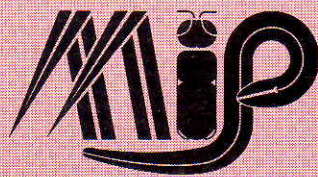


# MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Diciembre, 1986

REVISTA DEL PROYECTO MIP/CATIE

No. 2



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Turrialba, Costa Rica



## GRUPO DE COORDINACION Y ELABORACION

El Proyecto MIP/CATIE produce varias publicaciones periódicas y servicios de **alerta informativa** tales como "Manejo Integrado de Plagas", "Boletín Informativo" y "Páginas de Contenido". Consultas relacionadas con el proyecto y sus servicios, así como sus aportes, sugerencias y material a ser difundido a través de los servicios de información del MIP pueden hacerse llegar a las siguientes direcciones:

### Asesoría y Coordinación:

#### **MIP/CATIE**

7170 Turrialba, Costa Rica  
Teléfono: 56-16-32

Dr. Peter Rosset, Coordinador  
Proyecto MIP/CATIE  
San José, Costa Rica  
Teléfono: 53-18-98

Joseph L. Saunders, Ph.D.  
Coordinador Proyecto MIP

Ing. Joaquín Larios, Coordinador  
Encargado Proyecto MIP/CATIE  
Apartado (01)78  
Oficina del IICA  
San Salvador, El Salvador  
Teléfono: 23-82-24

Elkin Bustamante Ph.D.  
Fitopatólogo

J. Rutilio Quezada Ph.D.  
Entomólogo

Dr. Mario Pareja, Coordinador  
Proyecto MIP/CATIE  
Apartado 76-A  
Guatemala, Guatemala  
Teléfono: 321-790 ó 372-358

James French Ph.D.  
Economista Agrícola

Ramiro de la Cruz Ph.D.  
Especialista en Malezas

Dr. David Monterroso, Coordinador  
Proyecto MIP/CATIE  
Oficina del IICA  
Apartado 1410  
Tegucigalpa, Honduras  
Teléfono: 22-88-95

Philip Shannon M.Sc.  
Entomólogo

Dr. Jorge Pinochet, Coordinador  
Proyecto MIP/CATIE  
Apartado 6-3786  
Panamá, República de Panamá

### Elaboración y difusión:

Orlando Arboleda M.Sc.  
Especialista en Información

Diseño Gráfico: Mauricio Argueta R.  
Digitación de Textos: Yorlene Pérez

# MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Diciembre, 1986

REVISTA DEL PROYECTO MIP/CATIE

No. 2

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| Significado de las interacciones entre malezas e insectos en los agroecosistemas tradicionales de los trópicos.<br><b>Miguel A. Altieri,</b><br>University of California, Berkeley | 1  |
| Utilización del control biológico clásico.<br><b>José R. Quezada,</b><br>MIP/CATIE   | 16 |
| El nemátodo del quiste de la papa en Panamá.<br><b>Roberto Rodríguez Ch.,</b><br>IDIAP, Panamá   | 32 |
| Problemas fitopatológicos de post-cosecha.<br><b>Elkin Bustamante,</b><br>MIP/CATIE  | 39 |
| El muestreo en el manejo integrado de plagas.<br><b>Carl S. Barfield,</b><br>University of Florida, Gainesville  | 46 |
| Bibliografía sobre biología y control químico del coyolillo ( <u>Cyperus rotundus</u> L.).   | 68 |



Departamento de Producción Vegetal  
Turrialba, Costa Rica

# SIGNIFICADO DE LAS INTERACCIONES ENTRE MALEZAS E INSECTOS EN LOS AGROECOSISTEMAS TRADICIONALES DE LOS TROPICOS\*

Miguel A. Altieri\*\*

## INTRODUCCION

Quizás el aspecto más controvertido y crítico en el desarrollo de la agricultura tropical es el como diseñar tecnologías apropiadas y sistemas de producción adaptados a las condiciones socioeconómicas del pequeño agricultor (Altieri 1985).

En el área del manejo de plagas, un punto de partida clave es el de aceptar que los campesinos, al sembrar sus cultivos intercalados, son muchas veces más capaces de optimizar la protección de sus cultivos que algunos de los más sofisticados sistemas de control de plagas elaborados por profesionales (Risch et al. 1983). Investigaciones recientes han demostrado que los policultivos son sistemas estables poco susceptibles a las explosiones de plagas, ya que han evolucionado simulando la diversidad estructural y biótica de los ecosistemas naturales del área (Altieri y Letourneau, 1982; Altieri y Letourneau, 1984).

En el análisis de estos sistemas, el énfasis no debiera radicar en imponer tecnologías foráneas diseñadas para operar en monocultivos y que requieran de inversiones y recursos fuera del alcance del agricultor. Más bien las investigaciones debieran tratar de descifrar los mecanismos que condicionan la estabilidad biótica de los policultivos, para luego proponer estrategias de manejo de plagas que preserven su balance inherente y que incluyan recursos localmente accesibles y de bajo costo (Altieri, 1985).

---

\* Este material corresponde al capítulo 5 del libro "Manejo Integrado de Plagas Insectiles en Centroamérica: Estado Actual y Potencial". Ed. por K. L. Andrews y José Rutilio Quezada (En preparación).

\*\* Division of Biological Control. University of California. Berkeley, Calif. 94720.



La mayoría de los agricultores de recursos limitados, conciente o inconcientemente, dependen de la existencia de poblaciones naturales de insectos benéficos, los cuales por naturaleza son más abundantes y eficientes en agroecosistemas diversificados (Root, 1973). Mediante las manipulaciones del habitat es posible alterar la diversidad vegetal de los sistemas de cultivos, y así estimular los enemigos naturales a niveles poblacionales óptimos (Altieri y Whitcomb, 1979 a).

El correcto manejo de la composición y densidad de la vegetación alrededor y dentro de un campo cultivado puede inducir a incrementos decisivos en la provisión de alimentos alternativos (presas, hospederos, polen y néctar) y a la creación de habitats favorables, asegurándose así la sobrevivencia y reproducción de una alta proporción de insectos benéficos. De las varias fuentes de alimento alternativo, algunas malezas son particularmente promisorias en los agroecosistemas, ya que poseen una consistente fauna fitófaga (no plaga) asociada y una floración irregular (Altieri, 1981). Además, las malezas ocurren naturalmente en mosaicos diversificados y en algunos casos son fáciles de manipular con machete o azadón. También muchas malezas responden sin dificultad a siembras espontáneas. Un efecto adicional es que algunas de estas especies de malezas, o "quelites" como las llaman en México, sirven como fuentes de alimento, sustancias medicinales, o para efectos ceremoniales o religiosos (Chacón y Gliessman, 1982).

#### **LAS MALEZAS COMO FUENTES DE INSECTOS BENEFICOS**

Tradicionalmente, las malezas han sido consideradas como elementos negativos en los agroecosistemas debido a que compiten con los cultivos por el espacio, la luz y los nutrientes y a que sirven como hospederos de plagas y enfermedades y sus vectores. Entre 1934 y 1963 se reportaron 442 casos de malezas hospederas de plagas, 100 de los cuales concernían a cereales (van Endem, 1965). Sin embargo, algunas investigaciones han demostrado que ciertas malezas son de gran importancia en la biología de enemigos naturales. Por ejemplo, algunos parasitoides (Ichneumonidae, para el caso) requieren de la presencia de flores para lograr una fecundidad y longevidad normales (van Endem, 1962; Leius, 1967). Muchos parasitoides adultos sobreviven en períodos críticos alimentándose de néctar de flores de malezas cuando escasean sus huéspedes (Syme, 1975). De esta

manera, ciertas malezas sirven como puentes generacionales entre plagas y enemigos naturales cuyo ciclo no están sincronizados. La proximidad de ciertas malezas en floración a campos cultivados ha resultado en un incremento del parasitismo de plagas de trigo y repollo (Van Endem, 1982), caña de azúcar (Leeper, 1974) y manzano (Lewis, 1967).

También las flores de las malezas pueden ser importantes fuentes de alimento para algunos depredadores. Especies de Chrysopidae, Syrphidae, Coccinellidae y Dolichopodidae han sido observadas alimentándose de polen y néctar en varias malezas (Van Endem, 1965; Hagen, 1976; Hodek, 1973; Downes, 1974). De nuevo, las flores permiten a estos depredadores sobrevivir en períodos en que sus presas se vuelven escasas, tal como ocurre, por ejemplo, en los fines de verano.

Las malezas dan albergue a numerosos insectos fitófagos que sirven como presas alternantes para varios depredadores. Bombosh (1966) encontró varios de ellos alimentándose de áfidos sobre Pastinaca sp. y Achillea sp. Igualmente, los áfidos de Urtica dioica son una rica fuente alimenticia para Coccinellidae, Syrphidae y otros depredadores (Perrin, 1975). El cuadro 1 proporciona ejemplos de malezas que proveen presas alternativas a enemigos naturales. La proximidad de estas malezas fuentes de enemigos naturales a campos cultivados puede influir considerablemente sobre el tipo y cantidad de insectos benéficos que habrá de colonizar a ese cultivo.

En el cuadro 2 se resumen algunos ejemplos específicos de malezas que median la interacción entre enemigos naturales y plagas en cultivos seleccionados. En la mayoría de los casos el control biológico se incrementó debido a que las malezas proveían recursos importantes a los insectos benéficos.

#### **ALGUNAS ESTRATEGIAS DE MANEJO A NIVEL REGIONAL**

La mayor parte de los insectos benéficos que se encuentran en las malezas alrededor de los campos cultivados tienden a migrar hacia los cultivos; sin embargo, a veces la presencia de alimento en las malezas puede prevenir o demorar este movimiento (Van Endem, 1965). En estos casos, se debe permitir



crecer a las malezas hasta asegurar una buena concentración de insectos benéficos y luego cortarlas regularmente para forzar la dispersión de los enemigos naturales.

Por ejemplo, Perrin (1975) cortó plantas de Urtica dioica en mayo o junio y de esta manera forzó a los coccinélidos a migrar hacia los cultivos.

Al cortar las malezas que crecen dentro de los huertos frutales por lo general se acelera el movimiento de predadores hacia los árboles (Hodek, 1973). Pierce et al (1982) cortaron plantas de Ambrosia trifida que crecían en los bordes de campos de algodón, forzando así el movimiento del parásito Eurytoma tylodermatis, con el consiguiente incremento en el parasitismo de Anthonomus grandis.

Estas prácticas debieran sincronizarse basadas en la biología de los insectos benéficos. Por ejemplo, en California el corte de malezas alrededor de campos de alfalfa se realiza a fines de marzo, después que los coccinélidos han finalizado su período de latencia y ya han comenzado a dispersarse (Van den Bosch y Telford, 1964).

En áreas no cultivadas es posible estimular el desarrollo de comunidades específicas de malezas mediante manipulaciones extensivas. Por ejemplo, en el norte de Florida, al labrar la tierra en diferentes épocas del año se puede estimular el desarrollo de diferentes asociaciones de malezas (Altieri y Whitcomb, 1979, b). Al arar la tierra en diciembre se estimulan poblaciones de Solidago altissima, Ambrosia artemisiifolia y Chenopodium ambrosioides, y junto a éstas se incrementan las poblaciones de coccinélidos (hasta 2500 individuos por ha.), carábidos, pentatómidos y arañas. Al arar en octubre se incrementan poblaciones de Heterotheca subaxillaris, Cassia fasciculata y Oenothera biennis, así como poblaciones de muchas especies de depredadores, tales como Geocoris spp. (hasta 5500 individuos por ha.). La arada en agosto es favorable para las plantas de la especie Oenothera laciniata, Croton glandulosus y Campsis radicans.

Asociados a los fitófagos de estas plantas se encuentran importantes depredadores como Lebia viridis, Hipodamia convergens, Cycloneda sanguinea y

Geocoris spp. Estas prácticas, realizadas extensivamente, pueden determinar cambios decisivos en la entomofauna benéfica de una región.

El uso dirigido del fuego puede constituir una herramienta importante para el pequeño agricultor. Nuevamente, en el norte de Florida, la quema anual en el invierno de la vegetación superficial de los bosques de pino, estimula el desarrollo de comunidades de malezas leguminosas (como Lespedeza sp. y Desmodium sp.). Estas plantas han mostrado ser excelentes fuentes de alimento alternativo para insectos benéficos, así como también un importante componente en la dieta de codornices y otras formas de vida silvestre. En este caso, un solo tipo de manipulación contribuye a mejorar la capacidad de uso múltiple de una unidad del ecosistema.

Muchos de los cercados presentes en las fincas pueden ser manipulados para afectar la fauna insectil de un campo. Los cercados proveen refugio a varias especies de insectos, tanto plagas como benéficos. En general, mientras más parentesco botánico exista entre la vegetación de un cercado y la de un cultivo vecino, mayor es la probabilidad de que aquél sirva de refugio a plagas (Dambach, 1948). Es por eso que parece ser más benéfico tener cercados de gramíneas altas o leguminosas alrededor de huertos frutales que cercas de plantas leñosas. En colecciones hechas en cercas de fincas de Ohio, los coccinélidos y arañas fueron los depredadores más comunes (Dambach, 1948). Cercados compuestos de Lespedeza sericea y L. bicolor contenían la mayor cantidad de benéficos. Además, cercas y bandas sirven como fuentes de leña y carbón, plantas medicinales y miel, así como de hábitat para mamíferos pequeños y aves.

#### **MANIPULACIONES DENTRO DEL CAMPO CULTIVADO**

Existen numerosas evidencias que han demostrado que algunas malezas contribuyen a la regulación de varias plagas de cultivos de crucíferas (Brassica sp.) frijoles y frutales (Altieri et al., 1977; Pimentel, 1961; Root, 1973 y Tahvanainen y Root, 1972). Esta regulación parece deberse a un complejo de factores interactuantes así:



- La presencia de mosaicos de diferentes especies de malezas dentro de los cultivos tiene un profundo impacto en la composición e interacciones de la entomofauna del cultivo. Los predadores y parásitos son más efectivos en los hábitats complejos. Los insectos benéficos tienen mayores posibilidades de encontrar presas alternativas, abrigo, sitios para reproducción, y refugios para dormancia (Root, 1973).
- Un complejo de especies de malezas dentro de un cultivo resulta en un incremento de la resistencia asociativa en adición a la resistencia individual del cultivo a una plaga determinada. Una vegetación compleja condiciona microclimas diversos, ambientes químicos heterogéneos y una diversidad estructural complicada, por lo que las plagas encuentran mayores dificultades para colonizar y luego encontrar microambientes favorables dentro del cultivo (Altieri et al, 1977, y Tahvanainen y Root, 1972).
- Las poblaciones de fitófagos pueden ser directamente influenciadas por la concentración y dispersión espacial de sus plantas hospederas. La mayoría de los herbívoros especialmente colonizan y permanecen más fácilmente en plantas que crecen concentradas en monocultivos uniformes. En sistemas enmalezados los cultivos se tornan menos aparentes a las plagas (Fenny, 1976).

De acuerdo a estas evidencias, sería lógico estimular la presencia de ciertas malezas en los cultivos para mejorar el control biológico de algunas plagas. Naturalmente, se deben definir estrategias precisas de manipulación a manera de evitar competencia directa entre cultivos y malezas. En otras palabras, se deben definir umbrales económicos de malezas y también entender claramente los factores que determinan el balance cultivo-maleza en una estación dada.

La prevalencia competitiva del cultivo o las malezas puede determinarse mediante la manipulación inteligente de los factores bióticos, edáficos y culturales que afectan el balance cultivo-maleza en una estación dada. En sistemas de cultivos múltiples la densidad y estructura del follaje de las mezclas de cultivos determina en gran parte el desarrollo de las comunidades de malezas. El establecimiento rápido de un follaje denso reduce el crecimiento de malezas sensitivas a la sombra.

Cambios en la abundancia y composición de malezas dentro de un campo cultivado se pueden determinar por varios métodos de manipulación: cambios en los niveles de constituyentes químicos del suelo (Hoveland et al, (1976) determinaron que el complejo de malezas puede ser indirectamente afectado por la manipulación de la fertilidad del suelo. Campos con suelos deficientes en potasio eran dominados por Plantago lanceolata y Rumex crispus. En cambio suelos deficientes en fósforo eran dominados por Crotalaria spectabilis, Ipomoea purpurea, Cassia obtusifolia, y Geranium carolinianum.

El pH del suelo puede influenciar el crecimiento de ciertas malezas. Por ejemplo, plantas del género Pteridium se desarrollan bien en suelos ácidos, mientras que Cressa sp. habita sólo suelos alcalinos (Bantilan et al, 1972).

Muchas malezas inhiben el desarrollo de cultivos y otras malezas mediante interacciones químicas (alelopatía) y viceversa. Por ejemplo, algunas variedades de Cucumis sativus pueden inhibir el crecimiento de ciertas malezas hasta en un 87% (Putnam y Duke, 1974). La incorporación de follaje fresco de Tagetes patula al suelo puede inhibir drásticamente la germinación del Sorghum halapense e Ipomea heredifolia en invernaderos (Altieri et al, 1977).

La cebada, Hordeum vulgare, ha sido utilizada como un cultivo de cobertura para inhibir el desarrollo de malezas (Rice, 1974). El potencial de la alelopatía para regular la composición y densidad de malezas en el campo aún está por explorarse.

Mediante el uso continuo de ciertos herbicidas se pueden lograr cambios poblacionales en comunidades de malezas. Anagallis coerulea puede ser eliminada con el uso continuo de úreas sustituidas, pero al mismo tiempo este tratamiento incrementa las poblaciones de Convolvulus arvensis (Horowitz et al, 1962). Poblaciones de Ipomoea tiliacea y Cucumis melo pueden estimularse en cultivo de maíz con aplicaciones continuas de alachlor (Piedrahita y Doll, 1977).

Quizás una de las herramientas más valiosas para suprimir el desarrollo de ciertas malezas al mismo tiempo que estimular otras, es el uso de herbicidas utilizados por las compañías químicas en ensayos de competencia. Por ejemplo, con la aplicación de trifluralin (0.6 kg/ha PSI), poblaciones de Abutilon



theophrasti, Datura stramonium, Hibiscus trionum y Sida spinosa se pueden desarrollar en soya y algodón sin la presencia de otras malezas no deseadas (Buchanan, 1977).

Uno de los métodos más factibles para incrementar malezas benéficas por parte de los pequeños agricultores, es la colecta manual de semillas para su posterior siembra en los campos. La mayoría de los investigadores en esta área concuerdan en que las malezas no deben cubrirse con suelo al sembrarse. Igualmente en zonas en que las malezas pasan por períodos de latencia, es aconsejable colocar las semillas colectadas en nevera por lo menos una semana. Buchanan (1977) publicó una completa revisión sobre los requerimientos de germinación y métodos para estimular la germinación de semillas de malezas.

La manera más efectiva de evitar interferencia directa entre cultivos y malezas es proveer las especies deseadas en forma de bordes o como bandas alternativas cada 5 o más hileras de cultivo. En Colombia, Altieri (1976) y Altieri et al (1977) redujeron la colonización de Empoasca kraemeri al promover bordes de malezas gramíneas (Eleusine indica y Leptochloa filiformis) alrededor de parcelas de frijol. Parece ser que estas gramíneas ejercen un tipo de repelencia química sobre los cicadélidos. Igualmente, la densidad poblacional de E. kraemeri fue reducida al colocar bandas de bledo (Amaranthus dubius) entre hileras de frijol.

El uso de ciertas malezas dentro de campos de maíz ha reducido la incidencia de Spodoptera frugiperda en Colombia y en el norte de Florida. Malezas tales como Bidens pilosa, Xanthium sp. y Richardia scabia, se sembraron y dejaron crecer en los surcos centrales de parcelas de maíz de 100 m<sup>2</sup> (Altieri, 1976, 1979). Otras maneras efectivas de mantener niveles de malezas en cultivos es estableciendo las épocas críticas de competencia. Por ejemplo, si se mantiene soya libre de malezas por 4-6 semanas después de la emergencia del cultivo, no se necesita control adicional de malezas para obtener rendimientos aceptables. En Georgia, Altieri (1981) encontró que en parcelas de soya libre de malezas durante 1-4 semanas, las desidades de Nezara viridula y Anticarsia gemmatalis eran significativamente menores que en parcelas libres de malezas durante toda la temporada.

Algunas etapas metodológicas que se sugieren para desarrollar estrategias de manejo de plagas basadas en el uso de malezas son las siguientes:

- Determinar los insectos presentes en los cultivos y en las malezas asociadas a ellos.
- Seleccionar las malezas que sustentan la entomofauna más deseada para los propósitos establecidos.
- Determinar métodos prácticos y baratos para manejar las poblaciones de malezas seleccionadas.
- Definir los efectos de la introducción y manipulación de estas malezas sobre las poblaciones de insectos en los cultivos estudiados.
- Aplicar en campos pilotos la información obtenida.

## **CONCLUSIONES**

Este trabajo ha enfatizado el papel de ciertas malezas como fuentes de enemigos naturales. El hecho de que las malezas están siempre presentes alrededor y dentro de los campos cultivados, las transforma en un componente del agroecosistema que puede ser fácilmente manipulado por el pequeño agricultor para manejar las plagas y sus enemigos naturales.

Los especialistas en manejo de plagas debieran dar una mirada más profunda a las interacciones de malezas e insectos a nivel regional y a nivel de campo cultivado a fin de entender el significado de éstas en la dinámica total de los insectos asociados a los cultivos de un área. Es necesario considerar los agroecosistemas como sistemas compuestos de varios subsistemas integrados, de manera que muchas veces puedan ocurrir interacciones entre subsistemas, con efectos positivos para el agricultor. El desafío para el investigador es el de explotar el potencial de estas interacciones.

Debieran de destinarse esfuerzos para explorar la factibilidad de estos enfoques en cultivos extensivos y comerciales, ya que en la medida que los precios de insumos y energía se incrementen, los grandes agricultores se verán en la necesidad de buscar alternativas de menor costo y que requieren menos recursos.

Es importante determinar métodos para incrementar las poblaciones de malezas benéficas y buscar diseños para distribuirlas en el cultivo para evitar la competencia directa. Quizás uno de los métodos más efectivos sea la siembra directa de semillas como bordes o bandas alternativas en los cultivos.

El mejoramiento del control biológico en sistemas de cultivo mediante la manipulación del habitat parece ser uno de los metodos que mejor armoniza con el contexto social, económico y ecológico del ambiente campesino, ya que les permite preservar sus sistemas policulturales a la vez que estabilizar sus rendimientos.

#### REFERENCIAS CITADAS

- ALTIERI, M. A. 1976. Regulación ecológica de plagas en agroecosistemas tropicales. Tesis de Maestría. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- \_\_\_\_\_ 1979. The design of pest stable corn agroecosystems based on the manipulation of insect populations through weed management. Ph.D. Dissertation. University of Florida. 67p.
- \_\_\_\_\_ 1981. Weeds may augment biological control of insects Calif. Agric. 35: 22-24.
- \_\_\_\_\_ 1983. Agroecología. Bases científicas de la agricultura alternativa. Valparaíso, Chile. Centro de Estudios en Tecnologías Apropriadas para América Latina. 184 pags.
- \_\_\_\_\_ ; SCHOONHOVEN, A. V. y DOLL, J. D. 1977. The ecological role of weeds in insect pest management systems: a review illustrated with bean (*Phaseolus vulgaris*) cropping systems. PANS 23: 185-206.
- \_\_\_\_\_ ; LINARES, C. H.; DOLL, J. D. y GIRALDO, G. 1977. Evidencias de alelopatía en el trópico: una nueva dimensión en el manejo de malezas. Revista COMALFI (Colombia) 4: 45-52.
- \_\_\_\_\_ y WHITCOMB, W. H. 1979a. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. Hortscience 14: 12-18.
- \_\_\_\_\_ y LETOURNEAU, D. K. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. Crop Protection 1: 405-430.
- \_\_\_\_\_ y LETOURNEAU, D.K. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. CRC Critical Reviews in Plant Sciences 2: 131-169.
- BANTILAN, R.T.; PALADA, M.C. y HARWOOD, R.R. 1972. Integrated weed management. I. Key factors affecting crop weed balance. Phillipines Weed Sci. Bull. 1: 14-36.
- BOMBOSCH, S. 1966. Ocurrence of enemies on different weeds with aphids. In Hodek (ed) Ecology of aphidophagous insects. Prague, Academia Pub. House. p. 177-179.
- BUCHANAN, G. A. 1977. Weed biology and competition. In Truelove, B. (ed) Research methods in weed research. Southern Weed Sci. Soc. p. 25-41.
- CARROLL, C. R. 1978. Beetles, parasitoids and morningglories: a study in host discrimination. Ecological Entomol. 3: 79-85.
- CHACON, J.C. y GLIESSMAN, S. R. 1982. Use of the "non-weed" concept in traditional tropical agroecosystems of south eastern Mexico. Agroecosystems 8: 1-11.



- DAMBACH, C. A. 1948. The ecology of crop field borders. Columbus, Ohio. The Ohio State Univ. Press. 205 p.
- DOUTT, R. L. y NAKATA, J. 1973. The Rubus leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape pest management. Environ. Entomol. 2: 381-386.
- DOWNES, J. A. 1974. Sugar feeding by the larvae of Chrysopa (Neuroptera). Canad. Entomol. 106: 121-125.
- FEENY, P. 1976. Plant apparency and chemical defense. In Wallace, J. y Munsell, R. (eds) Biochemical interactions between plants and insects. Recent Adv. in Phytochemistry 10: 1-49.
- FLAHERTY, D. 1969. Ecosystem trophic diversity and Willamette mite Eotetranychus willametei (Acarina: Tetranychidae) densities. Ecology 50: 911-916.
- HAGEN, K. S. 1976. Role of nutrition en insect management. Proc. Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control By Habitat Management. 6: 261-272.
- HEMENWAY, R. y WHITCOMB, W. H. 1967. Ground beetles of the genus Lebia Latreille in Arkansas (Coleoptera: Carabidae): ecology and geographical distribution. Proc. Ark. Academy of Sci. 21: 15-20.
- HODEK, I. 1973. The biology of Coccinellidae. Prague, Academia Pub. House.
- HOROWITZ, M. T.; BLUMDELD, T. y HULIN, N. 1962. Effects of repeated applications of ten soil active herbicides on weed populations. Weed Res. 14: 97-109.
- HOVELAND, C. B.; BUCHANAN, G. A. y HARRIS, M. C.. 1976. Response of weeds to soil phosphorus and potassium. Weed Sci. 24: 144-201.
- KING, J. L. y HOLLOWAY, J. K. 1930. Tiphia popilliavora, a parasite of the Japanese beetle. Us. Dept. of Agric. 145.
- LEEPER, J. R. 1974. Adult feeding behaviour of Lixophaga sphenophori a tachinid parasite of the New Guinea sugarcane weevil. Proc Hawaiian Entomol. Soc. 21: 403-412.
- LEIUS, K. 1967. Influence of wild flowers on parasitism of tent caterpillar and codling moth. Canad. Entomol. 99: 444-446.
- PERRIN, R. M. 1975. The role of the perennial stinging nettle Urtica dioica as a reservoir of beneficial insects. Ann. Appl. Biol. 81: 289-297.
- PIEDRAHITA, W y DOLL, D. J. 1977. Efecto de la rotación de herbicidas y cultivos sobre el complejo y la población de malezas. Revista COMALFI (Colombia) 4: 4-17.
- PIERCE, D. W.; CUSHMAN, R. A. y HOOD, C. E. 1912. The insect enemies of the cotton boll weevil. USDA Bull. 100.
- PIMENTEL, D. 1961. Species diversity and insect population outbreaks. Ann. Entomol. Soc. Amer. 54: 76-86.
- PUTNAM, A. R. y DUKE, W. B. 1974. Biological supression of weeds: Evidence of allelopathy in successiones of cucumber. Science 195: 370-372.
- RICE, E. L. 1984. Allelopathy. 2nd. New York, Academic Press. 422 p.
- RISCH, S. J.; ANDOW, D. y ALTIERI, M.A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions and new research directions. Environ. Ent. 12: 625-629.

- ROOT, R. B. 1973. The organization of a plant arthropod association in simple and diverse habitats; the fauna of collards (Brassica oleraceae). Ecological Monographs 43: 45-124.
- SCHABER, B. D.; BALSBAUGH, E. U. y KANTACK, B. H. 1975. Biology of the flea beetle Altica carduorum (Col: Chrysomelidae) on Canada thistle (Cirsium arvense) in South Dakota. Entomophaga 20: 325-335.
- SYME, P. D. 1975. The effects of flowers on the longevity and fecundity of two native parasites of the European pine shoot moth in Ontario. Environ. Entomol. 4: 337-340.
- TAHVANAINEN, J. C. y ROOT, R.B. 1972. The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore Phyllotreta cruciferae (Col: Chrysomelidae). Oecologia 10: 321-346.
- TELENGA, N. A. 1958. Biological control of field and forest pests in Russia (en ruso) Int. Conf. Quarantine and Plant Protection. 9th, Moscú, 1958: 1-15.
- VAN DEN BOSCH, R. y TELFORD, A. D. 1964. Environmental modification and biological control. In de Bach, P. (ed). Biological Control of insect pests and weeds. Londres, Chapman and Hall. p. 459-488.
- VAN ENDEM, H. F. 1962. Observations on the effects of flowers on the activity of parasitic Hymenoptera. Entomol. Monogr. Mag. 98: 255-259.
- \_\_\_\_\_. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. Sci. Hort. 17: 121-136.
- WOLCOTT, G. N. 1942. The requirements of parasites for more than host. Science 96: 317-323.

CUADRO 1 Ejemplos de malezas que proveen de presas alternativas a depredadores generalistas

| MALEZA                                  | PRESA ALTERNATIVA                                  | PREDADORES  | REFERENCIA                 |
|---|--|---|----------------------------|
| <u>Urtica dioica</u>                    | <u>Microlophium carnosum</u>                       | Coccinellidae<br>Syrphidae  | Perrin (1975)              |
| <u>Pastinaca sp. y Achillea</u>         | Afidos   | Coccinellidae e himenópteros predadores   | Bombosch (1966)            |
| <u>Solanum carolinense</u>              | <u>Leptinotarsa decemlineata</u>                   | <u>Lebia grandis</u>  | Hemenway y Whitcomb (1976) |
| <u>Amaranthus sp.</u>                   | <u>Disonychia glabrata</u>                         | <u>Lebia analis</u>   | " "                        |
| <u>Oenothera laciniata y O. biennis</u> | <u>Altica sp.</u>                                  | <u>Lebia viridis</u>  | " "                        |
| <u>Heterotheca subaxillaris</u>         | <u>Zygogramma heterothecae</u>                     | <u>Lebia atriventris</u><br><u>Perillus bioculatus</u><br><u>Peucetia viridans</u> y otras arañas   | Altieri y Whitcomb (1979a) |
| <u>Chenopodium ambrosioides</u>         | <u>Zygogramma suturalis, áfidos y cicadellidae</u> | <u>Callida decora</u><br><u>Perillus bioculatus</u><br><u>Hippodamia convergens</u> y otros coccinellidae<br><u>Lebia viridis</u><br><u>Tetragnatha sp.</u> y otras arañas  | Altieri y Whitcomb (1979a) |
| <u>Solidago altissima</u>               | <u>Uroleucon sp.</u>                               | <u>H. convergens</u> y otros coccinellidae<br><u>Chrysopa spp.</u><br><u>Podabrus sp. y Chauliognathus sp.</u><br><u>Zelus cervicalis</u> y otros reduvídos<br><u>Condylostylus sp.</u><br><u>Peucetia viridans</u> y otras arañas<br><u>Toxomerus sp.</u> y otros sírfidos | Altieri y Whitcomb (1979a) |
| <u>Sorghum halepense</u>                | Acaros no plaga                                    | <u>Metaseiulus occidentalis</u>   | Flaherty (1969)            |
| <u>Cirsium arvense</u>                  | <u>Altica carduorum</u>                            | <u>Lebia viridis</u><br><u>Harpalus pennsylvanicus</u>  | Schafer et al. (1975)      |



CUADRO 2. Ejemplos seleccionados en que la presencia de maleza en sistemas de cultivos incrementó el control biológico de ciertas especies de plagas

| SISTEMA DE CULTIVOS    | ESPECIE DE MALEZAS  | PLAGA REGULADA   | FACTOR INVOLUCRADO  |
|------------------------|---|--|---|
| Alfalfa                | Complejo natural de maleza en floración   | Mariposa de la alfalfa ( <u>Colias eurytheme</u> )   | Aumento en la actividad de la avispa parásita <u>Apanteles medicaginis</u>                  |
| Manzana                | <u>Phacelia</u> sp. y <u>Eryngium</u> sp.   | Escama de San José ( <u>Quadraspidiotus perniciosus</u> y áfidos)  | Aumento en la abundancia y actividad de avispa parásita                                     |
| Manzana                | Complejo natural de malezas   | Guzano de tela ( <u>Malacosoma americanum</u> y la palomilla de la manzana <u>Carpocapsa pomonella</u> ) | Aumento en actividad y abundancia de avispa parásita  |
| Frijol                 | <u>Eleusine indica</u><br><u>Leptochloa filiformis</u>                                  | Salta hojas  | Repelencia química ó enmascaramiento  |
| Repollitos de Bruselas | Complejo natural de malezas   | Mariposa importada de repollo ( <u>Pieris rapae</u> y áfidos ( <u>Brevicoryne brassicae</u> ))           | Alteración de tendencia de colonización y aumento de depredadores                           |
| Repollitos de Bruselas | <u>Spergula arvensis</u>  | Mamestra brassicae<br><u>Evergestis forficalis</u><br><u>Brevicoryne brassicae</u>                       | Aumento de depredadores e interferencia de colonización                                     |
| Repollo                | <u>Crataegus</u> sp.  | Palomilla dorso de diamante ( <u>Plutella maculipennis</u> )   | Provisión de huéspedes alternativos para avispa parásita ( <u>Horogenes</u> sp.)            |
| Col                    | <u>Ambrosia artemisiifolia</u>  | Pulga saltona ( <u>Phyllotreta cruciferae</u> )  | Repelencia química o enmascaramiento  |
| Col                    | <u>Amaranthus retroflerus</u><br><u>Chenopodium album</u><br><u>Xanthium stramonium</u> | Afido verde del durazno ( <u>Myzus persicae</u> )  | Incremento en la abundancia de depredadores ( <u>Chrysopa carnea</u> )                      |
| Maíz                   | Giant regweed   | Barrenador europeo del maíz ( <u>Ostrinia nubilalis</u> )  | Provisión de huéspedes alternativos para el parásito tachfnido ( <u>Lydella griseseus</u> ) |

Cuadro 2. Continuación

|                |   |   |   |
|----------------|---|---|---|
| Algodón        | <u>A. artemisiifolia</u>                    | ( <u>Anthonomus grandis</u> )                           | Provisión de huéspedes alternativos para el parásito ( <u>Eurytoma tylodermatis</u> ) |
| Algodón        | <u>A. artemisiifolia y Rumex crispus</u>    | <u>Heliothis</u> spp.                                   | Aumento en las poblaciones de depredadores  |
| Crucíferas     | Crucíferas de floración rápida              | ( <u>Pieris</u> spp.)                                   | Aumento en la actividad de avispa parásita ( <u>Apanteles glomeratus</u> )            |
| Frijol Mungo   | Complejo natural de maleza                  | Mosca de frijol ( <u>Ophiomyia phaseoli</u> )           | Alteración de la tendencia de colonización  |
| Durazno        | <u>Ambrosia artemisiifolia</u>              | Mariposa Oriental de la fruta                           | Provisión de huéspedes alternantes para el parásito <u>Microcentrus delicatus</u>     |
| Soya           | <u>Cassia obtusifolia</u>                   | <u>Nezara viridula</u><br><u>Anticarsia gemmatalis</u>  | Aumento en la abundancia de depredadores  |
| Caña de Azúcar | <u>Euphorbia</u> spp.                       | Picudo de la caña ( <u>Rhabdoscelus obscurus</u> )      | Provisión de néctar y polen para el parásito <u>Lixophaga sphenophori</u>             |
| Caña de azúcar | <u>Borreria verticillata</u>                | Grillo ( <u>Scapeteriscus vicinus</u> )                 | Provisión de néctar para el parásito <u>Larva americana</u>                           |
| Camote         | Campanilla ( <u>Ipomoea asarifolia</u> )    | Tortuguilla ( <u>Chelymorpha cassidea</u> )             | Provisión de huéspedes alternativos para el parásito <u>Emersonella</u> sp.           |
| Hortalizas     | Zanahoria ( <u>Daucus carota</u> )          | Escarabajo japonés ( <u>Popillia japonica</u> )         | Aumento en la actividad de la avispa parásita <u>Tiphia popillivora</u>               |
| Viñas, Viñedos | Mora silvestre ( <u>Rubus</u> sp.)          | Saltahojas de la uva ( <u>Erythroneura elegantula</u> ) | Aumento de huéspedes alternativos para la avispa parásita <u>Anagrus epos</u>         |
| Viñas, Viñedos | Zacate Johnson ( <u>Sorghum halepense</u> ) | Acaro del Pacífico ( <u>Eotetranychus willamettei</u> ) | Incremento de ácaros depredadores ( <u>Metaseiulus occidentalis</u> )                 |

## UTILIZACION DEL CONTROL BIOLÓGICO CLÁSICO\*

José Rutilio Quezada\*\*

### INTRODUCCION

DeBach, (1974), al referirse al control biológico, lo hace en estos términos: "El control biológico en un sentido ecológico se puede definir como la regulación, por medio de enemigos naturales, de la densidad de población de otro organismo a un promedio menor del que existiría en ausencia de tales enemigos" (traducción del autor). Esta definición no abarca el grado de control biológico en un sentido económico ni mucho menos su manipulación por el hombre, o sea que es una definición del control biológico natural, que se da como producto de la coevolución de los organismos. La utilización intencional de enemigos naturales de las plagas para regular sus poblaciones involucra una serie de actividades que forman parte del control biológico aplicado, cuya historia se remonta al siglo pasado, y el cual cuenta con muchos casos exitosos en varios países del mundo (DeBach, 1969).

El control biológico clásico es una forma del control biológico aplicado que abarca el descubrimiento, importación y establecimiento de enemigos naturales exóticos con el fin de regular poblaciones de plagas introducidas o nativas en un país o región determinada.

### EL CASO DE LA ESCAMA ALGODONOSA EN CALIFORNIA

El caso más famoso de control biológico clásico es el de la escama algodónosa, Icerya purchasi Mask. que habiendo sido introducida desde Australia en 1968, llegó a constituirse en la peor plaga de los cítricos de California. En

---

\* Este material corresponde al capítulo 12 del libro "Manejo Integrado de Plagas Insectiles en Centroamérica: Estado Actual y Potencial. Ed. por K. L. Andrews y José Rutilio Quezada (en preparación).

\*\* Entomólogo. Proyecto MIP/CATIE. 7170 Turrialba, Costa Rica.



1978 se envió a un entomólogo explorador, Albert Koebele, hacia Australia. Después de varias peripecias, Koebele logró hacer pequeños envíos de la catarinita depredadora Rodolia cardinalis Muls. (Coleoptera: Coccinellidae), la que establecida en las zonas citricolas infestadas de California, terminó con la plaga y resolvió el problema en forma permanente. La catarinita ha sido subsecuentemente introducida en muchos países del mundo en donde ha aparecido la plaga y en prácticamente todos se ha resuelto el problema con su acción depredadora (DeBach, 1969; Huffaker y Mesenger, 1976).

#### EL CASO DE LA MOSCA PRIETA DE LOS CITRICOS EN EL SALVADOR

Los trabajos de Quezada y colaboradores (1974a, 1974b) en El Salvador ilustran la utilización del control biológico clásico ante la presencia de la mosca prieta de los cítricos, Aleurocanthus woglumi Ash. Esta plaga, originaria del Asia, había invadido las Antillas (Jamaica, Cuba, las Bahamas) entre 1913 y 1916. En 1917 había pasado ya a Panamá, desplazándose después a Costa Rica. Posteriormente se convertiría en una plaga seria para los cítricos de México y Florida. Gracias a los esfuerzos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) que patrocinó las exploraciones de Clausen en el Oriente se logró la importación y establecimiento de varias especies de parásitos y el consecuente y exitoso control biológico de la plaga en la década de los treinta. Exploraciones e introducciones adicionales para México fueron logradas con trabajos hechos en Pakistán e India (Clausen y Berry, 1932).

La mosca prieta de los cítricos apareció en El Salvador alrededor de 1965, habiéndose establecido, en unos tres años como una verdadera amenaza para los cítricos del país e invadiendo unas 2000 manzanas a lo largo y ancho del territorio. Quezada et al (1974a, 1974b) emprendieron trabajos sobre insectos asociados a los cítricos de 1969 a 1972. En cuanto a la mosca prieta, hicieron estudios bioecológicos de la plaga para determinar si era atacada por enemigos naturales nativos. Los depredadores Chrysopa sp. y Delphastus sp. y el hongo patógeno Aschersonia aleyrodis Web. no parecían ejercer una regulación suficiente de la plaga, como lo indicaron los levantamientos de tablas biológicas durante 18 meses. Con la cooperación del Departamento de Control Biológico de la Dirección General de Sanidad Vegetal de México se logró la importación del

parásito Encarsia opulenta (Prospaltella) Silv., con el que se logró el control biológico completo de la plaga en el término de seis meses (Fig.1). El levantamiento de tablas biológicas durante otros 18 meses después de la introducción del parásito demostró que éste era el factor clave para lograr su control, el que se ha mantenido desde esa fecha, extendiéndose a nuevas plantaciones y controlando la plaga en una extensión no menor de 3000 manzanas. Conservadoramente se calcula que los citricultores han ahorrado medio millón de dólares en concepto de tratamientos químicos que tendrían que hacer en forma obligada para defender sus plantaciones. A esto hay que agregar las ganancias derivadas de una mejor producción por el control biológico de la plaga.

Vale hacer notar que las poblaciones de mosca prieta en El Salvador sólo son severas en las plantaciones de cítricos localizadas en el área algodонера, y donde el grado de contaminación con residuos químicos no permite a los parásitos ejercer su acción benéfica (Velis y Mira, 1978). En el interior del país existen valles en donde las condiciones climáticas son tan rigurosas como en la costa (temperaturas altas y humedad relativa baja), lo que no impide que los parásitos mantengan a la mosca prieta bajo control. La introducción de otras especies de enemigos naturales de esta plaga es de suma importancia para asegurar un control más efectivo en todas las áreas afectadas.

La mosca prieta de los cítricos se desplazó hacia Guatemala alrededor de 1973, pero también fue seguida en su avance por su enemigo natural E. opulenta. El autor ha tenido oportunidad de comprobar ese desplazamiento de ambos organismos de 1975 a 1979, en lo que DeBach (1971) designa como ecesis, fenómeno por el cual se pueden dar casos fortuitos de control biológico. Es interesante el hecho de que en las zonas algodonerías de Guatemala se dan las mismas situaciones de desequilibrio apuntadas para El Salvador.

## LOS FUNDAMENTOS DEL CONTROL BIOLÓGICO CLÁSICO

Los dos casos presentados anteriormente ilustran las bases ecológicas del control biológico. Cuando una especie exótica invade un nuevo hábitat, probablemente lo hace dejando a sus enemigos naturales en el lugar de origen. si en

el nuevo sitio invadido no encuentra enemigos naturales nativos que sean efectivos, y si las condiciones del clima le son favorables, esa especie puede convertirse en una plaga formidable de un cultivo.

Es evidente entonces que cuando una especie extranjera invade una nueva región, habiendo dejado sus controladores naturales en el lugar de origen, se rompe un delicado balance ecológico establecido a lo largo de milenios de evolución. Aún cuando se llega a una posición de equilibrio en la cual fluctúan las poblaciones de la especie invasora, esa posición puede llegar a ser demasiado alta, lo que implica que la especie en mención termina por convertirse en plaga. Para atacar el problema se puede recurrir al uso de los insecticidas, pero esto no es garantía que el problema se resuelva. En cambio, a menudo la importación de los enemigos naturales y su establecimiento en el área invadida, puede ayudar a restablecer el equilibrio ecológico original, restaurando una posición de equilibrio baja en forma permanente y perpetua. Los muchos casos documentados de control biológico clásico exitoso, tanto del pasado como del presente, dan fuerte fundamento a estas aseveraciones.

Cuando se intenta llevar a cabo exploraciones para la búsqueda de enemigos naturales con el fin de introducirlos en la región o país invadido por una plaga exótica, es indispensable tratar de obtenerlos en áreas climáticamente similares a aquéllas en donde se procurará la introducción y establecimiento de los insectos benéficos.

La experiencia ha demostrado también que es conveniente intentar la introducción de todas las especies de enemigos naturales disponibles (introducción múltiple) ya que así se asegura el establecimiento de las más aptas y por lo tanto más efectivas. Como señala DeBach (1969), a menudo las distintas especies muestran adaptación adecuada a distintas zonas climáticas, ejerciendo así entre todas un control efectivo en toda la región.

En relación a las especies gemelas, que son especies morfológicamente indistinguibles pero diferentes en cuanto a comportamiento y preferencia de huéspedes, puede decirse que se deben estudiar con detenimiento antes de juzgar si son o no efectivas, ya que su confusión puede echar a perder buenas oportunidades de usarlas como agentes de control biológico (DeBach, 1969).



Las bondades del control biológico son tales que cuando tiene éxito y se le conserva con buenas prácticas agrícolas (buen manejo de plaguicidas, por ejemplo) resulta barato, perenne y ecológicamente deseable.

Que el control biológico resulta barato puede concluirse usando los mismos ejemplos mencionados antes. Según Doult (1969), el costo del proyecto para introducir en California a los enemigos de la cochinilla algodonosa australiana fue de US\$1.500 (mil quinientos dólares). En El Salvador se gastaron menos de dos mil dólares para la introducción y exitoso establecimiento de los parásitos de la mosca prieta de los cítricos. Los beneficios económicos de todos los casos exitosos de control biológico en el mundo alcanza los cientos de millones de dólares, tal como lo documenta DeBach (1969).

El carácter perenne del control biológico es una de sus cualidades más notables, tal como se ha comprobado en cada intento exitoso. Por último, el método es ecológicamente deseable porque no tiene efectos colaterales, no causa daños al medio ambiente por su selectividad y seguridad, enriqueciendo además la complejidad faunística del ecosistema.

El método del control biológico tiene sus limitaciones tanto intrínsecas como extrínsecas, por lo cual resultaría erróneo suponer que su uso exclusivo sea la panacea de los problemas de plagas. En efecto, intrínsecamente, a menudo los enemigos naturales importados no logran adaptarse a las condiciones climáticas de la nueva región a pesar de repetidos intentos de colonización, o no sincronizan bien sus ciclos biológicos con los de sus huéspedes. Como limitaciones extrínsecas se pueden señalar la rigurosidad del clima en el área nueva de colonización, las condiciones perturbadoras de las prácticas agrícolas culturales y la presencia de residuos de pesticidas.

El control biológico, sin embargo, posee un tremendo potencial que sólo aflora en relación al esfuerzo que se ponga en su desarrollo y en el apoyo que reciban esos esfuerzos. Las inversiones en las investigaciones básicas sobre el control biológico, la importación de enemigos naturales, el desarrollo de centros de cría de insectos benéficos, etc. siempre se ven colmadas de buenas

retribuciones, como se ha probado en muchos países que han dedicado recursos humanos y financieros a esas actividades.

El control biológico clásico, aunque ha probado ser más exitoso en el caso de plagas exóticas, no excluye la posibilidad de ser aplicado para plagas nativas. Por ejemplo, la palomilla del cocotero, Levuania irridescens B-B, en la isla de Fiji, que fue controlada biológicamente por la mosca tachínida Ptychomyia remota Aldr. Este caso, documentado por Tothill et al (1930), ilustra el potencial que puede tener el control biológico aún en especies nativas que se suponen difíciles de controlar por ese método.

Podemos agregar los altos niveles de control biológico del escarabajo mexicano del frijol, Epilachna varivestis Muls. logrados en los Estados Unidos con el parásito Pediobius foveolatus (Craw), importado de la India (Stevens et al, 1975). Otro caso notable de control biológico de una plaga nativa por medio de un enemigo natural exótico lo constituye el uso del Telenomus remus Nixon, introducido en islas del Caribe y traído desde Nueva Guinea, para controlar poblaciones de gusanos de algunas especies de Spodoptera. (Simmonds y Benett, 1976).

## PROCEDIMIENTOS

Ante la presencia súbita de una nueva plaga exótica en un país determinado, la secuencia de acciones que se toman para implementar acciones de control biológico clásico son las siguientes:

- a) Determinación exacta de la especie de plaga invasora, su posición taxonómica, distribución geográfica y lugar de origen.
- b) Exploraciones en el lugar de origen para detectar todos los posibles enemigos naturales (parásitos, depredadores y patógenos) de la especie.
- c) Recolección adecuada de enemigos naturales y su envío rápido y seguro al país afectado.

- d) Procedimientos cuarentenarios ágiles en el lugar de introducción, en donde deben existir facilidades de laboratorio para recibir, manejar y aprovechar el material importado.
- e) Cría masiva de los enemigos naturales importados en facilidades mínimas de insectario.
- f) Liberación de enemigos naturales en el cultivo afectado en el tiempo preciso y en cantidades apropiadas.
- g) Establecimiento de la especie o especies de enemigos naturales en el país afectado. Si uno o más enemigos son verdaderamente efectivos, el control biológico completo puede darse por seguro.
- h) Observaciones cuidadosas para asegurarse del establecimiento de los enemigos naturales liberados, tomándose muestras frecuentes para comprobar su acción y adaptación al nuevo medio. Los enemigos naturales deberán ser recobrados del campo como una prueba inicial de su establecimiento exitoso.
- i) Distribución de los enemigos naturales establecidos hacia otras áreas afectadas para lograr su dispersión y establecimiento total en un país o región.
- j) Implementación de medidas tendientes a proteger, conservar y aumentar los enemigos naturales por medio de prácticas agrícolas compatibles con el control biológico.

### **Evaluación de la efectividad de los enemigos naturales**

Aún cuando sea palpable el efecto de una introducción exitosa, algunos escépticos pueden poner en duda que una plaga haya sido controlada por los enemigos naturales introducidos, atribuyéndolo más bien a otros factores. Se necesita entonces llevar a cabo experimentos de comprobación y evaluación de la efectividad de los agentes de control. DeBach y Bartlett (1969) presentan una serie de métodos, sobresaliendo entre ellos la exclusión de los enemigos naturales por medio de manga de tela y comprobando como las poblaciones de escamas se multiplican abundantemente en las mangas que se dejan cerradas, mientras se

controlan en aquéllas que se abren para dejar actuar a los parásitos. También se puede hacer la exclusión por aspersiones de DDT en árboles completos, comparándolos con otros dejados sin tratamiento. Las hormigas, que cuidan de los insectos chupadores y ahuyentan o destruyen a sus enemigos, se han usado también como método de exclusión (DeBach y Bartlett, 1969; Quezada y DeBach, 1973). Con todos esos procedimientos se ha logrado establecer que los parásitos o depredadores efectivos pueden mantener a una plaga bajo control, y que cuando se dan condiciones adversas para los insectos benéficos (residuos de insecticidas, polvo, interferencia de hormigas, etc.) la plaga puede de nuevo recuperarse y alcanzar poblaciones altas y peligrosas para un cultivo.

### EL POTENCIAL DEL CONTROL BIOLÓGICO CLÁSICO EN CENTRO AMÉRICA

En el área centroamericana se han llevado a cabo esfuerzos en el campo del control biológico bajo distintos enfoques. Por ejemplo, el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) ha propiciado, desde la década de los 50, la importación de varias especies de parásitos de la mosca del Mediterráneo, Ceratitis capitata Wied., tales como Biosteres (Opus) longicaudatus, B. humilis y B. concolor.

En el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA) del Ministerio de Agricultura de El Salvador, se realizó en 1977 la importación desde Trinidad del parásito de huevos del gusano cogollero del maíz, Spodoptera frugiperda (Smith). Tal parásito es el Telenomus remus Nixon y los resultados de esos trabajos están pendientes de evaluación. Se ha intentado utilizar T. remus también con el mismo fin en Nicaragua en un programa de control integrado de plagas de granos básicos.

Los esfuerzos por impulsar proyectos de control biológico en el área centroamericana han sido dispersos, sin continuidad y no siempre sistemáticos debido a distintas circunstancias adversas para su desarrollo. En Nicaragua se lograron poner bases al uso de enemigos naturales en un programa de control integrado de plagas del algodón (Falcon y Smith, 1974; Vaughan y León, 1978). En Costa Rica se mantuvieron proyectos de parte del OIRSA para la cría y distribución de especies de Biosteres (Opus), parásitos de la mosca del



Mediterráneo, así como de depredadores como Cryptolaemus montrouzieri Muls. Los trabajos de Quezada (1967, 1972, 1977, 1978) y de Quezada y colaboradores (1973, 1974a, 1974b, 1978) han contribuido sustancialmente al fundamento teórico y práctico del control biológico en El Salvador. Ha faltado la decisión oficial de incorporar a las políticas de investigación agrícola el dar cabida y apoyo entusiasta a los estudios de enemigos naturales y a las importaciones de insectos benéficos para combatir las plagas.

Tanto instituciones del área como extranjeras pueden constituir buenas fuentes de información y de asistencia técnica para el desarrollo de programas de control biológico. El OIRSA, con su Laboratorio de Estudios Biológicos en San José, Costa Rica, estaba en capacidad de proporcionar alguna información y asistencia. Circunstancias adversas hicieron imposible la continuidad de ese programa. A nivel internacional, se puede contar con la ayuda del Departamento de Control Biológico, Dirección de Sanidad Vegetal, de México que cuenta con suficiente experiencia, información y personal técnico.

En Perú está también el Ministerio de Agricultura y Alimentación con su Departamento de Control Biológico. El Instituto de Control Biológico de la Mancomunidad Británica, CIBC, con laboratorios en varios lugares del mundo (siendo el más cercano el de Trinidad), tiene a la disposición asistencia técnica, información y servicios de identificación de plagas y enemigos naturales. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), diversas instituciones académicas y tecnológicas de ese mismo país, así como de Europa, Asia, Africa y Australia, constituyen puntos de apoyo para conseguir todo tipo de asistencia. Desde hace años se ha integrado la Organización Internacional de Lucha Biológica (IOBC), como secciones regionales en distintos lugares del mundo. La Sección del Hemisferio Occidental está tratando de estimular una participación más amplia de los entomólogos latinoamericanos y se pueden aprovechar sus servicios informativos y de asistencia. La Organización tiene como órgano oficial de publicaciones científicas la revista ENTOMOPHAGA, en la que se dan a conocer los resultados de investigaciones puras y aplicadas sobre el control biológico e integrado de las plagas.

El Proyecto MIP/CATIE está desarrollando su Laboratorio de Diagnóstico de Plagas, el que eventualmente alcanzará alguna capacidad para ofrecer servicios de diagnóstico e identificación, incluyendo el de enemigos naturales.

Se puede afirmar que en Centro América ha habido poco interés por el control biológico, a excepción de algunos individuos o instituciones que han puesto esfuerzos en su desarrollo. Ha existido una tendencia generalizada a considerar al control biológico como una actividad de valor sólo académico, sin reconocer el tremendo valor práctico de puede tener dentro de los esquemas del manejo integrado de plagas, como se ha probado ya en países de diverso desarrollo científico y tecnológico como Perú, los Estados Unidos, México, la República Popular China, Japón e Israel, para mencionar sólo algunos. Se vuelve así necesario explorar con la mayor profundidad e interés posibles el potencial que tiene el control biológico en general, y especialmente el control biológico clásico, como parte de las estrategias de control integrado de las plagas en Centro América.

Es importante señalar que los ecosistemas naturales de Centro América son variados y albergan en ellos valiosos elementos de la flora y la fauna con potencial para el fitomejoramiento y el manejo de plagas. Muchas especies de parásitos y depredadores, así como organismos entomopatógenos, pueden ser descubiertos y aprovechados si se ponen en marcha proyectos relativamente sencillos para su hallazgo. En todos los cultivos se pueden detectar enemigos naturales de las plagas, muchas veces de una alta capacidad de búsqueda y elevado nivel de parasitismo. Por ejemplo en El Salvador, Castaneda, Mancía y Quezada (1976), trabajando en algodón, encontraron que Trichogramma semifumatum Perkins ejerce un alto nivel de parasitismo natural en huevos del gusano medidor, Alabama argillaceae Hubner. Quezada (1977) plantó una parcela de algodón que se manejó sin usar insecticidas en un área alejada de la zona algodonera típica de la costa. Pudo así detectar enemigos naturales de varias plagas del cultivo. Su hallazgo principal lo constituyeron dos parásitos del picudo, Anthonomus grandis Boh. Con técnicas similares Quezada (1979) encontró un parásito dryínido del Dalbulus maidis D. L. W., vector de la enfermedad del achaparramiento del maíz. Hamilton (1967) lista una serie de parásitos y depredadores de plagas del cafeto en Costa Rica y Guatemala que puede ser de gran utilidad en el manejo de plagas de este cultivo. Basten estos ejemplos para aseverar que el control biológico

natural en sí tiene un gran potencial en el área centroamericana y pueden aplicarse a la solución racional de los problemas de plagas en cultivos de exportación como el algodón o el café, en granos básicos como el maíz y frijol, y otros cultivos como los frutales y las hortalizas.

En cuanto al control biológico clásico, o sea la importación y establecimiento de enemigos naturales exóticos para combatir plagas importadas o nativas, es una actividad a la cual no se ha dado toda la atención y apoyo debidos y que puede llegar a ser crucial en los programas de manejo de plagas en Centro América. Ha habido varios intentos desde los inicios de este siglo (Cuadro 1), pero nunca se han implementado programas consistentes en el área.

En el Cuadro 2 se presenta una lista de varias especies de plagas exóticas y nativas del área centroamericana con los parásitos depredadores que podrían importarse para combatirlos. Esa lista no es en forma alguna exhaustiva, ya que los cultivos de la región son muy variados y las plagas que les atacan son numerosas; por lo tanto hay cabida para decenas de proyectos de introducción de insectos benéficos.

Se necesita en primer lugar establecer políticas de integración regional para que en cada país de Centro América se impulsen estudios y proyectos de control biológico, evitando las duplicaciones de esfuerzos y ubicando los proyectos de acuerdo a las facilidades existentes en un país, a sus condiciones geográficas y climáticas adecuadas, etc. Por ejemplo, para la introducción de parásitos de la broca del fruto del café Hypothenemus hampei Ferr., lo más indicado es que eso se intente en Guatemala, que tiene una área infestada más amplia que la de otros países afectados, con lo que pueden encontrarse condiciones más variadas para el posible establecimiento de los parásitos, que después podrían ser colonizados en los otros países.

Facilidades como las del Laboratorio de Estudios Biológicos con que contaba el OIRSA en San José, Costa Rica, podrían ser aprovechadas para tener ahí un Centro de Cría de Insectos Benéficos que sirvan a toda la región, sobre todo en lo que respecta a parásitos y depredadores de plagas en granos básicos y frutales.

CUADRO 1. Algunos Intentos de Control Biológico Clásico en Centro América, Haití y la República Dominicana.

| PLAGA  | ENEMIGO(S) NATURAL(ES)  | TIPO DE ENEMIGO NAT.                         | PAIS  | AÑO                                    | RESULTADO  |
|--|---|--|---|--|--|
| Zancudos<br>Culicidae  | <u>Poecilia reticulata</u>  | Depredador                                   | Panamá  | 1908                                   | No establecido   |
| Escama del coco<br><u>Aspidiotus destructor</u>                          | <u>Chilocorus cacti</u> (L.)<br><u>Pantilia castanea</u> Mulsant<br><u>Cryptognatha nodiceps</u> Marshall   | Depredador<br>"<br>"                         | Rep. Dominicana<br>"<br>"                                   | 1929<br>1937<br>1937                   | No establecido<br>Probablemente est.<br>Falta información<br>con respecto a la<br>eficacia       |
| Mosca prieta de los<br>cítricos<br>Aleurocanthus<br><u>woglumi</u> Ashby | <u>Eretmoterus serius</u> Silvestri<br><u>Prospaltella opulenta</u> Silvestri<br><u>Prospaltella opulenta</u> Silvestri<br><u>Amitus hesperidum</u> Silvestri   | Parásito<br>Parásito<br>Parásito<br>Parásito | Panamá<br>Haití<br>Costa Rica<br>El Salvador<br>El Salvador | 1931<br>1931<br>1933-4<br>1971<br>1979 | Control Comercial<br>"<br>Control completo en<br>Valles interiores<br>¿                          |
| Picudo de banana<br><u>Cosmopolites sordidus</u><br>(German)             | <u>Plaesius javanus</u> Erich   | Depredador                                   | Honduras  | 1942                                   | No establecido   |
| Mosca Mediterránea<br><u>Ceratitis capitata</u><br>(Wied.)               | <u>Biosteres (Opus) tryoni</u> Cam<br><u>B. gophilum</u><br><u>B. longicaudatus compensans</u> (Silv)<br><u>B. vandenboshi</u> Full<br><u>Pachycrepoideus vindemiae</u> (Rond.)<br><u>Aceratoneuromyia indica</u> (Silv.)<br><u>Tetrastichus giffardianus</u> (Silv.) | Parásitos                                    | Costa Rica<br>Nicaragua                                     | 1955<br>hasta el<br>presente           | No se ha informado<br>de reducciones a-<br>preciables sin el u-<br>so de Liberaciones<br>nasivas |
| Cogollero<br><u>Spodoptera frugiperda</u><br>(J.E. Smith)                | <u>Telenomus remus</u> Nixon  | Parásito                                     | Nicaragua<br>El Salvador                                    | 1978<br>1978-9                         | No establecido<br>¿  |
| <u>Planococcus citri</u>   | <u>Cryptolemus monstrosziewi</u>  | Depredador                                   | Costa Rica  | 1975                                   | Establecido en café<br>Supresión reportada   |
| <u>Diatraea</u> spp.   | <u>Lixophaga diatraea</u> (Town.)   | Parásito                                     | Panamá  | -                                      | Supresión reportada<br>cuando lib. inocula-<br>tivas usadas                                      |



Cuadro 2. Enemigos naturales que pueden importarse al área centroamericana para el combate biológico de algunas plagas.

| PLAGA   | ENEMIGO(S)<br>NATURAL(ES)   | PAIS   |
|---|---|--|
| 1. Chicharrita, <u>Empoasca</u> spp.  | <u>Anagrus</u> spp., <u>Gonatocerus</u> spp.  | Colombia   |
| 2. Escarabajo o conchuela del frijol, <u>Epilachna varivestis</u> Muls.     | <u>Pediobius foveolatus</u> Craw.   | E.U.   |
| 3. Barrenador de la caña, <u>Diatraea saccharalis</u> (F.)                  | <u>Lixophaga diatraeae</u> (Town.)<br><u>Apanteles flavipes</u> (Cam.)  | Cuba, México<br>Trinidad   |
| 4. Perforador de la hoja del algodón, <u>Bucculatrix thurberfella</u> Busk. | <u>Sympiesis</u> spp.   | E.U.   |
| 5. Picudo del algodón, <u>Anthonomus grandis</u> Boh.                       | <u>Bracon kirkpatricki</u> Wilk.  | E.U.   |
| 6. Mosca del Mediterráneo, <u>Ceratitis capitata</u> Wied.                  | <u>Biosteres (Opus)</u> spp.  | Hawaii, Trinidad   |
| 7. Broca del café, <u>Hypothenemus hampei</u> Ferr.                         | <u>Prorops nasuta</u> Waterson<br><u>Heterospilus coffeicola</u> Schm., <u>Ceraphron</u> sp.<br><u>Cephalonomia stephanoderes</u> | Brasil, Perú<br>Uganda<br>Costa de Marfil                              |
| 8. Escama roja de las Indias, <u>Selenaspidus articulatus</u> Morg.         | <u>Aphytis roseni</u> DeBach  | Perú   |
| 9. Escama nieve, <u>Unaspis citri</u> Comstock                              | <u>Aphytis lingnanensis</u> DeBach<br><u>Telsemia</u> sp.   | E.U.<br>Fiji   |
| 10. Escama del cocotero, <u>Aspidiotus destructor</u> Sign.                 | <u>Cryptognatha nodiceps</u> Marsh  | Trinidad   |
| 11. Lígosa, <u>Vaginulus plebeius</u> Fischer                               | <u>Antichaeta</u> spp.  | E.U.   |
| 12. Gusano Cogollero, <u>Spodoptera frugiperda</u> J.G. Smith               | <u>Telenomus remus</u> Nixon  | Trinidad   |
| 13. Picudo del banano, <u>Cosmopolites sordidus</u> Germ.                   | <u>Plaesius javanus</u> Er.   | Trinidad<br>Java   |
| 14. Chinche hedionda, <u>Nezara viridula</u> (L.)                           | <u>Trichopoda pennipes</u> (F.)<br><u>Trissolcus basalis</u> (Woll.)  | E.U.<br>Trinidad   |
| 15. Mosca prieta de los cítricos, <u>Aleurocanthus woglumi</u> Ash          | <u>Prospaltella clypealis</u> Silv.<br><u>Amitus hesperidum</u> Silv.<br><u>Eretmocerus serius</u> Silv.                          | México   |
| 16. Picudo del cocotero <u>Rhynchophorus palmarum</u> L.                    | <u>Sarcophagia nonata</u><br><u>Parabillea rhynchophoreae</u>   | México<br>Bolivia  |
| 17. Palomilla de dorso de diamante, <u>Plutella xylostella</u> (L.)         | <u>Diadegma cerophaga</u><br><u>Diadromus collaris</u><br><u>Cotesia (Apanteles) plutellae</u>                                    | Australia<br>Nueva Zelanda, Indonesia<br>Hawaii<br>Indonesia, Trinidad |

Existe también la posibilidad de la creación de un Laboratorio de Control Biológico en el CATIE, como una extensión del Proyecto MIP, en donde se llevaran a cabo estudios de organismos benéficos nativos, así como importación de enemigos naturales exóticos para el combate biológico de las plagas que afectan centroamérica.

Instituciones selectas de cada país deberían ser apoyadas con recursos materiales, financieros y humanos para que amplíen o desarrollen proyectos de control biológico locales en coordinación y comunicación periódica para un mejor aprovechamiento de esos recursos. El Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ISIC) en El Salvador, el IHCAFE de Honduras y otros similares en la región necesitan ser estimulados para emprender o fortalecer ese tipo de proyectos.

Para que esas actividades tengan un fundamento científico sólido deberán estar apoyadas en estudios básicos sobre la biología y ecología de las plagas. Estos estudios requerirán dedicación y tiempo exclusivo que no siempre pueden darse en las instituciones ya mencionadas. Se necesita el concurso de las universidades, a través de sus facultades de ciencias agronómicas o departamentos de biología, en donde estudiantes y profesores puedan emprender esos estudios, con la cooperación y constante comunicación con las instituciones encargadas del trabajo con el agricultor, o sean los institutos, direcciones generales, servicios de extensión, etc.

El financiamiento local debiera provenir de los presupuestos reforzados que se destinen para los proyectos, y de asignaciones o donaciones que puedan obtenerse de instituciones nacionales o extranjeras. Cuando se trate de proyectos de tipo regional, serían los gobiernos los llamados a proporcionar los fondos de manera equitativa, procurándose también la cooperación financiera y técnica de organismos internacionales como la FAO, OEA u otros.

Los beneficios de estos programas, si se echan a andar con entusiasmo y coordinación adecuada, pueden ser extraordinarios, ya que cada problema de plagas que se logre resolver en forma total o parcial por el método biológico de control, significa enormes ahorros en concepto de divisas por el uso atenuado de

las aplicaciones de insecticidas, así como por su contribución en mantenimiento de un ecosistema más sano y productivo.

### BIBLIOGRAFIA

- CATAREDA, S. L.; MANCIA, J. E. y QUEZADA, J. R. 1976. Trichogramma semifumatum (Perkins), una especie nativa de El Salvador parásito de Alabama argillaceae Hubner. SIADES Comunicaciones Científicas. (El Salvador). 8(3-4):94.
- CLAUSEN, C. P. y BERRY, P. A. (1932). The citrus blackfly in Asia, and the importation of its natural enemies into Tropical America. U.S. Dept. Agric. Tech. Bull. 320. 59 p.
- COSTA LIMA, A. da. 1938-1962. Insectos do Brasil. 12 Tomos. Escola Nacional de Agronomia. Serie Didáctica Nº14. Págs. 137-315.
- DeBACH, P. editor (1969). Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. México D.F. Compañía Editorial Continental. 949 p.
- \_\_\_\_\_. (1971). Fortuitous biological control from ecesis of natural enemies. Entomological Essays. Tokyo. Horkuryukan Pub. Págs. 293-307.
- \_\_\_\_\_. (1974). Biological control by natural enemies. Cambridge University Press. 323 p.
- \_\_\_\_\_. y BARTLETT, B. R. 1969. Métodos de colonización, recuperación y evaluación. In: DeBach, P. (editor) control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. México, D.F. Compañía Editorial Continental. 949 p.
- DELUCCHI, V. L. (Editor). 1976. Studies in biological control. Londres, Cambridge University Press. 304 p.
- DOUTT, R. L. (1969). El desarrollo histórico del control biológico. In: DeBach, P. (editor). Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. México D. F. Compañía Editorial Continental. 949 p.
- FALCON, L. A. y SMITH, R. F. 1974. Manual de control integrado de plagas del algodón. FAO, AGPP: Misc./8. 87 p.
- HAMILTON, D. W. 1967. Injurious and beneficial insects in coffee plantations of Costa Rica and Guatemala, Jour. Econ. Ent. 60(5):1409-1413.
- HUFFAKER, C. B. (Editor). 1971. Biological control. New York, Plenum Press. 511 p.
- HUFFAKER, C. B. y MESSENGER, P. S. 1976. Theory and practice of biological control. New York. Academic Press. 788 p.

- QUEZADA, J. R. 1972. Algunas especies de artrópodos y sus enemigos naturales en El Salvador. Dept. de Biología Univ. de El Salvador. COMUNICACIONES 2a. Epoca. 1(1):19-28
- \_\_\_\_\_. 1977. Hallazgo de dos enemigos naturales del picudo del algodón, Anthonomus grandis en El Salvador. Reunión de Control Biológico, 5º. Tamaulipas, México. Memorias.
- \_\_\_\_\_. 1978. Los Parásitos de la superfamilia Chalcidoidea. Centro Nac. de Tecnología Agropecuaria CENTA. Boletín Técnico, (El Salvador) Nº9. 39 p.
- \_\_\_\_\_ y DeBACH, P. 1973. Bioecological and population studies of the cotton cushion scale, Icerya purchasi Mask., and its natural enemies, Rodolia cardinalis Mul. and Cryptochaetum iceryae Will, in Southern California. Hilgardia. 41(20):631-688.
- \_\_\_\_\_ ; ALEGRIAS, J. R. y VELASCO, J. D. 1973. Efecto de los Insecticidas en el equilibrio natural de poblaciones de Rothschildia aroma Schaus (Lepidoptera: Saturniidae) en El Salvador. Revista Biología Tropical. (Costa Rica). 21(1):111-125.
- \_\_\_\_\_ ; CORNEJO, C.; DE MIRA, A. e HIDALGO, F. 1974a. Principales Especies de Insectos Asociados a los Cultivos de Cítricos en El Salvador. San Salvador. Minist. de Agric. y Ganad. El Salvador. 49 p.
- \_\_\_\_\_ ; CORNEJO, C.; DE MIRA, A. e HIDALGO, F. 1974b. Control biológico e integrado de la mosca prieta de los cítricos en El Salvador. Univ. de El Salvador, Fac. Ciencias y Hum. Dept. de Biología. 39 p.
- \_\_\_\_\_. 1979. Hallazgo de Agonatopus sp. (Hymenoptera: Dryinidae), parásito del Dalbulus maidis (Homoptera: Cicadellidae) en El Salvador. CEIBA 23(1):1-12.
- SIMMONDS, F. J. y BENNETT, F. D. 1976. Biological control of agricultural pests. International Congress of Entomology, 5º. Washington, D. C., Proceedings. Págs. 464-472.
- STEVENS, L. M.; STEINHAWER, A. L. y COULSON, J. R. 1975. Suppression of Mexican bean beetle on soybeans with annual inoculative releases of Pediobius foveolatus. Environmental Entomology 4:947-52.
- TOTHILL, J. D.; TAYLOR, T. H. C. y PAINE, R. W. 1930. The coconut moth in Fiji. A history of its control by means of parasites. Londres, Pub. Imp. Bur. Entomol. 269 p.
- VAN DEN BOSCH, R. y MESSENGER, P. S. 1973. Biological control, New York, Intext Educational Publishers. 180 p.
- VAUGHAN, M. A. y LEON, Q. G. 1976. Pesticide management on a major crop with severe resistance problems. International Congress of Entomology, 5º. Washington, D. C., Proceedings. Págs. 812-815.
- VELIS, M. y DE MIRA, A. 1978. Evaluación de parásitos de la mosca prieta de los cítricos, A. woqlumi en El Salvador. Reunión Nacional de Control Biológico, 6º. Cuñacán, México. Págs. 161-173.



## EL NEMATODO DEL QUISTE DE LA PAPA EN PANAMA\*

Ing. Roberto Rodríguez Ch.\*\*

### Antecedentes históricos

El primer informe del nematodo del quiste de la papa fue hecho en 1981, sin concederle mucha importancia, por creerse que se trataba de una sub-raza de (Heterodera schachtii), el nematodo quiste de la remolacha azucarera. En 1923, Wollenweber observó diferencias morfométricas entre las larvas y quistes de los nematodos que atacan la remolacha y la papa, concluyendo, que era una nueva especie a la cual llamó Heterodera rostockiensis.

Skarbilovich en 1959, dividió el género Heterodera en Globodera con forma citriforme y esférica, y Heterodera con forma citriforme y cono vulvar.

En 1970, al informarse de la presencia de varias razas patogénicas del nematodo, se profundizan los estudios y se encuentran diferencias en las secuencias de coloración. En 1973, los estudios de estas poblaciones que carecen de la fase de coloración amarilla, permite nominar la nueva especie con el nombre de Heterodera pallida (Globodera 1976).

### Antecedentes en Panamá

El nematodo Globodera spp., comunmente conocido como Nematodo del Quiste de la Papa, se puede considerar como una de las plagas más dañinas que afectan este cultivo. En la actualidad, es considerado potencialmente más peligroso que cualquiera de los insectos y enfermedades que afectan la papa, tanto por su efecto patogénico, que se manifiesta con una creciente reducción de los rendimientos de la papa producida en terrenos infestados, como también por la dificultad de controlarlo una vez establecido en un suelo. Su erradicación parece imposible debido principalmente, a la supervivencia prolongada de los huevos y larvas dentro del cuerpo de la hembra muerta, convertida en quiste protector de gruesa pared o cutícula. Cada quiste es capaz de contener en su interior hasta 600 huevos, que pueden permanecer viables en el suelo por un largo período de tiempo, en un estado de reducida actividad metabólica, ante la ausencia de un cultivo de papa. Se ha informado de quistes conteniendo algunos huevos y larvas viables hasta 20 años después de establecido el último cultivo de papa en un terreno.

---

\* Trabajo presentado al Seminario/Taller de Fitopatología, MIP/CATIE. (Panamá, 22-24 abril, 1986).

\*\* Fitotecnista, IDIAP, Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

En el año 1967, Tarté encontró por primera vez en Panamá, el nematodo, en una de las plantaciones de papa en Cerro Punta, Provincia de Chiriquí. Este primer hallazgo fue hecho en un campo que mostraba pequeñas áreas de la plantación donde el cultivo, mostraba síntomas de crecimiento pobre y reducido. Posteriormente, en este mismo año, se realizó un reconocimiento con el propósito de determinar la distribución y grado de infestación del nematodo, en todas las fincas dedicadas al cultivo de la papa en Cerro Punta.

Tres años después de su primera detección se realizó un nuevo reconocimiento en algunas de las fincas donde el nematodo fue encontrado en 1967, con el propósito de determinar los cambios ocurridos en las poblaciones del mismo. En cuatro de las fincas reconocidas anteriormente, tres de ellas que estuvieron bajo cultivo continuo de papa, registraron un aumento. En cambio, la finca que permaneció 2 años sin cultivar papa experimentó una disminución de las poblaciones (Cuadro 1). Las cifras encontradas en esta última, sugiere la posibilidad de reducir las poblaciones del nematodo en ausencia del cultivo de papa, pero al mismo tiempo, los aumentos de las poblaciones en fincas cultivadas en forma continua, sugiere la necesidad de investigar los factores relacionados con estos cambios y su efecto sobre la producción de papa.

A partir de 1971, comenzó a observarse en Cerro Punta, el efecto adverso de este nematodo en algunos campos, que a causa de ello fueron dejados en descanso por algún período de tiempo. Fue entonces cuando se comenzó a introducir algunas variedades resistentes provenientes de Holanda y se introdujo el uso de nematicidas entre los cultivadores de papa del área.

CUADRO 1. CAMBIOS OCURRIDOS EN POBLACIONES DE Globodera rostochiensis ENTRE 1967 Y 1970 EN 4 FINCAS EN CERRO PUNTA, PANAMA

| Finca | Quistes/50 cc de suelo |      | H y L/50 cc de suelo * |       | Cambios en las pobl. de H y L* (1967 = 100%) | Comentarios          |
|-------|------------------------|------|------------------------|-------|--|----------------------|
|       | 1967                   | 1970 | 1967                   | 1970  |  |                      |
| A     | 4.2                    | 32.5 | 330                    | 3.140 | 951  | Siembra contín.      |
| B     | 3.8                    | 36.0 | 810                    | 3.095 | 382  | Siembra contín.      |
| C     | 0.12                   | 0.13 | 14                     | 21    | 150  | Siembra contín.      |
| D     | 0.8                    | 0.9  | 120                    | 6     | 5  | Rot. 2 años (kikuyo) |

\* H = Hembras  
L = Larvas

## Sintomatología

Cuando las poblaciones del nematodo se encuentran a bajos niveles, los síntomas de las partes aéreas de las plantas no son evidentes aún y es muy difícil detectar el nematodo valiéndonos de los procedimientos actuales de extracción de quistes del suelo. Esta carencia de síntomas distinguibles, favorece la supervivencia del nematodo.

De 6 a 10 años después de introducido en un campo continuamente cultivado con papa, el nematodo alcanza niveles poblacionales capaces de detectarse por un muestreo y análisis de suelos. Entre el séptimo y el octavo año, aparecen los primeros síntomas en las partes aéreas de las plantas. Al principio, se notan áreas del campo donde el crecimiento de cultivos es pobre. Sin embargo, esto no es un criterio seguro que indique la presencia de nematodo, pues este síntoma es similar al producido por otros organismos fitopatógenos, o al producido por excesos de agua en las partes más bajas del terreno, en años lluviosos, o por la sequía en las partes más altas del mismo, en años secos. A medida que crece la infestación en el suelo, las áreas afectadas se van agrandando y a su vez van apareciendo nuevas áreas con sintomatología similar.

Entre el octavo y el noveno año después de su introducción, la población de quistes en el suelo alcanza un nivel tal, que produce una considerable marchitez de las plantas, falta del crecimiento y desarrollo radicular pobre. Removiendo cuidadosamente las plantas y sacudiendo el exceso de tierra de las raíces, después de las 10 semanas de siembra se puede observar el signo de la enfermedad, las hembras, en diferentes fases de coloración y a simple vista.

## Importancia económica

El combate del nematodo quiste de la papa es de gran importancia en las áreas de producción de este cultivo, según lo demuestran estudios realizados por el IDIAP. En Cerro Punta, los suelos con población es de 200 huevos y larvas por gramo de suelo, pueden ocasionar una baja en el rendimiento en variedades susceptibles, llegando a reducciones hasta de 50%, en áreas de producción comercial donde no se aplican nematicidas.

## Determinación de especies y patotipos

Según estudios realizados por el IDIAP en Cerro Punta, podemos concluir que la especie predominante es Globodera rostochiensis patotipo A. Pero en casos donde se ha sembrado continuamente una variedad resistente a esta especie, se ha encontrado que las medidas morfométricas analizadas indican que el 45.6% de quistes pertenecían a la especie Globodera pallida (Cuadro 2). Es de interés hacer notar que ésta última especie es común en Perú y Bolivia, lugar donde es originaria la papa.

CUADRO 2. DATOS MORFOMETRICOS DE QUISTES Y LARVAS REPRODUCIDOS EN UNA VARIEDAD RESISTENTE

| Tipo de Mediciones   | P o r c e n t a j e s |                   |              |
|--|-----------------------|-------------------|--------------|
|  | <u>G. rostochien.</u> | <u>G. pallida</u> | Deteriorado* |
| Distancia de la vulva al ano                               | 50.0                  | 50.0              | 0.0          |
| Diámetro de la vulva                                       | 100.0                 | 0.0               | 0.0          |
| Número de línea entre la vulva y el ano                    | 10.0                  | 90.0              | 0.0          |
| Radio de Granex  | 90.0                  | 10.0              | 0.0          |
| Longitud del estilete de la larva (segundo estado juvenil) | 12.0                  | 88.0              | 0.0          |
| Proyección de los nódulos del estilete                     | 56.0                  | 36.0              | 8.0          |
| Totales  | 53.0                  | 45.66             | 1.33         |

\* Deteriorado: No fue posible realizar lectura.

CUADRO 3. DATOS MORFOMETRICOS DE QUISTES Y LARVAS EN UNA VARIEDAD SUSCEPTIBLE CON MAS DE 20 AÑOS DE CULTIVO CONTINUO

| Tipo de Mediciones   | P o r c e n t a j e s |                   |              |
|--|-----------------------|-------------------|--------------|
|  | <u>G. rostochien.</u> | <u>G. pallida</u> | Deteriorado* |
| Distancia de la vulva al ano                               | 85.71                 | 9.73              | 4.76         |
| Diámetro de la vulva                                       | 80.95                 | 14.28             | 4.76         |
| Número de línea entre la vulva y el ano                    | 64.28                 | 0.00              | 35.71        |
| Radio de Granex  | 85.71                 | 4.76              | 9.53         |
| Longitud del estilete de la larva (segundo estado juvenil) | 65.00                 | 35.00             | 0.00         |
| Proyección de los nódulos del estilete                     | 100.00                | 0.00              | 0.00         |
| Totales  | 80.28                 | 10.59             | 9.13         |

\* Deteriorado: No se aprecia bien las características que se desean observar.



En otro caso, analizando un suelo con 20 años de siembra continua, de una variedad susceptible de papa, permitió observar que sólo el 10.6% pertenecía a la especie Globodera pallida. Realizando este estudio basado en los parámetros morfométricos se logró una alta coincidencia con la determinación anterior, lo que demuestra que es posible la clasificación de especie por su susceptibilidad o resistencia de una variedad de papa en particular (Cuadro 3).

Mediante estudios de cromogénesis de la hembra, se determinó, que hubo formación de quistes sin pasar por la fase amarilla, lo cual indicaba la presencia de Globodera pallida. Por el estudio con clones diferenciales, se logró confirmar la presencia de Globodera pallida y la posible existencia de otro patotipo de Globodera rostochiensis.

### Control

Los estudios de control se han realizado con el fin de integrarlos dentro de las prácticas de producción del cultivo y así poder tener un manejo apropiado del patógeno, de manera tal que permita optimizar los rendimientos.

1. Químico: Se han realizado varios estudios utilizando todos los nematocidas que se conocen en Panamá a nivel comercial. El uso de los mismos ha permitido incrementar los rendimientos y también mantener secuencias continuas del cultivo hasta de 2 cosechas por año. A pesar de que el control químico es efectivo y altamente rentable, debe tomarse con cierta reserva a largo plazo debido a que las poblaciones finales del nematodo suelen ser altas. En otras palabras, el inóculo en el suelo se mantiene elevado, pudiendo afectar el próximo ciclo de papa. Es de interés señalar que existe una tendencia a la sobredosis de nematocidas por parte de los productores de papa de Cerro Punta.
2. Variedades resistentes: Existen variedades con genes de resistencia que disminuyen las poblaciones de nematodos y que producen buenos rendimientos. Sin embargo, estas variedades comerciales solamente son resistentes al patotipo A de Globodera rostochiensis. De sembrarse sucesivamente estas variedades resistentes, pueden contribuir a una presión de selección de otra raza o especie del nematodo. Es importante destacar que también se han encontrado variedades tolerantes con buenas características de producción.
3. Biocontroladores: Los hongos Paecilomyces lilacinus y Penicillium anaticum, han sido encontrados parasitando al nematodo quiste de la papa (Fig. 1). El alto nivel de infestación en huevos y quistes es significativo y podría ayudar a explicar en parte la baja viabilidad de los quistes de un año para otro de aproximadamente 30%, en comparación con una viabilidad del 60%, como ocurre en los países europeos. Esta forma de control biológico natural es aparentemente más atribuible

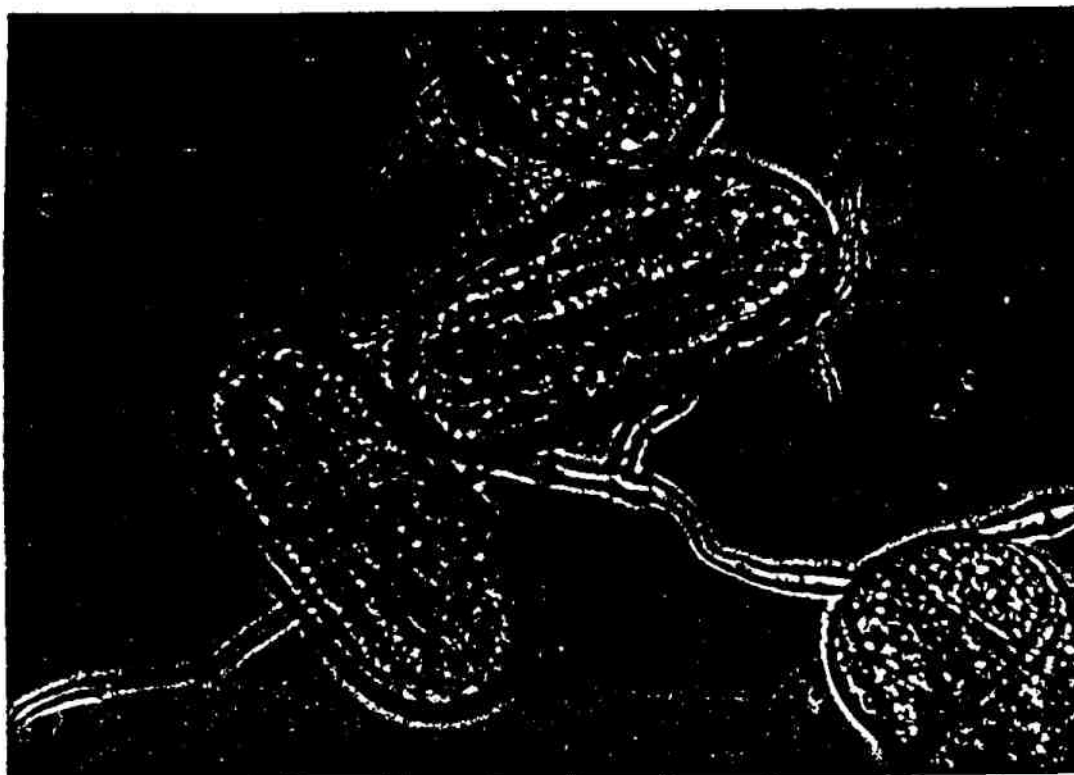


FIGURA 1. Huevos de nematodo del quiste de la papa, Globodera spp., infectado por el hongo Penicillium anatolicum.

al hongo amarillo, Penicillium anatolicum. Las condiciones ecológicas del área de Cerro Punta, especialmente de temperatura de suelo constante, alta humedad y alto contenido de materia orgánica son factores importantes que pueden estar contribuyendo a que ambos hongos prevalezcan en forma natural bajo estas condiciones de microclima (Cuadro 4).

CUADRO 4. EVALUACION DEL POTENCIAL DE LOS HONGOS Paecilomyces lilacinus Y Penicillium anatolicum EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE Globodera spp.

| Tratamientos                  | Rendimientos<br>Ton/Ha | Tasa de<br>Multiplicación |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------|
| <u>Paecilomyces lilacinus</u> | 12.3                   | 9.33                      |
| <u>Penicillium anatolicum</u> | 9.1                    | 4.27                      |
| Carbofuran                    | 10.8                   | 2.85                      |
| Control                       | 12.3                   | 7.03                      |
| D.L.S.                        | N.S.                   | N.S.                      |

4. Control integrado: Utilizando este método donde se combinan varias prácticas de control, para el manejo más efectivo y económico del nematodo, de tal forma que se logre la reducción de las poblaciones a niveles que se pueden obtener cosechas con buenos rendimientos. Recomendamos el siguiente plan:

- Se inicia el ciclo sembrando una variedad resistente.
- En la segunda temporada, sembrar una variedad tolerante.
- En la tercera siembra, utilizar un nematicida y sembrar una variedad susceptible.
- En la cuarta temporada, volver a iniciar el ciclo sembrando una variedad resistente.

#### BIBLIOGRAFIA

- CANDANEDO, E., R. RODRIGUEZ CH., R. RODRIGUEZ & F. ATENCIO. 1980. Identificación de especies del nematodo de quiste de la papa, Globodera spp. (Mulvey y Stone, 1976), por medio de la cromogénesis de las hembras. *Ciencia Agropecuaria* 3:11-21.
- FRANKLIN, M. T. 1940. On the identification of strains of Heterodera shachtii. *J. Helminthol.* 18:63-84.
- KUHN, J. 1881. Engernbnisse der Versuche Zur Ermittlung der Ursache der Ruben muding Keit und zur Erforschung der Natur der Nematoden. *Ber-Physiol. Lab. Univ. Halle* N° 3.1.153.
- TARTE, R. 1968. First record of the occurrence of Heterodera rostochiensis in Panama. *Plant Disease Reporter* 52:587-588.
- TARTE, R. & R. RODRIGUEZ. 1976. Evaluación del daño ocasionado por el nematodo Heterodera rostochiensis Woll, al cultivo de la papa con énfasis en el desarrollo de un sistema integrado de control. In *Investigación Agropecuaria 1974 - 1975*. Facultad de Agronomía, Univ. Nal. de Panamá. Pp. 285-339.
- TARTE, R. & R. RODRIGUEZ. 1978. El nematodo dorado de la papa, Heterodera rostochiensis: nuevos datos sobre el control integrado y evidencia de la aparición de una nueva raza en Cerro Punta. *Investigaciones Agropecuarias 1976-1977*. Facultad de Agronomía, Univ. Nal. de Panamá. Pp. 407-419.
- RODRIGUEZ, R. Avances de la Investigación sobre el nematodo dorado (Globodera spp.) en la República de Panamá. IDIAP (Panamá). *Boletín Técnico* N°4.

## PROBLEMAS FITOPATOLÓGICOS DE POST-COSECHA \*

Elkin Bustamante, Ph.D. \*\*

### Introducción

Las pérdidas de alimentos en post-cosecha a nivel mundial se calculan en aproximadamente un 20 por ciento del volumen producido en el campo. Estas pérdidas adquieren valores superiores en países con deficiencias en el manejo de productos cosechados o en alimentos como frutas y hortalizas.

Para conocer su importancia es necesario realizar un diagnóstico fitosanitario y socioeconómico que identifique las causas y el valor real de las pérdidas con el fin de dar solución al problema. Este diagnóstico tendría los siguientes objetivos a determinar:

1. Los factores bióticos y abióticos que causan reducción en cantidad y calidad del producto y los que se originan durante el desarrollo del cultivo.
2. El nivel de pérdida causada por organismos bióticos y mal manejo del producto entre la cosecha y el momento de utilización.
3. El nivel tecnológico de manejo y mercadeo de los productos y su incidencia en las pérdidas post-cosecha.
4. La presencia de residuos de plaguicidas y de micotoxinas en productos vegetales y alimenticios.

Con los resultados de un diagnóstico correcto es posible definir las campañas e investigaciones que permitan mejorar las condiciones de cosecha y manejo posterior. La extensión y profundidad de un diagnóstico estarían fijados por la magnitud del problema y la disponibilidad de recursos económicos y tecnológicos.

### Patógenos importantes en post-cosecha

Los organismos más conocidos como agentes causales de deterioro de alimentos en post-cosecha son los hongos y bacterias. En el caso de granos, Aspergillus spp. y Penicillium spp. son los más frecuentes e impor-

---

\* Trabajo presentado al Seminario/Taller de Fitopatología, MIP/CATIE. (Panamá, 22-24 abril, 1986).

\*\* Fitopatólogo, Proyecto MIP, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

tantes. En hortalizas y frutales, Botrytis spp., Penicillium spp., Fusarium spp., Pseudomonas spp., Erwinia spp., y Corynebacterium spp. son los patógenos más comunes.

Estos organismos actúan sobre el producto cosechado y son favorecidos por la presencia de artrópodos, vertebrados y malezas. Igualmente, condiciones apropiadas de humedad, temperatura y gases (CO<sub>2</sub>, etileno) pueden acelerar el crecimiento de hongos y bacterias.

### Utilización del producto

En la Fig. 1 se presentan los elementos del sistema de utilización de productos agrícolas y sus sub-sistemas. Los elementos económicos y culturales constituyen la base de la utilización del producto y de las actividades a realizar en los subsistemas de manejo y fitoprotección, dado que fijan los costos de producción y manejo, así como los patrones de mercadeo y consumo de acuerdo con las características del producto, la tecnología de transporte, exportación y transformación y el ingreso económico personal.

Las exigencias de una sanidad exagerada del producto, así como la no observancia del intervalo mínimo entre la última aplicación y el momento de cosecha hacen necesario un intercambio en el uso de plaguicidas, lo cual resulta en un aumento de residuos. Este problema es de alto riesgo en el consumo directo de hortalizas y frutales.

En el caso de productos a utilizar en la agroindustria es importante conocer la presencia de micotoxinas, o las características de mal olor o pérdida de la calidad de los ácidos grasos por acción directa de hongos.

### Manejo Integrado de Plagas (MIP)

El concepto de MIP es generalmente aplicado a las condiciones de cultivos. Sin embargo, cada vez se hace más necesario disponer de una estrategia de fitoprotección adecuada a las características del producto y su manejo. La característica básica del producto en post-cosecha es su proceso fisiológico de maduración y senescencia en el cual los tejidos en general tienen menos organización y mecanismos de defensa que en el cultivo. La otra característica es la manipulación del producto (Fig. 1) que lo puede predisponer al ataque de patógenos si las condiciones físicas o mecánicas son inadecuadas. Estas características del producto, más aquellas discutidas en los numerales 2 y 3 para patógenos y utilización son básicas en las diferentes etapas del proceso de MIP.

Dichas etapas son las siguientes:

- Diagnóstico fitosanitario y socio económico
- Selección de áreas de manejo



- Técnicas de monitoreo y umbrales de decisión
- Selección y aplicación de una estrategia de manejo
- Integración de disciplinas

### Diagnóstico fitosanitario y socio económico

Las evidencias sobre la perecibilidad o deterioro de los productos agrícolas son abundantes. Sin embargo, no se dispone en muchos casos de la información sobre el nivel de pérdida y los factores de mayor importancia que inciden en ella. Esta información se puede conseguir a través de la caracterización de los productos, la caracterización de canales de mercadeo y la evaluación de daños.

1. Caracterización de los productos. Al iniciar un diagnóstico fitosanitario y socio económico, es necesario establecer la prioridad de los productos con el fin de seleccionar aquellos que ameritan un estudio completo.

Los factores para los cuales puede existir información secundaria o puede conseguirse por medio de encuestas, son los siguientes:

- Volumen de producción y su valor
- Clase de empaque
- Perecibilidad del producto
- Estado del producto en el lugar del mercadeo
- Tiempo promedio de cosecha o consumo
- Facilidades de conservación y almacenamiento
- Costo de producción por hectárea
- Rentabilidad
- Distancia al centro de acopio
- Estado de las vías de transporte

La importancia de cada factor puede ser asignado de acuerdo con una escala de valores, por ejemplo de cero (0) a diez (10).

2. Caracterización de los canales de mercadeo. Este estudio es necesario para establecer los sitios claves de muestreo que aportaran la información para evaluar el daño. En la Fig. 2 se puede observar el patrón de flujo y mercadeo de productos de post-cosecha de acuerdo con las actividades de manejo. Estos patrones son diferentes de acuerdo con el lugar de comercialización y el producto. Los muestreos se pueden hacer de preferencia en el área de producción, mercados mayoristas y mercados minoristas.
3. Evaluación de daños. Una vez determinados los productos para estudio, sus canales de comercialización y sitios de muestreos se procederá a la evaluación de daños. En la toma de la muestra, es necesario un tamaño representativo de la población considerada.

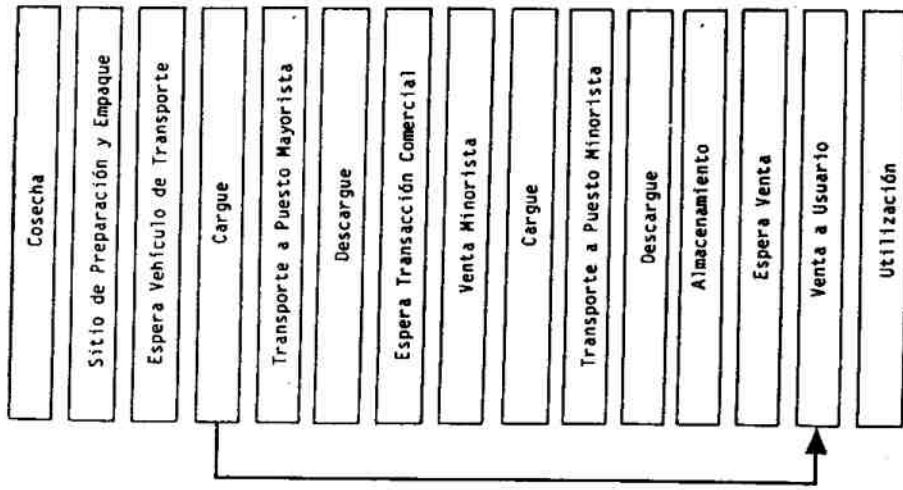


FIGURA 2. Patrón de flujo y mercado de productos de post-cosecha desde el campo hasta su utilización.

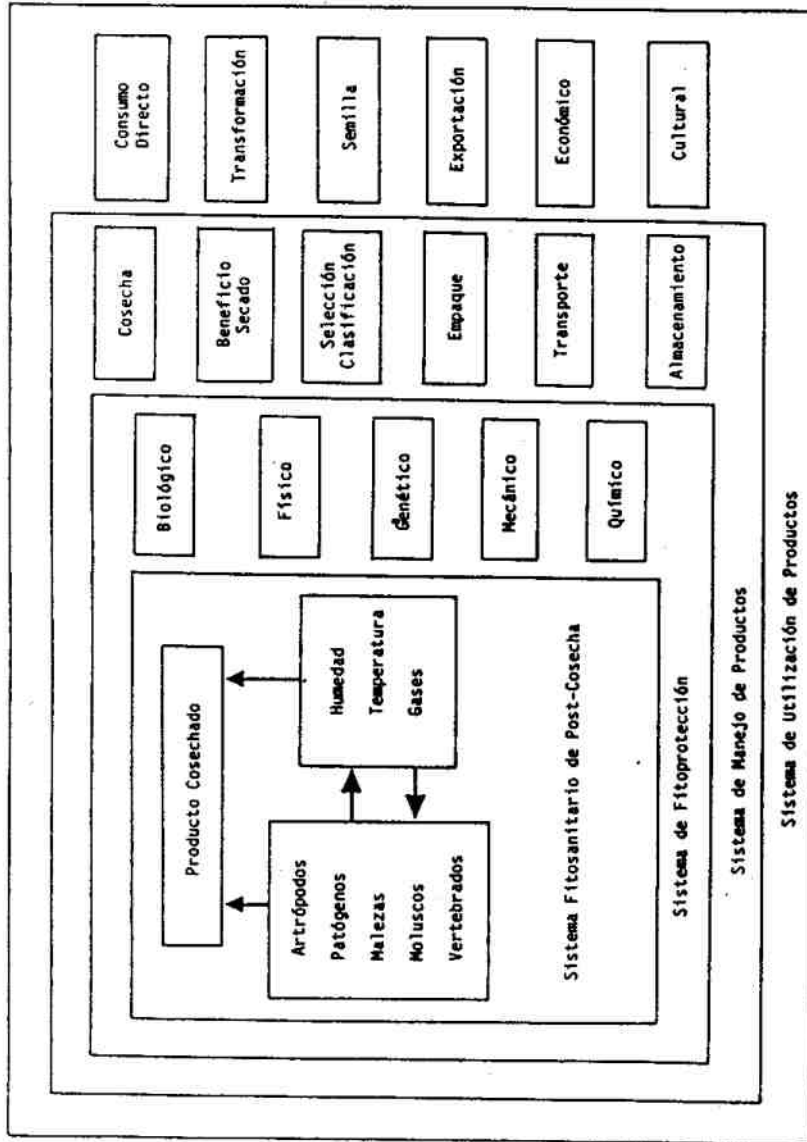


FIGURA 1. Elementos del sistema de utilización de productos agrícolas y sus subsistemas de manejo y fitoprotección, en problemas fitosanitarios de post-cosecha.

Normas para muestreo están dadas por instituciones internacionales como ISTA y FAO o instituciones de normalización nacionales. En el estudio se deben definir épocas de muestreo, lugares de muestreo y análisis de la muestra.

La evaluación de daños en productos agrícolas incluye aspectos generales, defectos físicos, fisiológicos, biológicos y mecánicos. Al colectarse la muestra se empaqueta en bolsa plástica y se conserva adecuadamente para el análisis al día siguiente. Para la determinación de hongos y bacterias se usan los métodos de diagnóstico convencionales.

### Selección de áreas de manejo

Estas pueden corresponder a los elementos del sistema de manejo de productos (Fig. 1), que comprende: área de cosecha, lugar de beneficio y secado, zonas de selección, clasificación, empaque, vehículos de transporte y áreas de almacenamiento.

### Técnicas de monitoreo y umbrales de decisión

En la toma de decisiones sobre medidas de manejo o mercadeo es necesario disponer de elementos de monitoreo para determinar el momento apropiado de acuerdo con el riesgo y el costo de la medida. El monitoreo se puede orientar a cada uno de los componentes del sistema fitosanitario:

1. Monitoreo de la fenología del producto. Esta permite determinar el momento de la cosecha de acuerdo con la madurez fisiológica del fruto; de igual manera, sirve para conocer la madurez para consumo y la senectud.
2. Monitoreo de la incidencia de la plaga. Es muy utilizado en el caso de insectos en granos almacenados, pero también es útil con patógenos de semillas y ciertos frutos.
3. Monitoreo de condiciones ambientales. Esta actividad permite detectar si las condiciones de humedad y temperatura son las adecuadas en el almacenamiento de granos, hortalizas o frutales. En el caso de frutas, el monitoreo de etileno puede indicar el grado de maduración y en granos almacenados en silos, el nivel de CO<sub>2</sub> indica la actividad fungosa de Aspergillus spp. o Penicillium spp. y la necesidad de realizar un trasiego del grano.

En la decisión de las medidas de fitoprotección que se deben usar es importante conocer los niveles de pérdida por patógenos o manejo en las diferentes etapas de recolección a consumo. En este análisis es

necesario conocer los precios y normas de aceptación del producto en los diferentes niveles de comercialización desde exportación hasta mercado minorista. Un rechazo de un producto en un nivel superior de comercialización no impide su mercadeo en otros niveles y sólo puede significar una disminución en el valor de venta.

### Estrategia de manejo

Tomada la decisión de proteger el producto se puede analizar como se integran los elementos del sistema de fitoprotección en las diferentes actividades de manejo (Fig.1). Este análisis podría llevar a medidas similares a las siguientes:

- Uso de variedades resistentes a patógenos y al manejo post-cosecha respaldadas por prácticas culturales, fertilización, aplicación de fungicidas y determinación de la madurez fisiológica que permiten llevar el fruto a post-cosecha, en las mejores condiciones físicas y fisiológicas.
- Establecer las condiciones físicas y mecánicas adecuadas para el manejo del producto en beneficio, secado, selección, clasificación, empaque, transporte y almacenamiento.
- Establecer el mayor número de posibilidades en agroindustria o transformación que permita disminuir la pérdida total del producto.

### Integración de disciplinas

Como puede deducirse de la información presentada, los problemas fitopatológicos de post-cosecha no corresponden a situaciones aisladas, de solución reservada a una disciplina en particular y por el contrario, se enmarcan en un sistema de utilización de productos agrícolas.

Además, es necesario visualizar la productividad agrícola, no como un concepto que involucra el factor rendimiento, sino también el valor nutritivo, el valor tecnológico y la ausencia de contaminación del producto.

Si aceptamos las dos consideraciones anteriores, es fácil ver la importancia y necesidad de la integración de las actividades de la agronomía, con la ingeniería agrícola y de alimentos, agroindustria y medicina para lograr una solución adecuada a la pérdida de alimentos en post-cosecha.

## BIBLIOGRAFIA

- BUSTAMANTE, E. 1985. Problemas en maíz almacenado en Colombia. II Seminario Nacional sobre pérdidas post-cosecha de granos básicos. Antigua, Guatemala. Noviembre 18-22, 1985. 13 p.
- ECKERT, J. W. 1983. Control of post-harvest diseases with antimicrobial agents. pp. 265-285. In Lieberman, M. post-harvest physiology and crop preservation, Plenum Publishing.
- FAO 1971. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales. FAO. Cuaderno de Fomento Agropecuario N°90.
- \_\_\_\_\_. 1981. Manuales para el control de calidad de los alimentos. 4. Análisis microbiológico. FAO. Alimentación y Nutrición N°14/4.
- \_\_\_\_\_. 1982. Perspectivas sobre micotoxinas. FAO. Alimentación y Nutrición N°13.
- \_\_\_\_\_. 1983. Pérdidas de post-cosecha en la calidad de granos alimenticios. FAO. Alimentación y Nutrición N°29.
- MENDOZA, G. y MORENO, J. 1980. Consideraciones metodológicas para estudios de post-grado en productos perecederos. Publicación Miscelánea N°242. IICA-OEA.
- ISTA. 1976. International rules for seed testing; annexes 1976. Seed Science and Technology 4:3-49; 50-177.
- SCHOOORL, D. and HOLT, J. E. 1984. The evaluation of post-harvest disease control measures using a temperature-time framework. Agricultural Systems 13:97-111.
- TENG, P. S. and KRUPA, S. V. 1980. Assessment of losses which constrain production and crop improvement in agriculture and forestry proceeding of E. C. Stakman commemorative symposium. University of Minnesota. St. Paul, Minnesota, 327 p.



## EL MUESTREO EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS\*

Carl S. Barfield\*\*

### INTRODUCCION

El paradigma actual para enfrentarse a los problemas de plagas, se designa como Manejo Integrado de Plagas (MIP). Aún cuando existen obvias discrepancias entre los principios (Botrell, 1979) y las prácticas (Barfield y O'Neil, 1984) del MIP, los fitoproteccionistas han hecho progresos significativos combatiendo una plétora de plagas (Metcalf y Luckmann, 1979; Apple y Smith, 1976; Flint y van den Bosch, 1981; Huffaker, 1980; Barfield y Stimac, 1980).

El muestreo es una idea implícita en el concepto y práctica del MIP. Sin embargo, parece que existe una ancha brecha entre la teoría y la práctica del muestreo en los programas de MIP. La verdad es que la mayor parte de los futuros participantes del MIP, especialmente a nivel no graduado, durante su preparación formal, nunca reciben una exposición rigurosa de los fundamentos teóricos y prácticos del muestreo. Esta situación es preocupante, ya que la creciente popularidad del "umbral económico" como piedra de toque de las decisiones de MIP, demanda un conocimiento completo del muestreo.

Se han incluido en este capítulo elementos selectos del muestreo para hacerlo útil, tanto al muestreador novicio, como al practicante experimentado del MIP. Alguna información es teórica, otra es práctica; sin embargo, toda la presentación se relaciona con la toma de decisiones en el manejo integrado de plagas. Las ideas, bases teóricas y enfoques presentados deberían ser útiles como suplemento de la información ofrecida en otros capítulos de este libro. El lector debe estar advertido que los conceptos son aplicables a una amplia gama de sistemas de producción y especies de plagas. Obviamente, los detalles

---

\*Este material corresponde al capítulo 9 del libro Manejo Integrado de Plagas Insectiles en Centroamérica: Estado Actual y Potencial. Ed. por K. L. Andrews y José Rutilio Quezada. (En preparación).

\*\*Departamento de Entomología, Universidad de Florida, Gainesville, Florida.

metodológicos asociados con la biología y comportamiento de plagas específicas presentará diferencias entre un sistema y otro.

### Poblaciones versus Muestreos

Rara vez puede conocerse con exactitud la densidad, variedad o tamaño total de las poblaciones de organismos en la naturaleza. Para estimar estos parámetros es que se recurre al muestreo. El valor de los datos de muestreo para estimar los verdaderos parámetros poblacionales dependerá de lo apropiado de los métodos y diseño de muestreo.

Siendo que las decisiones de MIP se basan en datos de muestreo, se necesita saber en qué medida esos datos son "buenos" y que tan bien reflejan la verdadera situación en el campo. Para ser capaz de determinarlo, se necesita tener una comprensión del significado y los métodos computacionales de variables estadísticas, tales como el promedio de muestra, desviación estándar, varianza, error estándar y la proporción del error estándar y la media. Además, quien toma las decisiones necesita saber como usar estas estadísticas, para estimar la estadística total de la población y tomar así decisiones locales de MIP.

Como las computaciones estadísticas son estudiadas en cursos elementales sobre la materia, no se darán detalles sobre ellas aquí. Los principiantes pueden consultar la tabla 1, en que se presentan computaciones de 1) estadísticas de muestreo; 2) estadísticas de poblaciones y 3) parámetros poblacionales. Más fórmulas y detalles pueden encontrarse en los trabajos de Cochran (1953), Southwood (1966), Ruesink y Kogan (1975), Kogan y Herzog (1980) y Little y Hills (1978).

### Dos razones para muestrear

El desarrollo e implementación de un programa de manejo integrado de plagas tiene una fase experimental y otra de extensión. Estas dos fases ilustran las razones generales para hacer muestreos. En la experimentación, los investigadores se preocupan por medir aspectos relevantes de las plagas y el sistema. Ciertos parámetros poblacionales necesitan ser medidos para comprender el sistema. A la vez, tal conocimiento conduce al diseño de programas relevantes

de MIP. Por ejemplo, si el investigador intenta establecer un programa MIP, tiene que recoger y organizar una serie de datos, tales como: el tamaño de las poblaciones de la plaga, relacionándolas con las etapas importantes del desarrollo del cultivo, capacidad de consumo de la plaga, su mortalidad, tasas de desarrollo y de reproducción.

Una vez que se han obtenido suficientes conocimientos por medio de las mediciones del sistema, los investigadores están listos para encajar una o más tácticas dentro de una estrategia amplia de combate contra las plagas. En este punto se coloca un programa en manos de personal de campo, típicamente, los extensionistas. Estas personas tienen la responsabilidad de ayudar a los agricultores a decidir si han de tomar o no acciones correctivas en las variadas etapas de la producción, para evitar las pérdidas económicas debidas al ataque de las plagas. Esto se hace típicamente tomando muestras a intervalos definidos y comparando los datos con un criterio de decisión (el umbral económico, por ejemplo). Este aspecto del muestreo se conoce como "muestreo para toma de decisiones" y su función básica es permitir que se puedan tomar decisiones correctas de manejo.

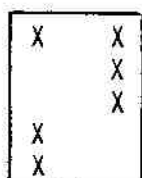
Ambas razones para el muestreo, comparten componentes tales como: 1) consideración de la dispersión espacial de la población a muestrearse; 2) decisión acerca del número de muestras a tomar; 3) decisión acerca de la ubicación de las muestras en espacio y tiempo; y 4) decisión acerca del instrumento a usarse en el muestreo (tamaño de la unidad de muestreo). De una manera u otra, los fitoproteccionistas tienen que enfrentarse a cada uno de estos cuatro componentes para decidir su plan de muestreo. Se necesita entonces entrar en detalle sobre cada uno de tales componentes, para proporcionar al lector una comprensión clara de las opciones y riesgos involucrados en el establecimiento de un plan de muestreo por cualquiera de las dos razones para hacerlo.

## COMPONENTES DE CUALQUIER ESTRATEGIA DE MUESTREO

### Patrones de dispersión

Las poblaciones exhiben varios patrones de dispersión en espacio y tiempo. Por ejemplo, algunas pueden estar agregadas, mientras otros se distribuyen en forma más o menos equidistante. El comportamiento social, los factores edáficos, los gradientes de temperatura y la mortalidad diferencial, se cuentan entre algunas de las razones por las que los organismos se encuentran en variados arreglos espaciales. El conocimiento de los patrones espaciales de distribución de las poblaciones de plagas, puede tener un impacto decisivo en la estrategia del muestreo. Tanto el número de muestras a tomar, como los puntos del campo en donde se efectúen, estarán determinados por el patrón de dispersión de las plagas que se están muestreando.

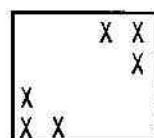
Aún cuando hay un gran número posible de patrones, se considerarán aquí sólo tres de los más comunes y que son: distribución al azar, uniforme y agregada. En cada caso, el investigador puede adquirir una percepción de como están dispersas las poblaciones de la plaga al hacer un análisis de las relaciones entre la media y la varianza de la muestra. Se toma una muestra y se computan la media y la varianza (ver tabla 1 para las fórmulas). Si la proporción de media a varianza es 1, se considera que la población tiene una dispersión al azar; si es mayor que 1, es uniforme y si es menor que 1, agregada. Considérense los diagramas siguientes:



al azar



uniforme



agregada

De las figuras anteriores, debería ser obvio que los puntos de campo de donde se tomen las muestras pueden causar diferencias significativas en las estimaciones de densidad de la plaga bajo los tres patrones de dispersión. Además, bajo condiciones en que las poblaciones se encuentran agregadas, la varianza asociada con el estimado de la densidad media resultará un tanto alta. El único modo de compensar esta situación es el de tomar más muestras y el

número necesario para obtener estimados más exactos es a menudo mayor de lo que puede humanamente hacerse. Aún cuando él no puede controlar la dispersión de la plaga, el fitoproteccionista debe ser capaz de comprender el patrón que existe, ya que esto es muy importante para diseñar una estrategia total de muestreo.

### Número de muestras a tomar

Una de las preguntas más comunes que hacen los practicantes del MIP, es: "¿Cuántas muestras necesito tomar?". Esta no es una pregunta trivial, ya que muchas cosas afectarán ese número. Básicamente, quién tomará una decisión deberá tener un conjunto explícito de objetivos en mente cuando muestrea y solamente entonces puede llegar a un estimado legítimo del número de muestras que deben ser tomadas. Consideramos los siguientes objetivos que son típicamente los que toman en cuenta quienes trabajan en MIP:

- A. Hacer un estimado de la densidad media de la plaga con un nivel de precisión tal que el error estándar quede dentro del 10% de la media.
- B. Usar 10 muestreos semanales con la mayor efectividad, ya que éste es el número máximo de muestras que estamos en capacidad de hacer.

En el caso B, la pregunta de "cuántas" es debatible, ya que el que toma la decisión tiene una experiencia que le dice: "sólo 10 muestreos semanales pueden ser hechos". Su preocupación mayor es cómo distribuir las muestras, lo que constituye el tópico de la próxima sección de este capítulo.

En el caso A, sin embargo, la pregunta de "cuántas muestras" es relevante y puede ser computada. Considérese la siguiente ecuación:

$$N = \left[ \frac{S}{E \bar{X}} \right]^2$$

en donde,

N = el número de muestras requeridas para un nivel específico de precisión

S = la desviación estándar de muestras preliminares



- $\bar{X}$  = la media de las muestras preliminares  
E = el error estándar predeterminado (p.ej., 0.05)

Si por ejemplo, el técnico decide a priori que desea tomar un número suficiente de muestras para asegurarse que la proporción del error estándar de muestra y la media de la muestra (una medida de la precisión del muestreo) no exceda el 5% (0.05), la ecuación anterior podría ser usada para decirle cuantas muestras tendría que tomar para conseguir ese objetivo. Otras ecuaciones útiles para ese fin se pueden encontrar en Southwood (1966). El problema con el uso de este tipo de fórmula es que inevitablemente se descubre que el número de muestras a tomar es mucho mayor de lo que humanamente puede hacerse. Esto se debe al hecho de que la mayoría de las poblaciones de plagas se encuentran en agregados, por lo que resulta inflada la varianza asociada con los estimados de densidad media. Además, las ecuaciones como la arriba presentada no incorporan realmente lo que al trabajador de MIP le preocupa más, o sea, la relación entre la densidad media de la plaga y el umbral económico.

Un juego de ecuaciones recientemente ingenieros por O'Neil (no publicado), parecen ofrecer mucha más utilidad a los que hacen decisiones de MIP que otras previamente publicadas. Considérese las siguiente ecuación:

$$n = t^2 s^2 / r^2 \bar{X}^2$$

donde n = número estimado de muestras necesarias

t = estadística del estudiante

s<sup>2</sup> = varianza de la muestra

$\bar{X}$  = media de la muestra

r = error relativo

El error relativo es una medida de la distancia de  $\bar{X}$  del umbral económico (UE). Si la media es menor que UE, entonces r es grande y n pequeño. En el grado que la media se acerca a UE, r disminuye y n aumenta. Si la media es mayor que UE, se necesitan medidas de control y el estimado de n no resulta influenciado. En el tanto en que la media se acerca al valor de UE, se requieren más muestras. Con una media "alta" o "baja" en relación al UE se pueden tomar decisiones rápidamente.

Cuando el límite superior de confianza (LSC) es mayor que el UE, los técnicos se enfrentan con un nivel de ambigüedad insertado en el proceso de toma de decisión. ¿Se deben tomar medidas de control o no? Cuando el LSC es menor que el UE, no existe tal ambigüedad. Pero cuando es mayor, la pregunta resulta en "¿Cuántas muestras debo tomar para remover la ambigüedad al tomar la decisión?" O'Neil (no publicado) ha propuesto la siguiente ecuación para resolver el asunto:

$$n = \frac{T^2 s^2}{r^2 \bar{x}^2}$$

donde, n = número de muestras necesarias  
t = estadística del estudiante  
s = desviación estándar de las muestras  
 $\bar{x}$  = media de las muestras  
r = error relativo definido como LSC/x

Ya que t, r, s y  $\bar{x}$  se conocerán, se puede encontrar a n. Este enfoque pareciera ser mucho más útil para los practicantes del MIP que las ecuaciones presentadas por Southwood (1966) y otros.

### Localización espacial de las muestras

La segunda pregunta más común que hacen los que trabajan con el MIP es "¿De dónde tomo mis muestras en el campo?". Literalmente, la manera como uno se conduce en el campo y se para a tomar una muestra puede tener un tremendo impacto en la estimación de estadísticas como la densidad media de una plaga. La localización espacial de las muestras puede tomar varias formas, de las que sólo se discutirán cuatro: 1) azar simple; 2) azar estratificado; 3) sistemática y 4) "a troche y moche".

Muestreo al azar simple. Tomar una muestra de tamaño n de una población de tamaño N, en tal forma que cada unidad de muestreo tiene una oportunidad igual de ser muestreada. Este método de localización espacial es el más comúnmente discutido; sin embargo, puede ser tedioso de llevar a cabo si se hace correctamente. Existen cuatro pasos involucrados en el muestreo al azar simple,

primeramente, el universo de muestreo (el campo) se divide en cuadrantes, lo que puede hacerse mentalmente o usando medios físicos como banderillas.

En segundo lugar, se usa una tabla de números azarizados para seleccionar coordenadas de campo de donde se tomarán las muestras, las cuales son meras posiciones "x" y "y", que permiten la identificación de cualquier punto en el campo. Esto significa en la práctica, que el campo debe ser marcado en tal forma, que uno pueda identificar cualquier punto dado por sus coordenadas  $x$  y  $y$  propias.

El tercer paso consiste en que una vez se ha seleccionado un juego de coordenadas, el muestreador se mueve hasta ese punto y toma la muestra.

Por último, los organismos encontrados en la muestra se cuentan y registran. Esto parece simple, y sin embargo, muchos técnicos no dan preferencia a hacer el muestreo al azar simple, por la inconveniencia de tener que llevar una tabla de números azarizados al campo o tener que delinear ejes en el terreno para identificar las coordenadas. En la tabla 1 se presentan ecuaciones para computación de datos de muestreo y la estimación de estadísticas y parámetros poblacionales bajo el sistema de muestreo al azar simple.

**Muestreo al azar estratificado.** Ahí donde los patrones de dispersión pueden ser vistos o inferidos, los estimados de media de población se pueden a menudo mejorar al dividir el universo de muestreo en estratos. El criterio para la división es separar los estratos de tal modo que las variaciones entre las unidades de muestreo queden minimizadas. Los datos dentro de cada estrato deben ser internamente homogéneos. Una vez delimitados los estratos, el muestreo se lleva a cabo en la forma que se hace para el de azar simple, haciéndolo, por supuesto, para cada estrato.

Cuando existen razones biológicas, las estimaciones de densidad media pueden a menudo ser mejoradas al dividir el universo de muestreo en estratos. Las razones para una estratificación pueden ser los accidentes del terreno, factores edáficos, niveles variables de humedad, o la existencia de un policultivo. Sin ese tipo de justificación, el uso de muestreo al azar estratificado no compensa el tiempo invertido en verificarlo.

Tabla 1. Comparación de Estadísticas y Parámetros de Población y Estadísticas de Muestreo bajo un Sistema de Muestreo al Azar Simple.

| Estadísticas de Muestreo                                 | Estadísticas de Población | Parámetros de Población                       |
|--|---------------------------|---|
| Media $\bar{x} = \sum x_1/n$                             | $\bar{X} = N(X)$          | $\mu = \sum x_1/$                             |
| Varianza $\frac{S^2 = \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2/n}{n-1}$ | $\frac{S^2 = N^2 s^2}{n}$ | $\sigma^2 = \frac{(\sum x_1 - \bar{x})^2}{N}$ |
| Desviación estándar $s = \sqrt{S^2}$                     | $s = \sqrt{S^2}$          | $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$                    |
| Error estándar   | definida como = 0         | definida como = 0                             |
| Proporción de error estándar a media                     | definida como = 0         | definida como = 0                             |

$n$  = número de muestras tomadas

$N$  = número de muestras posibles de tamaño  $n$  en el universo de muestreo

$x_1$  = conteo de organismos para cualquier muestra particular

Tabla 2. Ecuaciones para la Estimación de Estadísticas de Muestras y Poblaciones bajo un Sistema de Localización Estratificada al Azar.

Estadística de muestra: iguales a las de tabla 1

Estadísticas de población:

media  $X = N \bar{x}_{S+}$

en donde,  $\bar{x}$  = estimado del tamaño total de población

$N$  = número total de muestras posibles

$\bar{x}$  = media de las medias de cada estrato

varianza  $S^2 = \sum N_h (N_h - n_h) \frac{S_h^2}{n_h}$

en donde,  $S^2$  = estimado de la varianza por estrato

$N_h$  = número total de muestras posibles en ese estrato

$n_h$  = número de muestras tomadas en ese estrato

Una vez que los estratos se han identificado, todavía queda la pregunta de cuantas muestras se deberán tomar de cada uno. Existen tres criterios para ayudar al técnico en esta situación y son los siguientes:

- a) Simplemente tómense números iguales de muestras en cada estrato. Esto no parecería tomar máxima ventaja de la justificación biológica de haber comenzado por estratificar.
- b) Sopesar el número de muestras con respecto al área de cada estrato. Si uno de ellos alcanza el 60% del área total de campo, tomar 60% de las muestras en ese estrato.
- c) Localización óptima, en la que el número de muestras en cada estrato es sopesado, ya sea de acuerdo a la varianza del muestreo dentro del estrato o al costo del muestreo. En cualquiera de esos casos, un muestreo preliminar ayudaría a determinar la varianza y el costo. Los estratos con las más altas varianzas reciben más muestreo en proporción a la magnitud de tales varianzas. Los estratos que cuestan más muestrear, pueden recibir proporcionalmente menos muestreos.

En la tabla 2 se presentan ecuaciones para computación de estadísticas de muestreo y estimación de estadísticas y parámetros de población adecuados al método de muestreo al azar estratificado.

**Muestreo sistemático.** Caminar sobre una ruta establecida a través del campo, tomando muestras a distancias especificadas, puede ahorrar tiempo y servir para hacer máximo uso de un número fijo de muestras.

En este caso, el número de muestras a tomar se conoce por experiencia o se infiere de la literatura. La idea es de distribuir los sitios de muestreo a través del campo de la mejor manera posible. Se selecciona una línea de transecto, cuya distancia total se divide por el número de muestras a tomar. Este valor representa la distancia entre cada muestra consecutiva. Si la longitud total del transecto es igual a 500 metros y el número de muestras a tomar es 10, aquéllos deberán tomarse cada 50 metros. La forma del transecto es variable y





## Tamaño de la unidad de muestra

El componente final de cualquier procedimiento de muestreo es la escogencia de la herramienta con que se tomarán las muestras. En la mayoría de los casos, el conocimiento previo conduce al técnico a escoger un instrumento de muestreo ya adoptado por otros. Por ejemplo, casi todos los entomólogos saben que una tela para sacudir es útil para muestrear insectos que comen en el follaje. Los nematólogos usan alguna forma de dispositivo para perforar.

La gran cantidad de herramientas de muestreo asociada a toda las disciplinas, se puede dividir en dos amplias categorías: estimadores de densidad relativa y estimadores de densidad absoluta. Los del primer tipo son prácticos y relativamente fáciles de usar, los segundos son más difíciles de usar e imprácticos para los propósitos de tomar decisiones. El establecimiento de una relación cuantitativa entre las estimaciones obtenidas por ambos tipos de instrumentos de muestreo para una sola especie, es muy difícil, por lo que debería ser el motivo de una investigación especial.

**Estimadores de densidad absoluta.** Estos proveen el tipo de datos mayormente buscados por los ecólogos de poblaciones. Los que toman decisiones de manejo de plagas desean ese tipo de datos, pero encuentran impráctico el adquirirlos cuando intentan tomar esas decisiones. Estas medidas dan estimados de densidad de población por unidad de área de terreno, lo que puede darse por metro cuadrado, un pie de surco cultivado, etc. Ruesink y Kogan (1975), presentan cuatro enfoques usados para obtener estimados de densidad absoluta, que son: 1) distancia al vecino más cercano; 2) muestreo de una unidad de hábitat; 3) trampeo de remoción y 4) recaptura de individuos marcados.

Los botánicos han usado a menudo el enfoque 1, en el que un individuo es escogido al azar y medida la distancia al vecino más cercano. Esto es más aplicable a individuos fósiles más que a otros de mayor movilidad como los insectos. Ruesink y Kogan (1975), presentan la siguiente ecuación:

$$m = (pn)^2$$

donde,  $m$  = densidad por unidad de área

$n$  = distancia media entre los vecinos más cercanos

$p$  = un índice de agregación que es igual a 2 cuando ésta es al azar y excede a 2 en las poblaciones agregadas.

Un estimado de densidad relativa para una amplia gama de organismos, se puede obtener muestreando una unidad de hábitat. El muestreo de hojas, tallos, plantas enteras u otras unidades apropiadas, resultará en números totales de organismos en esa unidad de hábitat. Un problema asociado con este enfoque es el gran volumen de muestras que deben ser procesadas. Si se recoge la unidad entera para hacer los conteos, puede aliviarse a uno la preocupación por la eficiencia del muestreo. Se han usado varios tipos de trampas de succión para muestrear desde el aire. Los embudos Berlese han sido empleados para muestrear insectos de la hojarasca y varios dispositivos perforadores han servido para el muestreo de insectos y nemátodos del suelo. El punto es que, el conocimiento del hábitat en el cual los organismos se encuentran puede conducir al uso del instrumento apropiado para hacer una estimación de sus densidades absolutas.

El trampeo de remoción (Southwood, 1966), se basa en el hecho de que si algunos de los miembros de una población son removidos, las capturas subsecuentes serán reducidas. La tasa de declinación puede usarse para estimar el tamaño de la población. Tal como señalan Ruesink y Kogan (1975), la manera más simple de analizar tales datos es graficar el número de organismos capturados en el trampeo  $n$  con el total de los capturados en el trampeo previo y trazar una línea recta, tocando los dos puntos. Un estimado del tamaño de la población inicial se puede obtener leyendo el valor de la gráfica, en la que la línea hace intersección con el eje de captura total. Este enfoque presupone que no han ocurrido nacimientos, muertes o migraciones durante el programa de muestreo y que la probabilidad de captura es igual para todos los miembros de la población.

La captura y marcaje de individuos, su liberación y recaptura, ha sido un método usado por largo tiempo para obtener estimados de densidad absoluta de población. El índice de Lincoln (Lincoln, 1930), ha sido desarrollado para este tipo de enfoque. De nuevo, el método presupone que no ocurran nacimientos, muertes o migraciones. El tamaño de la población total, de acuerdo a Ruesink y Kogan (1975), se puede estimar como sigue:

$$P = \frac{an}{r}$$

donde,  $p$  = tamaño de la población total

$a$  = número de individuos marcados y liberados

$n$  = número de individuos recapturados

$r$  = número de individuos marcados y recapturados

Los mejores estimados de  $p$  ocurren cuando  $a$  y  $n$  son aproximadamente iguales.

**Estimadores de densidad relativa.** La categoría de instrumentos de muestreo provee estimados de densidad de población por unidades distintas a las de área de terreno. Típicamente, dan la densidad por unidad de "esfuerzo". Los estimadores de densidad relativa son los dispositivos más comúnmente usados por los que toman decisiones de MIP, ya que capturan organismos. Son relativamente fáciles de usar y son prácticos cuando se necesitan esfuerzos para tomar decisiones rápidas de MIP. Con estos dispositivos, la idea no es la de capturar todos y cada uno de los organismos en el hábitat. Más bien, se trata de muestrear una proporción constante de los que están presentes. A menudo esto exige alguna investigación para determinar qué proporción de organismos se está capturando con un determinado dispositivo. Por ejemplo, el uso simultáneo de un método que produce un estimado de densidad absoluta y otro que lo haga con la relativa, puede dar información exacta sobre la proporción de la población total que se está muestreando con ese dispositivo en particular. El uso del estimador más práctico para la densidad relativa en el campo puede entonces permitir una "calibración" de estimados de la absoluta. Una discusión más detallada de los factores ecológicos y etológicos que pueden afectar los números de organismos capturados con un estimador de densidad relativa se puede encontrar en Southwood (1966).

Los agrónomos de varias disciplinas han desarrollado un buen número de instrumentos que producen estimados de densidad relativa, algunos de los cuales se presentan a continuación:

a. **Conteos visuales:** El investigador dedica tiempo en el campo para observar el hábitat; algunas veces se perturba el follaje (lo que puede llamarse "levante")

para contar los organismos a medida que se mueven. Esta técnica de conteo visual es usualmente menos de 100% eficiente para contar los insectos presentes.

b. Red: Los entomólogos han usado por mucho tiempo las redes para capturar insectos, la eficiencia de las cuales puede variar de acuerdo a la especie, los diferentes hábitats y aún con los diferentes estilos de golpear con la red. (Ruesink y Kogan, 1975).

c. Trampas de luz: Una variedad de insectos son atraídos por las trampas de luz y pueden ser capturados en ellas. Necesitan una fuente eléctrica y en áreas de alta precipitación pluvial deben estar equipadas con desaguaderos para evitar la contaminación con agua. El alcohol u otro agente para matar insectos debe usarse en las trampas de luces. Algunas están provistas de mallas eléctricas que matan a los insectos cuando entran en ellas.

d. Trampas con atrayentes: El uso de feromonas y otros tipos de atrayentes. Este tipo de trampa funciona como la trampa de luz, pero por lo general, capturan sólo a la especie deseada. Un obstáculo para su uso puede ser su costo o la escases de la feromona sintética.

e. Trampas de vacío: El uso de la "D-vac" y otros tipos de trampas de succión, constituye una práctica común. Los mínimos de organismos capturados pueden variar con el ritmo con que camina quien muestrea, con el tamaño del cono de succión, o con la velocidad de la misma. Se debe tener cuidado para evitar que escapen organismos cuando cesa la succión.

f. Telas para sacudir: Este es el dispositivo de muestreo más común para los entomólogos interesados en los insectos comedores de follaje. Una tela (típicamente de 1 metro cuadrado) se coloca entre surcos de un cultivo y el follaje a ambos lados se sacude vigorosamente. Los organismos que caen sobre la tela son contados o capturados.

g. Trampa Malaise: Los entomólogos y ornitólogos han usado estas trampas grandes para obtener datos de densidad como de dirección de movimiento. Se exige una tienda de lados abiertos. Cuando los animales se mueven (usualmente volando)



sobre la superficie de la tienda, se desplazan en ella de tal modo que son colectados en recipientes colocados en cualquiera de sus esquinas.

h. Trampas pegajosas: El uso de superficies pegajosas para capturar organismos que vuelan o caminan hacia ellas es bastante común. A menudo son pintados con colores atractivos para ciertas especies particulares o están equipadas con feromonas.

i. Trampas de agujero: Se han usado por mucho tiempo y son perforaciones hechas en el suelo y equipadas con receptáculos para capturar a los insectos que se desplazan por la superficie y que caen en ellas. A veces los receptáculos se llenan parcialmente con líquidos que los matan o preservan.

j. Trampas de esporas: Los patólogos han usado estas trampas guiadas por el viento, análogas a las trampas pegajosas de los entomólogos. Una aleta permite que la trampa se oriente hacia el viento para que la columna de aire pase por la trampa y sobre alguna forma de agar. Las esporas son atrapadas en el agar y se pueden identificar observándolas al microscopio o haciendo un cultivo de ellas.

k. Alutriadores: Los nematólogos habían esperado largo tiempo por un dispositivo que fuera capaz de mezclar completamente el suelo de varias muestras y poder así sacar una muestra "estandarizada" para centrifugarla, obteniendo un conteo promedio de los nemátodos presentes. El alutriador del suelo es ese dispositivo. Sin embargo, puede resultar cara su obtención y operación.

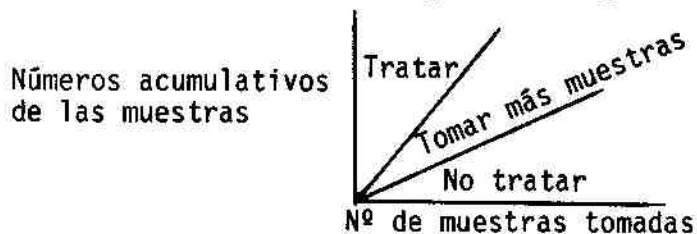
Todos los dispositivos descritos se usan para dar estimados de densidad relativa. En ese sentido resultan ser representantes imperfectos del número real de organismos presentes en el hábitat. Los que toman decisiones de MIP nunca saben cuan eficiente es el uso de estos instrumentos, a menos que se hagan las investigaciones apropiadas para relacionar los valores obtenidos con ellos, con los que produzcan los instrumentos apropiados para estimar la densidad absoluta.

Por ejemplo, en un mismo campo, los técnicos de MIP pueden usar la tela de sacudir (para determinar densidad relativa) y una trampa tipo almeja (para

determinar densidad absoluta) en la estimación de la densidad de una plaga. Si los muestreos se verifican con cada dispositivo a intervalos iguales de tiempo, se puede usar un análisis de regresión para relacionar los estimados de uno y otro método. Siendo que la tela de sacudir es el método fácil y práctico preferido por el técnico, se convierte en la variable independiente (X) en la relación de regresión. Usando los estimados tan fáciles de obtener con la tela de sacudir, el técnico puede "predecir" la densidad absoluta de las plagas presentes. Se debe tener precaución de recalibrar esta relación varias veces en la temporada del cultivo o cuando uno se mueve entre los campos. Hay que recordar que el uso de instrumentos estadísticos descriptivos como la regresión, es sólo útil para describir datos ya recogidos, los que no contienen mecanismos biológicos y por lo tanto, pueden variar drásticamente en espacio y tiempo.

### MUESTREO SECUENCIAL

Vale la pena hacer referencia al muestreo secuencial, ya que muchos trabajadores del MIP parecen opinar que no es más que otro método de localización espacial del muestreo. Ese no es el caso. En el muestreo secuencial, el objetivo es separar las densidades de las plagas de varias "categorías de decisión" (por ejemplo: tratar, no tratar, o tomar más muestras). Las muestras son tomadas y los números acumulativos de organismos se registran con cada muestra subsecuente. Con cada muestra, el que toma decisiones es provisto con un límite "alto" y otro "bajo", que le sirven de guía para lo que debe de hacer. Si el número acumulativo de organismos es menor que el límite bajo, el técnico puede dejar de muestrear; no tiene problema con la plaga. Si ese número acumulativo es mayor que el límite alto, se debe tomar una acción correctiva (por lo general, el uso de un pesticida). Si el número acumulativo queda en medio de ambos límites, se tienen que hacer más muestreos. El problema con el muestreo secuencial es que, la mayoría de las veces, el que toma las decisiones, cae en la situación de "tomar más muestras". Considérese el siguiente diagrama:



Existen dos suposiciones implícitas en el muestreo secuencial que obstaculizan su utilidad en la mente de los técnicos de MIP. En primer lugar, el patrón de dispersión de los organismos a muestrear se supone ser fijo a través de los intervalos en que se toman los muestreos secuenciales. La mayoría de fitoproteccionistas sabe que éste no es el caso. En segundo lugar, la varianza asociada con el estimado de densidad media se supone ser estable, o sea, que no fluctúa mucho. Esta también es una suposición incorrecta, especialmente si se aplica a poblaciones con patrones de dispersión agregada. A pesar de tales suposiciones erradas, muchos programas de MIP han adoptado esquemas de muestreo secuencial.

### **UMBRALES Y NIVELES DE DAÑO**

El practicante del MIP toma muestras para hacer cierto tipo de decisiones. Una de las decisiones más importantes es la de si se hace necesario o no tomar una medida correctiva para combatir las plagas. Se han desarrollado dos puntos de referencia (Stern, 1973), que ayudan al técnico a tomar sus decisiones y que son el "nivel de daño económico" (NDE) y el "umbral económico" (EU). El primero se refiere a la densidad de la plaga a la cual el costo del tratamiento no se traduce en una unidad de aumento en las ganancias, si se les compara con las que resultan al no tratar. Este es el punto de "pérdidas y ganancias iguales" en términos de densidad de plaga. Este valor se puede determinar solamente por medio de investigaciones intensivas sobre la economía y las relaciones de daño y rendimiento del cultivo en cuestión. El umbral económico (UE), no es más que el punto de referencia que le dice al técnico cuando debe de tomar una acción, de modo que la plaga nunca alcance el nivel económico de daño (NDE). Detalles del desarrollo y uso de los valores del UE y el NDE, pueden encontrarse en el capítulo 8 de este libro del MIP/CATIE.

## PLAGUEO: CONSIDERACIONES PRACTICAS

### El papel del fitoproteccionista

Los agricultores se dan cuenta, cada vez más, de la necesidad de un servicio experto que pueda usarse para ayudarles a tomar decisiones críticas concernientes al manejo de las plagas. En todos los países está emergiendo el fitoproteccionista como un nuevo profesional para ayudar a los agricultores. Estos profesionales poseen una preparación diversa y deben estar familiarizados con los fundamentos de un amplio espectro de disciplinas (entomología, nematología, patología, agronomía, etc.). Una de las funciones principales que llevan a cabo los fitoproteccionistas es tomar muestras en el cultivo y ayudar al agricultor a comprender si existe o no un problema de plagas. Otros servicios que forman parte de su trabajo incluyen métodos de preparación del terreno, selección de la variedad apropiada, análisis de suelo, etc. Sin embargo, su responsabilidad primaria es la de ayudar al agricultor a controlar sus plagas, o por lo menos informarle si existe o no un problema real o potencial de plagas.

Típicamente, el fitoproteccionista inspecciona todos los campos de su agricultor cliente una vez por semana. Dispone de un formulario que llena para cada uno de sus agricultores. El formulario contiene información como: 1) semana del año; 2) nombre y ubicación del agricultor; 3) tipo de cultivo; 4) densidad de plaga y organismos benéficos encontrados; 5) etapa de crecimiento del cultivo; 6) acciones tomadas por el agricultor durante la temporada del cultivo. Cada semana discute con el agricultor sobre los resultados de su inspección. El agricultor a la vez, busca el consejo del fitoproteccionista para decidir si conviene o no verificar una acción de control, y si es así, qué es lo que el técnico le recomienda. Podrá aceptar esa recomendación o tomar otra acción alternativa, lo cual es una decisión que él debe hacer. El fitoproteccionista actúa en este caso únicamente como un consejero profesional.

El empleo de fitoproteccionistas se está volviendo popular en las comunidades agrícolas de todo el mundo. Siendo que el muestreo es la única manera que existe para determinar si hay o no problemas de plagas, los técnicos deben comprender tanto la teoría como la práctica del muestreo para ser más eficientes en su trabajo. Con la debida experiencia en la inspección de los cultivos,

cualquier fitoproteccionista sabrá afinar su habilidad para tomar decisiones correctas y moldear la teoría en aplicaciones prácticas.

### Consideraciones prácticas

Existen varias consideraciones que deben explicarse bien, para que cualquier programa de inspección se lleve a cabo con eficiencia:

1. Los inspectores deben tener una preparación y adiestramiento en el sistema de cultivo que habrán de muestrear. De otro modo no podrán identificar las plagas, caracterizar las etapas de crecimiento del cultivo o estimar apropiadamente los daños. Además, probablemente no serán capaces de distinguir las plagas de los organismos benéficos sin una educación apropiada. Varios programas de MIP han encontrado que los manuales de bolsillo con claves de identificación son útiles en ayudar, tanto a los agricultores como a los técnicos, para los muestreos, identificación de plagas y otros procedimientos del MIP.
2. Los técnicos inspectores de campo, necesitan un dispositivo práctico para registrar los datos. Algunos programas usan tarjetas electrónicas que se marcan con un lápiz y pueden ser leídas por una computadora. Con más frecuencia se usan hojas o tarjetas impresas con casillas para la fecha, finca, campo, todas las plagas posibles y etapa de desarrollo del cultivo y las que el inspector va llenando a medida que verifica su trabajo.
3. Los que toman las decisiones deberían tener acceso a algún tipo de facilidades de computación, para resumir estadísticamente los datos recogidos en el campo y determinar en donde se encuentran las densidades de las plagas en relación a los valores de umbral económico (UE). Estas facilidades pueden variar desde el simple calculador hasta las computadoras más sofisticadas.
4. Hay que recordar que un tema de importancia discutido en este capítulo ha sido el de "esparcir" las muestras tomadas en el campo. El método de localización sistemática de muestreo resulta práctico, en vista de que las plagas en su mayoría tienen un patrón de dispersión agregada y que, además, los técnicos sólo pueden tomar un número limitado de muestras. Por cierto, el



método de localización sistemática es precisamente el que se usa en muchos programas de inspección en la actualidad.

5. Existen en realidad sólo dos aspectos en cualquier método de muestreo que típicamente son manipulados por el técnico que toma las decisiones. Es sabido que la dispersión de la plaga es fija y que, aún cuando el técnico de MIP puede determinarla, no la puede manipular. El instrumento de muestreo es simplemente adoptado de los trabajos previos. Como consecuencia, los dos aspectos que van a variar es el número de muestras tomadas y la localización espacial de las mismas en el campo.
  
6. A menudo se encuentra que no se ha hecho investigación alguna hacia el desarrollo de umbrales o niveles económicos de daño de plagas específicas en cultivos específicos. Bajo estas condiciones, el fitoproteccionista se ve forzado a usar los datos de muestreo para juzgar cuando habrá de tomar alguna acción, careciendo así de un criterio para tomar la decisión. Sin embargo, el solo hecho de esperar a que la plaga esté presente en el cultivo (juzgándolo por medio del muestreo), es un paso positivo que nos aleja del simple programa de aspersiones por calendario.

## RESUMEN

Los componentes de cualquier estrategia de muestreo se enfocan en la dispersión de la plaga, el número de muestras a tomar, la localización e instrumento para el muestreo. Existen maneras de utilizar en forma óptima un número fijo de muestras. Sin embargo, dependiendo de los objetivos de quien toma las decisiones, un número mayor o menor de muestras habrá de tomarse de tiempo en tiempo. Es de primordial importancia la comprensión de que un estimador de densidad relativa puede conducir a conclusiones erróneas acerca del número real de plagas presentes. Finalmente, los datos de las inspecciones de campo son útiles únicamente si los valores de nivel económico de daños (NED) y el umbral económico (UE) han sido cuidadosamente determinados. En contraste, los datos de muestreo son muy importantes para medir varios componentes del sistema para el cual se está desarrollando un programa de MIP.

LITERATURA CITADA

- APPLE, J. L. and SMITH, R. F. (eds.). 1976. Integrated pest management. New York. Plenum Press. 200 p.
- BARFIELD, C. S. and STIMAC. 1980. Pest management: an entomological perspective. *Bioscience* 30:683-9.
- \_\_\_\_\_ and O'NEIL, R. J. 1984. Is an ecological understanding a prerequisite for pest management? *Fla. Entomol.* 67:42-8.
- BOTTRELL, D. C. 1979. Integrated pest management. Washington D.C. U.S. Gov't. Print. Office. Rpt. for Council Environ. Quality. Nº 041-011-00049-1. 120 p.
- COCHRAN, W. G. 1953. Sampling techniques. New York, Wiley. 413 p.
- FLINT, M. L. and VAN DEN BOSH, R. 1981. Introduction to integrated pest management. New York. Plenum Press. 240 p.
- HUFFAKER, C. B. (ed). 1980. New technology of pest control. New York, Wiley. 500 p.
- KOGAN, M and HERZOG, D. C. 1980. Sampling methods in soybean entomology. New York. Springer-Verlag. 587 p.
- LINCOLN, F. C. 1930. Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. *USDA Cir.* 118:1-4.
- LITTLE, T. M. and HILLS, F. J. 1978. Agricultural experimentation: design and analysis. New York, Wiley. 350 p.
- METCALF, R. L. and LUCKMANN, W. H. (eds.). 1975. Introduction to insect pest management. New York, Wiley. 587 p.
- O'NEIL, R. J. (sin publicar) Entomology, Purdue University.
- RUESINK, W. C. and KOGAN, M. 1975. Quantitative basis of pest management: In Metcalf L. and Luckmann, W.H. eds. Intro. to Insect pest Management. New York, Wiley. pp. 309-51.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1966. Ecological methods with particular references to the study of insect populations. London. Methuen. 391 p.
- STERN, V. M. 1973. Economic thresholds. *Annu. Rev. Entomol.* 18:259-80.

**BIBLIOGRAFIA SOBRE BIOLOGIA Y CONTROL QUÍMICO DEL COYOLILLO (Cyperus rotundus L.)**

- \* ALAS VAQUERO, J.O. 1978. Estudio sobre el control de coyolillo (Cyperus rotundus L.) en el trópico seco de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 31 p.
- \* ARIAS ROJAS, R.A. 1977. Dosis y tiempo de translocación del glifosato en el control del coyolillo (Cyperus rotundus). Tesis Ing. Agr. San José, C.R., Universidad de Costa Rica. 61 p.
- \* \_\_\_\_\_ y SOTO A., A. 1979. Dosis y tiempo de translocación del glifosato en el control de coyolillo (Cyperus rotundus L.). Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. (C.R.) Boletín Técnico 12(2):1-14. También en: Agricultor Costarricense (C.R.) 38(1/2):28-31. 1980.
- \* BELTRAO, N.E. DE M. 1975. A tiririca (Cyperus rotundus L.); características e controle. Fortaleza, Universidad Federal do Ceará. 10 p.
- \_\_\_\_\_; DE PAULA, P.H.F.; ALVES, J.F. y TAVODA, F.J.F. 1983. Efeitos de doses de Glyfosate no controle da tiririca Cyperus rotundus L. Planta Daninha (Brasil) 6(1):51-57.
- \*BHARDWAJ, R.B.L. and VERMA, R.D. 1968. Seasonal development of Cyperus rotundus. Indian J. Agric. Sci. 38(6): 950-957.
- CARRANZA ORDINOLA, V.R. 1980. Estudio de control químico del coquito (Cyperus rotundus L.) en viveros. Tesis Ing. Agr. Lambayeque, Perú, Universidad Nacional Pedro Rúiz Gallo. 60 p.
- \*CAYON, G. 1977. La Cortadera. Revista COMALFI (Colombia). 4(4): 243-244.
- \* \_\_\_\_\_ Estas publicaciones se pueden obtener a través del servicio de reproducción de documentos. Biblioteca IICA/CIDIA. Turrialba, Costa Rica.
- \*CRUZ, R. y CARDENAS, J. 1974. Resumen de la investigación sobre control de coquito (Cyperus rotundus L.) en el Valle del Sinú, Depto. de Córdoba, Colombia. Revista COMALFI (Colombia). 1:3-22.
- \* DE LA CRUZ, R. y CAYON, G. 1978. Nuevos productos para el control de coquito (Cyperus rotundus). In Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá. Programa Nacional de Fisiología Vegetal. Informe de progreso 1977. p.100-105.
- \_\_\_\_\_. 1978. Eficacia, selectividad y residualidad del fluridone (EL-171) en el cultivo del algodón (Gossypium hirsutum L.). X Seminario COMALFI, IV Congreso ALAM, Resúmenes. Cali, Colombia. pp.24.
- \_\_\_\_\_, R. y GOMEZ, C. 1976. Alternativa para el control de coquito (Cyperus rotundus L.) en maíz y sorgo. VIII Seminario COMALFI, Resúmenes. Barranquilla, Colombia. pp. 2.
- \* CHACON SOTO, A. 1978. Dosis y número de aplicaciones de glifosato para el control de coyolillo (Cyperus rotundus L.). Tesis Ing. Agr. San José, C.R., Universidad de Costa Rica. 45 p.
- \*CHASE, R.; VIDES, J.E. y REYES, I. 1977. Conoce y combate el coyolillo. CENTA (El Salvador) Boletín Técnico N°8. 18 p.
- \* DEUBER, R. y FOSTER, R. 1977. Controle de tiririca (Cyperus rotundus L.) con glifosato. Revista de Agricultura (Bra.) 52(4):183-190.
- \*DOLL, J.D. Control de Cyperus esculentus L. y Cyperus rotundus. 1982. In Panel de Expertos Ecología y Control de Malezas Perennes. 29 nov. - 2 dic., 1983. Santiago, Chile. Trabajos presentados. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, FAO, vol.1. pp. 100-112.
- \* \_\_\_\_\_ y PIEDRAHITA, W. 1977. Sistemas de control de Cyperus

rotundus con glifosato y 2,4-D. Revista COMALFI (Colombia). 4(1):8-31.

Subterranean parts of purple nutsedge. Weed Science 19(4):398-401.

\* \_\_\_\_\_ . 1977. Acción del glifosato en la brotación de tubérculos de coquito (Cyperus rotundus L.). Revista COMALFI (Colombia). 4: 59-69.

\*FUENTES, C. y DOLL, J. 1976. Efecto de la humedad y textura del suelo en el crecimiento y desarrollo del coquito (Cyperus rotundus L.). Revista COMALFI (Colombia). 3:257-275.

DROST, D.C. and DOLL, J.D. The allelopathic effect of yellow nutsedge (Cyperus rotundus) on corn (Zea mays) and soybeans (Glycine max). Weed Science 28(2): 229-233.

GARRIDO, F.A. 1979. Evaluación del control químico de Cyperus rotundus L. en cultivo de maíz. Tesis Lic. Ing. Agr. Panamá, Universidad de Panamá. 79 p.

DUARTE DUARTE, Z. 1982. Combate químico de coyolillo (Cyperus rotundus L.) en tabaco (Nicotiana tabacum L.) clase estufado. Tesis Ing. Agr. San José, C.R., Universidad de Costa Rica. 75 p.

GIRALDO, G.; FUENTES, C. y DOLL, J. 1977. Efecto del alaclor incorporado sobre el coquito (Cyperus rotundus L.). IX Seminario de COMALFI, Resúmenes. Bogotá, Colombia. pp.14-15.

DURON ANDINO, E. y POSNER, J. 1980. Control de coyolillo (Cyperus rotundus L.) con maquinaria y aplicaciones de Gesaprín 80. Juticalpa, Honduras, Secretaría de Recursos Naturales. 50 p.

\*GOMEZ, C. 1976. Control del coquito (Cyperus rotundus L.) con aplicaciones de 2,4-D y glifosato. Rev. COMALFI (Colombia). 3(3):147-174.

\_\_\_\_\_. 1980. Control del coyolillo (Cyperus rotundus L.) con aplicaciones de Glifosato. Juticalpa, Hond., Secretaría de Recursos Naturales. 50 p.

\* \_\_\_\_\_ . 1976. Respuesta de la soya (Glycine max) a cinco aplicaciones previas de glifosato y 2,4-D en lotes infestados con coquito (Cyperus rotundus L.). Rev. COMALFI (Colombia). 3:178-198.

\_\_\_\_\_. 1981. Estudios sobre control integrado de coyolillo (Cyperus rotundus L.). Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa, Hond., Universidad Nacional Autónoma de Honduras. 32 p.

GOMEZ STRAUCH, A. y MENDINUETA ROCA, E. 1978. Control químico de coquito (Cyperus rotundus L.) en sandía (Citrullus vulgaris Schader) y pepino (Cucumis sativus L.). Tesis Ing. Agr. Santa Marta, Col., Universidad Tecnológica del Magdalena. 59 p.

\* ESOANA C., J.M. 1978. Epoca crítica de competencia y control químico del coquito (Cyperus rotundus L.) en melón (Cucumis melo L.). Revista ICA (Col.) 13(4):746-747.

HABIB, R. 1976. Bactra spp. in Pakistan an their potential as biocontrol agents of Cyperus rotundus. PANS 22(4):499-508.

\*FERREIRA, L.R.; SILVA, J.F.; CASALI, V.W.D. y CONDE, A.R. 1982. Controle químico de plantas daninhas na semeadura direta de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.). Planta Daninha (Brasil) 5(2):20-28.

\_\_\_\_\_. 1976. Athesapeuta cyperi in Pakistan and its potential as a biocontrol agent of Cyperus rotundus. PANS 22(4):509-514.

FRIEDMAN, T. and HOROWITZ, M. 1971. Biological Active Substances in

HAMMERTON, J.L. 1968. Nutgrass in Panama: first impression. PANS 14(4):399-345.

\_\_\_\_\_. 1974. Experiments with Cyperus rotundus L. I. Growth and development

and effects of 2,4-D and paraquat. Weed Research. 14: 365-369.

\_\_\_\_\_. 1974. The biology and control of nutgrass. University of the West Indies. Department of Agricultural Extension (Trinidad). Extension Bulletin N°10. 12 p.

\_\_\_\_\_. 1975. Experiments with Cyperus rotundus L. III. Seasonal variations in growth. Weed Research. 15:339-348.

\*HAUSER, E.W. 1962. Establishment of Nutsedge from space-planted tubers. Weeds 10(1):209-212.

\*\_\_\_\_\_. 1962. Development of purple nutsedge under field conditions. Weeds 10(1):315-321.

HOROWITZ, M. 1972. Tuber formation and spread of Cyperus rotundus L. from single tubers. Weed Research 12: 348-363.

\_\_\_\_\_ and FRIEDMAN, T. Biological activity of subterranean residues of Cynodon dactylon L., Sorghum halepense L. and Cyperus rotundus L. 1971. Weed Research 11:88-93.

\*JORDAN-MOLERO, J.E. and STOLLER, E.W. 1978. Seasonal development of yellow and purple nutsedges (Cyperus esculentus and C. rotundus) in Illinois. Weed Science. 26:614-618.

\*JUAREZ MOYA, A. 1972. Uso de Sután, Eptam y Gesaprim en control del coyolillo (Cyperus rotundus L.) en maíz. Tesis Ing. Agr. Managua, Nic., Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. 32 p.

\*LEGUIZAMON, E.S. y LOMBARDO, A.P. 1981. Evaluación de herbicidas para el control selectivo de cebollín (Cyperus rotundus L.) y sorgo de alepo (Sorghum halepense L. Pers) en soja. Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, (Argentina). Informe Técnico N°8. 9 p.

\*\_\_\_\_\_; BODRERO, M.L. y MACOR, L. 1982. Interferencia y control de cebollín (Cyperus rotundus L.) en soja. Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, (Argentina). Informe Técnico N°30. 10 p.

LEIHNER, D.E. 1979. El coquito (Cyperus rotundus L.): sus características y posibilidades de control. Cali, Colombia CIAT. SE-08-79.

\*\_\_\_\_\_; DOLL, J. y FUENTES DE PIEDRAHITA, C.L. 1982. El coquito (Cyperus rotundus L.): Biología y Control; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia, CIAT, 56 p.

\*LUCENA, J.M. 1974. Determinación de la actividad biológica de sustancias en partes subterráneas de coquito (Cyperus rotundus L.). Revista COMALFI, (Colombia). 1: 40-57.

\_\_\_\_\_; DOLL, J. y PIEDRAHITA, W. 1975. Extracción del N, P, K por sorgo, soja y coquito solos y en competencia. VIII Seminario de COMALFI, Resúmenes. Bogotá, Colombia. pp.37-37.

\*\_\_\_\_\_ y DOLL, J. 1975. Efecto de los inhibidores de crecimiento del coquito (Cyperus rotundus L.) sobre soja y sorgo. Revista COMALFI (Colombia). 3(4):241-256.

MARTINEZ, E. y PULVER, E. 1975. Efecto de aplicaciones repetidas de glifosato en el control de Cyperus rotundus L. en algunos frutales. Revista ALAM 2:13-33.

MERCADO, B.L. 1979. A monograph on Cyperus rotundus L. Biotrop Bulletin. N°15. 63 p.

\*MURCIA, A. y VIDES, E. 1979. Control químico de coyolillo (Cyperus rotundus) y barrenillo (Cynodon dactylon) en arroz. In Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Reunión Anual (25., 1979, Tegucigalpa, Hond.).



Memoria. Tegucigalpa, PCCMCA. v.4, p. A8.1-A8.7.

- \*ORDEÑANA, O; VENEGAS, F. y MUÑOZ, R. 1983. Integración del control químico Cyperus rotundus L. con el establecimiento de maíz y soya. In Panel de Expertos Ecología y Control de Malezas Perennes. 29 nov. - 2 dic., 1983. Santiago, Chile. Trabajos presentados. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, FAO, 1983 v.2. pp. 325-328.
- \*PARKER, C. 1977. Diferencias entre Cyperus rotundus y algunas especies relacionadas. Revista COMALFI (Colombia). 4(1): 53-56.
- \*\_\_\_\_\_ ; HOLLY, K. y HOCOMBE, S.D. 1969. Herbicides for nutgrass control. Conclusion from ten years of testing at Oxford. PANS 15(1): 54-63.
- \*PIEDRAHITA, W.; DOLL, J. y MORALES, L. 1975. Coquito (Cyperus rotundus L.): morfología, crecimiento y desarrollo. Revista COMALFI (Colombia). 2(1): 38-46.
- \*PULVER, E.L. y ROMERO, C. 1976. Estudios sobre la absorción foliar y translocación de glifosato en Cyperus rotundus L. Revista COMALFI (Colombia). 3: 94-113.
- \*\_\_\_\_\_. 1977. Control del coquito en maíz con EPTC más antidotos. Revista COMALFI (Colombia). 2(1): 26-37.
- RAO, J.S. 1968. Development of tubers in Nutgrass and their starch content at different soil depths. Madras agric. J. 55(1): 19-23.
- RINCON, D.J. y WARREN, G.F. 1978. Effect of five thiocarbamate herbicides on purple nutsedge (Cyperus rotundus). Weed Science 26 (2): 127-131.
- RODRIGUEZ, I.; ESPINEN, F. y RIVEROS, G. 1971. Estudio de los factores que afectan la germinación y el desarrollo de tubérculos de coquito (Cyperus rotundus L.). III Seminario de COMALFI. Palmira, Colombia. pp.2.
- RODRIGUEZ, J. 1982. Control de corocillo (Cyperus rotundus L.) con herbicidas post-emergentes. Tesis Ing. Agr. Maracay, Universidad Central de Venezuela. 45 p.
- SAYAGO, F.F.; ZORZA, E.J. y CHOLARY, L. 1983. Control del cipero (Cyperus rotundus L.) en cultivo de maíz. In Jornadas Fitosanitarias Argentinas (5., 1983, Rosario, Santa Fé, Arg.). Resúmenes. Santa Fé, Universidad Nacional de Rosario. p. 99.
- \*SENDOYA, F.G. DE y DOLL, J. 1976. Efecto de la sombra sobre el crecimiento y desarrollo del coquito (Cyperus rotundus L.). Revista COMALFI (Colombia). 3(2): 114-123.
- SILVA BERNIER, J. y CUELLO JIMENEZ, C. 1977. Nuevas técnicas para el control químico del coquito (Cyperus rotundus L.) en el algodónero (Gossypium hirsutum L.). Tesis Ing. Agr. Santa Marta, Col., Universidad Tecnológica de Magdalena. 54 p.
- \_\_\_\_\_. 1978. Nuevas técnicas para el control químico del coquito (Cyperus rotundus L.) en el algodónero (Gossypium hirsutum L.). X Seminario Comalfi, IV Congreso ALAM, Resúmenes. Cali, Colombia, pp.2-3.
- SINGH, R.P. y PANDEY, R.K. 1974. Chemical control of nutgrass in crop rotation. Indian Journal of Weed Science 5(2):105-113.
- \* SIQUEIRA, W.J.; TEIXEIRA, P.R.M. y GERLAK, S.F. 1977. Efeito da doses do herbicida glifosate no controle da tiririca (Cyperus rotundus L.) na cultura do café. Solo (Brasil) 69(1):53-57.
- \* SOLIS CALDERON, P. 1978. Efecto de la edad de la planta, la dosis, el tiempo de traslación y la dominancia apical en el control del coyolillo (Cyperus rotundus L.) con glifosato. Tesis

Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica. 48 p.

STOLLER, E.W. 1973. Effect of minimum soil temperature on differential distribution of Cyperus rotundus and C. esculentus in the United States. Weed Research 13: 209-217.

\* VIDES, J.E. 1979. El coyolillo: una de las malezas más complicadas y difíciles de controlar. Cámara del Agro (Guatemala) 1(8):28-31.

\* WILLIAM, R.D. 1973. Competicao entre a tiririca (Cyperus rotundus L.) e a feijoeiro (Phaseolus vulgaris) Revista Ceres (Brasil) 20 (112):424-432.

\* WILLS, G.D. y McWHORTER, CH.G. 1985. Effect of inorganic salts on the toxicity and translocation of glyphosate and MSMA in purple nutsedge (Cyperus rotundus) Weed Science 33(6):755-761.