PROMECAFE. La Libertad, El Salvador. p. 8-12.
5. BONILLA G., J. C. 1983. Evaluación de la eficiencia de fungicidas en el combate de la Roya del Cafeto (Hemileia vastatrix Berk et Br.). In Resúmenes de Investigaciones en Café. 1982-1983. ISIC, Santa Tecla, El Salvador. p. 28-33.
6. ESCOBAR, G. 1982. Notas sobre la validación de opciones o alternativas tecnológicas dentro del enfoque de sistemas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 12.

7. GIL F., S. L.: BAUTISTA P., F. 1983. Evaluación de épocas y frecuencias de aplicación de Oxiclورو de Cobre 50% C.M. y su persistencia activa en el área foliar para el combate de la Roya del Cafeto (Hemileia vastatrix Berk et Br.). In Resúmenes de Investigaciones en Café. 1982.83. ISIC, Santa Tecla, El Salvador. p. 13-17.
8. _____ . 1983. Efecto del Oxiclورو de Cobre 50% C.M. y Oxido Cuproso con y sin adherente en el combate de la Roya del Cafeto (Hemileia vastatrix Berk et Br.). In Resúmenes de Investigaciones en Café. 1982-83. ISIC. p. 18-21.
9. LAZO, R., R.A. 1985. Consideraciones y experiencia sobre validación de tecnología en café. El Salvador. In Primer Seminario-Taller Regional sobre Validación de opciones tecnológicas en café. IICA-PROMECAFE. p. 1-7.
10. LA TRANSFERENCIA TECNOLOGICA EN LA CAFICULTURA. 1987. Revista Cafetalera (Guatemala). N° 28: p. 25-27.
11. LOPERA PALACIOS, J. y LOPERA RUA, H. 1988. Manual de análisis socio-económico de resultados de ajuste de tecnología. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA/MAG. Manual de Asistencia Técnica N° 37. Bogotá. pp.
12. NAVARRO, L. A. 1981. Opciones o alternativas tecnológicas y su validación por los agricultores. CENTA/CATIE. San Salvador, El Salvador. p. 1-17.
13. _____ . 1979. Generación, evaluación, validación y difusión de tecnología agrícolas mejoradas y apropiadas para pequeños agricultores. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 25 p.

14. RODRIGUEZ, S. R. 1985. La validación de tecnología agrícola en el CENTA. El Salvador. In Primer Seminario-Taller Regional sobre Validación de opciones tecnológicas en café. Tela, Honduras. IICA-PROMECAFE. p. 1-13.

15. SOLIS, E.; NAVARRO, L.; SAENZ, M.; CHAVARRIA, H. s.f. Guía de entrenamiento práctico para validación/transferencia en el desarrollo de innovaciones tecnológicas para áreas geográficas definidas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 40 p.

INSTITUTO SALVADOREÑO DE INVESTIGACIONES DEL CAFE

- I S I C -

“ CONSIDERACIONES SOBRE EL CONTROL QUIMICO DE LA ROYA DEL CAFETO

(Hemileia vastatrix Berk & Br.)

Julio César Bonilla González*

ORIGINAL MODIFICADO Y REPRODUCIDO PARA EL VII CURSO

FUNDAMENTOS DE CAFICULTURA MODERNA

Turrialba, Costa Rica

San Salvador, julio de 1990

* Ingeniero Agrónomo. Ex-Técnico Investigador del Departamento de Fitopatología del ISIC.

ROYA DEL CAFETO. SU CONTROL QUIMICO

INTRODUCCION

El uso de fungicidas en el cultivo del Cafeto, es una práctica ampliamente utilizada en los países productores del grano en todas las etapas de crecimiento de la planta, para combatir una serie de patógenos que en una u otra forma afectan al mismo.

Con la detección de la Roya en Brasil en 1970 y su posterior diseminación al resto de países latinoamericanos se han intensificado estudios en el uso de este tipo de agroquímicos y también se ha generado información sobre la biología y epidemiología de esta enfermedad.

No obstante, se le ha dado hasta el momento prioridad a los estudios de control químico, dada la necesidad inmediata de contar con recomendaciones para el caficultor en el uso de fungicidas, ya que, la aplicación de estos productos constituye un medio relativamente rápido y eficaz de combatir la epifitias.

Sin embargo, la utilización o aplicación de prácticas de control químico debería estar basada en el conocimiento de la biología de los hongos, la epidemiología, fenología del cultivo, datos climatológicos, etc.; lo mismo que en el conocimiento de los fungicidas, composición química, propiedades físicas, su modo y mecanismos de acción, su persistencia activa en o sobre el follaje de las plantas, sin descuidar aspectos relativos a posibles contaminantes en su formulación, residuos en el grano que pudiesen causar alteración en la calidad de la bebida o a otros posibles efectos colaterales, provocados por la inadecuada utilización de dichos fungicidas.

Otro aspecto muy importante a considerar en el control químico de las enfermedades, lo constituye la necesidad en algunos casos de realizar

controles simultáneos de otras plagas, así como de corregir deficiencias nutricionales mediante aspersiones de fertilizantes foliares, lo que implica realizar estudios de compatibilidad y efectividad de mezclas de agroquímicos.

El control químico debe concebirse como una técnica que usada racionalmente previo estudio, puede constituir una valiosa herramienta en la lucha contra las enfermedades que limitan el cultivo y, en ese sentido cabe señalar que es necesario conocer y tomar en cuenta cada uno de los factores que componen el clásico triángulo hospedero-patógeno-ambiente, para que el control sea efectivo desde el punto de vista técnico y económico.

FUNGICIDA. DEFINICION. FORMULACIONES

Fungicida: término que se aplica en general a sustancias que realmente matan al hongo; retardan su desarrollo (acción fungistática) o que inhiban una fase de su ciclo como la germinación de esporas (genestático).

Los fungicidas en general, se emplean formulados, componiéndose las fórmulas de: Ingrediente Activo (I.A.) y de sustancias auxiliares, tales como: vehículos inertes, solventes, humectantes, dispersantes, adherentes, etc., que hacen posible su dispersión y facilitan su manipuleo.

Vehículos: sustancias de naturaleza mineral u orgánica, utilizadas para "diluir" el ingrediente activo a concentraciones adecuadas para su aplicación directa o en la preparación de polvos humectantes.

Humectantes: sustancias tensioactivas que tienen por finalidad reducir la tensión superficial del medio líquido, mejorando el poder mojante y la suspensibilidad en agua, cuando se emplean polvos en suspensión.

Adherentes (adhesivos): sustancias que actúan incrementando la retención o tenacidad de los depósitos.

Deactivadores: neutralizan la actividad superficial de los vehículos.

Solventes: los fungicidas orgánicos generalmente son poco solubles en agua, requiriendo para sus formulaciones en "soluciones concentradas" y en "concentrados emulsionables".

Emulsionante: actúan haciendo posible que líquidos originalmente no miscibles formen emulsiones.

Todo esto es muy importante, ya que productos con igual porcentaje de ingrediente activo pueden presentar en el campo diferencias en el control de determinada enfermedad, debido a las sustancias auxiliares que le confieren mayor resistencia a la acción climática representada por factores mecánicos, físicos y químicos.

Por otro lado, cuando se analiza la calidad de un fungicida que ha permanecido almacenado por cierto tiempo, no basta con determinar su contenido de ingrediente activo (cobre metálico, por ejemplo), sino sus características de tenacidad y persistencia activa en el campo a través de pruebas biológicas.

Los tipos de formulaciones más utilizadas en el control químico de la Roya del Cafeto son:

- Polvos mojables (cúpricos)
- Concentrados emulsionables (sistémicos).

Pero se conocen formulaciones cúpricas líquidas o semilíquidas, y de algunos sistémicos granulados, que han sido evaluados experimentalmente con resultados variables en el control de Roya del Cafeto.

Para cada fungicida en su grado técnico existe una serie de especificaciones aceptadas mundialmente, que indican el tenor mínimo que debe contener

del o de los principios con actividad biológica, características físicas y químicas, tales como: punto de fusión y ebullición, pH, tipo y cantidad de impurezas toleradas (plomo en fungicidas cúpricos, por ejemplo), DL 50, antídoto, período de espera, miscibilidad con otros plaguicidas, dosis, etc.

CLASIFICACION DEL COMBATE QUIMICO DE ENFERMEDADES EN BASE AL TIPO DE FUNGICIDA A UTILIZAR

a) Protección, profilaxis o prevención

Se pretende proteger químicamente el follaje del cafeto de la acción del fitopatógeno por medio de fungicidas protectivos o de contacto (especialmente cúpricos), antes de que se establezca plenamente dentro del tejido foliar de plantas susceptibles.

b) Terapia (quimioterapia) - curativa

Se realiza con fungicidas sistémicos o sustancias quimioterapéuticas que son absorbidas y translocadas total o parcialmente en los tejidos de las plantas, destruyendo al patógeno o inhibiendo su capacidad de producir inóculo secundario para la continuación del ciclo o reforzando el sistema de defensas de la planta.

La toxicidad de un fungicida depende de sus propiedades físicas y químicas, siendo las físicas, tamaño de partícula, polaridad, solubilidad, adherencia a la superficie foliar, etc. Las propiedades químicas involucran reactividad diferente entre el compuesto y los sistemas metabólicos esenciales del parásito y los del huésped, así como la estabilidad en condiciones variables del medio ambiente.

REQUISITOS DE UN BUEN FUNGICIDA PROTECTOR

1. Fungitoxicidad a bajas concentraciones, pero sin causar fitotoxicidad aún a niveles altos.

2. Baja solubilidad en agua; pero capaz de disolverse lentamente a fin de entrar en contacto con las esporas, tubos germinativos o hifas.
3. Capacidad para extenderse y cubrir bien el follaje de las plantas (redistribución).
4. Suficiente poder residual para permanecer activo en el follaje tratado (estabilidad y tenacidad); particularmente, en condiciones tropicales. En El Salvador, el ISIC ha determinado que formulaciones cúpricas (óxidos, oxiclорuros e hidróxidos) asperjados a cafetales bajo precipitación pluvial anual de 1800 mm, han mantenido su efecto esporicida hasta 60 días después de aplicados; pero a partir de 45 días comienza a disminuir notablemente su efectividad.
5. Compatibilidad con otros plaguicidas y fertilizantes foliares de uso corriente.

FORMULACIONES CUPRICAS MAS COMUNES

Cobre neutrales o cobres fijos; el cobre se ha fijado de manera más estable que en el caldo Bordeles, más fáciles de preparar y menos fitotóxicos.

- Sulfatos básicos de cobre (Basicop);
- Oxidos de cobre (Cuprocide, Sandoz, Nordox, Perenox);
- Carbonatos amoniados de cobre (Copper Count-N);
- Oxiclорuros de cobre (Cobox, Recop, Cupravit OB-21);
- Hidróxidos de cobre (Kocide 101, Cupravit Azul, Champion);
- Formulaciones misceláneas (Dacobre 500, Trimiltox F.).

En general, su contenido de cobre metálico (I.A.), varía desde 8 a 50%.

MECANISMOS DE ACCION DE FUNGICIDAS CUPRICOS

Su capacidad tóxica se debe a su habilidad para formar quelatos, su estabilidad como sulfuros y la electronegatividad de su catión que es una medida de la estabilidad de los enlaces metálicos con los constituyentes celulares.

Las esporas acumulan selectivamente iones cobre, tomándolos de una solución diluida exterior.

Actúa en los procesos enzimáticos relacionados con el metabolismo energético; por ejemplo: en la oxidación del piruvato, el aceptor de H es el ácido lipoico, cuyo grupo ditiol es bloqueado por el Cu.

PARAMETROS ESENCIALES EN LA ACTIVIDAD DE UN FUNGICIDA CUPRICO

1. Carácter químico del ion cobre: cobre cuproso Cu^+ es, como fungicida, más fuerte que el cobre cúprico Cu^{++} .
2. Tamaño de "partículas primarias"; normalmente las partículas primarias de tamaño pequeño tienen un diámetro de menos de 5 μm .

Cuanto más pequeñas son estas partículas, tanto más grande es la actividad fungicida, lo que implica mejor distribución en el caldo y cobertura del follaje, mayor tenacidad y adherencia y menores daños por área.

3. Separabilidad de las partículas primarias, las que forman aglomerados llamados "partículas secundarias"; éstas deberán desintegrarse cuantitativamente en las primarias, de tal manera que las primarias se distribuyan homogéneamente en el caldo fungicida.

Otras propiedades del cobre:

- Micronutriente o efecto tónico: se han reportado incrementos hasta de un 500% en la cosecha en suelos pobres o deficientes en Cu.
- Mayor retención foliar.

DOSIS, EPOCAS Y FRECUENCIA DE APLICACION DE FUNGICIDAS CUPRICOS

La determinación de las dosis, épocas y frecuencia de aplicaciones dependerá de estudios de campo conducidos en las diferentes zonas cafetaleras representativas de cada país y durante un tiempo prudencial y suficiente, considerando que el comportamiento de la enfermedad puede variar de un lugar a otro y de un año a otro; indicando que la aplicación temprana de un fungicida puede ser más económica y eficaz que la aplicación tardía.

Debe tomarse en cuenta aspectos climatológicos, especialmente temperatura, precipitación pluvial (cantidad y distribución), incidencia y severidad de la enfermedad, grado de follaje, producción o cosecha, elevación sobre el nivel del mar, etc.

No debe de olvidarse lo relativo al riesgo de residuos indeseables del ingrediente activo o de contaminantes que perjudiquen la calidad del producto.

Para realizar un combate más eficiente de la enfermedad, deberán realizarse las prácticas agronómicas y culturales usualmente recomendadas, tales como podas de sombra y cafetal, fertilización, control de malezas, etc. El equipo aspersor deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento y calibrado antes de la aplicación, para así conocer con cierta seguridad la cantidad de agua a utilizar por unidad de superficie, cosa que es muy importante para dosificar el fungicida.

Dosificaciones

En general, existen dos formas de dosificar estos productos; por ejemplo: para control de Roya se realiza:

- a) Por unidad de área (hectárea 10,000 m², manzana 7,000 m², etc.), 1.2 a 3.5 kg/ha.
- b) Por concentración en porcentaje de producto comercial: 0.35 a 0.50%, equivalente a 3.5 y 5.0 gr de producto comercial por litro de agua.

Epocas

La época adecuada de aplicación de los cúpricos, por ser fungicidas de contacto, es al inicio y durante la primera fase de la evaluación de las epi-fitias; en El Salvador, con cúpricos, se han determinado calendarios de aspersión para el control de Roya.

- a) Julio - septiembre
- b) Junio - agosto - octubre.

QUIMIOTERAPIA (CURATIVA). FUNGICIDAS SISTEMICOS EXISTENTES MAS COMUNES EMPLEADOS EN EL CONTROL DE ROYA

La utilización de productos terapéuticos o curativos, constituye otra alternativa en el control químico de la Roya del cafeto, ya que por su modo de acción permiten ser utilizados bajo condiciones de incidencia (más del 20%), en los cuales los fungicidas protectivos ya no ofrecen garantía de un control satisfactorio de la enfermedad.

Estos productos actúan principalmente a nivel de micelio dentro del tejido foliar, reduciendo más drásticamente los índices de infección, representando una alternativa para aplicaciones tardías.

Entre los más conocidos y que han sido evaluados por el ISIC en El Salvador, se mencionan en sus dosis comerciales:

- Oxicarboxin (Plantvax 20 C.E.). Pertenece al grupo de las carboxamidas, que poseen un sustituto donador de electrones (Carboxianilida), que inhibe las succinato deshidrogenasa, impidiendo la síntesis del ARN y de las proteínas en basydiomycetes. 4 litros por hectárea.
- Triadimefón (Bayletón 25%) C.E. o P.M.), inhibe la biosíntesis del ergosterol. 1 kg ó 1 L/ha.
- Triadimenol (Baytan o Bayfidan 25% C.E.), es el metabolito del Triadimefón. 1 kg ó 1 L/ha.
- Propasal o Propiconazole (Tilt-250 E) 0.714 L/ha.

Todos los anteriores pertenecen al grupo de los Triazoles.

Otros productos que han sido evaluados y que actualmente se encuentran fuera del mercado por diversos motivos son:

- Pyracarbolid (Sicarol 15 disp) en un compuesto de anilida. 4 L/ha.
- Dinizonazole (XE-779 L) Spotless 25% P.W.) 1 kg/ha.

Actualmente se cuenta con nuevos fungicidas, tanto sistémicos como protectivos, que están en su etapa de evaluación. Entre ellos se encuentran: Triadimenol granulado; Cyproconazde (Alto o Atemi); Fluzilazole (Pouch) y el ICI 523 (Anvil).

DOSIS - EPOCA Y FRECUENCIA DE APLICACION DE FUNGICIDAS SISTEMICOS

Debido principalmente a su precio, modo de acción, riesgo de adquisición de resistencia reportados por diferentes patógenos en otros cultivos, curva fisiológica del cultivo del cafeto y estudios sobre alternativas de control químico con sistémicos desarrollados por el ISIC; se recomienda utilizar estos productos con índices relativamente altos de infección de Roya (arriba de 20%), lo que implica realizar muestreos de campo, a fin de determinar la incidencia de la enfermedad y decidir qué alternativa se va a utilizar.

- Para aplicaciones alternas con cúpricos:

Agosto: sistémico en dosis normales

Octubre: solamente cúpricos en dosis normales.

- Aplicaciones en mezcla con cúpricos:

Primera: en julio

Segunda: en septiembre.

En este caso, utilizar la mitad de las respectivas dosis comerciales normales.

CONSIDERACIONES EN EL USO DE MEZCLAS DE PLAGUICIDAS EN CAFE

La necesidad de combatir simultáneamente más de algún problema de plaga (enfermedades o insectos), lo mismo que de corregir deficiencias minerales vía foliar, a fin de ahorrar tiempo y disminuir costos de aplicación, ha obligado la aplicación de mezclas sin ningún conocimiento o estudios previos que garanticen la eficacia e inocuidad para la planta.

Con los tratamientos combinados existe la posibilidad de efectuar los tratamientos en el momento más oportuno, hecho muy importante para su efectividad,

considerando que el desarrollo del parásito o estado vegetativo de la planta, son tan importantes para su eficacia, como la propia potenciabilidad del producto empleado, tal es el caso de la Broca del grano (Hypothenemus hampei), pudiendo coincidir los momentos más oportunos para controlar simultáneamente Roya-Broca.

Algunas combinaciones de productos fitosanitarios, además de complementar sus acciones, aumentan la eficacia individual de los productos mezclados, conociéndose esto como "sinergismo".

Sin embargo, frecuentemente los plaguicidas, al ser mezclados, reaccionan entre sí y se neutralizan, originando compuestos de escasa eficacia o persistencia o fitotoxicidad.

Por lo anterior, las mezclas deben ser hechas con precaución, siguiéndose las instrucciones de los fabricantes, complementadas con tablas guías de compatibilidad y, sobre todo, realizando pruebas de laboratorio y campo que demuestren la factibilidad y efectividad de dicha mezcla.

La alcalinidad, acidéz y constitución física de los plaguicidas son importantes en las mezclas. Uno de los mayores inconvenientes es la alcalinidad, tales el caso de productos constituidos de cal (caldo bordelés, arseniato de cal, polisulfuro de cal, etc.)

AGRUPACION DE PLAGUICIDAS DE ACUERDO AL GRADO DE SENSIBILIDAD AL MEDIO ALCALINO

- a) **Muy sensibles:** La mayoría de productos órgano-fosforados de contacto y sistémico, los dinitro-orto-creosoles, órgano-mercúricos y algunos carbonatos orgánicos.

- b) **Medianamente sensibles:** La mayoría de productos organoclorados, algunos carbamatos orgánicos, algunos fosforados (Diazinón, Captan) y algunos acaricidas clorobencénicos.
- c) **Resistentes:** Algunos compuestos clorados (Aldrin), compuestos metálicos, productos sulfonados y aceites.

Influencia de la acidéz

Tienen poca importancia para las mezclas, ya que la mayoría de los productos fitosanitarios son neutros o legeramente ácidos.

Reacciones con el agua o hidrólisis

Independientemetne de la naturaleza del agua, cuya dureza o contenido de sales hay que considerar, muchos productos fitosanitarios se descomponen en su presencia (hidrólisis). En general, la descomposición es lenta, sólo algunas sustancias fosforadas lo hacen lentamente.

Es recomendable que transcurra el mínimo tiempo posible entre la preparación de los caldos y su aplicación, especialmente con productos organofosforados.

Tipos de incompatibilidad

a) Física:

En general no ocurre al mezclar productos que presenten el mismo estado físico, siempre que las dosificaciones en I.A. sean normales. Una excesiva concentración de un producto puede enmascarar o anular la acción de otro, especialmente al mezclar emulsiones con productos mojables, que pueden producir grumos o precipitaciones, lo que se acentúa al usar aguas duras.

b) Química:

Ocurre cuando al menos uno de los productos se degrada o deja de existir en su forma original (mezcla de productos iónicos como Paraquat y un surfactante iónico).

c) Fitotóxica:

Ocurre cuando el efecto adverso de la mezcla se manifiesta por daño en las plantas; aunque exista compatibilidad física y química.

Como máximo se pueden mezclar hasta 3 productos, siendo muy importante el orden de mezclado: 1) Mezclar formulaciones en polvo (polvos mojables y polvos solubles); 2) Los formulados como líquidos (suspensiones acuosas-soluciones y luego concentrados emulsionables y aceites).

Pueden ocurrir fenómenos de fitotoxicidad cuando se aplican mezclas en ciertos períodos del desarrollo de las plantas (planta, floración, etc.) o en condiciones atmosféricas adversas, especialmente de excesiva humedad (sales de cobre y arsenicales), temperatura extrema (azufre, Dinocap, aceites, etc.).

Los coadyuvantes de las formulaciones, por si solos, pueden modificar las condiciones de compatibilidad de los principios activos.

COMPATIBILIDAD DE ALGUNOS PLAGUICIDAS DE USO MAS FRECUENTE EN EL CULTIVO DEL CAFE

- Arseniato de plomo incompatible con Tiram (TMID) y Ferbam.
- Endosulfán (Tiodán), sensible a caldos alcalinos, compatible con Triadiméfon y con cúpricos; aunque la mezcla de los tres puede ocasionar en ciertos casos fitotoxicidad.

- Oxicloruro de cobre incompatible con Tiram y con el Ziram.
- Ureas, compatibles con la mayoría de productos fitosanitarios, excepto con mezcla sulfocálcica y Dinocap.
- No utilizar Captan con aceites usados como insecticidas, porque reacciones químicas reducen la actividad de ambas sustancias.

VIII CURSO "FUNDAMENTOS DE CAFICULTURA MODERNA"

ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DEL CAFETO *

Gloria Cecilia Gálvez **

TURRIALBA, COSTA RICA, JULIO 1990

* Trabajo Original presentado al V Curso de Caficultura, El Salvador, Julio 1987.

** Bióloga, PROMECAFE.

CURSO "FUNDAMENTOS DE CAFICULTURA MODERNA"

FITOPATOLOGIA

ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DEL CAFETO Y SU CONTROL

INTRODUCCION

En términos generales, la Fitopatología es el estudio de: a) los organismos y las condiciones del medio ambiente que ocasionan enfermedades en las plantas; b) los procesos mediante los cuales esos factores producen enfermedades en las plantas; c) las interacciones que se establecen entre los agentes que ocasionan la enfermedad y la planta enferma; y d) los métodos para prevenir las enfermedades, para disminuir el daño que ocasionan o para controlarlas antes o después de que se desarrollen en las plantas (Agrios 1985).

Dentro de lo que es el cultivo del cafeto, así como en otros cultivos, nos enfrentamos a una variedad de daños ocasionados a la planta en sus diferentes estados de crecimiento por una serie de agentes tanto bióticos (hongos, bacterias, etc.) como abióticos (temperatura, luz, etc.), a los cuales se hace necesario identificar adecuadamente; conocer su forma de ataque o los procesos que desencadenan dentro de la fisiología misma de la planta y saber así aplicar una metodología de prevención y/o combate, siendo quizá lo más importante dentro de esto último, el poder aplicar esta metodología en el momento oportuno para que sea lo más eficaz y económica posible.

Mucho se ha investigado sobre una de las enfermedades de este cultivo como es la Roya del Cafeto; su biología, epidemiología y su control. Los resultados obtenidos en estos estudios han proporcionado una mejor visión sobre la importancia que reviste la afluencia de varias disciplinas como la Meteorología, Fisiología, Edafología, Agronomía, etc. en el marco de la Fitopatología del cultivo. Estos estudios nos han ayudado también a una mejor comprensión del comportamiento de los patógenos del cafeto y de la forma de acción de los agroquímicos usados como combate, llevándonos hacia el concepto moderno de control Integrado de las Enfermedades, en donde necesariamente se apliquen los conocimientos obtenidos a través de una investigación multidisciplinaria, en la obtención de un cultivo sano y rentable.

Identificación de las Enfermedades del Cafeto.

Para la planta de cafeto han sido reportadas unas 40 enfermedades.

De acuerdo al tipo de agente patógeno que causa problemas fitopatológicos en el cultivo, podríamos ordenarlos en dos grupos:

- a) De origen biótico
- b) De origen abiótico

Dentro del primer grupo tenemos a los agentes infecciosos como son hongos, bacterias, micoplasmas y nemátodos; estos últimos serán enfocados posteriormente dentro del tema "Entomología del Cultivo".

Entre los problemas de origen biótico o sea alteraciones fisiológicas o no infecciosas sólo se mencionará para éste curso, el fenómeno originado por la baja drástica de la temperatura ambiental conocido como "helada".

Enfermedades causadas por hongos.

Son quizá los daños más ampliamente estudiados y por lo tanto más conocidos por los agricultores y técnicos dedicados al cultivo del cafeto. Estos microorganismos producen enfermedades que de acuerdo al órganos de la planta que principalmente afecten, se pueden clasificar como: enfermedades de las hojas, tallo, raíz y fruto.

Los hongos cuando atacan las células y tejidos de estos órganos, alteran o anulan la capacidad de desarrollar funciones fisiológicas normales básicas para la planta, desencadenando una serie de reacciones que al principio se concentran sólo en el área afectada, difundiéndose posteriormente hasta hacerse detectable, constituyéndose así en los síntomas de la enfermedad.

Al encontrarnos frente a una serie de enfermedades foliares en la planta del café, sabemos que está siendo mermada y a veces hasta anulada la capacidad fotosintética de las hojas enfermas, interfiriendo por lo tanto en la producción de reservas alimenticias y hasta en la misma reproducción reflejada en la cosecha; si el órgano afectado es la raíz, hay una deficiente absorción de agua y de los nutrientes del suelo que necesariamente se deben de traslocar hasta la parte superior de las plantas. Conociendo la importancia de la función fisiológica alterada en las plantas y el grado de agresividad de los patógenos desarrollándose en un ambiente favorable, se puede preveer el impacto económico de una enfermedad fungosa en el cultivo.

Se mencionan a continuación algunas enfermedades de origen fungoso muy difundidas en los países cafetaleros del área del PROMECAFE y que se señalan como causantes de serias pérdidas en las plantaciones; al final se menciona una enfermedad todavía no existente en el área, terminando con una pequeña lista de enfermedades reportadas como de mayor importancia al menos para el área.

Nombre Común : Mancha Cercospora. Cercosporiosis. Mancha de hierro Brown Eye Spot. Chasparria.

Agente Causal : Cercospora coffeicola Berk & Cooke.

Clasificación Taxonómica.

El hongo Cercospora coffeicola Berk & Cooke se le clasifica dentro de la División Eumycota, Subdivisión Deuteromycotina. Clase Deuteromycete. Orden Moniliales. Familia Tuberculariaceae.

Etiología.

Las conidias del hongo son hialinas, bastante largas, multiseptadas, obclaviformes, de base truncada o subtruncada y de punta aguda con medidas muy variables que oscilan entre 75 x 3 micras hasta 200 x 4 micras. El estroma de aproximadamente 5 micras de diámetro lo forman un grupo de células de forma irregular, de color café oscuro, en el que se desarrollan los conidióforos, los cuales son oscuro, ramificados, multiseptados, generalmente agrupados en fascículos y su tamaño es tan variable como el de las conidias. La esporulación es anfigena, en algunos casos más abundante en el envés.

Síntomas de la enfermedad.

En las hojas la manchas son circulares localizadas de color café marrón, con anillos concéntricos que se tornan grises hacia el centro a medida que envejece la mancha, presentando esta última un halo o aureola clorótica a su alrededor. En los frutos el daño se inicia generalmente en la parte más expuesta al sol, como una zona deprimida que acelera el amarillamiento de los grutos, haciendo que la pulpa quede fuertemente adherida al endospermo (pergamino) alterando la calidad del grano.

Condiciones de ambiente favorables.

Alta incidencia de luz solar, humedades relativas bastante altas en el momento de las esporulaciones (98% de H.R.), temperaturas promedio entre los 22° y los 30°C, suelos con escasa retención de agua y deficiencias nutritivas de la planta sobre todo en elementos como Boro, Azufre y Nitrógeno.

En general se reportan fuertes ataques en semilleros, viveros y cafetos establecidos, principalmente en cultivos de pleno sol.

Control

A nivel del área y en países vecinos se ha trabajado bastante en cuanto al control químico de esta enfermedad y cada país tiene sus propias recomendaciones técnicas al respecto. En lo que se refiere a El Salvador, se los presenta un documento adjunto con recomendaciones actuales para 8 de sus principales problemas fitosanitarios del cultivo, sujetos a cambios que se originen en futuras investigaciones.

Nombre Común : Requemo. Derrite. Phoma. Quema
Agente Causal : Phyllostica coffeicola Speg.
Phoma constarricensis Ech.

Clasificación Taxonómica

Estos hongos se les clasifica como División Eumycota, Subdivisión Deuteromycotina, Clase Deuteromycete, Orden Sphaeropsidalis, Familia Sphaeropsidaceae.

Etiología

Las conidias se presentan en forma oval, unicelulares hialinas, sin septas, con un tamaño aproximado de 6.5 a 10.5 micras de largo y de 2 a 3 micras de ancho, formadas en picnidios de aspectos globoso semihundido en el estrato epitelial, adheridos por hifas alargadas emitidas desde la base del picnidio. Este último presenta coloración gris clara cuando joven, tornándose oscuro cuando envejece; sus paredes son pseudoparenquimatosas con un ostíolo en su parte superior por donde expulsan las conidias envueltas por una masa gelatinosa de coloración clara, siendo la lluvia la responsable de la disolución de este mucus y de la diseminación de las esporas a través de salpique de gotas, ayudado por el viento. Este último juega un papel muy importante al provocar heridas en el hospedero por donde fácilmente penetra el patógeno. La producción de picnidios en las hojas es anfigena.

Esta descripción es común para ambos hongos, Phoma y Phyllostica; algunos autores reportan este último atacando solamente las hojas y al grano; Phoma en tallos jóvenes, raramente encontrado en el follaje. Según Alexoupoulus (1976) entre ambos géneros no existe mayor diferencia; al menos lo observado en nuestro país es la formación de picnidios tanto en hojas, tallos y frutos.

Sintomatología

Esta enfermedad ataca exclusivamente órganos (hojas, tallos, flores y frutos) jóvenes de la planta; las hojas presentan lesiones de forma y tamaño irregular de coloración café o negro, de aspecto deshidratado y sin halo clorótico a su alrededor. El tejido sano circundante a estas lesiones continúa su crecimiento normal originando consecuentemente la formación de pliegues alrededor de las lesiones. En el tallo ataca los brotes y ramas jóvenes no lignificadas formando lesiones necróticas, hundidas y agrietadas; los primordios foliares son afectados desde su parte terminal, avanzando el daño en forma descendente, abarcando los peciolos en formación ocasionándoles necrosis y absición. El daño ocasionado a flores y frutos es muy rápido, ocasionándoles también necrosis y absición.

En general el daño causado por esta enfermedad a la planta de cafeto es muy significativo porque limita su desarrollo, haciendo muy difícil la renovación de nuevas áreas productivas.

Condiciones ambientales favorables

Una de las características principales de esta enfermedad es la de encontrarse principalmente en cafetales sembrados en zonas altas en donde predominan las bajas temperaturas, alta nubosidad, humedades relativas arriba del 98% y que en determinadas épocas del año prevalecen fuertes vientos.

Control

Se hace referencia a lo citado para cercospora.

- Nombre Común : Ojo de Gallo. Gotera. Argeño. Maja Viruela. American Leaf Spot.
- Agente Causal : Omphalia flavida. Stilbum flavidum (Fase Imperfecta)
Mycena citricolor Berk & Curt. Sacc (Fase Perfecta)

Clasificación Taxonómica

La fase perfecta de este hongo Mycena citricolor se le clasifica como División Eumycota, Clase Basidiomycete, Subclase Homobasidiomycetidae, Orden Agaricales, Familia Agaricaceae.

Etiología.

La fase imperfecta del hongo es el más encontrado en condiciones de campo ya que es aquí donde se forman las gemmas o cabezuelas, denominadas técnicamente Sinema. Esta estructura está formada por un tallito setiforme, hasta de 3 mm de alto, constituido por un conjunto de hifas unidas entre sí, en cuyo extremo se forma una estructura redondeada de 0.3 a 0.5 mm de diámetro que al desprenderse por diferentes agentes de diseminación producen nuevas infecciones. Estos cuerpos tienen presencia anfígena, pero más abundante en el haz de las hojas.

El micelio, desarrollado "in vitro" presenta una coloración blanquecina de aspecto algodonoso, con hifas hialinas septadas en forma y tamaño irregular. La fase perfecta, Mycena citricolor, presenta estructuras (basidiocarpos) de color a amarillento cuyo pileo o sombrillita mide aproximadamente de 5 a 10 mm de diámetro; se le encuentra raramente en la naturaleza, ya que necesita para su desarrollo un grado muy alto de humedad relativa del aire durante varios días.

Sintomatología

Esta enfermedad se desarrolla sobre hojas, tallos jóvenes y frutos. En las hojas se presentan manchas de color claro redondeadas, localizadas y sin halo clorótico; al establecerse las lluvias se pueden observar sobre las manchas los sinemas ya descritos, con su cabezuela característica que al diseminarse son los responsables del incremento de la incidencia y severidad de la enfermedad. Se ha detectado que los cafetales afectados sufren severa defoliación de las hojas enfermas, con 1 a 8 lesiones y cuando éstas se encuentran más cerca del pecíolo, esta abscisión es más rápida. También se ha determinado que los cafetos afectados si la enfermedad no es controlada, pueden reducir entre un 73 hasta un 80% su producción. (Bonilla 1981).

El hongo es de condición polífaga y se le encuentra atacando un amplio número de malezas dentro del cafetal, así como árboles de sombrío.

Condiciones ambientales favorables.

Esta enfermedad se desarrolla con mayor intensidad en zonas de altitud con características de temperatura entre los 18° y 24°C, alta nubosidad, periodos lluviosos largos y lluvias intensas (de 2000 a 4000 mm en el año), en plantaciones con poca luminosidad y deficiente ventilación. Esto último origina la condensación de la humedad en el suelo o en las capas inferiores, originando neblinas e impidiendo la evaporación de la humedad condensada. Algunos autores como Wellman (1950) mencionan una inhibición completa de la enfermedad durante el periodo seco; también estableció que en plantaciones donde las temperaturas sobrepasan los 23°C. la enfermedad pierde importancia y se disemina muy poco, quedando restringido su ataque a focos dentro de la misma plantación.

Control.

Misma observación hecha para otras enfermedades ya mencionadas.

Nombre Común : Mal de Hilachas, Mustia Hilachosa. Infierno, koleroga.

Agente Causal : Pellicularia (Corticium) koleroga.

Clasificación Taxonómica.

Este hongo se clasifica dentro de la Clase Basidiomycete, Subclase Homobasidiomycetidae, Serie Hymenomyces, Orden Polyporales y Familia Thelephoraceae.

Etiología.

Este hongo en el principio de su ataque es puramente superficial; se desarrolla como una película de haces micelianos no determinados, de color blanco grisáceo; su cuerpo se describe como un delgado estrato de hifas portadoras de basidios, aislados invisibles en forma individual; éstas hifas al unirse forman un cordón micelial visible en forma macroscópica al que se le denomina Rhizomorfo, que es su estructura de sobrevivencia y diseminación en la planta. Coste (1954), menciona que después de fructificar el micelio se vuelve oscuro, forma masas escleróticas y penetra en los tejidos, no obstante otros autores aseguran que el patógeno no penetra en los tejidos de la hoja, produciéndose el daño más que todo por la obstrucción que produce al cubrir el envés de la misma en el intercambio gaseoso y la transpiración de la planta.

Sintomatología.

El cuerpo Rhizomorfo del hongo crece sobre ramas, pecíolos, hojas y frutos del cafeto. En las hojas los tejidos en contacto con el hongo se tornan de color pardo y mueren; los pecíolos se separan de la rama o bandola, quedando sostenidas

las hojas, por los filamentos del hongo dando la sintomatología característica.

Condiciones ambientales favorables

Se tiene muy poca información sobre esta enfermedad en particular en el país; se le ha encontrado más frecuentemente en plantaciones de bajo y media altura atacando sólo una planta o pequeños grupos en focos dentro de los cafetales; no obstante está reportado para otros países como una de las principales enfermedades del cultivo. En general se presenta en plantaciones muy sombreadas, con alta humedad relativa y durante el periodo lluvioso.

Control.

Se hace mención en el documento adjunto, haciendo más énfasis en el control cultural (podas).

Nombre Común : Mal Rosado. Enfermedad Rosada.
Agente Causal : Corticium salmonicolor B. & Br.
Necator decretus Mass.

Clasificación Taxonómica.

El hongo Corticium salmonicolor Berk & Br. se le clasifica dentro de la Clase Basidiomycetes, Subclase Hemobasidiomycetes, Orden Polyporales y Familia Thelephoraceae.

Etiología.

El estado asexual o imperfecto, Necator decretus lo constituyen pústulas anaranjadas que son protuberancias a través de la corteza; el micelio está formado por hifas hialinas, refringentes, continuas, de ramificación irregular, llenas de granulaciones o pigmentos oscuros; en esta etapa se forman conidias esféricas y de tamaño irregular.

El estado sexual se presenta en forma de costra rosada pálida en la corteza; algunos autores como Wellman (1972) mencionan la presencia de un himenio crustáceo duro, de donde emergen numerosos basidios con 4 basidiosporas cada uno.

Sintomatología.

La mayor intensidad del ataque del hongo se presenta durante la época lluviosa; el tronco principal, las ramas secundarias y los glomérulos se cubren de un crecimiento fungoso de color rosado pálido o rosado salmón. En el tejido leñoso se observan áreas necróticas que paulatinamente rodean el tallo, atacando el cambium, ocurriendo resecamiento y alteración de la corteza, considerándose

éste el punto de origen de la muerte del tallo o rama afectada. Los frutos invadidos ennegrecen y se momifican en su totalidad; al incrementarse el avance de la enfermedad se produce una abscisión de hojas y frutos dando a la planta o a la zona de la misma afectada, un aspecto de marchitez.

Condiciones ambientales favorables

Como en todos los casos anteriores, la humedad relativa alta (más del 85%) provocada por lluvias prolongadas es un factor predominante en el desarrollo de este hongo. No se tienen datos concretos en cuanto a la Temperatura; y lo que se reporta en el país es un ataque principalmente en cafetales de baja y media altitud. Según observaciones de Wellman (1972), las plantaciones al sol son más susceptibles que las mantenidas bajo sombra regulada.

Nombre Común : Mal de Macana. Mal de Machete, Llaga Macana, Cáncer del Tallo.

Agente Causal : Ceratocystis fimbriata
Graphium sp. (estado imperfecto)

Clasificación Taxonómica

El hongo Ceratocystis fimbriata, se le clasifica dentro de la Clase Ascomycetes, Orden Microascales (Sinónimo Sphaeriales) y Familia Ophiostomataceae.

Etiología

El estado asexual de este hongo se caracteriza por la formación de sinemas oscuros, constituidos por hifas pardas, cilíndricas o cónicas, septadas, aparentemente soldadas en la base, libre en su parte superior sosteniendo los conidios suspendidos en una cabezuela globosa de consistencia gelatinosa.

El estado imperfecto es menos común en el campo que el estado imperfecto; las ascosporas se forman en un peritecio parcialmente embebido en la corteza de madera muerta. Estas ascosporas no se consideran un inóculo importante ya que no se ha observado que se diseminan en los cortes o heridas en la corteza de plantas vivas.

Sintomatología.

Esta enfermedad ataca los troncos lignificados de plantas de cafeto principalmente en las adultas, invadiendo su xilema; bajo la corteza de los troncos afectados se observan áreas pardo oscuras, en algunos casos rodeados de un halo de color violeta. La principal forma de diseminación de esta enfermedad es a través de instrumentos de labranza (machetes, cumas o macanas) en las tareas de deshierbo y podas de la planta de cafeto, las cuales al estar contaminadas con el hongo y provocar cortes o heridas a plantas sanas transmiten la

enfermedad. Media vez ocurra la infección en una zona del tallo, puede llegar a rodearlo completamente interfiriendo en la traslocación normal de agua y nutrientes esenciales; el resultado es el marchitamiento e incluso la muerte de las plantas.

Condiciones ambientales favorables

Se menciona la alta humedad relativa provocada por lluvias prolongadas en plantaciones muy sombreadas o con cortos distanciamientos, con escasa ventilación y luminosidad.

Control

Igual observación que en los casos anteriores, haciendo énfasis en la desinfección de los instrumentos de labranza con Formalina antes de producir cortes o heridas en plantas sanas.

Nombre Común : Mal del Talluelo. Mal del Almácigo, Talluelo, Tombamento, Rhizoctoniosis.

Agente Causal : Rhizoctonia solani Kuehn
Pellicularia filamentosa Pat. Rogers.

Clasificación Taxonómica

El hongo Rhizoctonia solani se le clasifica en la Clase Deuteromycete, Orden Mycelia sterilia.

Etiología

Este hongo se considera la forma estéril del basidiomicete Pellicularia filamentosa; su micelio está formado por hifas hialinas de unas 6 a 12 micras de diámetro, vacuoladas, de tabiques gruesos, cuyas características principales son las de ramificarse en ángulo recto y tornarse de color café claro cuando envejecen. En condiciones ambientales adversas produce esclerosis blancos al principio que luego se oscurecen, siendo visibles a simple vista; de tamaño variable y de consistencia dura. Los basidios en la forma sexual se originan sobre ramificaciones miceliales que sostienen 4 esterigmas con igual número de basidiosporas elípticas y hialinas. Estas basidiosporas pueden germinar produciendo micelio que puede vivir saprofiticamente en el suelo para después afectar tallos jóvenes de cafetos en semilleros.

Sintomatología

Esta enfermedad se presenta típicamente en semilleros y viveros recién

plantados; este ataque se puede presentar desde el momento que el tallo comienza a emerger a la superficie. En este tallito se presentan áreas necróticas hundidas, de aspecto deshidratado que lo rodean completamente, avanzando el daño en forma ascendente hacia las hojas cotiledonales; en este punto las plántulas se doblan y mueren.

En los viveros o almácigos las plántulas son susceptibles a la enfermedad hasta que los tejidos del tallo se lignifican; si el hongo ya ha invadido estos tejidos, el daño no avanza muy rápidamente y queda circunscrito por un callo o costra que da un aspecto de estrangulamiento del tallo. Esta formación impide la normal traslocación del agua y nutrientes y a la larga, la planta se presenta marchita y muere.

Condiciones ambientales favorables

Aunque el hongo crece rápidamente "in vitro" a temperaturas cerca de los 30°C, la enfermedad en los semilleros se presenta muy severa en suelos húmedos y desde los 18°C.

Control

Se hace la misma aclaración que en los casos anteriores.

Nombre Común : Podredumbre negra de la raíz, Llaga de la raíz,
Podredumbre radicular, Maya o Llaga Negra.

Agente Causal : Rosellinia sp.

Clasificación Taxonómica.

El hongo Rosellinia sp. se clasifica en la Clase Ascomycete, Subclase Euascomycete, Serie Pyrenomycetes, Orden Sphaeriales, Familia Sphaeriaceae.

Etiología

El hongo Rosellinia sp. es un microorganismo muy polífago; se le reporta atacando frutales, especies forestales, etc. En las plantaciones de cafeto se le encuentra atacando a estas plantas y a las usadas como sombrío.

A este hongo se le reconocen diferentes formas de reproducción: sexual (Rosellinia), asexual (Graphium) y vegetativo (cuerpo rizomorfo) siendo las dos últimas las responsables de la propagación de la enfermedad. Los conidios formados en los sinemas del Graphium germinan fácilmente en agua, dando un filamento que se ramifica para producir el micelio; este último presenta septos alargados, bien definidos, con terminaciones engrosadas, unicelulares y de

coloración pardo claro.

Sintomatología

Esta enfermedad ataca las raíces del cafeto en diferentes etapas de crecimiento. La sintomatología presente en plantas enfermas se divide en síntomas en el follaje o partes aéreas y síntomas en el sistema radicular.

En la parte aérea las hojas se tornan cloróticas, de aspectos deshidratado y mueren; los frutos tiernos se momifican y los de mayor desarrollo se tornan amarillentos pero nunca alcanza su madurez.

En la raíz las zonas afectadas presentan una coloración oscura debajo de la corteza, principalmente de la raíz pivotante con menos incidencia en raíces secundarias y terciarias. Debajo de esta corteza y sobre el tejido muerto se observa el crecimiento rizomorfo del hongo dispuesto en forma estrellada o en forma de hilos; el daño invade poco a poco toda la madera de la raíz principal interfiriendo con la absorción de agua, nutrientes, traslocación de síntesis de proteínas, presentándose en la parte aérea los síntomas hasta que el daño está muy avanzado.

Condiciones ambientales favorables

López Duque (1966), reporta que el hongo se desarrolla en suelos ricos en materia orgánica y de alta humedad; sobrevive como saprófito en campos que han sido abandonados después de varios años y es viable en un rango de 4 a 40°C de temperatura, siendo la óptima, 23°C. La misma autora determinó que el hongo se desarrolla normalmente con un rango de 50 a 70% de Humedad Relativa y en suelos ácidos.

Control

Se hace similar observación a los anteriores.

Enfermedad Fungosa exótica no reportada para el área.

Nombre Común : Enfermedad de los frutos o de las cerezas de café, Coffe Berry Disease CBD.
Antracnosis del cafeto.

Agente Causal : Colletotrichum coffeanum Noack

Clasificación Taxonómica

Este hongo se le clasifica dentro de la Clase Deuteromycetes, Orden Melanconiales, Familia Melanconiaceae.

Etiología

Existen tres cepas del género Colletotrichum aisladas de cafetos que fueron clasificados por Hindorf, de la siguiente manera:

1. Colletotrichum coffearum Noack (Agente del CBD).
2. Colletotrichum acutatum Simmonds (Encontrado en ramas, frutos verdes, cerezas, hojas).
3. Colletotrichum gloesporoides Penz (Común en ramas y hojas, ocasionalmente encontrado en café seco).

Las características principales para distinguir el agente causal del CBD son: Patogenicidad elevada: el micelio inicialmente blanco, tornándose cenizo, marrón oscuro o negro; los conidios son cilíndricos redondeados en los dos extremos producidos por hifas, nunca en acérvulos. La forma perfecta de este hongo Glomerella cingulata no se observa en el cultivo puro; patogénico en frutos verdes, en las flores, botones florales, hojas y ramas; crecimiento lento en cultivo "in vitro".

Sintomatología

Este patógeno afecta principalmente los frutos verdes de café en sus diferentes estados de crecimiento, pero la mayor infección ocurre entre las 6 y 10 semanas después de la floración. Produce lesiones sobre los frutos de color pardo, de 1 a 10 mm de diámetro, haciendo que los mismos se maduran prematuramente, si siguen y dan el aspecto de momificación. Estas manchas oscuras, ligeramente deprimidas y en condiciones favorables se desarrollan rápidamente hasta que abarcan todo el fruto, cuyo pedúnculo también es afectado.

La enfermedad también ataca la flor, presentándose al principio una mancha oscura sobre los pétalos, la cual se desarrolla rápidamente destruyéndola por completo.

Germinación e Infección

La germinación de los conidios sólo ocurre en presencia de agua (por lo menos 2 horas), emitiendo uno o dos tubos germinativos, en el extremo de los cuales se forma un apresorio. Las temperaturas adecuadas para la germinación oscilan entre los 17 y 28°C, siendo la óptima los 22°C y el ambiente debe de presentar varias horas de humedades relativas superiores al 90%.

Epidemiología

El hongo sobrevive de un ciclo epidemiológico a otro en partes colonizadas de la corteza bandolas o en frutos momificados o sobre lesiones de los mismos remanentes de la cosecha anterior. Posterior a la germinación, la infección de los tejidos se completa en 5 horas a una temperatura de 22°C. Una condición muy importante para el desarrollo de la enfermedad es la altitud donde se encuentre la plantación afectada; en las localidades de mayor altitud donde no curren

diferencias drásticas sobre la Temperatura máxima y mínima diaria es donde la incidencia de la enfermedad es mayor.

En Kenya, uno de los países más afectados por la enfermedad, el grado máximo de infección se presenta al final del período lluvioso más largo (Mayo-Junio) siendo los frutos verdes los más susceptibles de ser infectados.

Resistencia Varietal

La literatura sólo reporta algunas variedades de cafetos dentro de los arábigos resistentes; dentro de estas se mencionan la Rume Sudan, Geisha 10 y K7. Blue Mountain se reporta como moderadamente resistente; también el Híbrido de Timor (cruce natural entre C. arabica y C. canephora), se incluye en esta lista. De todas estas sólo Sudan Rume es considerada como rentable a escala comercial.

Control Químico

El control químico de esta enfermedad se hace mediante programas establecidos, tomando en cuenta las condiciones climáticas prevalecientes y la incidencia del hongo. Kenya ha propuesto seis programas de aplicación para combatir simultáneamente CBD y Roya del Cafeto (Hemileia vastatrix); dichas aplicaciones se realizan cada cuatro semanas, comenzando en el mes de febrero y terminando en julio (abarcando el período lluvioso largo), dejando dos meses de intervalo, para completar el programa anual con dos aplicaciones más en octubre y noviembre.

Los fungicidas recomendados para estos programas son:

Captafol	4.4 kg/ha
Delan	3.3 Kg/ha
Bravo 6 F	3 lt/ha
Benlate	1 kg/ha
Fungicidas cúpricos 50% Cu.M.	= 11 kg/ha

Enfermedades causadas por bacterias en el Cafeto

La literatura sólo reporta en la actualidad, dos especies bacterianas del género Pseudomonas que se presentan causando algún daño de importancia económica para el cafeto.

1. Pseudomonas garcae: Es el agente causante de la enfermedad denominada "Mancha aureolada" o "Mancha bacteriana" del cafeto. La bacteria afecta de preferencia hojas en desarrollo y normalmente los síntomas son más frecuentes en plantas jóvenes (viveros) y en las hojas jóvenes de plantas adultas; la literatura también reporta como susceptibles los frutos jóvenes y los meristemas.

Factores climáticos como las bajas temperaturas y la humedad, favorecen

esta enfermedad que se presenta en forma de lesiones pardas u oscuras, casi negras de bordes más o menos redondeados, rodeados por una aureola amarillenta, con necrosis al centro de dicha lesión, la cual es de tamaño variables, muy parecido el daño a la sintomatología causada por *Cercospora*.

En el Continente Americano esta enfermedad sólo ha sido reportada en Brazil (Municipio de Garca, S.P. 1953), en donde se reporta que el roce de las hojas unas con otras, por la acción del viento, provocan lesiones que abren camino a la enfermedad.

Control.

Se hace protegiendo los viveros contra el frío y realizando un buen programa de fertilización.

2. *Pseudomonas syringae*. Von Holl = Agente causal de la enfermedad denominada como "Bacterial Blight of Coffe" o BBC (Tizón bacterial del café), previamente conocida como Elgon/Solai Dic-Back (Muerte descendente Elgon/Solai).

Investigaciones desarrolladas en Kenya han demostrado que el agente causal de esta enfermedad persiste de una epidemia a otra, en grandes cantidades sobre todas las superficies sanas de la planta tales como hojas, fruto y en la corteza verde y madera.

Cuando se presenta la estación fría y húmeda, la bacteria se multiplica iniciando una nueva epidemia.

Control.

Kenya, que es el país donde se reportan serios daños por esta enfermedad ha desarrollado estudios en cuanto a control químico a través de bactericidas. Estos estudios revelan el excelente control que ejercen los fungicidas a base de cobre sobre el patógeno. El período crítico de aspersiones para controlar BBC es justo antes, durante y después del período de floración, especialmente cuando ese período coincide con las lluvias. Las formulaciones de cobre 50% de Cobre Metálico se recomiendan a dosis de 7 kg/ha; formulaciones con menos porcentaje (25% Cu.M.) se usan en dosis de 10 kg/ha. Las aspersiones se recomiendan con dos semanas de intervalo, incrementado dichos intervalos a 3 semanas, antes y después del período lluvioso.

No se deben de mezclar abonos foliares con los productos cúpricos en el tanque de mezcla para controlar el BBC.

Enfermedad de origen no fungoso en la Región.

Nombre Común : "Mal de Viñas"
Agente Causal : Aún no determinado

Esta enfermedad por años, ha atacado cafetales de la región oriental y sur oriental de Guatemala, sin estar, hasta el momento de presentar este documento, reportado oficialmente el organismo causal de la enfermedad. El síntoma se presenta en el parte aérea como un fuerte amarillamiento del follaje; la planta se defolia totalmente y muere; los brotes o hijos no se desarrollan en forma normal. Al hacer observaciones en el tallo se detecta una lesión oscura en el área del floeem, sintomatología muy parecido a la Traqueomicosis producida por Fusarium sp. (Sanchez De León, 1984).

Otras enfermedades reportadas para el cultivo

A continuación se mencionan otras enfermedades de origen parasitario en el cultivo.

Mancha mantecosa	=	<u>Colletotrichum</u> sp.
Fumagina	=	<u>Capnodium</u> sp.
Traqueomicosis	=	<u>Fusarium</u> spp.
Mal de Felpa	=	<u>Helicobasidium compacto</u> Boedijin
Enfermedades de la Corteza	=	<u>Fusarium laterifium</u> var. longum.

NOTA: En este documento no se incluye una de las enfermedades más importantes del cultivo como es la Roya del Cafeto (Hemileia vastatrix Berk & Br.) por considerar que existe una amplia literatura al respecto y porque además será un tema enfocado ampliamente en cuanto a su epidemiología y su control en presentaciones subsiguientes a la presente.

Enfermedades abióticas no infecciosas del cultivo.

Realmente este es un tema bastante amplio a discutir por la gama de daños de origen no parasitario que se pueden encontrar dentro del cultivo.

Agrios (1985) clasifica estos tipos de daños, por el agente causal para todas las plantas en general, así:

Alteraciones Fisiológicas o no infecciosas.

1. Temperaturas muy altas o muy bajas.
2. Falta o exceso de humedad en el suelo.
3. Falta o exceso de luz.
4. Falta de oxígeno.
5. Contaminación atmosférica.
6. Deficiencia de nutrientes.
7. Toxicidad mineral
8. Acidez o alcalinidad del suelo (pH)
9. Toxicidad de los pesticidas
10. Métodos agrícolas inadecuados.

En este caso en particular para no extendernos mucho en el tema, sólo se hará referencia al fenómeno conocido como "Helada".

Durante muchos años hemos escuchado acerca de la incidencia de las heladas en plantaciones de cafetos en Brazil, el primer productor mundial del grano, y su impacto en las economías tanto de ese país como en la del resto de países caficultores de América Latina. Aunque con menor incidencia y frecuencia que en Brazil, la caficultura del área está expuesta en algunas zonas a sufrir los perjuicios de estos daños; tal es el caso sucedido en El Salvador, en marzo de 1983 en el cantón Los Naranjos, del Depto. de Sonsonate, zona occidental en donde éste fenómeno afectó unas 300 hectáreas, obligando a muchos agricultores a sustituir las plantaciones de cafeto por cultivo de hortalizas y flor de corte.

Los conceptos y datos aquí presentados provienen principalmente de literatura brasileña.

¿Qué es una helada?

Es un fenómeno de naturaleza física; para la agricultura, la helada es todo descenso extremo de la Temperatura que causa daños a la vegetación, acompañado o no de depósitos de hielo en las superficies expuestas.

Estos depósitos aparecen cuando el aire está húmedo, ocurriendo entonces la llamada "helada blanca"; la "helada de viento" o "helada negra" se desarrolla provocada por la acción directa de vientos extremadamente fríos. (IBC 1979).

Cómo sucede este fenómeno.

Sabemos que normalmente las temperaturas mínimas suceden durante la noche; el follaje de las plantas perdiendo gran cantidad de calor por la radiación terrestre hacia la atmósfera, enfría el aire circundante; este aire frío como es más pesado, tiende a acumularse en las capas más próximas a la superficie, sucediendo entonces el fenómeno conocido como "inversión"; o sea, la temperatura al contrario de aumentar con la aproximación del suelo, como sería lo normal, tiende a disminuir.

Es precisamente esa concentración de frío a nivel del suelo en las noches de Helada el que permite la caída de la temperatura de los tejidos vegetales abajo del límite correspondiente al punto de congelamiento de sus líquidos internos, ocurriendo así la muerte de las plantas.

Si las plantaciones se encuentran en terrenos inclinados, el aire frío, pesado, se desliza por las pendientes, acumulándose en las depresiones (valles, joyadas), esto provoca un enfriamiento mayor en esas áreas, siendo aquí el daño más crítico. El fenómeno ocurrido en El Salvador se ajusta a esta descripción. Este tipo de Helada se clasifica como "Helada de Irradiación" (Sarasola, Tomo IV, 1975).

Efectos en la Planta de Cafeto.

El efecto directo de la Helada es la baja de temperatura de los tejidos a un límite inferior del correspondiente al punto de congelamiento de los líquidos internos de estos tejidos; ese límite para el cafeto está determinado entre los 3 y 4°C bajo cero (Camargo y Palati, Bragantia 1966). La muerte del tejido ocurre cuando se cristalizan los líquidos de los espacios intercelulares provocando la salida de agua de las células que viene a aumentar el volumen de esos cristales. Así se produce la plasmólisis celular y un aumento en la consistencia protoplasmática con la consecuente coagulación de las proteínas, coloides y enzimas que caracterizan el marchitamiento debido a las heladas. Las hojas quedan distorsionadas, presentan bordes necrosados o mueren totalmente pero no caen; el meristemo apical del tallo principal al morir deja de sintetizar hormonas que mantienen en estado de latencia a yemas axilares, las cuales se activan y producen nuevos crecimientos ortotrópicos, si el daño hecho por la Helada al tronco no ha sido muy profundo (estrangulamiento). Las raíces normalmente no dañadas por contacto con el aire frío, si sufren alteraciones si el daño producido al tronco impide la circulación descendente de la savia elaborada.

El daño a los frutos es similar al de las hojas, pero si este fruto aún está verde el daño es mucho mayor ya que, en el fruto verde congelado, la semilla se torna negra, de aspecto quemado, habiendo entonces pérdidas cuantitativas y cualitativas.

Control.

A continuación sólo se mencionan algunas prácticas de acción preventiva para minimizar el daño causado por las Heladas.

1. Calentamiento artificial: Por combustibles y electricidad para elevar la Temperatura Ambiental.
2. Ventilación Artificial: Movilización de capas superiores de aire caliente mezclándolas con las inferiores más frías.
3. Nebulización: Aplicación de nieblas artificiales (Neblinal) para evitar la pérdida de calor del suelo.

4. Riego por Aspersión: Se aprovecha el calor de fusión de agua para elevar la T° de los tejidos vegetales.
5. Prácticas culturales.
5. Fertilización alta en Potasio: El punto de congelamiento de los tejidos depende de su valor osmótico. Los tejidos más ricos en sales se congelan a T° más bajas.

"NEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DEL CAFE Y SU COMBATE 1/

Nidia Morera G.2/

Desde el año de 1887, Goeldi informó que el nematodo *Meloidogyne exigua* era el causante del agotamiento de cafetales en Río de Janeiro, Brasil; afección que obligó a sustituir dicho cultivo por el de la caña de azúcar. En esa misma época, algunos científicos europeos notaron una enfermedad en las raíces del cafeto en la zona volcánica de El Salvador que, por la descripción, era provocada por nematodos (39). Posteriormente, en 1935, Alvarado informó y describió el problema de nematodos en la zona de El Tumbador, Guatemala y Bulow mencionó la existencia de *M. exigua* en Costa Rica (33,39). Sin embargo, este problema pasó desapercibido hasta 1950 debido, quizás; a la falta de investigaciones relacionadas con el tema, a la escasez de nematólogos, al habitat terrestre y relativa pequeñez de los nematodos y principalmente porque los daños que ocasionaban eran atribuidos a otras causas. A partir de este año se reiniciaron los estudios en ese campo y actualmente se les considera una de las plagas más importantes del sistema radical del cafeto.

A pesar de la anterior afirmación, existen muy pocos estudios detallados que evalúen el efecto de los nematodos sobre la producción del cafeto, siendo clásicos los realizados por Arruda (4,5) y Arruda y Reiss (6). Estos investigadores efectuaron varios trabajos en los que dieron seguimiento al efecto de la inoculación, bajo condiciones de campo, con la especie *M. exigua* desde la siembra hasta las dos primeras cosechas. Encontraron que el efecto primario era la disminución en crecimiento de las plantas inoculadas, la cual fue de un 30 por ciento después de los cinco meses, manteniéndose esta diferencia durante el primer año. Posteriormente, al medir y comparar las dos primeras

1/ Trabajo presentado durante el VIII Curso de Caficultura Moderna, Turrialba, 9 de julio al 10 de agosto de 1990.

cosechas, se observó que las plantas no inoculadas produjeron el doble que las inoculadas. Vázquez (42), en México, observó que esta misma especie era capaz de causar la muerte en un 85 por ciento de las plantas, seis meses después de efectuada la resiembra en terrenos infestados.

En general, Sasser (36) sugirió que *M. exigua* ocasiona pérdidas en rendimiento de un 10 por ciento en México, América Central y el Caribe, de un 24 por ciento en Brasil y de un 13 por ciento en otros países de América del Sur.

La distribución geográfica de los nematodos en cafeto es muy variable y el número de especies que se han encontrado en su sistema radical es bastante alto (Cuadro 1). Las especies *M. exigua*, *M. incognita* y *M. coffeicola*, todas endoparásitas, se destacan entre éstas por los perjuicios que causan y por estar presentes en diversas regiones cafetaleras. Además, los daños ocasionados por los nematodos del género *Pratylenchus* (*P. brachyurus* y *P. coffeae*) son muy grandes, comparados a los de otros géneros, aunque están menos diseminados. Las otras especies también podrían representar problema para el cafeto pero en menor grado y con diseminación insuficiente para adquirir importancia (41).

SINTOMATOLOGIA

La falta de atención al problema nematológico en el cafeto se agrava por el hecho de que los síntomas aéreos que se pueden observar en plantas infestadas, tales como clorosis debida a deficiencias minerales, especialmente de nitrógeno, magnesio, hierro y zinc; defoliación severa; marchitez generalizada; crecimiento reducido; menor resistencia a la sequía; mayor incidencia de enfermedades foliares como *Cercospora coffeicola* y *Colletotrichum* sp.; agotamiento general de la planta, proliferación y muerte de yemas; acortamiento de los entrenudos, pueden ser causados por otros problemas de las raíces y hasta por condiciones desfavorables del suelo, por lo que es difícil dar un

CUADRO 1. Especies de nematodos encontradas en el café y países en donde se han identificado.*

NEMATODO	HOSPEDERO	PAISES
<i>Meloidogyne axipus</i>	<i>Coffea arabica</i>	Brasil, Colombia, Perú, Costa Rica, Guatemala, El Salvador, República Dominicana, Nicaragua, Honduras, Panamá, Martinica, India, Africa Oriental
<i>M. incognita</i>	<i>C. arabica</i> <i>C. canephora</i>	Guatemala, Honduras, Cuba, Brasil, Costa de Marfil
<i>M. javanica</i>	<i>C. canephora</i> var. <i>robusta</i> <i>C. arabica</i>	Congo, El Salvador
<i>M. hapla</i>	<i>C. arabica</i> <i>C. canephora</i> var. <i>robusta</i>	Congo, Brasil
<i>M. inornata</i>	<i>C. arabica</i>	Guatemala
<i>M. africana</i>	<i>C. arabica</i> <i>C. canephora</i> var. <i>robusta</i>	Kenya, Congo
<i>M. coffeicola</i>	<i>C. arabica</i>	Brasil
<i>M. decalineata</i>	<i>C. arabica</i>	Tanganyika
<i>M. negadora</i>	<i>C. arabica</i> <i>C. canephora</i> <i>C. congensis</i> <i>C. eugeniooides</i>	Angola
<i>M. oteifai</i>	<i>C. canephora</i> var. <i>robusta</i>	Congo
<i>Pratylenchus coffeae</i>	<i>C. arabica</i>	República Dominicana, Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, Brasil, Congo, Madagascar, Java Sureste Asia, Barbados, Jamaica Martinica, Indias Occidentales

Cont. CUADRO 1.

<i>P. brachyurus</i>	<i>C. arabica</i> <i>C. canephora</i> <i>C. excelsa</i>	Perú, Brasil, Costa de Marfil
<i>Radophulus similis</i>	<i>C. arabica</i> <i>C. canephora</i> var. <i>robusta</i> <i>C. excelsa</i>	Java, El Salvador, Puerto Rico
<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>C. arabica</i>	Java, India, Honduras
<i>Rotylenchus</i> spp.	<i>Coffea</i> sp.	Angola, Costa Rica, Brasil
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>C. arabica</i>	India, Puerto Rico
<i>Hemicriconemoides</i> sp.	<i>C. arabica</i> <i>C. canephora</i> var. <i>robusta</i>	India, Brasil
<i>Xiphinema raditicola</i>	<i>C. arabica</i>	Perú, Guatemala
<i>X. americanum</i>	<i>C. arabica</i>	Guatemala, República Dominicana, Honduras
<i>X. brevicolle</i>	<i>C. arabica</i>	Brasil
<i>X. krugi</i>	<i>C. arabica</i>	Brasil
<i>X. insigne</i>	<i>C. arabica</i>	India
<i>X. basilgoodeyi</i>	<i>C. arabica</i>	Congo

‡ Recopilación de Lordello, L.G.E. (16), Grullón, L. (23), Antonio, A.M.G' (3),
Thomaziello, R.A. (41), Whitehead, A.S. (43) y Pinochet, J. y Ventura, B (28).

diagnóstico acertado a nivel de campo. Asimismo, la magnitud de los daños causados por los nematodos en plantas de café depende de varios factores: la edad del cultivo, la especie y cultivar de Coffea, la especie y raza del nematodo, el tipo de suelo y las condiciones de clima. Por ejemplo, *M. exigua* es muy importante para los cafetos jóvenes; *M. incognita*, probablemente las razas 2 y 3, es el enemigo más serio de los cafetos en el Brasil, donde ha destruido miles de plantas de diferentes edades (12). En el Salvador, los nematodos del género *Pratylenchus coffeae* constituyen un problema serio en las etapas de semillero y vivero (7).

Sin embargo existen algunos síntomas más típicos del ataque de nematodos, que se encuentran a nivel radical, y que pueden ser útiles para la detección de esa plaga. En el caso del género *Meloidogyne*, el síntoma más obvio es la formación de agallas de tamaño variable, localizadas en grupos a lo largo de las raíces finas y que son invadidas por organismos secundarios que inducen pudrición radical. En el caso de un ataque de *M. incognita* se observa suberización del cuello de la raíz pivotante y raíces secundarias, por lo que las agallas se notan engrosadas, produciendo agrietamiento longitudinal que puede servir como puerta de entrada a otros patógenos. Esta sintomatología tiene cierta semejanza con la inducida por *M. arabicida*, nematodo de reciente descripción y localizado en una zona de Costa Rica; el cual produce la formación de tejido corchoso a lo largo de la raíz pivotante, así como la formación de agallas engrosadas en las raíces laterales; cabe anotar que se ha sugerido que la sintomatología y el daño provocados son el resultado de una asociación del nematodo con algún hongo del suelo.

En el caso del género *Pratylenchus*, el nematodo penetra dentro de la corteza de la raíz y tiene gran movilidad dentro de la misma. Ocasiona lesiones de color pardo-rojizo

seguidas por la pudrición de la corteza, esto hace que la misma se desprenda con facilidad y quede solamente la parte central de la raíz.

COMBATE

El combate de los nematodos en el cafeto podría realizarse de varias maneras:

1- Utilización de almácigo sano

Con frecuencia, este es el principal medio de diseminación de los nematodos, por ejemplo durante los años de 1976 y 1977 se destruyeron en el Estado de São Paulo, Brasil, más de 3 millones de plantas de almácigo infectadas(12). A la hora de comprar y producir almácigo, es imperativo que el caficultor se asegure de que el mismo esté libre de nematodos pues una vez que la plaga se introduce en un terreno, su exclusión es casi imposible.

2- Aplicación de enmiendas de diferentes fuentes.

Esta práctica puede tener algún efecto benéfico pero pasajero y los resultados obtenidos en las investigaciones suelen ser erráticos. En general se acepta que fomentan la multiplicación de organismos predadores de los nematodos fitoparásitos y favorecen el desarrollo de los cafetos, por lo que los mismos "afroantan" mejor el daño de los nematodos.

3- Rotación de cultivos

Esta medida de combate no es muy aplicable en cultivos perennes como el café. A esto se unen las condiciones topográficas en que se siembra y lo limitado de las áreas, ya que la mayoría pertenece a pequeños productores, por lo que no pueden adoptar esta opción. Otro factor que reduce la eficiencia de esta práctica es la gran persistencia de

los nematodos en el suelo. Sin embargo, existen casos en que la rotación ha sido aplicada y parece tener resultado (Hacienda Juan Viñas. C.R., rotación café-caña de azúcar).

4- Aplicación de nematicidas

Este método es el más comúnmente usado por su facilidad y efectividad, pero su utilización se ve limitada por los siguientes factores:

- Ocasiona daños al ambiente (agua, suelos, plantas, animales y humanos).
- Es poco efectivo en resiembras realizadas en terrenos con alta infestación.
- Aunque se realizaran tratamientos con dosis elevadas y frecuentes, no se llega a erradicar las poblaciones de nematodos.
- Tiene un costo elevado por lo que no está al alcance de la mayoría de los caficultores. Por ejemplo, en una de las fincas aledañas a Turrialba, Costa Rica, la Hacienda Juan Viñas, se determinó que la aplicación de nematicidas, considerando materiales y mano de obra, representa un 12 por ciento de los costos totales de producción (Comunicación del Ing. Luis Fernando Quesada, administrador. Octubre, 1987).

Por otro lado, en algunos casos esta práctica puede resultar poco rentable. En el Cuadro 2 se presenta un estudio económico realizado a un ensayo donde se aplicaron cuatro dosis del nematicida Furadan 5G. Se hace evidente la ventaja de combatir los nematodos ya que en todos los tratamientos con nematicidas se obtuvo un aumento en la producción. Sin embargo, los elevados costos de aplicación del mismo hacen que esta práctica resulte antieconómica;

refiriéndose sobre todo a las dosis más elevadas. Además, debe tenerse en cuenta que el efecto de estos productos no es muy duradero y que los nematodos, generalmente, tienen una alta persistencia en el suelo. Esto obliga a hacer dos aplicaciones anuales, lo cual aumenta los costos de producción.

En el Cuadro 3 se anotan los nematicidas y las dosis más comúnmente recomendadas en el cultivo.

CUADRO 3. Algunos nematicidas y dosis recomendadas en el cultivo del café.

PRODUCTO	PRESENTACION COMERCIAL	DOSIS		NUMERO DE APLICACIONES
		g.i.a./pl 1	2 *	
Nemacur	25.0 kg 10%	1.0	1.5	2
Temik	13.8 kg 15%	1.0	0.75	1
Furadán	23.0 kg 5%	1.0	0.75	2
Vydate L	1.0 lt 24%	1.0	0.20	3
Mocap	15.0 kg 10%	1.0	1.50	2

1.2. Evaluación económica de la cosecha obtenida al aplicar cuatro dosis de Furadan 5G en relación con el testigo.

DOSIS 2/ kg/ha	PRODUC. CEREZA kg/ha	fan/ha 3/	INGRESO BRUTO (\$)	INGRESO BRUTO SOBRE TESTIGO (\$)	COSTO APLIC. NEMATOCIDA (\$) 4/	INGRESO NETO SOBRE TESTIGO (\$)	RELACION INVER./GANANCIA
0	16512	65	4010	--	--	--	--
85	19682	77	4758	738	328	413	1: 1,20
170	21193	83	5104	1104	637	467	1: 0,79
255	21009	82	5043	1043	960	83	1: 0,05
340	19203	75	4613	613	1274	-661	1: -0,50

1/Adaptado de Figueroa, A. 1976. Efecto de carbofuran en la productividad del café Caturra. Neotrópica 8 (2):26-33.

2/La dosis por hectárea se calculo considerando una población de 5682 plantas/ha.

3/Se estimó que una fanega de cereza equivale a 255 kg y que el precio de liquidación en el periodo 1986-87 es de unos \$4000 por fanega.

4/Se estimó un precio de \$240 colones/kg de Furadan. Para calcular el costo de la mano de obra se consideraron dos jornales de \$305 (cada uno) por hectárea cuando se aplican de 85 a 205 kg/ha y cuatro jornales cuando las dosis son de 255 a 340 kg/ha.

Un dólar americano equivale a sesenta y cinco colones de Costa Rica (\$1,00 = \$65,00).

5- Resistencia genética

La persistencia de los nematodos en el suelo, el costo relativamente alto del combate químico y los enormes efectos no deseables de su uso, hacen atractivo el desarrollo de cultivares resistentes y tolerantes de plantas, desde el punto de vista económico (34). De hecho, este método es considerado como la manera más eficaz y menos costosa de combatir nematodos parásitos del cafeto(16).

Los programas de mejoramiento de este tipo, deben iniciarse con la identificación de fuentes de resistencia que puedan emplearse directamente o transferirse, por hibridación, a plantas con valor comercial (16). En este sentido y con respecto al cafeto, las especies más estudiadas son *M. exigua* y *M. incognita*; más adelante se detallarán algunos de esos trabajos. En lo que se refiere a *P. coffeae*, se ha notado cierta resistencia en el cultivar Robusta (*C. canephora*) (36) pero no se conocen trabajos detallados y concluyentes.

Otro factor a considerar en este tipo de investigación es la posibilidad de que los nematodos posean razas fisiológicas, lo cual podría reducir la utilidad de los cultivares que se consideran con resistencia (35).

Estudios de resistencia

Coffea arabica:

Se ha encontrado que la resistencia a nematodos, en germoplasma de la especie *C. arabica* es poco común. En trabajos, realizados en Brasil y Costa Rica (13,18,26) se informa de algunos resultados positivos.

Se ha encontrado que las muestras de los cultivares N939, Anfillo, Dalle mixed, Barbuk Sudan, Tafari Kela y

Ennarea presentan plantas con resistencia a *M. exigua* (13,18,26). El Ennarea, el Sudan Rume y el Anfillo también han mostrado resistencia a *M. incognita* (30). Este último cultivar mostró un buen comportamiento como portainjerto de los cultivares comerciales Mundo Novo y Catuaí, lo que aumenta sus posibilidades de utilización (29,31).

Coffea canephora:

Debido a su gran variabilidad genética, esta especie es una de las más estudiadas y de las que existe más información en resistencia. Por esta razón se ha utilizado como patrón en injertos con varios cultivares de *C. arábica* y en programas de transferencia de este factor genético de resistencia a plantas susceptibles (11,13,32). Su importancia como portainjerto se magnifica debido a que presenta un sistema radical muy abundante y desarrollado.

Algunos de los cultivares con resistencia a *M. exigua* son: el Kouillou, el Robusta, el Guarini, el Laurentii, el Kawisari y el Bukobensis (11,13,26). Los mismos cultivares, a excepción del Laurentii, también se encontraron resistentes a *M. incognita* (30).

OTRAS ESPECIES:

Al igual que el *C. canephora*, otras especies de *Coffea* se han comportado como resistentes a *M. exigua*, entre ellas están *C. congensis*, *C. dewevrei*, *C. racemosa* y *C. eugenioides* (14,17). Las dos primeras poseen características que las hacen útiles como portainjertos de los cultivares de *C. arábica* (14,17). Las especies *C. racemosa*, *C. dewevrei* y *C. congensis* también se han mostrado resistentes a *M. incognita* (30).

HIBRIDOS:

También se han evaluado algunos híbridos entre *C. arabica* y *C. canephora* que han dado buenos resultados.

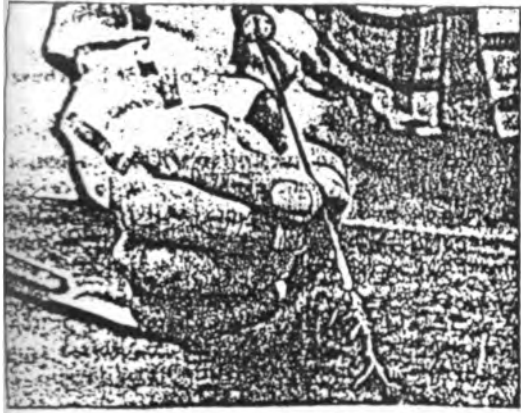
Se han detectado líneas de Catimor (19,26,30), Sarchimor (15,19,26,30) y Cavimor (41) con resistencia a *M. exigua* y a *M. incognita*; aunque la mayoría de ellas aún segregan para esa característica. Algunas de estas progenies también mostraron un buen comportamiento en lo que se refiere a conformación, vigor vegetativo y productividad, además de ser portadoras de resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br). Todas estas características lo convierten en un material promisorio y de mucho interés para los programas de mejoramiento.

1.3-Injertación

Este es uno de los métodos que ha mostrado mayor posibilidad de éxito. De hecho, existen países como Guatemala y Nicaragua donde la misma se ha constituido en una labor común entre los caficultores.

Esta práctica está muy relacionada con la resistencia ya que se fundamenta en la utilización de un patrón resistente, con buen desarrollo radical, sobre el cual se injertan los cultivares susceptibles a nematodos pero con un alto valor comercial. En Brasil (9,20,31) se ha trabajado en los últimos años injertando los cultivares Mundo Novo y Catuaí sobre patrones de *C. canephora*, *C. congensis*, *C. arabica* cv. Anfillo y *C. dewevrei* con la finalidad de evaluar su productividad y efecto sobre el combate de los nematodos.

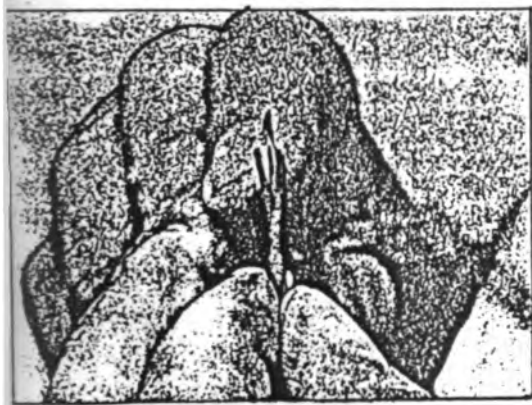
INJERTO HIPOCOTILEDONAL EN CAFE



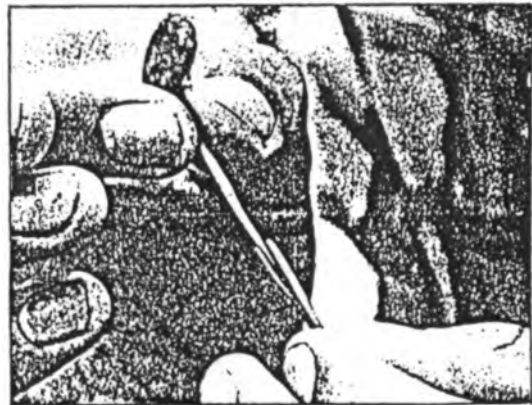
1



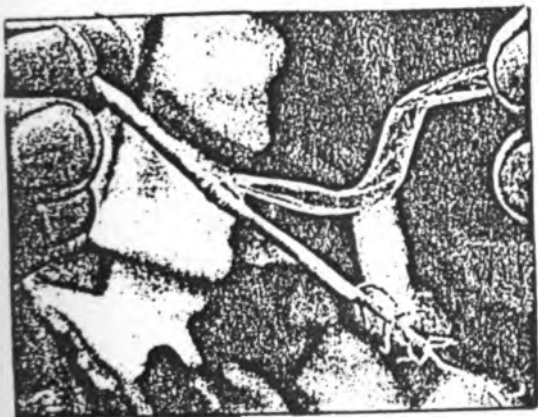
2



3



4



5



6

LITERATURA CITADA

- 1 - ABREGO, L. 1971. Los nematodos, un problema del café en El Salvador. *Nematropica* 1(1):19.
- 2 - _____. 1976. Aspectos importantes a considerar en el empleo de plaguicidas en el cultivo del café, con especial referencia a los nematicidas. *Agricultura en El Salvador* 15(3):14-20.
- 3 - ANTONIO, A. M. D'. *et. al.* 1980. Levantamento de nematóides parásitos do cafeeiro que ocurrem no sul de Minas Gerais. In *Cong. Bras. Pesq. Caf.*, 8, São Paulo, Brasil. *Anais.* Rio Janeiro, IBC. pp. 440-443.
- 4 - ARRUDA, H. V. DE. 1960. Efeito depressivo de nematóides, sobre mudas de cafeeiro formadas em laminados. *Bragantia (Bra.)* 19:15-17.
- 5 - _____. 1960. Redução no crescimento de cafeeiros com un ano de campo, devida ao parasitismo de nematóides. *Bragantia (Bra.)* 19:179-182.
- 6 - _____. y REISS, A. J. 1960. Redução nas duas primeiras colheitas de café devido ao parasitismo de nematoide. *Biologico (Bra)* 28(12):349.
- 7 - GIL FAGGIOLLY, S. L. 1983 Nematodos del cafeto.. In *Técnicas modernas para el cultivo del café.* IICA/ISIC, Nueva San Salvador, El Salvador. pp. 136-137.
- 8 - COLBERT, B. 1978. Los nematodos reducen el rendimiento del cafeto. *Hacienda (Estados Unidos)* 73(6):25-26.
- 9 - COSTA, A. C. DA. *et. al.* 1986. Avaliação de porta-enxertos de *Coffea canephora* e *Coffea congensis* visando resisténcia a nematóides. In *Cong. Bras. Pesq. Caf.*, 13, Minas Gerais, Brasil. *Trabalhos apresentados.* Rio de Janeiro, IBC, 1986. p. 139.
- 10- CUELLAR S., R. 1959. *Phytonematology in Panama and Central America.* Soil and Crop Science Society of Florida *Proccedings* 19:430-435.

- 11- CURI, S. M. 1969. *Coffea canephora* var. Kouillou, promissora fonte de resistência genética no controle do nematóide do cafeeiro, *Meloidogyne exigua*. *Biológico (Bra)* 35(1):21-22.
- 12- _____ . 1984. Coffee culture problems caused by root-Knot nematodes in Brazil. In Proceedings on the Research and Planning Conference on root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. Brasilia, Brasil, oct. 1982. North Carolina Sta. Univ. Graphics. pp. 35-42.
- 13- _____ . et. al. 1970. Novas fontes de resistencia genética de *Coffea* no controle de nematóide do cafeeiro, *Meloidogyne exigua*. *Biológico (Bra.)* 36(10):293-295.
- 14- FAZUOLI, L. C. et. al. 1974. Estudo da resistencia de cafeeiros a nematóides. *Soc. Bras. Nemat. Public. No 1:25-26.*
- 15- _____ . y LORDELLO, R. R. A. 1975. Resistencia de cafeeiros Hibrido do Timor a *Meloidogyne exigua* (Sum.). *Plant Breeding Abs.* 49:3805.
- 16- _____ . et. al. 1977. Estudo de métodos de infestação para avaliação precoce da resistencia do cafeeiro a *Meloidogyne exigua*. *Bragantia (Bra.)* 36(23):231-237.
- 17- _____ . y LORDELLO, R. R. A. 1977. Resistencia de *Coffea liberica* e *C. deweyrei* a *Meloidogyne exigua* . *Soc. Bras. Nemat. Public. No 2:197-199.*
- 18- _____ .; MONACO, L. C. y CARVALHO, A. 1977. Resistencia do cafeeiro a nematóides. I. Testes em progenies e híbridos, para *Meloidogyne exigua*. *Bragantia (Bra.)* 36(29):297-307.

- 19- _____ ; COSTA, W. M. DA y BORTOLETTO, N. 1983.
Resistencia das progenies de café LC 1669-31 e LC 1669-33 aos nematóides Meloidogyne exigua e M. incognita. In Cong. Bras. Pesq. Caf., 10, Poços de Caldas, Brasil. Anais. Rio de Janeiro, IBC. pp. 81-83.
- 20- _____ ; _____ y FERNANDES, J. A. R. 1983.
Variabilidade na resistência de linhagens de Coffea canephora em relação a uma população do nematóide Meloidogyne incognita em condições de viveiro. In Cong. Bras. Pesq. Caf., 10, Poços de Caldas, Brasil. Anais. Rio de Janeiro, IBC. pp. 115-116.
- 21- FERREIRA, A. J. y ARAUJO NETTO, K. 1977. Estudo de resistencia de Coffea spp. ao nematóide Meloidogyne exigua - Teste de resistencia de varias progénies de Catimor, Catindú, H. de Timor e outras, selecionadas en Caratinga, M.G. In Cong. Bras. Pes. Caf., 5, Guarapari, Brasil. Anais. Rio de Janeiro, IBC. pp. 209-211.
- 22- FONDO ESPECIAL DE DESARROLLO. 1978. Nematodos. El Café de Nicaragua no. 324:3-4.
- 23- GRULLON, L. 1972. Nemátodos que atacan el café en República Dominicana. Sanidad Vegetal (Rep. Dominicana) 2(4):8-14.
- 24- LORDELLO, L. G. E. 1972. Nematode pests of coffee. In Webster, J. M., ed. Economic nematology. London, Academic Press. pp. 268-284.
- 25- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. COSTA RICA. Café. s.n.t. 7 p.
- 26- MORERA G., N. 1986. Evaluación de la interacción entre genotipos de Meloidogyne exigua GOELDI, 1887 Y Coffea spp. Tesis Mag. Sc. UCR/CATIE, Turrialba, Costa Rica. 59 p.
- 27- PINOCHET, J. et. al. 1986. Fluctuación estacional de poblaciones de nematodos en dos cafetales en Panamá. Turrialba 36(2):149-156.

- 28- _____ y VENTURA, O. 1980. Nematodes associated with agricultural crops in Honduras. Turrialba 30(1):43-47.
- 29- REBEL, E. K. y FAZUOLI, L. C. 1978. Avaliação de cafeeiros enxertados em área infestada con Meloidogyne incognita. In Cong. Bras. Pesq. Caf., 6, Ribeirao Preto, Brasil. Resumos. Rio de Janeiro, IBC. pp. 101-102.
- 30- _____ y _____ . 1978. Fontes de resistencia de cafeeiro ao nematóide Meloidogyne incognita. In Cong. Bras. Pesq. Caf., 6, Sao Paulo, Brasil. Resumos. Rio de Janeiro, IBC. pp. 187-191.
- 31- _____ . 1979. Produção de cafeeiros enxertado em local com o nematóide Meloidogyne incognita. In Cong. Bras. Pesq. Caf., 7, Minas Gerais, Brasil. Resumos. Rio de Janeiro, IBC. pp. 249-250.
- 32- RODRIGUEZ, A. G. 1980. Nemátodos y su control con injertos. Revista Cafetalera (Guatemala) no. 190:30.
- 33- SALAS, L. A. y ECHANDI, E. 1960. Nematodos parásitos en plantaciones de café de Costa Rica. Café 2(7):21-24.
- 34- SASSER, J. N. 1966. Behavior of Meloidogyne spp. from various geographical locations on ten host differentials (Sum.). Nematologica 12(1):97-98.
- 35- _____. 1972. Physiological variation in the genus Meloidogyne as determined by differential hosts. OEPP/EPPO Bulletin no. 6:41-48.
- 36- _____. 1979. Economic importance of Meloidogyne in tropical countries. In Lamberti, F. y Taylor, C. E., eds. Root-knot nematodes. London, Academic Press. pp. 360-374.
- 37- SCHIEBER, E. y SOSA, O. N. 1960. Nematodes on coffee in Guatemala. Plant Disease Reporter 44(9):722-723.

- 38- SCHIEBER, E. y GRULLON, L. 1969. El problema de nemátodos que atacan al café (*Coffea arabica*) en República Dominicana. Turrialba 19(4):513-517.
- 39- SCHIEBER, E. 1974. Problemas de nematodos en el cafeto. La Hacienda (EU) 69(2):18-21.
- 40- TARTE, R. 1970. Reconocimiento de nemátodos asociados con diversos cultivos en Panamá. Turrialba 20(4):401-406.
- 41- THOMAZIELLO, R. A. 1982. A importância dos nematóides. Correio Agricola no. 1/82: 372-378.
- 42- VAZQUEZ, J. T. 1971. Principales problemas nematológicos en México. Nematrópica 1(1):30.
- 43- WHITEHEAD, A. G. Nematodes attacking coffee, tea and cocoa, and their control. s.n.t. pp. 238-250.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

-IICA-

P R O M E C A F E

“DESCRIPCION, BIOLOGIA, ECOLOGIA Y CONTROL QUIMICO DE
NEMATODOS FITOPARASITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CAFE

Luc Villain
IRCC/PROMECAFE

SEXTO CURSO SOBRE
FUNDAMENTOS DE CAFICULTURA MODERNA

Zamorano, Honduras

I. GENERALIDADES BIOLÓGICAS DE LOS NEMATODOS

- Los nemátodos son gusanos redondos de tamaño microscópico. Las especies parásitas de plantas pueden medir de 0.5 a 3.0 mm de largo y 0.01 de ancho. Casi todos son cilíndricos y delgados, aunque las hembras en algunas de las especies parásitas de plantas tienen formas variadas como de pera, limón o de riñón.
- Su cuerpo es de organización sencilla con una cavidad central llamada pseudocoeloma no limitada por un epitelio.
- El cuerpo está cubierto de una cutícula flexible de naturaleza Chitínica. Esta ocasiona un crecimiento por medio de mudas, que son generalmente con un número de cuatro, correspondiendo a los estados juveniles. Esta cutícula les proporciona una cierta resistencia a los factores exteriores como los químicos.
- No tiene sistema respiratorio ni tampoco sistema circulatorio.
- El sistema nervioso de los nemátodos es sumamente complicado con órganos sensoriales distribuidos sobre todo en las partes anteriores (quimiorreceptores).
- El sistema reproductivo de la hembra es generalmente constituido por uno o dos ovarios tubulares, una espermateca, un oviducto y un útero. Los huevos son depositados por la vulva, la cual se sitúa entre la cola y la mitad del cuerpo. La disposición de la vulva sirve de carácter de identificación.

En cuanto al macho, su sistema reproductivo tiene uno o dos testículos y tiene espículos dispuestos en la cola para fecundar a la hembra.

- En general, los nemátodos se reproducen por medio de fecundación cruzada entre hembras y machos. Sin embargo, la reproducción partenogénica es común, además en algunas especies, las hembras son hermafroditas, produciendo huevos y espermatozoides.

II. CLASIFICACION SISTEMÁTICA DE LOS NEMATODOS

1. Tylenchida

Este grupo representa a la mayoría de las especies fitoparásitas. Las especies de este grupo son caracterizadas por un estilete bucal y un aparato digestivo en tres partes, con una región media más gruesa que contiene un aparato valvular cuticularizado, el cual parece funcionar como una bomba.

2. Dorylamida

Las especies de este grupo son caracterizadas por un estilete (Xiphimena sp., Longidorus sp.) o un diente plano. A este grupo pertenecen unas especies fitoparásitas y todas las que se sabe son transmisoras de virus, aunque no se conoce todavía transmisión de virus por medio de nemátodos sobre el café.

III. LOS VARIOS TIPOS ECOLOGICOS DE NEMATODOS

1. Los nemátodos parásitos de animales

Son numerosos a parasitar los insectos.

2. Los nemátodos de vida libre

Se encuentran en cualquier nicho biológico que pueda propiciar la vida.

Los "regímenes" alimenticios de este tipo de nemátodos son variables:

- Saprofiticos: se alimentan de materia vegetal en descomposición, de micelium, de bacterias. Algunas atacan a las plantas, aprovechando las lesiones provocadas por ejemplo, por otro nemátodo.
- Predadores: atacan a otros nemátodos.
- Fitófagos: deben tener un papel en la degradación del humus. No se conoce todavía la importancia de estos nemátodos libres ectoparásitos fitófagos. Su estudio es difícil por causa del gran número de especies cuya identificación es difícil.

3. Los nemátodos fitoparásitos

Casi cada planta tiene un complemento de nemátodos. Estos agentes patógenos afectan el rendimiento y/o la calidad:

- Dañan el sistema radicular y así, limitan la utilización de los nutrimentos y del agua y favorecen la entrada de hongos y bacterias.
- Alteran la fisiología y luego aumenta la susceptibilidad a las enfermedades.
- Unos son vectores de virus, pero todavía no se conocen ejemplos con el café (Dorylamidae).

Ectoparásitos

Pasan todo su ciclo vital en libertad en el suelo, alimentándose exteriormente sobre las raíces de las plantas huéspedes. Tienen generalmente un estilete bastante largo y frecuentemente afectan solamente a la corteza de las raíces.

Se desprenden de las raíces cuando éstas son perturbadas. Los huevos se depositan en el suelo. Ejemplo: Trichodorus sp., Belonolaimus sp., Criconemoides sp. Xhiphinema sp.

Semiendoparásitos

Sólo la parte anterior del nemátodo penetra dentro de la raíz.

Ejemplos: Helicotylenchus sp., Hoplolaimus sp.

Endoparásitos

Viven obligatoriamente a un momento del ciclo vital dentro de las raíces de las plantas huéspedes. Ejemplo:

- Migratorios

todos los estados son móviles y pueden emigrar así de una raíz a otra. Ejemplo: Pratylenchus coffeae., Radophulus similis

- Sésiles

sólo el segundo estado larval está libre y es infestante; el resto del ciclo vital se pasa dentro de la raíz. Ejemplo: Meloidogyne exigua. Globodera, Heterodera.

IV. FACTORES ABIOTICOS QUE INFLUYEN SOBRE LAS POBLACIONES DE NEMATODOS

1. Temperatura

La gama óptima es de 15 a 30 grados C. De 30 a 40 grados C se vuelven inactivos y fuera de estos límites, las temperaturas pueden ser fatales.

2. Textura del suelo

Generalmente se encuentra un número mayor de nemátodos fitoparásitos en los suelos arenosos de textura gruesa, que tienen poros grandes que drenan con más rapidez, permitiendo un mayor movimiento de los nemátodos. Sin embargo, en los suelos arcillosos se encuentra también bastantes nemátodos lesionantes.

3. Constitución química del suelo

La variación del pH del suelo entre 5 hasta 7, tiene poco efecto sobre los nemátodos.

4. Humedad del suelo

La fluctuación de la humedad del suelo debida a la lluvia o al riego es el factor principal que influye a los aumentos de población de los nemátodos.

Se cree que los nemátodos siempre están activos en suelos que tienen un contenido de humedad de 40 a 60% de su capacidad de campo. En los suelos saturados o secos, están inactivos durante períodos variables.

Se estudió en Panamá la dinámica poblacional de Meloidogyne exigua en función de las precipitaciones. Se ve que durante toda la época lluviosa incrementan las poblaciones de segundo estado larval en el suelo. Hecho muy importante a considerar en la estrategia de lucha química, o sea que la época más adecuada para aplicar nemátocidas es al principio de la época lluviosa para romper el ciclo. Al contrario, huevos y larvas de segundo estado en las raíces, son más numerosas durante la época seca.

V. LAS PRINCIPALES ESPECIES DE NEMATODOS FITOPARASITOS DEL CAFETO

1. Ectoparásitos

- Helicotylenchus sp.

Debe su nombre al hecho que al morir, toma la forma de espiral. Puede vivir en una amplia variedad de habitats. Posee un estilete bastante robusto y causa un daño básicamente a la planta.

- Criconemoides sp.

Este también tiene un estilete bien desarrollado. Se reconoce fácilmente por su forma de pepino, con un cuerpo bien anillado. Se encuentra más en suelos de textura franca a franca-arenosa.

- Xiphinema sp.

Llamado nemátodo de daga, éste es bastante reconocible por su forma larga y delgada y su estilete muy grande que le permite alcanzar el sistema vascular de la raíz. Los machos son raros y la reproducción se realiza frecuentemente por medio de partenogénesis.

2. Endoparásitos

- Meloidogyne sp.

Este género corresponde a lo que se llama nemátodos de agallas o de nódulos radiculares. Las dos especies más importantes para

la caficultura centroamericana son M. exigua, presente en Guatemala, El Salvador, Costa Rica, República Dominicana, Martinica, Trinidad-Tobago, Colombia, Perú y Brasil, y M. incognita, presente en Guatemala, Puerto Rico, Jamaica, Brasil, Costa de Marfil.

Este nemátodo causa daños sobre todo en almácigos.

Daños -sintomatología

Al nivel de las raíces M. exigua ocasiona la formación de agallas alargadas, no siempre visibles, localizadas primero en las extremidades radiculares. Además, las raíces muestran necrosis y fallas de tejidos cortical. Al contrario M. incognita, generalmente no incita la formación de agallas. Muchas raicillas y una gran parte de los pelos absorbentes son eliminados.

Se puede observar también necrosis sobre la raíz pivotante y la base del tronco.

El ataque por Meloidogyne spp. favorece el ataque secundario por Rhizoctonia solani.

Estos daños de las raíces, ocasionan síntomas al nivel de la parte aérea:

- Una clorosis
- Síntomas típicos de falta de nutrición mineral, particularmente de nitrógeno y zinc
- Raquitismo
- En caso de ataques severos, ocurre una defoliación total con una muerte progresiva de la planta.

Ciclo de vida (Fig. 7)

El ciclo de muchas especies de Meloidogyne spp tienen un ciclo que queda todavía mal conocido.

El segundo estado larval que sale del huevo se mueve en el suelo. En el estado infestante, el cual es atraído por las raíces en las cuales penetra para transformarse en adulto, produciendo agallas. Mientras que el macho es libre, la hembra es sedentaria y realiza su oviposición en una bolsa gelatinosa conocida como matriz, que contiene un promedio de 400 a 600 huevos.

2.1 Pratylenchus coffeae

Es el nemátodo comúnmente llamado nemátodo lesionante. Es tal vez el nemátodo fitoparásito más importante de la caficultura centroamericana. Se encuentra en Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Puerto Rico, República Dominicana, Venezuela, Brasil, Perú, Antillas, Congo, Costa de Marfil, Java, India, Indonesia.

Este nemátodo hace daños en almácigos, pero también en plantaciones establecidas especialmente sobre cafetos jóvenes.

Al nivel de las raíces, este nemátodo penetra dentro de la corteza de la raíz y tiene una gran movilidad dentro de la misma. Causa así lesiones y luego ocasiona pudrición de la corteza que se remueve y favorece la entrada de microorganismos secundarios, bacterias y hongos como Rosellinia bunodes y Fusarium oxysporum. Cuando el ataque es muy fuerte, se forman chancros en la base del tronco.

Al nivel de la parte aérea, los síntomas son iguales a los que producen Meloidogyne exigua.

Ciclo de vida

P. coffeae es típicamente un endoparásito migratorio. Adultos y jóvenes pueden hacer un movimiento migratorio de una raíz a otra. En ausencia de una planta huésped, P. coffea puede sobrevivir 8 meses en suelo húmedo.

Es difícil determinar el número total de huevos producidos por una hembra, por el hecho de que los huevos son depositados simplemente en tejidos vegetales y en el suelo.

w	1	2	3	4	ad
8 días	6 días	7 días	7 días	8-11 días	

29 - 22 días

ciclo de vida de P. coffeae de 24 a 26 grados C

VI. METODOS DE COMBATE A LOS NEMATODOS

La lucha contra los nemátodos es bastante difícil. La lucha química en la cual se piensa en prioridad, no permite erradicar los nemátodos en una plantación. Entonces se necesita hacer una lucha integrada recurriendo a todos los medios complementarios que se pueden usar en caficultura y que aspiran a dos propósitos principales:

- La prevención de diseminación por medio de varias medidas;
- La convivencia con los nemátodos por medio de la resistencia de las plantas.

1. Medidas culturales preventivas

Como la propagación de los nemátodos por medio propio se hace sólo a cortas distancias, el medio de diseminación de estas plagas más

importante, es el transporte que hace el hombre de tierra infestada y partes de plantas infectadas. Necesita, entonces, tomar varias medidas para evitar las diversas posibilidades de diseminación.

a. Diseminación del almácigo a la plantación por siembra de plantas jóvenes contaminadas. El sustrato del semillero y del almácigo de be ser indemne de nemátodos.

- Semillero: se puede usar arena de río libre de suelo
- Almácigo : se puede usar tierra proveniente de un terreno en barbecho por 2 ó 3 años.

En caso de infestación, se necesita hacer un tratamiento del sustrato con nematicida.

b. Diseminación por medio de herramientas agrícolas en contacto con el suelo.

- Piochines usados para hacer los hoyos de siembra de las plantas jóvenes.
- Azadones y machetes usados para la limpieza de los cafetales.

Necesita hacer una limpieza de las herramientas antes de pasar de una parcela a otra.

c. Agua de irrigación y de escorrentía. Cuando se puede se debe evitar que los semilleros estén abajo de una zona contaminada por los nemátodos.

2. Abonamiento orgánico

Este fomenta la multiplicación de predadores de los nemátodos fitopatógenos: hongos, protozoarios, bacterias, nemátodos predadores. Además,

compensa la desnutrición debida a los daños radiculares causados por los nemátodos.

3. Fertilización mineral

Una buena fertilización mineral no lucha contra los nemátodos, sino que permite, como el abonamiento orgánico, compensar la falta de nutrición.

4. Control biológico

Se conocen bastantes microorganismos del suelo que son patógenos o predadores de los nemátodos fitopatógenos. Pero todavía no se evaluó la eficiencia de un control biológico contra los nemátodos del cafeto. Estos antagonistas son numerosos:

- Hongos (Hyphomycetes y Geophagales sobre todo) = más de 50 especies se conocen como predadores de nemátodos.
- Bacterias = (Ejemplo: Bacillus penetrans)
- Protozoarios = amebas (Theratomyxa weberi)
- Nemátodos predadores = Monochidae...
- Tardígradas.

Todavía hay que investigar sobre este campo. Hongos y bacterias que podrían tener más éxito en el futuro.

5. Lucha química

El control químico tiene limitaciones y no puede reemplazar por completo los otros medios de luchar contra los nemátodos. Además, los nematicidas son costosos y peligrosos para el equilibrio ecológico.

La lucha química al nivel del semillero y del almácigo sirve de prevención para obtener material libre de nemátodos. Al nivel de las plantaciones de finitivas, la lucha química es muy costosa y no permite erradicar los nemátodos. Hay dos clases grandes de nematicidas: los fumigantes y los no fumigantes.

5.1 Los fumigantes

- Son fitotóxicos y por eso se necesita después de su aplicación, respetar un plazo antes de sembrar.
- Tienen una acción sólo en el suelo, por contacto. No toca los endoparásitos dentro de la planta.

Con estas características, los fumigantes sirven de lucha preventiva antes de la siembra.

Las aplicaciones de estos productos necesitan condiciones óptimas del suelo:

- . No demasiado compacto, ni demasiado ligero.
- . No demasiado seco, ni demasiado húmedo.

Los blancos de los fumigantes son varios y poco específicos. Por eso la probabilidad de aparición de resistencia de los nemátodos a estos productos es baja.

Estos productos son polivalentes, o sea que son biocidas generales con una cierta acción fungicida y bactericida. Se encuentran dos grupos químicos dentro de los fumigantes:

- . Hydrocarburos halogenados

- Bromuro de Metilo

- Se recomienda una dosis de 55 galones por hectárea con un plazo de 3 a 7 días antes de sembrar.

La eficiencia es grande, pero la toxicidad es muy alta y necesita muchas precauciones para su manejo.

Dicloropropano Dicloropropeno

La dosis recomendada es de 100 a 120 galones por hectárea, dejándolo ejercer su acción durante 3 ó 4 días, abajo de cobertores plásticos. Se necesita después airear el suelo y esperar 3 semanas antes de sembrar.

. Isocianatos de metilo

Dazomet

Su toxicidad es menor. La dosis recomendada es de 50 a 70 gramos por metro cuadrado y el plazo antes de la siembra es de 15 días. Tiene una acción herbicida.

5.2 No fumigantes

- La toxicidad de estos productos es muy fuerte.
- Tienen una acción por contacto e ingestión que es nematostática. Es decir que su eficiencia vale sobre todo para los nemátodos libres.
- El efecto principal de estos nematicidas es la inhibición de la penetración de las larvas infestantes en las raíces por:

- . Parálisis
- . Desorientación

Ejerciendo una acción sobre los órganos sensoriales
Ejerciendo un efecto repelente

Disminuyendo la atraktividad de las plantas.

- La movilidad de estos productos es debida solamente a la acción hidrodinámica.

Se encuentran dos grupos químicos dentro de las no fumigantes.

. Los organofosforados

Algunos son sistémicos:

Fenamifos	---	Nemacur (sistemético)
Isozofos	---	Miral
Etoprofos	---	Mocap (un poco sistémico)
Terbufos	---	Counter

. Los carbamatos

Estos tienen una sistemía fuerte

Carabofuran	---	Furadan, Curater
Aldicarb	---	Temik (peligroso)
Oxamyl	---	Vydate

- Un sistemía descendente
- Persistencia de acción muy baja. Se necesita entonces hacer tratamientos frecuentes.

Las dosis recomendada de aplicaciones de nematicidas no fumigantes debe ser muy respetada para evitar la aparición de resistencia.

Semillero: 0.5 a 0.75 g de I. A. x metro cuadrado

Almácigo : 0.05 a 0.1 g de I.A. por bolsa

la. aplicación de granular, luego después de 3 - 4 meses, se puede hacer aplicaciones mensuales de Vydate 2L con dosis de 1000-1200 ppm.

Plantación: 1 g de I.A. por planta.

5.3 Muestreo y umbrales de tolerancia económica para *Meoidogyne* spp y *Pratylenchus coffeae* sobre café

Debido al costo y al peligro al usar los nematicidas, es necesario determinar el nivel de población de los nemátodos en un cafetal, para saber si éste es perjudicial y si justifica un tratamiento químico. Se hace por medio de muestreo de raíces. La distribución de los nemátodos que es heterogénea, de tipo agregativo, ocasiona la necesidad de multiplicar las muestras.

El proceso de muestreo es el siguiente:

1. Seleccionar 10 plantas al azar, distribuidas homogéneamente para un área de una manzana (tanto de plantas sanas como de plantas sospechosas).
2. Limpiar con machete el área de goteo del material orgánico y de malezas.
3. Hacer un hoyo con pala a media distancia entre el tronco y el área de goteo y a 20 cm de profundidad.
4. Recolectar aproximadamente una libra de suelo que incluya raíces jóvenes.
5. Depositar esta submuestra en una cubeta y proceder de la misma manera para las otras plantas escogidas. Así se realiza una sola muestra principal. Una muestra principal debe corresponder a un área máxima de 4 ha.

500 - 1000 por 100 g de raíces para P. coffeae

1000 - 3000 por 100 g de raíces para Meloidogyne spp.

A nivel de la plantación establecida, el umbral sería de:

5000 / 100 g de raíces para Pratylenchus coffeae
/100

6000 - 8000/g de raíces para Meloidogyne spp.

Puede haber también asociación de los dos géneros, en cuyo caso los umbrales pasarían respectivamente a 3000 y 4000.

VII. LUCHA GENETICA - RESISTENCIA A LOS NEMATODOS

1. Naturaleza de la resistencia de las plantas a los nemátodos

La susceptibilidad a resistencia de plantas a los nemátodos resulta de varios factores secuenciales pre y post-infectantes.

Los factores pre-infectantes

Las plantas secretan aleloquímicos que son estimuladores o inhibidores para los organismos infestantes como los nemátodos.

En el segundo caso, se habla de alelopatía. Ciertas plantas producen secreciones radiculares que actúan como repelentes o como toxinas para los nemátodos, mientras que otras plantas producen sustancias atractivas para los nemátodos.

Se muestra también en el caso del trigo, que las secreciones radiculares pueden influir sobre la rizosfera que ella misma tiene relaciones alelopáticas con los nemátodos fitoparásitos.

Otra relación entre la planta y algunas especies de nemátodos fitoparásitos es la estimulación o inhibición de las salidas de los huevos (Ejemplo: Heterodera).

Necesita además hacer unas recomendaciones para el transporte de las muestras:

- Siempre llevar tierra con las raíces
- Transportar las muestras dentro de bolsas de plástico cerradas.

Estas dos medidas permiten conservar la humedad necesaria a la supervivencia de los nemátodos.

- No exponer las muestras al sol y guardarlas en un lugar fresco antes de enviarlas.
- Las muestras deben llegar al laboratorio al máximo dentro de las 48 horas después del muestreo.

Es difícil de establecer un umbral de tolerancia económica para los nemátodos, debido al hecho que el efecto de estas plantas se traduce por una falta de nutrición. Este umbral depende de:

- la composición (naturaleza del suelo)
- La variedad de especie de café (injerto sobre Robusta) que tienen un cierto grado de susceptibilidad.
- La edad de la plantación; las plantas jóvenes son más susceptibles.

Sin embargo, unos investigadores han establecido umbrales de tolerancia económica para M. exigua y P. coffeae.

Al nivel de semillero y almácigo: la gran mayoría de investigadores se ponen de acuerdo para decir que a este nivel, no debe existir nemátodos fitoparásitos. Pero algunos establecen un umbral a nivel de almácigo de:

Los factores post-infectantes

Los factores post-infectantes influyen sobre el desarrollo de los nemátodos. En las plantas resistentes, el desarrollo es más lento, hembras no alcanzan el estado de madurez, además la producción de huevos está disminuida. Todo eso resulta de falla, por parte del huésped, de nutrimentos necesarios para la reproducción y la supervivencia del nemátodo. En el caso de ataque por nemátodos de nódulos radiculares, las plantas resistentes muestran una formación baja de células gigantes y el citoplasma de estas células del cual se alimentan los nemátodos es menos denso que en plantas susceptibles.

2. Conocimientos en café

En café todavía son pocos los trabajos que se hicieron. Se sabe ya que Coffea canephora, particularmente el cultivar Robusta y también C. liberica, C. dewevrei, tienen una cierta resistencia a Meloidogyne exigua y Meloidogyne incognita.

Eso sugiere la práctica de injertación de variedades comerciales de C. arabica susceptibles sobre patrones resistentes como Robusta. En cuanto a Pratylenchus coffeae, la investigación sobre plantas resistentes queda todavía pendiente.

El problema para conseguir masivamente patrones resistentes es que algunas especies de Coffea sp. como C. arabica son alogamas, o sea de fecundación cruzada. Entonces necesita seleccionar plantas resistentes y multiplicarlas vegetativamente o encontrar plantas homocigotas para los genes de resistencia que podrían producir semillas certificadas como resistentes a los nemátodos.

Se puede pensar en integrar este trabajo de investigación dentro de un programa de fitomejoramiento, buscando resistencia al complejo de plagas del suelo.