

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA
PROYECTO MANEJO DE PLAGAS
AGENCIA INTERNACIONAL DE
DESARROLLO

ORGANISMO INTERNACIONAL
REGIONAL DE SANIDAD
AGROPECUARIA

**CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS
EN SISTEMAS DE PRODUCCION
DE CULTIVOS PARA PEQUEÑOS
AGRICULTORES**

Volumen II

CATIE - UC/USAID - OIRSA

TURRIALBA, COSTA RICA

27 AGOSTO - 21 SETIEMBRE

1979

C U R S O
CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS EN SISTEMAS DE PRODUCCION
DE CULTIVOS PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES

COORDINACION

Carlos U. León Velarde, M.S.
Coordinador de Capacitación
CATIE, Turrialba
Costa Rica

Joseph Saunders, Ph.D.
Entomólogo; Coordinador Técnico
CATIE, Turrialba
Costa Rica

Donald Calvert, Ph.D.
Especialista en Protección de Cultivos
Coordinador Técnico
Universidad de California
Berkeley, California
U.S.A.

Fausto Cisneros, Ph.D.
Entomólogo; Coordinador Técnico
Universidad Nacional Agraria
La Molina
Lima, Perú

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
-CATIE- 1979. Turrialba, Costa Rica.

Se autoriza la reproducción total o parcial, siempre y cuando se haga referencia a la fuente original.

NOTA DE LA COORDINACION

El Curso Control Integrado de Plagas en Sistemas de Producción para Pequeños Agricultores, fue realizado en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, en Turrialba, Costa Rica; con la participación y financiamiento de la Universidad de California, a través de su proyecto Manejo de Plagas con la Agencia Internacional de Desarrollo US/AID.

Durante el desarrollo del curso, los conferencistas escribieron su presentación respectiva, considerando su enfoque sobre el aporte que realiza, el componente del cual es especialista, en el control integrado de plagas.

En este volúmen se reporta la presentación realizada y se espera que sea de utilidad a toda persona relacionada al control integrado de plagas y sistemas de cultivos.

Para la impresión, la Coordinación tuvo que realizar algunos cambios de forma pero no de fondo, manteniendo las opiniones y enfoques vertidos en cada trabajo, los que son de responsabilidad de los autores.

Joseph Saunders, Ph.D.
Entomólogo, Coordinador Técnico
C A T I E

Carlos U. León Velarde, M.S.
Coordinador de Capacitación
C A T I E

C O N T E N I D O

Volumen II

		Página
LISTA DE CONFERENCISTAS		4
PRINCIPIOS DE CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS	Louis A. Falcón	6
FORMULACION Y APLICACION DE PLAGUI- CIDAS	Virgil H. Freed	32
DINAMICA QUIMICA: TRANSPORTE Y COM- PORTAMIENTO DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN EL AMBIENTE; UN PROBLEMA EN SA- LUD AMBIENTAL	Virgil H. Freed	48
MANIPULACION, TRANSPORTE, ALMACENA- MIENTO Y DESECHO DE PLAGUICIDAS	Virgil H. Freed	65
TOXICOLOGIA DE PLAGUICIDAS Y SU EM- PLEO POR PERSONAS NO EDUCADAS	Virgil H. Freed	85
PRACTICAS PARA EVITAR LA CONTAMINA- CION A NIVEL DE PEQUEÑO AGRICUL- TOR	Virgil H. Freed	96
PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACION DE PLAGUICIDAS EN SISTEMAS DE CULTI- VO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES	Myron Shenk	102
RELACION ENTRE EL TIPO DE LABRANZA Y LA INCIDENCIA DE PLAGAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTI- VOS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES	Joseph L. Saunders y Myron Shenk	113
EL MANEJO Y SUPRESION DE LA RESIS- TENCIA A LOS PLAGUICIDAS	George P. Georghiu	120

	Página
ALGUNOS ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS DE ENFERMEDADES EN SISTEMAS MIXTOS DE PRODUCCION DE CULTIVOS	Raúl Moreno 133
MANEJO DE PLAGAS EN ALGODON	Andrew Gutiérrez 154
ESTIMACION DEL UMBRAL ECONOMICO DE DAÑOS CAUSADOS AL ALGODON (GOSSYPIMUM HIRSUTUM L.) POR EL BELLOTERO (HELIOTHIS ZEA BOODIE) Y POR EL PICUDO (ANTHONOMOUS GRAN-DIS BOH)	Andrew Gutiérrez G. Leon Quant 173
FITOMEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA EN PAPA	H. David Thurston 189
MANEJO DE PLAGAS EN CULTIVOS HORTICOLAS, CON CONSIDERACION ESPECIAL DE LA PRODUCCION DE TOMATE EN ZONAS NO TOMATERAS	Andrew King 206
EL AGROECOSISTEMA DE LA YUCA	Raúl A. Moreno 218
MANEJO DE PLAGAS EN CULTIVOS PERENNES	José Rutilio Quezada 238
ENFERMEDADES DEL CACAO	Gustavo A. Enríquez 253 ✓
PLAGAS DEL CACAO	Joseph L. Saunders Gustavo A. Enríquez 262 ✓
ALGUNOS ASPECTOS AGRONOMICOS DEL CULTIVO DEL BANANO Y DEL PLATANO	Ramiro Jaramillo 271
ANEXO	
Lista de direcciones de participantes al curso	296
Contenido Volumen I	299
Contenido Volumen III	302

CONFERENCISTAS

Donald Calvert, Ph.D.
2288 Fulton St. Suite 310
Berkeley, CA 94704
U.S.A.

H. David Thurston, Ph.D.
Department of Plant Pathology
Cornell University
Plant Science Building
Ithaca, NY 14850
U.S.A.

Ted Granovsky, Ph.D.
Department of Entomology
Texas A & M University
College Station, TX 77843
U.S.A.

Andrew Gutiérrez, Ph.D.
Division of Biological Control
University of California
1050 San Pablo Avenue
Albany, CA 94706
U.S.A.

Louis Falcón, Ph.D.
Department of Entomology
Hilgard Hall
University of California
Berkeley, CA 94720
U.S.A.

G. Clay Mitchell, Ph.D.
U.S. Department of The Interior
Fish and Wildlife Service
Denver Wildlife Research Center
Building 16, Denver Federal Center
Denver, CO 80225
U.S.A.

Michael Irwin, Ph.D.
INTSOY
Agricultural Entomology
163 Natural Resources Building
University of Illinois
Urbana, IL 61801
U.S.A.

Keith Andrew, Ph.D.
Universidad de Florida/AID Contract
American Embassy
San Salvador, El Salvador

Fausto Cisneros, Ph.D.
Departamento de Sanidad Vegetal
Universidad Nacional Agraria
Apartado 456
La Molina, Lima - Perú

Frank Peairs, Ph.D.
Secretaría de Estado en el
Despacho de Recursos Naturales
Honduras

Virgil H. Freed, Ph.D.
Department of Agricultural
Chemistry
Oregon State University
Corvallis, OR 97331
U.S.A.

José R. Quesada, Ing.
Organismo Internacional Regional
de Sanidad Agropecuaria
OIRSA, Depto. Central (01) 16
Calle a Santa Tecla
Edificio Carbonel N°2 piso 1
San Salvador, El Salvador

Harold T. Reynolds, Ph.D.
Department of Entomology
University of California
Riverside, CA 92502
U.S.A.

Ray F. Smith, Ph.D.
2288 Fulton St. Suite 310
Berkeley, CA 94704
U.S.A.

Jesús A. Reyes, Ph.D.
CIAT, Apartado 6713
Cali, Colombia

Roger López, M.S.
Universidad de Costa Rica
San Pedro, Costa Rica

Evaristo Morales, Ing.
Ministerio de Agricultura y
Ganadería
Dirección de Investigación
San José, Costa Rica

José E. Macía, Ph.D.
Jefe de Defensa Agropecuaria
Oficina de Cuarentena Vegetal
Edificio OXGSA, 25 Av. Norte
Frente Colegio Guadalupano
San Salvador, El Salvador

Ramiro Jaramillo, M.S.
ASBANA
Apartado 6504
San José, Costa Rica

Luis Carlos González, Ph.D.
Facultad de Agronomía
Universidad de Costa Rica
San Pedro, Costa Rica

Oscar Arias, Ph.D.
Universidad de Costa Rica
San Pedro, Costa Rica

TECNICOS DEL CATIE
Turrialba, Costa Rica

Eduardo Locatelli, Ph.D.
Myron Shenk, M.S.
Joseph Saunders, Ph.D.
Humberto Jiménez, M.S.
Raúl Moreno, Ph.D.
Luis Navarro, Ph.D.
Andrew King, Ph.D.

Robert Hart, Ph.D.
Carlos Burgos, Ph.D.
José Fargas, Ph.D.
Miguel Holle, Ph. D.
Pedro Oñoro, Ph.D.
Heleodoro Miranda, Ph.D.
Gustavo Enriquez, Ph.D.

PRINCIPIOS DE CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS

Louis A. Falcón*

A. OBJETIVOS

El desarrollo de la agricultura fue uno de los mayores logros en la evolución del hombre. En el mundo actual, la agricultura produce la mayor parte de nuestros alimentos y gran parte de nuestras vestimentas. Asimismo, muchos productores agrícolas son importantes en el proceso y manufactura de gran cantidad de productos industriales que usamos día a día. La agricultura es la mayor fuente de empleos en el mundo, ya que más del 70% de la gente vive en zonas rurales y, en su mayoría, trabajan en actividades relacionadas con la agricultura. En los países en vías de desarrollo, entre el 70 y el 90% de la mano de obra depende de la agricultura. Sin embargo, la población mundial sería probablemente menos del 1% de lo que es hoy día. Sin embargo, se espera que en los próximos 25 años la población mundial aumente de 4 a 6 mil millones, y la mayor parte de este incremento tendrá lugar en los países en vías de desarrollo. Para el año 2.000 el 87% de la población mundial vivirá en los países en vías de desarrollo y existirá un déficit de alimentos de 100 millones de toneladas en el Tercer Mundo. La única forma de compensar este déficit es haciendo que los propios países aumenten su producción agrícola de 3 a 5 veces sobre su producción actual; y esto deberá ser hecho por los millones de pequeños agricultores que viven en estos países. En el Tercer mundo hay 100 millones de fincas de menos de 5 hectáreas, y de ellas más de la mitad tienen menos de una hectárea de extensión.

En el mundo siempre han existido problemas de alimentación, pero la causa principal son la pobreza y la ignorancia más que la escasez de aliment. Las mayor parte de la gente simplemente es demasiado pobre para comprar los alimentos que necesitan para obtener siquiera sus necesidades mínimas nutricionales. Como resultado de la explosión demográfica en las dos últimas décadas, el desempleo en muchos de los países en vías de desarrollo aumentó de 25 a 45%. Se estima que en el año 2000 por lo menos 800 millones más de personas carecerán de modos de vida. Un elemento clave en la solución de los problemas que confronta el Tercer Mundo es la planificación familiar. Los conocimientos y la experiencia que se ha venido acumulando, han mostrado a los expertos en población que los índices de fertilidad empiezan a -

* Universidad de California, Berkeley, California 94720, Estados Unidos

declinar conforme la mujer está en condiciones de alimentar a sus hijos correctamente y mantenerlos saludables. Se espera que los agricultores produzcan el alimento para todo el mundo, pero, en muchas regiones, ellos ni siquiera pueden alimentarse adecuadamente a si mismos, mucho menos a otras personas. En muchos casos no sólo carecen del capital para financiar sus actividades agrícolas sino que no poseen el adiestramiento, la educación y la pericia necesarias para lograr una producción óptima en sus tierras. Si tomamos en cuenta que más del 60% de los pequeños agricultores en los países en vías de desarrollo son mujeres, una mejoría en sus condiciones tendría un efecto inmediato doble: descenso en los índices de fertilidad y aumento en la producción de alimentos.

En los países desarrollados del mundo, a menudo los agricultores alimentan a muchas personas, pero los insumos energéticos son muy elevados y costosos. Generalmente son demasiado costosos para ser adoptados en los países en vías de desarrollo. En aquellos países en vías de desarrollo en donde se ha introducido la agricultura con insumos de alta energía, como en el caso de la llamada "revolución verde" ha ocurrido un efecto importante como lo es el desplazamiento de los pequeños agricultores, creándose, por lo tanto, desempleo que genera mayores problemas de hambre. Aunque la "revolución verde" puede condicionar a un aumento en la producción de alimentos, los agricultores desplazados no se beneficiarían porque ahora no tienen forma de comprar el alimento que necesitan, no importa cuán abundante sea. La agricultura que hace uso de insumos de alta energía exige gastos elevados en maquinaria, fertilizantes, plaguicidas y combustible. Muchos países en vías de desarrollo deben importar todos estos elementos, por lo que deben hacer desembolsos fuertes y pueden ocurrir déficits en su comercio. Por otra parte, mientras la maquinaria puede ser una inversión a largo plazo con depreciación gradual, los fertilizantes, plaguicidas y combustibles son artículos de consumo inmediato y requieren un flujo constante. Son muy pocos los casos en que la producción agrícola en un país en vías de desarrollo rinda las ganancias suficientes como para compensar de manera significativa los déficits creados con la compra de estos suministros. Este es un factor muy importante que contribuye a la creciente disparidad económica entre los países del Tercer Mundo y los países desarrollados.

Aún en los países desarrollados, la agricultura que emplea insumos de energía es muy cara y su uso continuado pelagra, a menos que se encuentren sustitutos adecuados para el petróleo. Un elevado porcentaje de los plaguicidas y fertilizantes se derivan del petróleo, así como el combustible que hace funcionar la maquinaria agrícola. Según indican algunos informes basados en estimaciones recientes de las reservas y el consumo, para el año 2000, o sea menos de 30 años, el petróleo se habrá agotado en el mundo. Por lo tanto, vemos que incluso la agricultura moderna es solamente una situación temporal y que deben buscarse alternativas si es que va a haber suficiente alimento para los habitantes de los países desarrollados, sin contar a las cantidades crecientes de personas en los países del Tercer Mundo.

La agricultura moderna también conlleva serios problemas ambientales. Es obvio el envenenamiento de seres humanos y la destrucción de la fauna acuática y de la vida silvestre causada por el uso de plaguicidas tóxicos. Se nota bastante la eutroficación de las aguas debido a la lixiviación de los fertilizantes químicos. Son menos evidentes la enfermedad y miseria humana causadas por la exposición a dosis sub-letales de plaguicidas químicos tóxicos o el sutil descenso y desaparición de una especie animal conforme los plaguicidas tóxicos se desplazan por la cadena alimenticia o se acumulan de otras formas en el ambiente. Los residuos de plaguicidas químicos sobre y en los alimentos o invisibles, y nosotros los consumimos sin darnos cuenta en diversas cantidades y combinaciones. Generalmente, de acuerdo al status económico de una persona su dieta, y mayor es la posibilidad de consumir residuos químicos. Esto se aplica especialmente en aquellas regiones del mundo en donde se ejerce poco o ningún control sobre el uso de plaguicidas en la agricultura. Aunque en muchos de los países desarrollados se exigen ensayos de cualquier plaguicida químico nuevo, y aquellos productos que se sospechan que sean carcinógenos se eliminan del mercado, no hay manera de evaluar los efectos de las diversas combinaciones y cantidades crecientes de productos químicos artificiales a los que estamos expuestos. Cada persona es diferente y consume diversas cantidades de residuos químicos según sea su dieta. Cada uno responderá de manera diferente debido a su propia forma de vida. Por otra parte, aunque en países desarrollados se pueden eliminar del mercado productos químicos peligrosos, debido a los rígidos sistemas gubernamentales de control, esto no se aplica a aquellos países que carecen de estas restricciones. Un fabricante que trabaja en un país desarrollado puede enviar un producto peligroso a un país en vías de desarrollo sin ningún problema (p.e. Phosvel). Luego el país en vías de desarrollo puede exportar productos agrícolas tratados con el producto peligroso al país desarrollado en donde está prohibido.

No hay soluciones simples para el problema del suministro de alimentos, nutrición, déficits comerciales y contaminación ambiental en el mundo; sin embargo, hay formas de reducir bastante y posiblemente eliminar algunos de estos problemas en varios países. Una posibilidad es la aplicación del control integrado de plagas (CIP) en la producción y almacenamiento de cultivos alimenticios. El principal objetivo del control integrado de plagas es evitar que ocurra daño económico a un organismo utilizado por el hombre. En este artículo el "organismo utilizado por el hombre" es un cultivo alimenticio. Mediante el CIP se minimiza el potencial de las pérdidas económicas presentando las condiciones más favorables para el crecimiento, desarrollo y almacenamiento de un cultivo alimenticio, tomando en cuenta a la vez las limitaciones ecológicas y sociológicas del ecosistema y la protección del medio ambiente. Se hace todo lo posible para proteger y preservar el medio ambiente para el beneficio de plantas y animales beneficiosos, y, sobre todo, del hombre. Se hacen esfuerzos continuos para evitar situaciones desastrosas y peligrosas. Se buscan soluciones permanentes a los problemas causados por plagas. Se hacen pronósticos a largo y corto plazo para advertir a los agricultores de ataques potenciales

de plagas y permitirles tomar las medidas necesarias para evitar los daños. Se identifican, desarrollan y emplean las técnicas y métodos de protección y protección de cultivos. Lo más importante es evitar que las poblaciones de organismos potencialmente dañinos alcancen el status de plaga. Se protegen, fortalecen y utilizan los factores de mortalidad natural al máximo.

Los métodos artificiales de control se emplean solamente cuando se justifique desde los puntos de vista económico y ecológico. Se evita el uso de plaguicidas químicos de amplio espectro. La meta final del CIP es alcanzar una producción óptima de cultivos a un costo mínimo para beneficio del agricultor y de la sociedad en general.

El enfoque CIP puede dar una base para que todos los agricultores, grandes y pequeños, produzcan y protejan sus cultivos de una manera eficiente, efectiva y rápida. El establecimiento y uso del CIP puede hacer disminuir el problema de desnutrición y hambre, mejorando y aumentando la cantidad y calidad del alimento producido. Mediante su aplicación puede ser posible alcanzar una productividad agrícola que asegure dietas balanceadas para toda la población mundial. El CIP puede hacer que la gente se organice y se movilice para hacer cosas para ellos mismos. El punto de máximo interés es satisfacer las necesidades locales mediante la explotación máxima de los recursos locales. En el CIP se emplean los métodos de producción de cultivo y control de plagas que sean auto-protectores, auto-productivos y que hagan un uso intensivo de la mano de obra, a su máxima capacidad. Este enfoque se enmarca muy bien dentro de la Estrategia para el Desarrollo de un Nuevo Orden Económico Internacional.

CIP es un enfoque ecológico de control de plagas que no es demasiado difícil de desarrollar ni muy complicado para aplicar. Conforme se desarrollan nuevas tecnologías, y se refinan las existentes, el CIP es más práctico y efectivo. Es una actividad endógena e independiente que puede ayudar a satisfacer las necesidades humanas. El éxito verdadero del CIP depende de que la sociedad como un todo adquiera conciencia sobre la necesidad de proteger el medio ambiente y de conservar los recursos de la biósfera. La enseñanza y aplicación del CIP pueden dar al hombre una ética ambiental y concientizarlo sobre la gravedad de la situación del medio ambiente. Para apreciar el enfoque del CIP en su verdadera dimensión, hombres y mujeres deben estar dotados de un modo de pensar que incluya el respeto por las cosas y los seres que los rodean. Sólo de esta manera será posible superar las actividades sociales, políticas y económicas que estorban al desarrollo y establecimiento del CIP en todo el mundo.

Se espera que este manual de capacitación ofrezca un marco de referencia para desarrollar y establecer programas de capacitación e investigación en CIP. El enfoque seguido está basado en experimentación, observaciones y resultados. Se espera que mediante su aplicación se logre un cierto índice de uniformidad en la enseñanza y aplicación del CIP; esto ayudará a la diseminación de la filosofía del CIP y aumentará su uso. Se dará una base para poder hacer frente a los riesgos antes de

que ocurran, más bien que tratar de solucionar los problemas después de que se presenten, como sucede con frecuencia. El estar familiarizados con la aplicación y el funcionamiento del CIP servirá para mejorar la divulgación del método. Puesto que el CIP no tiene productos que vender, su publicación debe descansar sobre su éxito y los beneficios que representa para el hombre.

REFERENCIAS

1. ALLABY, N. (1977). World Food Resources. Actual and Potential. Applied Science Publishers, Ltd., London, 418 pp.
2. COHEN, M.N. (1977). The Food Crisis in Prehistory. Overpopulation and the Origin of Agriculture. New Haven and London, Yale University Press, 341 pp.
3. ENSAMINGER, D. (Editor) (1977). Food Enough or Starvation for Millions. TATA-MacGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 562 pp.
4. FARMER, B.H. (Editor) (1977). Green Revolution? (Technology and Change in Rice-Growing Areas of Tamil Nadu and Sri Lanka). The MacMillan Press, Ltd., London, 429 pp.
5. LAPPE, F.M. AND COLLINS, J. (1977). Food First - Beyond the Myth of Scarcity. Houghton Mifflin Co., Boston, 466 pp.
6. NERFIN, M. (Editor) (1977). Another Development: Approaches and Strategies. The Dag Hammars. Kjold Foundation, Uppsala. 265 pp.

Cuadro 1. A- Pobreza rural en países del Tercer Mundo, 1969

Región	Población		Pobl. rural de escasos recursos	
	Total	Rural	Menos de US\$50/cap	US\$75/cap.
Africa	360	280	105	140
América	250	120	20	30
Asia	1080	855	355	525
TOTALES	1690	1255	480	695
		74%	38%	55%

Las cifras representan millones.

Fuente: World Bank, Rural Development, Washington, D.C. USA 1975

B. COMPONENTES ESENCIALES PARA EL DESARROLLO Y ESTABLECIMIENTO DEL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS.

Para el desarrollo y el establecimiento del control integrado de plagas se deben efectuar tres tipos de actividades: 1) capacitación y educación; 2) investigación y desarrollo, y 3) uso y establecimiento.

La capacitación y la educación son las primeras actividades, su importancia aumenta y son actividades que permanecen durante toda la vida del programa CIP. Al principio se emplea para estimular el interés en CIP, mediante la concientización sobre su existencia y la demostración de sus beneficios. Luego se las emplea para orientar a los investigadores y usuarios de CIP en el desarrollo adecuado del método. La capacitación y la educación dan las bases de la continuidad y la evolución en las actividades de investigación y desarrollo. Solamente mediante la capacitación y la educación es posible alcanzar el uso y el establecimiento del CIP.

La capacitación y la educación incluyen todas las formas de transferencia e intercambio de información a todos los niveles. Los niveles involucrados son usuarios (agricultores), personas encargadas de su desarrollo (investigadores); aquellas personas que hacen posible el desenvolvimiento del CIP (administradores, financieros, legisladores) y el consumidor (todos nosotros). Mediante la capacitación y la educación puede demostrarse que el CIP es una forma sensata y práctica para manejar los problemas causados por las plagas. No es muy complicado desarrollar ni demasiado caro para aplicar. A este respecto, trata de suministrar evidencia de que la sociedad no puede darse el lujo de no desarrollar y aplicar el enfoque de control integrado de plagas. La capacitación y la educación sirven asimismo para orientar y guiar a la comunidad en el desarrollo y el uso del control integrado de plagas. El flujo e intercambio de información facilita el establecimiento del CIP.

Los programas educacionales y los cursos de capacitación aumentan la exposición de personas al CIP y brindan un suministro continuo de trabajadores adiestrados para facilitar el establecimiento del enfoque del CIP. La educación y la capacitación nunca pierden su importancia.

Investigación y desarrollo

El enfoque básico en la investigación y desarrollo del CIP necesita de la determinación de los niveles de daño económico para los cultivos que se van a proteger, de la identificación de las plagas con las que se va a trabajar, y el desarrollo de niveles económicos de tratamiento para las plagas que se van a combatir. Esta información se -

necesita para evaluar las tácticas de control de plagas y para desarrollar estrategias diseñadas para mantener las poblaciones de plagas a niveles inferiores a aquéllos que causan daños económicos. Aquellas tácticas y estrategias que se sepa que son prácticas desde el punto de vista económico y sensatas ecológicamente son promulgadas y se estimula su uso por parte del agricultor, continuamente se supervisa, se revalora, se refina y se ponen al día las tácticas y estrategias operacionales del CIP.

Cuando se está desarrollando el enfoque CIP la primera consideración es una evaluación real de los problemas y de las necesidades de investigación en la producción y almacenamiento de cultivos. Para facilitar la investigación y el desarrollo se establece una organización para definir prioridades, determinar objetivos y desarrollar un plan de acción. La contabilidad, la evaluación de progresos y la actualización son funciones diseñadas para mantener el programa de investigación y desarrollo en curso. Una vez que se ha desarrollado la tecnología de CIP deben realizarse esfuerzos organizados para llevar la tecnología al agricultor y estimular su uso. El valor y la importancia de las tácticas y estrategias de CIP se comunican al gran público, a los administradores y a los legisladores. Debe tomarse la acción necesaria para buscar cambios en la legislación existente, o para desarrollar nuevas reglas para apoyar la implementación del CIP. El establecimiento permanente del CIP se logra mediante la educación y la capacitación del agricultor, de otros miembros de la comunidad agrícola, de los investigadores, administradores y del público en general.

La actividad más lenta en su evolución es el establecimiento y la adopción del CIP. Su ímpetu depende de cuán efectivos hayan sido las actividades de capacitación y de educación, así como la productividad de los programas de investigación y desarrollo. El uso del CIP puede iniciarse a principios del período de desarrollo mediante la aplicación de información tomada de otros programas. Raramente alcanza mucha aceptación hasta que hayan pasado los años iniciales de ensayo y error. Su expansión es tanto horizontal como vertical. Por horizontal se refiere al aumento en el número de agricultores que lo aplican. La expansión vertical es la confianza y utilización creciente del enfoque por cada usuario. El objetivo debe ser lograr un índice elevado de aceptación y de uso (digamos 80%) dentro de un lapso de 10 a 12 años)

Uso y establecimiento

Evidentemente, los períodos de tiempo y los grados relativos de esfuerzo necesarios para desarrollar los diversos componentes, varían dentro de cada situación y cultivo, así como con la energía utilizada y los enfoques empleados.

C. ESTRATEGIA BASICA

El control integrado de plagas funciona mejor como parte de un sistema total de producción y manejo de cultivos. Ninguna parte de este sistema puede funcionar muy efectivamente sin que las otras se fusionen armónicamente. Para lograr esto se necesita aplicar un enfoque sistemático y científico. Durante todo el proceso de producción del cultivo es esencial que se satisfagan las necesidades de crecimiento y desarrollo de la planta. Esto significa un suelo que presente las propiedades físicas y químicas necesarias para estimular y promover el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento adecuado. Necesita que el medio en que está el cultivo tenga el ámbito indicado de temperaturas, para producir las unidades de calor necesarias para que el cultivo se desarrolle y madure en un lapso razonable. Debe haber agua disponible en cantidades suficientes, y con una distribución adecuada para satisfacer las necesidades de la planta durante las diversas fases críticas de crecimiento y desarrollo. Deben tomarse en cuenta otros factores como longitud del día, cantidad y calidad de la radiación solar, humedad relativa y viento, ya que cumplen funciones muy importantes en el desarrollo del cultivo y la formación de la cosecha. Es de vital importancia ubicar el cultivo en el medio ambiente adecuado, con condiciones de suelo satisfactorias para que el control integrado de plagas sea un éxito. Tratar de forzar a un cultivo a crecer en un medio poco apropiado y bajo condiciones desfavorables de suelo conduce a problemas de producción de origen tanto físico como biológico. En esta situación las plagas pueden ser particularmente importantes y alcanzar proporciones catastróficas (ejemplo: el trigo en el Sur del Brasil).

Una vez que se encuentran las condiciones apropiadas para el cultivo, la situación debe ser relativamente estática y permanente. Por el contrario, la aplicación de técnicas de cultivo eficientes son determinadas por el agricultor y, en consecuencia, éste puede ser un factor muy variable en el panorama total de la producción de cultivos. En efecto, el agricultor puede ser el factor más dañino para su cultivo debido a ignorancia, errores de juicio y decisiones incorrectas. Para aplicar el control integrado de plagas es esencial estar en capacidad de identificar las causas del daño económico. La experiencia ha demostrado que el daño económico puede ser causado por muchos factores. El agricultor puede dañar su cultivo al efectuar limpiezas dañando las raíces; moviendo equipo por el campo y decapitando las plantas; aplicando un plaguicida que quema las hojas. Las prácticas incorrectas de manejo pueden resultar en tensiones para la planta debidas a falta de agua o a daños al follaje causados por una sobre dosis de fertilizante. El tiempo puede dañar las plantas mediante quemaduras causadas por el sol, heladas y vientos fuertes. Los organismos vivientes pueden causar daños de todo tipo. Dentro de esta categoría se incluyen las malezas, los patógenos, los animales vertebrados e invertebrados. Este último grupo es el que interesa principalmente al control integrado de plagas.

En años recientes se ha desarrollado y aplicado diversas estrategias en el control integrado de plagas. De estas experiencias se ha aprendido mucho y ha habido y continúan habiendo refinamiento y mejoramiento progresivo de los métodos empleados.

Las estrategias se ajustan para enmarcarse en las diferentes situaciones con diversos niveles de complicación en sus operaciones, conforme sea necesario. La formulación de una estrategia básica de control integrado de plagas necesita de la mezcla, entrelazamiento y armonización de componentes de diversas experiencias. Puede que no sea indicada en su totalidad para ningún cultivo, o puede no contener suficientes elementos para el desarrollo de una estrategia en otro cultivo. Aunque se le presenta como una estrategia básica, es, como todas las estrategias en control integrado de plagas, un modelo dinámico, de final abierto, que evoluciona y cambia con la nueva información que generan las experiencias que se realicen.

El modelo básico de control integrado de plagas que se presenta, contiene los elementos de las metas ideales que deben buscarse. Los componentes de una estrategia total de control integrado de plagas dan al agricultor un enfoque científico sólido y confiable para seleccionar los problemas causados por las plagas. Estos componentes son firmes y razonables desde los puntos de vista ecológico, sociológico y económico. En su forma ideal una estrategia de CIP dice al agricultor qué esperar y cuándo esperarlo. Da al agricultor la manera de evitar que ocurran problemas causados por plagas. Cuando se presenta un problema permite al agricultor ver por qué sucedió de modo que pueda evitar que ocurra en el futuro. Permite al agricultor cultivar y almacenar una cosecha con un mínimo de contaminación ambiental y de perturbaciones indeseables, permitiéndole, a la vez, obtener buenas ganancias por el dinero y el esfuerzo invertidos. (Cuadro III B; pág.20)

Al aplicar una estrategia de CIP es conveniente dividir la estación en períodos distintos relacionados con las actividades agrícolas. Las divisiones básicas usadas aquí son: 1) el período de precosecha; 2) el período de crecimiento del cultivo y 3) el período poscosecha.

3.1 El período precosecha

En cultivos anuales esta es la época de preparación del suelo y de siembra. El período precosecha se refiere a todas las actividades asociadas con la preparación para el próximo año agrícola. En el caso de plantas perennes las actividades principales son poda y limpieza. Las principales actividades CIP son: 1) muestreo, 2) pronóstico de eventos para el año siguiente, 3) aplicación de tácticas apropiadas de combate de plagas y de manejo, cuando sea necesario, y 4) desarrollo de programas de diseminación de información y de educación.

El muestreo es la recopilación de información para determinar la

presencia, abundancia y condición de los organismos plagas y de agentes de control biológico, dentro y alrededor de las zonas donde se espera que estén presentes.

Los eventos que deben pronosticarse para la próxima época son: a) las mejores fechas de siembra; b) crecimientos y desarrollo de la cosecha, c) apariencia, abundancia, distribución (en el tiempo y en el espacio) y desaparición de los organismos considerados como plagas claves, así como de otras especies de interés. Se construyen gráficas de los pronósticos y se colocan uno encima de otro y así es posible determinar el momento en que se espera que las plagas amenacen el cultivo y ocasionen daños económicos.

En caso de necesidad se seleccionan y emplean las tácticas apropiadas de control y manejo de plagas. Después de realizar una evaluación cuidadosa de los datos de muestreo y de los pronósticos, se estimula la utilización de todas las tácticas de control integrado de plagas que se sepa que son útiles para reducir las poblaciones amenazadoras durante el período de descanso. Se pueden alterar las fechas de siembra para reducir el riesgo de ataque a las plántulas. Se utilizan los programas de diseminación de la información y de educación para llevar a los usuarios los pronósticos para la próxima época. Toda la comunidad agrícola es advertida de la situación que se avecina y los funcionarios del CIP ayudan en la planeación y preparación de la nueva época. Se facilita la comunicación a nivel local, mediante seminarios y conferencias. Siempre que sea posible se emplean la radio, la televisión y los periódicos.

Períodos de crecimiento del cultivo

La manera principal de aplicar el CIP durante el período de crecimiento del cultivo es seguir de cerca y llevar un control del proceso de crecimiento, desarrollo y formación de la cosecha del cultivo durante la estación, en cada parcela. Esta información brinda una historia gráfica permanente del cultivo y puede ser empleada de diversos modos. Si se la compara con los patrones esperados (pronósticos efectuados durante el período de pre-cosecha) puede indicar las situaciones problemáticas y ayudar a determinar sus causas. La información puede ser usada para orientar las decisiones de manejo, presentes y futuras. Sirve también como un control en los métodos de pronóstico y puede emplearse para revisarlos.

La implementación de este enfoque necesita que se anoten diariamente las temperaturas ambientales máxima y mínima, en cada parcela. Deben conocerse las temperaturas y las unidades de calor necesarias para el desarrollo del cultivo. Se necesitan métodos eficientes y confiables para muestrear el crecimiento y desarrollo del cultivo. Deben

llevarse controles completos y exactos de todas las actividades realizadas en relación con el cultivo durante el año.

Las unidades de calor producidas cada día se calculan en base a las temperaturas máxima y mínima anotadas diariamente. Estas son sumadas y graficadas; la producción real de unidades de calor se compara con las que se pronosticaron antes de la estación. El pronóstico de desarrollo del cultivo se ajusta y actualiza constantemente para reflejar las temperaturas reales. A intervalos predeterminados se muestrea el cultivo para crecimiento, desarrollo y formación de la cosecha. Esta información se tabula y se grafica, y se comparan los datos observados con los esperados. Los problemas resultan cuando los datos observados son diferentes de los esperados. Existen muchas causas para las desviaciones: las que deben ser determinadas y corregidas siempre que sea posible.

El siguiente paso, en orden de importancia, es seguir la actividad y el desarrollo de los organismos vegetales y animales que sean considerados plagas importantes. El objetivo de esta actividad es anticipar cambios y evitar que cualquier especie alcance el umbral económico. El desarrollo apropiado de esta actividad necesita métodos eficientes y confiables para muestrear poblaciones de plagas cuando y donde sea necesario. Se necesitan los registros de temperaturas máxima y mínima. Los mismos datos de temperatura colectados para la planta son a menudo suficientes y pueden ser aumentados cuando sea necesario.

Para utilizar la información, primero debe determinarse si las plagas son responsables de las desviaciones observadas en el crecimiento de desarrollo de la planta, y en la formación de la cosecha.

Cuando las plantas son las responsables, existen varias alternativas, dependiendo de la situación. En aquellos casos en que las poblaciones de plagas o el daño que han recibido las plantas iguala o sobrepasa los umbrales de daño económico, debe tomarse medidas apropiadas de combate. Si las poblaciones de plagas se están acercando al umbral económico, debe aumentarse la frecuencia de muestreo, tanto para la plaga como para las partes afectadas de la planta.

Otro ejercicio es examinar los datos de temperatura y calcular la producción de unidades de calor en relación a la actividad de los diversos organismos bajo observación. La información de temperatura se tabula y se grafica y luego se compara con los pronósticos, los que se ajustan para reflejar lo que ya se conoce con base en la información que se tiene. Los patrones observados de la apariencia, abundancia, distribución y desaparición de los organismos bajo observación se comparan con los pronósticos ajustados. Se determinan las causas de las desviaciones en los patrones observados y se toma acción en donde sea necesario. En el cuadro se anotan posibles factores responsables de desviaciones.

Cuadro III A. Los requisitos para una producción agrícola óptima

1. Condiciones meteorológicas apropiadas
 - 1.1 Ambito y distribución apropiada de temperatura y producción de la unidad de calor requerido.
 - 1.2 Cantidad de intensidad de luz solar correctas.
 - 1.3 Suministro adecuado de agua distribuida apropiadamente
2. Condiciones agronómicas apropiadas
 - 2.1 Utilizar un suelo con las características físicas y químicas correctas.
3. Manejo eficiente
 - 3.1 Emplear manejo de suelo apropiado incluyendo preparación de las eras de germinación, técnicas de plantación, cultivo, cobertura de la cosecha, rotaciones.
 - 3.2 Utilizar sólo semilla sana y de las mejores variedades.
 - 3.3 Plantar en la fecha adecuada, utilizando la cantidad ideal de semilla.
 - 3.4 Proveer medios para la nutrición de la planta cuando y donde se necesite.
 - 3.5 Mantener la densidad de plantas óptimas
 - 3.6 Eliminar la competencia entre plantas del mismo cultivo (intra) y la competencia con otras plantas (malezas) (inter).
 - 3.7 Utilizar apropiadamente el sistema de riego -cuando esté disponible-.
 - 3.8 Cosechar en el momento preciso utilizando los métodos más eficientes.
 - 3.9 Evitar que las cosechas sufran daños de importancia económica (CIP).
 - a. Prevenir la introducción de plagas (cuarentena/controles legislativos).

- b. Evitar que las poblaciones de plagas alcancen niveles que provoquen daños de importancia económica.
 - c. Utilizar sólo métodos de control que sean ecológicamente adecuados y compatibles con el ambiente.
 - d. Los métodos de control que pueden utilizarse incluyen:
 - 1. Físicos: extraer el agente con la mano, matarlo in situ, poda, defoliación, trampas, rastra, arada, calor, frío, desecación, almacenamiento hermético, raspadura, energía electromagnética, radiación infrarroja, esquemas de calor, radiaciones ionizantes.
 - 2. Culturales: época de siembra, veda, época de cosecha, métodos especiales de cultivo, variedades resistentes, cultivos intercalados, rotación, aspectos sanitarios, remoción de los hospederos alternos de las plagas.
 - 3. Biológicos: (predadores, parásitos y patógenos), conservación, estimular la ocurrencia natural, aumento por medio de introducciones, criar y liberar, esterilización, manipulación genética, feromonas.
 - 3. Plaguicidas químicos: repelentes, fumigantes, venenos estomacales, venenos de contacto efímero, venenos residuales, venenos sistemáticos.
4. Todas las actividades realizadas para alcanzar la producción agrícola óptima deben encajar en los patrones ecológicos de la sociedad.
- 4.1 Los programas deben ser bien estructurados ecológicamente y deben ser compatibles con la sociedad en la que se presentan.
 - 4.2 El enfoque debe abarcar las necesidades fundamentales del hombre.
 - 4.3 La aplicación de métodos para evitar que las cosechas sufran daños de importancia económica, deben basarse en el uso de los recursos naturales renovables locales y en las aspiraciones de las personas asociadas con el programa.
 - 4.4 Todas las actividades relacionadas con producción y protección vegetal, tenderán a permitir la participación y el control máximo de las decisiones sociales de las personas afectadas.

Cuadro III B. Los ingredientes esenciales para hacer operativa una estrategia de protección vegetal para el control integrado de plagas.

1. Identificación exacta de los problemas reales y de los procedimientos de toma de decisiones.
2. Tácticas de control que prevengan efectivamente el daño económico causado por las plagas, siempre que sean compatibles ecológicamente.
3. Un sistema de alerta razonablemente exacto, que se ponga al día continuamente, para prevenir a los campesinos de los daños de las plagas.
4. Un programa de cuarentena efectivo, para evitar la introducción de organismos que puedan convertirse en plagas.
5. El establecimiento de redes de distribución de información que alerten, informen y eduquen a todos los niveles sobre el valor, los progresos y los logros del enfoque CIP.

3.3 Período poscosecha

Estimular la ejecución de todas las actividades que ayuden a reducir las poblaciones de plagas principales durante el período poscosecha.

PROGRAMA

General (G)

G.1 Identificar el área que se va a incluir dentro del programa CIP y dividirla en subregiones que tengan condiciones agronómicas, edáficas y meteorológicas similares.

1.1 Requisitos de información

- 1) Datos del tiempo; se sugiere un mínimo de diez años.
- 2) Información disponible sobre las características edáficas de la región.
- 3) Información disponibles sobre los modelos de cultivo de la región.
- 4) Información disponible sobre las prácticas de los campesinos y los hábitos de la gente de la región.

1.2 Metodología

- 1) Resumir y analizar los datos de tiempo. Concentrarse en (a) patrones de temperatura, especialmente la mínima y máxima, y determinar la producción de unidades de calor disponibles para el cultivo; (b) cantidad y distribución de la precipitación; (c) humedad relativa promedio; (d) la dirección prevaleciente del viento y velocidad promedio (esto va a indicar la dirección en que se mueven los insectos y el patrón de movimiento para continuar con las aplicaciones); y (3) períodos con nubosidad permanente (esto influye sobre los insectos nocturnos y sobre la eficiencia de las trampas de luz)

- 2) Se harán esfuerzos para identificar subregiones con un patrón meteorológico homogéneo. Se utilizan datos cuantitativos y observaciones locales en áreas donde no haya datos.
- 3) Evaluar las propiedades físicas del suelo y los datos de perfiles e incluirlos dentro de las subregiones.
- 4) Incorporar la información de patrones de producción dentro de las subregiones.
- 5) Incluir información básica respecto a las prácticas agrícolas. Indicar especialmente las diferencias entre regiones.
- 6) Actualizar y revisar los arreglos por subregiones, conforme se disponga de datos más recientes y mejores.

G.2 Colectar y analizar información climática dentro de cada subregión para determinar las condiciones actuales. Almacenar en banco de datos.

2.1 Información necesaria

- 1) Temperatura máxima y mínima diarias, tanto en el aire como en el suelo.
- 2) Humedad relativa diaria
- 3) Dirección y velocidad diaria del viento

2.2 Metodología

- 1) Instalar estación climatológica (o emplear instalaciones ya establecidas) dentro de cada subregión en sitios que brinden datos representativos de la subregión en general.
- 2) Instalar aparatos que registren la temperatura en cada parcela que esté bajo el programa CIP (uno por hectárea, como mínimo). Siempre que sea posible emplear instrumentos de control permanente. Donde haya personal disponible para leerlos a la misma hora todos los días, pueden usarse termómetros de máxima-mínima.
Instálese refugios tipo NOAA en una ubicación permanente, fuera de la zona de actividad, bajo la luz del sol, con la puerta hacia el norte.
La altura del refugio debe ser equivalente a la altura promedio del cultivo en plena madurez.

- 3) Los datos generales de tiempo se colectan diariamente, se tabulan, y la información se hace llegar semanalmente -el mismo día- a todos los supervisores CIP. Los datos se archivan y, siempre que sea posibles, se computan.
- 4) Una vez al año, generalmente entre épocas de siembra, los datos climatológicos se examinan y se comparan a los datos con los de años anteriores. Los límites entre subregiones se ajustarán donde y cuando sea necesario.
- 5) Diariamente deben tomarse y tabularse los datos de temperatura de parcelas individuales. Por lo menos semanalmente debe calcularse la producción de unidades de calor para el cultivo y para las plagas principales. Los datos son utilizados por los supervisores CIP para evaluar el crecimiento del cultivo y la situación de las plagas.

G.3 Mantener a los agricultores y a la comunidad asociada e informada de los hallazgos y ofrecer los datos necesarios para una constante actualización de pronósticos y recomendaciones. Mantener informada a la comunidad de los progresos y resultados en general. Permitirse una máxima participación y control de decisiones sociales de las personas afectadas.

3.1 Información necesaria

- 1) Patrones observados y pronósticos de crecimiento del cultivo, desarrollo y formación de la cosecha.
- 2) Datos observados y pronóstico que muestren la aparición, actividad, abundancia y desaparición de plagas.
- 3) Status de factores naturales de mortalidad.
- 4) Justificaciones de todas las acciones recomendadas/tomadas.
- 5) Toda la información asociada con la causa y efecto de técnicas de control recomendadas/empleadas.

3.2. Metodología

- 1) Informar a los agricultores con regularidad de nuevos datos, decisiones, justificación, recomendaciones y/o acciones efectuadas. Ayudar a los agricultores a tomar decisiones finales, cuando y donde sea necesario.

- 2) Por lo menos una vez al día, todos los trabajadores del programa CIP deben reunirse e intercambiar observaciones, datos, puntos de vista y recomendaciones. Los grupos pequeños de 5-10 personas son ideales. Uno o más supervisores de área deben reunirse siempre con cada grupo para facilitar diálogos inter -e intra-grupos, así como el intercambio de información.
- 3) Por lo menos una vez, al mes, deben efectuarse reuniones para que toda la comunidad conozca y discuta sobre pronósticos, observaciones, progreso, posibilidad sobre el programa CIP.

G.4 Establecer cursos educativos (a nivel de secundaria y universidad) para enseñar y adiestrar gente en la aplicación y uso del CIP.

Período precosecha(PP)

PP.1 Pronosticar patrones de crecimiento, desarrollo y formación de la cosecha para el cultivo.

1.1 Información necesaria

- 1) Conocer la fenología del cultivo
- 2) Conocer los requerimientos de temperatura para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Para cada época principalmente (semilla, raíces, partes vegetativas y partes reproductivas) conocer los umbrales y el nivel letal de temperatura y unidad de calor.
- 3) Un banco de datos con temperaturas ambientales diarias e información general sobre los patrones climatológicos por los últimos diez años.

1.2 Metodología

- 1) Seleccionar los patrones de temperatura esperados para el próximo período de crecimiento del cultivo. Referirse a pronóstico del tiempo de largo alcance.
- 2) En cultivos anuales seleccionar las fechas de siembra más convenientes para los cultivos que se van a sembrar.

- 3) Sígase el mismo enfoque para cultivos perennes, pero hágase pronósticos para la finalización de la latencia, período de hinchazón de las yemas, aparición de la primera hoja y de la primera flor.
- 4) Para pronosticar los patrones de crecimiento, desarrollo y formación de la cosecha para el cultivo determine la acumulación de unidades de calor por día (desde el umbral hasta el punto letal) para cada época crítica en secuencia empezando con la siembra Graficar.

PP2. Estimar la aparición, abundancia, distribución (tiempo + espacio) y desaparición de los organismos considerados como plagas importantes.

2.1 Información necesaria

- 1) Identificación de las plagas más importantes. Categorizar según el tipo de daño e índice de importancia.
- 2) Conocer la biología básica, la fenología y el comportamiento de las plagas más importantes.
- 3) Conocer los factores meteorológicos críticos que influyen sobre el desarrollo, abundancia, y actividad de las plagas mayores.
- 4) Conocer los efectos de los factores de mortalidad más importantes sobre el desarrollo y abundancia de las plagas principales.
- 5) Un banco de datos con información sobre la temperatura ambiental diaria e información general sobre patrones de tiempo en los últimos diez años.
- 6) Pronóstico del tiempo confiables de largo alcance para el área.
- 7) Conocer el ciclo lunar para la época de cosecha.

2.2 Metodología

- 1) Para determinar la aparición de cada plaga importante, determine el status potencial de los principales factores meteorológicos que estimulan la actividad durante el período de producción del cultivo.
p.e. a) Picudo
Centro América precipitación
Texas, U. S. temperatura
b) Gusano del manzano
Temperatura + Precipitación

- 2) Para pronosticar la abundancia y distribución de cada plaga importante empléense técnicas de medición de poblaciones que puedan ofrecer la información más exacta sobre supervivencia y abundancia de su supervivencia.

p.e. muestras de suelo para gusanos de alambre
selecciones de tronco para gusanos del manzano
muestras de bellotas para bellotero en Centro
América

- 3) Determinar la acumulación de unidades de calor diaria para cada plaga (desde el umbral hasta el nivel) para cada estadio dentro de una generación, y para cada generación, futura empezando con la fecha de aparición. Graficar.

PP3. Identificar los períodos de peligro potencial cuando puede ocurrir daño económico al cultivo.
Estudiar de nuevo las fechas de siembra del cultivo en un esfuerzo para minimizar los daños causados por la plaga al cultivo.

3.1 Información necesaria

Gráficas de desarrollo del cultivo (PPI) y pronóstico de plagas (PP₂).

3.2 Metodología

- 1) Superponga figuras de aparición, abundancia y desaparición de las plagas principales en diagramas previamente elaborados del crecimiento y desarrollo del cultivo.
- 2) Cambie los diagramas y busque períodos críticos cuando crea que pueden ocurrir daños de importancia económica.

PP4. Infórmese a los agricultores sobre la situación anticipada. Ayúdelos en cuanto a planificación y preparación.

4.1 Información necesaria

Pronóstico de plagas principales

Pronóstico de cosechas

4.2 Metodología

Efectuar seminarios y conferencias, emplear la radio, la televisión y otros medios de comunicación.
Informar especialmente a los agricultores, grupos de servicio a los agricultores, entidades financieras y compradores.

PP.5 Estimula la ejecución de todas las actividades que ayuden a reducir las poblaciones de plagas importantes durante la época de descanso.

5.1 Información necesaria

- 1) Conozca las plagas importantes
- 2) Conozca la biología básica, la fenología y el comportamiento de las plagas principales.
- 3) Conozca las tácticas efectivas para reducir las poblaciones durante este período.
p.e. período de descanso - bellotero rosado
destrucción de hospederos alternativos-mosca blanca
poda - escamas
recoger y destruir hojas de manzano-corta manzano
uso de trampas - picudo

5.2 Metodología

- 1) Determinar las tácticas de control de plagas que pueden utilizarse durante el período de precosecha, mediante revisiones de literatura, consultas y experimentación.
- 2) Estimular el desarrollo de programas que cubran el área total, especialmente en aquellas situaciones donde la efectividad de las tácticas de control puede verse realizada por dicho enfoque.

Período de crecimiento del Cultivo (PC)

PC.1 En cada parcela, seguir el crecimiento, el desarrollo y la formación de la cosecha. Identificar las desviaciones de los patrones esperados y determinar las causas.

1.1 Información necesaria

- 1) Información de pronóstico de cosecha
- 2) Temperaturas máxima y mínima diarias del aire y del suelo. Métodos para calcular las unidades de calor.
- 3) Métodos eficientes, confiables para muestrear el crecimiento y desarrollo de la planta.
- 4) Conocimiento del patrón normal o promedio de desarrollo para el cultivo.
- 5) Controles completos y exactos de todas las actividades agronómicas durante la vida del cultivo:
p.e. preparación del suelo - fechas y actividades
semilla - fuente, almacenamiento, tratamiento previo, fecha de siembra.
fertilización-fecha de aplicación, clase, método de aplicación
manejo de suelo-laboreo, fechas, método
manejo de riego-cantidad de agua aplicada, temperatura del agua, fechas
control de maleza-métodos, fechas
raleo del cultivo-fechas, método
combate de plagas-plagas, acción, materiales a emplear, fechas de aplicación

1.2 Metodología

- 1) Calcular las unidades de calor en base a la información sobre temperatura diaria; tabular. Comparar las observaciones con los pronósticos y determinar las diferencias en la distribución de las unidades de calor. De esta manera puede determinarse si el desarrollo del cultivo está adelantado o retrasado con respecto al desarrollo esperado.
- 2) Muestréese el cultivo a intervalos predeterminados y mídase el crecimiento y el desarrollo.
- 3) Compare el crecimiento y el desarrollo de la planta con los esperados. Búsquense desviaciones y trátense de determinar las causas.
Algunas causas para desviaciones de los normal pueden originarse en daños de origen diverso.

climático :: (temperatura, precipitación, granizo, heladas)
suelos : (compactación, nutrición, propiedades)
irrigación: (intervalos, cantidades o distribución inadecuados; temperatura del agua demasiado baja)
mecánicos : (prácticas agrícolas: poda de las raíces, rupturas causadas por maquinarias o por otros tipos de tráfico)
químicos : (dosis excesivas de fertilizantes, fitotoxicidad causada por plaguicidas)
competencia: (intraespecífica, malezas).
plagas : insectos, patógenos, vertebrados

PC.2 Estudie las actividades de los organismos considerados plagas importantes.

Determine la aparición, abundancia, distribución y desaparición. Anticipe los cambios y de la voz de alerta cuando se presentan situaciones peligrosas.

2.1 Requisitos de información

- 1) Pronóstico de plagas precosecha
- 2) Temperaturas máxima y mínima ambiental diaria. Métodos para calcular unidades de calor.
- 3) Métodos eficientes y confiables para muestrear poblaciones de plagas que puedan estar sobre y dentro del cultivo.
- 4) Métodos eficientes y confiables para muestrear poblaciones de plagas cerca del cultivo y en la región en general.
- 5) Registros de todas las actividades agronómicas efectuadas durante la vida del cultivo.

2.2 Metodología

- 1) Determinar si una plaga es responsable de las desviaciones que presentan los patrones de crecimiento, desarrollo y formación del rendimiento de la planta en GP. 1. Establecer si la desviación significa daños económicos, o si la población ha alcanzado el umbral económico.
Recomendar y tomar las acciones indicadas. Existen varios caminos:
 - a) cuando las poblaciones de plagas y los daños ocasionados a las planta están en ó exceden el umbral de daño económico, deben tomarse acciones de combate.
 - b) si una población es ligeramente inferior al umbral de daño económico debe aumentarse la frecuencia de los muestreos, tanto de la plaga como de parte dañadas. Asimismo es posible que se necesite combatir la plaga.
- 2) Compare los patrones observados y los esperados y determine las causas de las desviaciones en los patrones de aparición, abundancia, distribución y desaparición.

Causas posibles:

- a) La acumulación de unidades de calor para una especie en particular está adelantada, o atrasada, o la información empleada es incorrecta.
- b) Los efectos de mortalidad pueden tener una influencia mayor o menor de la esperada.
- c) Las prácticas de manejo del cultivo pueden haber influido sobre la densidad de la población y su actividad.

PC.3 Controle los factores naturales de mortalidad y determina sus efectos sobre las poblaciones de plagas.

3.1 Requisitos de información

- 1) Informes diarios del tiempo para la región.
- 2) Registros diarios de temperatura ambiental, máxima y mínima, en la zona.
- 3) Métodos para evaluar la abundancia, actividad e impacto de los predadores, parásitos y patógenos en la parcela y en su proximidad.
- 4) Efecto de los predadores, parásitos y patógenos sobre sus hospederos e influencia sobre las densidades de la población.
- 5) Conocimiento de los efectos de temperatura y de otros componentes del clima sobre la actividad y éxito de plagas, parásitos, predadores y patógenos.

3.2 Metodología

- 1) Determinar la influencia de los factores naturales de mortalidad sobre las poblaciones de plagas que están en o cerca de sus umbrales de daño económico. Determinar si los factores naturales de mortalidad pueden impedir que ocurran mayores aumentos en la población. Use esta información cuando se tomen decisiones sobre las tácticas de control que se van a emplear.

PC.4 Donde y cuando sea necesario recomiende y utilice las tácticas de control que sean ecológicamente adecuadas y compatibles con el ambiente.

4.1 Requisitos de información

- 1) Patrones observados y previstos de crecimiento, desarrollo y formación de la cosecha.

- 2) Datos observados y previstos que muestren la aparición, actividad, abundancia y desaparición de las plagas.
- 3) Niveles de daños económicos para el cultivo, y el potencial de daños de la plaga
- 4) El papel de los factores naturales de mortalidad en la regulación de la abundancia de la plaga.
- 5) Causa y efecto de las tácticas de control que se emplearán.
- 6) Información económica incluyendo:
 - a) costo de las medidas de control,
 - b) valor de la cosecha y
 - c) porción de la cosecha amenazada y su valor.

4.2 Metodología

- 1) Utilizando los patrones de crecimiento del cultivo y las medidas de población de la plaga, determine cuando y donde se necesita tomar medidas de control.
- 2) Determine la reducción necesaria de la plaga, la forma de aplicar las medidas de control y el programa.
- 3) Prepárese para compensar o ajustar las alteraciones ecológicas ocasionadas por la medida de control empleada.

FORMULACION Y APLICACION DE PLAGUICIDAS

Virgil H. Freed*

Introducción

En el curso del último medio siglo los plaguicidas se han convertido en instrumentos sumamente importantes para la agricultura y la salud pública. El uso de estos productos químicos para el control de insectos, malezas, hongos y otras plagas ha contribuido considerablemente a aumentar la calidad de los alimentos. De igual importancia ha sido el uso de plaguicidas, especialmente insecticidas, para el control de insectos vectores como la mosca tze-tze y el mosquito de la malaria para la protección de la salud humana. A pesar de los esfuerzos sustanciales que han sido encauzados en los últimos años al hallazgo de medios no químicos para el control de plagas, los plaguicidas siguen siendo uno de los principales métodos para combatir estas plagas. Existen varios métodos prometedores de control biológico, el uso de feromonas y captantes y, por supuesto, la aplicación de un sistema de control integrado de plagas. Sin embargo, existe un consenso de opinión basado en estudios profundos realizados por varios grupos en el sentido de que los plaguicidas seguirán siendo el arma principal para el control de plagas en un futuro predecible.

Por consiguiente, si los plaguicidas son tan importantes para la protección del suministro de alimentos y la salud, deben ser usados de la manera más efectiva y segura. Estos productos químicos son instrumentos sumamente sofisticados con efectos biológicos que no se limitan a una plaga específica, sino que igualmente afectan una amplia variedad de otros organismos. Por lo tanto, vale la pena realizar esfuerzos para obtener una aplicación y utilización más segura y efectiva de estos productos químicos. Además, hay que tener presente la posibilidad de una escasez de plaguicidas debido a la crisis energética, lo que hace más importante optimizar la eficiencia de su uso. La premisa de este trabajo es que la mejora de las formulaciones y las aplicaciones pueden ayudar a obtener las metas de seguridad y eficiencia.

Antecedentes

Si bien los plaguicidas son esenciales para el bienestar del hombre, si se usan indebidamente son potencialmente perjudiciales. El uso de plaguicidas plantea tres tipos de problemas, a saber: intoxicaciones humanas, residuos en alimentos y en el ambiente, y el desarrollo de especies resistentes de plagas. Estos problemas no se derivan de una propiedad intrínseca de los plaguicidas, ya que pueden ocurrir con casi cualquier producto

químico -natural o sintético- si se usa de la misma manera. Más bien, el problema surge debido al mal uso, a la sobreconfianza e, igualmente importante, a las técnicas de formulación y aplicación inadecuadas. Se tiene como axioma entre los especialistas en control de plagas que se requiere menos del 10% del producto químico aplicado para el control de la plaga y el resto de la sustancia se desperdicia.

Debido a los problemas que se derivan del mal uso de los plaguicidas, algunos han intentado adoptar el sencillo enfoque de abogar por la prohibición de muchos de estos productos. En efecto, aún entre los expertos en el manejo de plagas, existe tendencia a prescindir del producto químico cuando se plantea algún problema. Tengo la certeza de que muchos de los problemas que han surgido se deben a que los especialistas en manejo de plagas no han reconocido la fuente del problema, a saber: el modo de uso incluyendo la formulación y la aplicación.

Pocas sustancias químicas pueden usarse directamente como el producto técnico para el control de plagas. El producto químico puede ser tan insoluble que no haya forma de aplicarlo. Además, hay otros productos químicos que son tan tóxicos que si no se diluyen en la formulación apropiada no pueden aplicarse en pequeñas cantidades para el control de plagas sin causar perjuicios indebidos. Aún con una formulación y aplicación adecuadas el uso de plaguicidas conlleva un considerable desperdicio. Se ha estimado que, en algunos casos, apenas el 10% del producto químico aplicado al área de cultivo es todo lo que se requiere para el control de plagas si todo el plaguicida se aplicara directamente sobre la plaga. Esto se debe a la imposibilidad de hacer la aplicación directamente sobre la plaga. Otro factor que implica el uso de mayor cantidad de producto químico que la cantidad específica que se requiere para el control de las plagas, es la degradación del producto químico en el ambiente. Por consiguiente, se tiene que emplear una cantidad extra del producto químico para alcanzar y mantener la concentración necesaria para controlar las plagas durante un período de tiempo.

Las formulaciones de productos químicos pueden ser de varios tipos; además, algunos productos químicos se ofrecen en más de un tipo de formulación. La formulación consiste corrientemente en un diluyente como un polvo básico o un disolvente combinado con otros ingredientes para procurar las propiedades correctas de aplicación. Las diferentes formulaciones que se requieren dependen del tipo y condiciones de aplicación, del organismo al cual se destinan, y de la naturaleza del propio plaguicida. Entre los factores que deben considerarse en las formulaciones, figuran los siguientes: el método de aplicación, la necesidad de dilución del ingrediente activo, la seguridad en el manejo, la reducción de pérdidas por dispersión, la vaporización y degradación, y la adherencia al cultivo o al suelo que se están tratando.

A continuación se describen algunos de los tipos comunes de formulaciones que se usan actualmente.

Polvos

Los polvos se formulan para uso directo y no requieren mayor dilución. El contenido de ingrediente activo en el polvo varía usualmente entre el 1 y el 10%, aunque algunas veces se emplean mayores porcentajes de ingrediente activo. Debido a su naturaleza masiva, los polvos se preparan localmente a partir de concentrados de polvo mediante dilución con un material inerte apropiado tal como arcilla, harina de cáscara de nueces u otros materiales. El ingrediente inerte debe ser escogido no sólo por su facilidad de aplicación, sino también por su compatibilidad con el plaguicida.

Por razones obvias los polvos se pulverizan muy finamente. Son más fáciles de aplicar que los polvos humectantes o emulsiones, y requieren normalmente equipo más sencillo. En comparación con algunos otros tipos de formulación, son menos aptos a ser fitotóxicos en el caso de los insecticidas, pero son sumamente susceptibles a la dispersión durante la aplicación. En general, existe menos peligro por exposición dérmica a los polvos, pero por inhalación son probablemente tan tóxicos como otras formulaciones. Los polvos se desalojan fácilmente de la superficie de las plantas por el viento y la lluvia, de manera que su vida residual es más corta que la de algunos otros tipos de formulaciones.

Granulares

La formulación de plaguicidas en partículas más grandes es especialmente adecuada para su aplicación en el suelo. Se preparan usualmente en concentraciones similares a las que se usan en los polvos, es decir, entre 1% y 25% o más. Debido a su tamaño, las formulaciones granulares de plaguicidas no se adhieren al follaje. Al igual que los polvos, las granulares se formulan usando portadores inertes tales como arcillas, algún agente aglomerante apropiado, y se comprimen en el tamaño de partícula deseado. Las formulaciones granulares no son, naturalmente, adecuadas para el tratamiento de follaje, y algunas veces pueden tener la desventaja adicional de poseer una actividad biológica menor debido a la absorción en la arcilla. Se supone que es posible alcanzar mejoras sustanciales en las formulaciones granulares, sobre todo para insecticidas sistémicos, utilizando formulaciones de liberación sostenida (tales como las que se logran mediante revestimiento con un plástico).

Polvos mojables

Los polvos mojables son esencialmente el mismo tipo de formulación que los polvos, salvo que contienen un agente humectante. El agente humectante sirve para dispersar el polvo en el agua; la concentración de ingrediente activo en los polvos mojables varía entre el 10 y el 75%.

Los polvos mojables suspendidos en agua empiezan a asentarse pronto si no se revuelven o agitan.

Algunas de las propiedades físicas de los polvos mojables que son importantes para su aplicación son las siguientes: uniformidad de distribución, tamaño de las partículas, mojabilidad, suspendibilidad. Estas características tienen que cumplir con normas racionales para su facilidad de aplicación y resultados efectivos.

Formulaciones líquidas

Las formulaciones líquidas, ya sean derivados solubles en agua o concentrados emulsificables, están destinadas para aplicación por rociado con un portador líquido apropiado. En algunos casos la formulación es preparada para aplicación a muy bajo volumen (volumen ultrabajo) sin mayor dilución. Hay una gran variedad de formulaciones líquidas que varían entre materiales solubles en agua (sales aminas de 2,4-D) y formulaciones fluidas que son sólidos finamente pulverizados y dispersos en un líquido apropiado para aplicación por rociado y concentrados emulsificables (Paratión etílico Ec.). Recientemente se han desarrollado algunas nuevas variaciones de formulaciones líquidas. Entre las más interesantes se cuenta la del paratión metílico microencapsulado, en que el producto químico se encuentra encapsulado en cuentas plásticas. Esta formulación está prevista para aplicación por rociado. Tiene una menor toxicidad en los mamíferos por absorción de la piel, así como por ingestión oral, y una vida residual más larga en la planta que el concentrado emulsificable comparable.

Factores que deben tenerse en cuenta en las formulaciones

En el pasado, la principal preocupación en el desarrollo de una formulación era la de poner al ingrediente activo en tal forma que fuera posible su aplicación. Una vez obtenido esto, el próximo objetivo era asegurar la estabilidad química y la vida de almacenaje de la fórmula y solamente entonces se prestaba atención a modificar la formulación para optimizar la efectividad biológica. Sólo recientemente se ha dado más atención al desarrollo de formulaciones para mayor facilidad de aplicación y efectividad mejorada. Esto ha ocurrido cuando se han empezado a apreciar plenamente los factores tanto de la formulación como del ambiente que limitan la eficiencia de los plaguicidas.

Ya que se necesitan antecedentes para preparar una formulación adecuada, es conveniente pasar revista a algunos de los factores ambientales en el comportamiento de plaguicidas. Según se aseveró anteriormente, a fin de alcanzar el objetivo que se desea, el plaguicida debe ser aplicado en la cantidad adecuada, en el lugar apropiado y en el momento preciso. Desearía agregar a esto una advertencia adicional; ésta es: el plaguicida debe persistir en la concentración biológica efectiva durante un período de tiempo suficiente para conseguir el control de las plagas. Aunque hoy en día la persistencia es término despectivo cuando se aplica a los plaguicidas, uno de los problemas estriba en asegurar el grado apropiado de persistencia. Las formulaciones de liberación controlada son representativas de los esfuerzos que se realizan para alcanzar la longevidad

requerida de los depósitos de plaguicidas.

Varios factores ambientales influyen en la eficacia de la aplicación de los plaguicidas. El Cuadro 1 presenta cuatro de los factores más importantes.

Cuadro 1. Factores ambientales que influyen en la eficacia de los plaguicidas.

1. Temperatura (altura y variación)
2. Lluvia (suministro de humedad)
3. Luz (intensidad y calidad)
4. Suelo

Ocurren pérdidas en el uso de plaguicidas debidas en parte a los factores anteriores y en parte a las formulaciones y métodos de aplicación. El Cuadro 2 presenta algunas de las fuentes de pérdidas en la aplicación y el uso de plaguicidas.

Cuadro 2. Factores que limitan la efectividad de la aplicación de plaguicidas.

1. Pérdidas durante la aplicación
2. Degradación: Química
 Biológica
 Fotoquímica
3. Vaporización
4. Deslave con agua
5. Lixiviación (en el suelo)
6. Adsorción

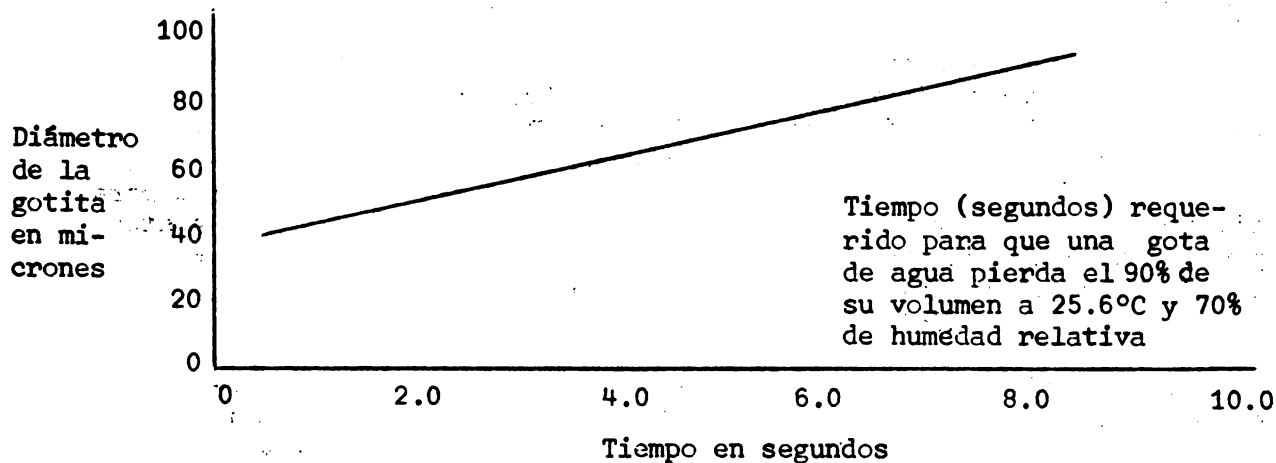
Considérese el problema del arrastre de plaguicidas durante su aplicación. Cualquier material que no llegue al área-objetivo es ineficaz y, por lo tanto, constituye una pérdida. El arrastre es debido en parte, naturalmente, a factores ambientales, p. ej.: el viento, el método de aplicación, etc. Pero probablemente en un grado inadvertido sea debido a la propia formulación. Es muy posible que las partículas, especialmente las partículas de aspersión menores de 100 micrones de diámetro, sean dispersadas del área-objetivo aún en condiciones de vientos suaves. Hasta cierto grado, las modificaciones del volumen de aplicación, el portador, la presión y la boquilla pueden controlar el tamaño de las gotas. Sin embargo, un factor que tiene alguna importancia es la vaporización del portador de la gota, lo cual da por resultado una gota de mayor diámetro y, por consiguiente, con mayor tendencia a la dispersión. El problema no radica, por lo tanto, en el producto químico en sí, sino en el portador y

la aplicación. Por consiguiente, si se efectúa una aspersión en condiciones de baja humedad relativa y alta temperatura lo que se necesita es un agente en la formulación que reduzca la velocidad de evaporación del agua a fin de asegurar el mantenimiento de gotas de tamaño grande. Algunos trabajos recientes han demostrado que varios agentes, especialmente los poliglicoles, pueden ser sumamente eficaces a concentraciones relativamente bajas para tal propósito.

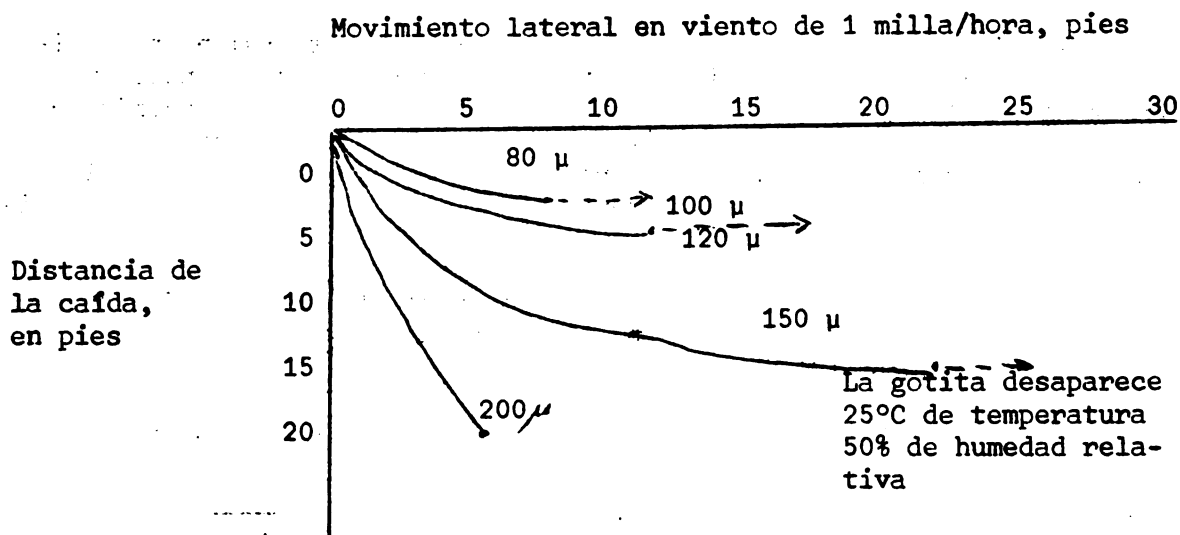
En el Cuadro 3 y las gráficas 1 y 2 se presenta información que ilustra mejor el problema de la evaporación del portador.

Cuadro 3. Velocidad de evaporación (H₂O, 86°F, 50% de humedad relativa)

Diámetro de la gota en micrones	Tiempo de vida (seg)	Distancia de la caída
200	56	69 pies
100	14	6 pies
50	3.5	1.25 pulg.



Gráfica 1. Evaporación en función del tamaño de la gota



Gráfica 2. Relación entre la distancia de caída en el aire y el movimiento lateral de gotitas de agua que caen a una velocidad terminal de un viento de una milla por hora.

Una vez que el plaguicida llega al objetivo, que en este caso puede ser la hoja de una planta, el depósito es sometido a descomposición fotoquímica, vaporización y en muchas áreas deslave por las lluvias intensas. Muchos de los productos químicos que se usan son especialmente susceptibles a la luz ultravioleta. Cabe esperar, por lo tanto, que al pasar de latitudes nórdicas al trópico, se acentúe más el problema de la descomposición fotoquímica. La razón de ellos estriba en la mayor proporción de luz ultravioleta que llega a la superficie de la tierra debido a la capa más delgada de ozono. Esto se muestra en las Figs. 3 y 4.

No se dispone de mediciones de campo que indiquen con precisión la magnitud del problema de descomposición fotoquímica en cuanto a su persistencia, pero no se requiere mucha imaginación para suponer que en el caso de algunos compuestos es sumamente importante. Las Figuras 3 y 4 presentan una mayor ilustración de la variación entre la cantidad de luz y la intensidad en diferentes latitudes. Por consiguiente, si la descomposición fotoquímica es especialmente importante para un producto químico específico, cabe deducir que debe formularse en forma diferente para ajustarse a las diversas condiciones luminosas. Si contamos con agentes para proteger la piel humana contra demasiada radiación ultravioleta, ¿no sería entonces posible preparar una formulación que contenga un agente que proteja al plaguicida de la radiación solar?

Las pérdidas de un depósito químico por volatilización, especialmente durante las primeras horas de asentamiento pueden ser considerables. El Cuadro 4 muestra las velocidades relativas de pérdidas de vapor de diferentes compuestos. De estos datos se desprende que las pérdidas pueden ser sumamente sustanciales. Estas ocurren durante las primeras horas

después de la aplicación y antes de que la sustancia química haya sido absorbida por la superficie.

Cuadro 4. Velocidades de evaporación de productos químicos

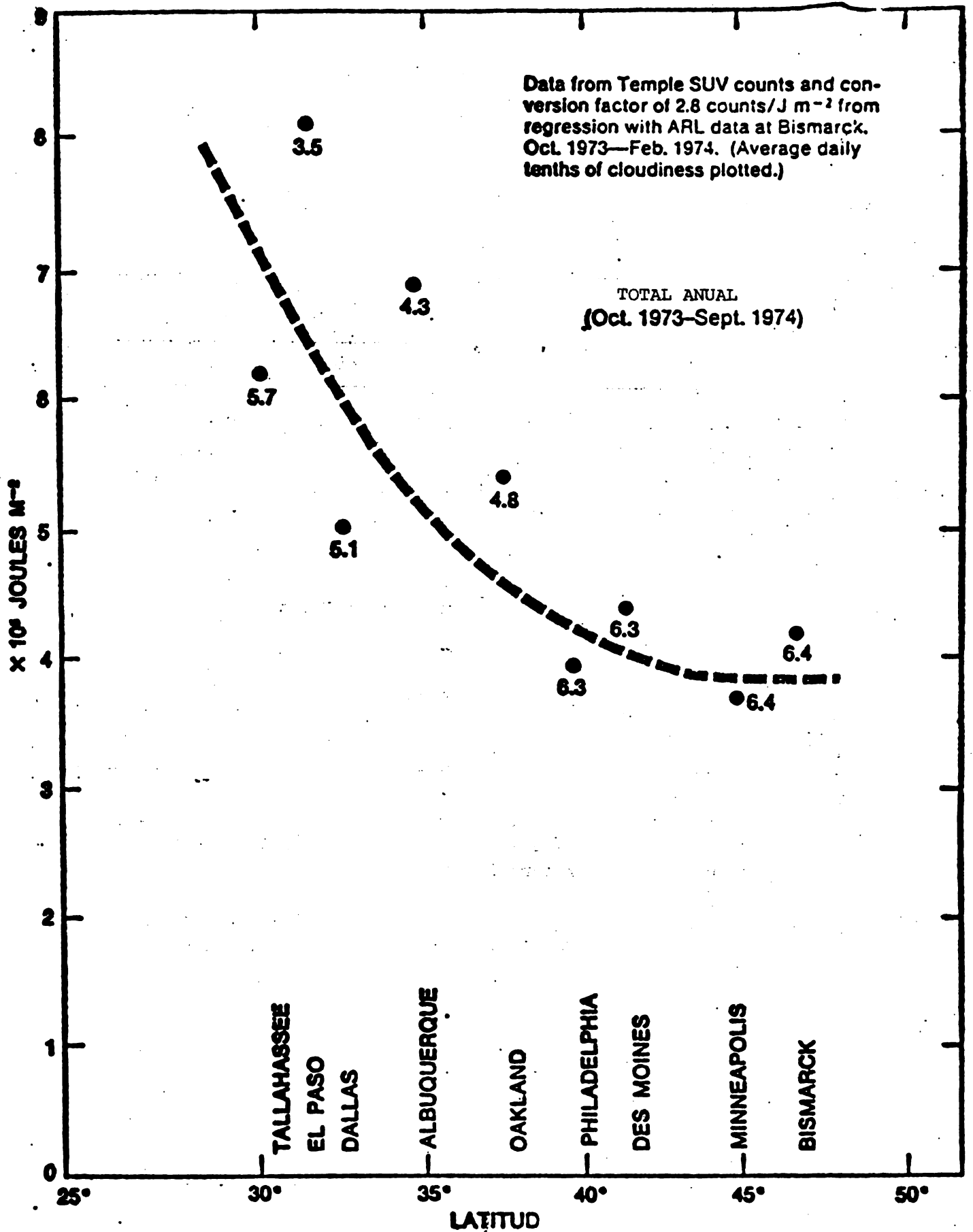
Compuesto	P (mm Hg)	Pérdida evaporac. (g/cm ² /hora)	
		Experimental	Calculada ^a
Diclofention (20°C)	5.6 x 10 ⁻⁴	7.8 x 10 ⁻⁷	2.3 x 10 ⁻⁶
Fenitrotion (20°C)	2.2 x 10 ⁻⁴	2.7 x 10 ⁻⁷	8.7 x 10 ⁻⁷
Malation (20°C)	3.4 x 10 ⁻⁴	5.8 x 10 ⁻⁷	1.5 x 10 ⁻⁶
Paration (20°C)	3.8 x 10 ⁻⁵	1.7 x 10 ⁻⁷	1.5 x 10 ⁻⁷
Rommel (20°C)	5.5 x 10 ⁻⁵	9.2 x 10 ⁻⁸	2.3 x 10 ⁻⁷
Metyl dursban (20°C)	3.4 x 10 ⁻⁵	3.8 x 10 ⁻⁸	1.5 x 10 ⁻⁷
Dicapthon (20°C)	3.6 x 10 ⁻⁶	~1.5 x 10 ⁻⁸	~1.5 x 10 ⁻⁸
1,2-Diclorobenzeno (23.2°C)	1.30	4.25 x 10 ⁻³	3.71 x 10 ⁻³
m-Xyleno (23.5°C)	8.00	1.80 x 10 ⁻²	1.96 x 10 ⁻²
1,2-Dibromoetano (24°C)	13.5	4.46 x 10 ⁻²	4.37 x 10 ⁻²
Agua (23.7°C; 30% R.H.)	22.0	1.81 x 10 ⁻²	1.54 x 10 ⁻² ^b

^a $Q_{cal} = \bar{\beta} P(M/2RT)^{1/2}$, donde $\bar{\beta}$ es la constante de evaporación promedio y tiene un valor de $\bar{\beta} = 1.94 \times 10^{-5}$ ($\pm 11\%$ S.D.); P es la presión de vapor a una temperatura T (R).

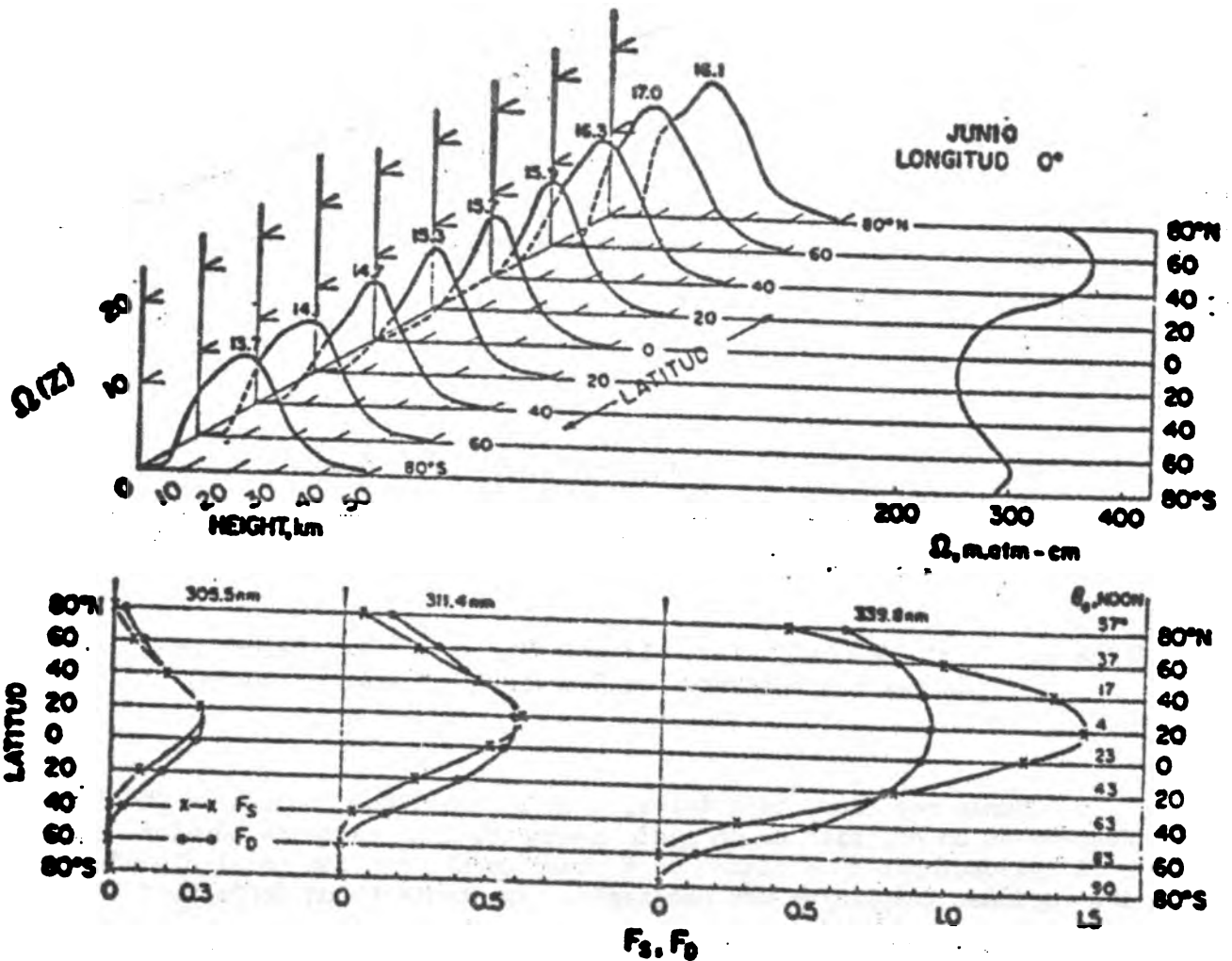
^b En presencia de 30% R.H. en el aire, se calculó que la presión de vapor efectiva del agua en estado líquido era igual a 70% del valor de saturación.

Ustedes bien saben que estas pérdidas pueden reducirse mediante encapsulación, pero yo lo desafío a que use su ingenio para desarrollar otros métodos que pudieran ser necesarios para situaciones especiales o ciertos productos químicos.

La gráfica 5 ofrece una mayor ilustración de cómo puede reducirse la volatilización, ya que la sencilla adición de otro componente merma la velocidad de la pérdida de vapores.

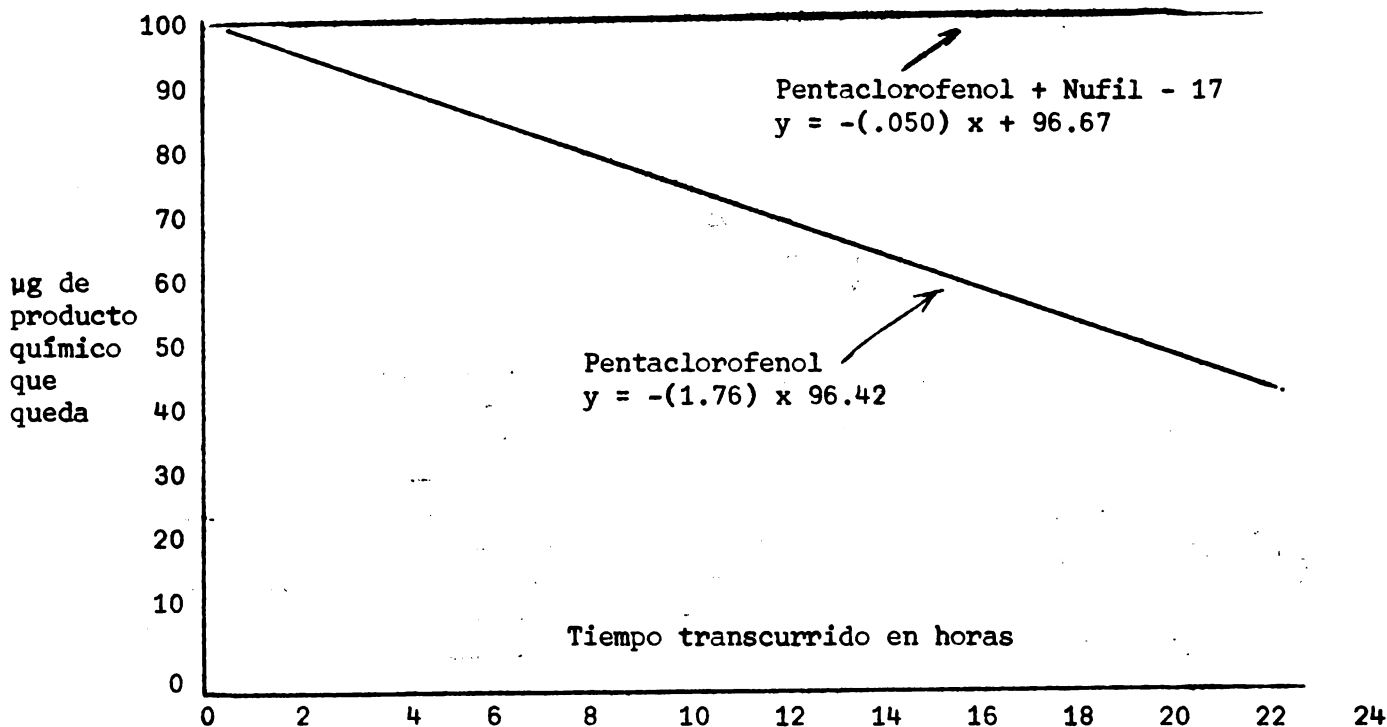


Variación de radiación UV-B con latitud para nueve ciudades en E.U.



Cálculo de la variación latitudinal del flujo directo (F_s) y difuso (F_D) de la radiación ultravioleta alcanzado en la tierra a lo largo de meridiano 0° durante el mes de junio.

F_s y F_D son unidades de $\mu\text{cos} \theta_0$. El valor de $(\theta_0, \text{mediodía})$ es el ángulo de zenith local de el sol al mediodía.



Gráfica 5. Efecto del Nufil-17 en la volatilidad del pentaclorofenol (microgramos restantes en función del tiempo en horas)

En algunas regiones, especialmente en las regiones tropicales húmedas, el deslave de un depósito es un medio sumamente importante de pérdida. Las 20 a 25 aplicaciones de rociado que frecuentemente se usan en el algodón en las regiones tropicales son necesarias para mantener un depósito de plaguicida que sea biológicamente eficaz. Abrigo la sospecha de que además de la degradación fotoquímica y la volatilización, las pérdidas que ocurren se deben a las intensas lluvias. En el Cuadro 5 se ilustra la intensidad de estas lluvias en las regiones tropicales. Con una precipitación pluvial de aproximadamente 12 pulgadas en 24 horas, no es difícil prever un deslave completo del plaguicida en la superficie de las hojas.

Cuadro 6. Precipitación pluvial

	Anualmente (mm)	24 horas (mm)
San Salvador	1778	321 (normal en junio)
Concordia, Kansas	644	164 (mayo)

(Revista Mundial de Climatología, Almanaque del Tiempo)

Si fuera posible idear una formulación que tuviera una considerable resistencia al deslave, a la vez que retuviera su eficacia biológica, se conseguiría una reducción sustancial en el número de aplicaciones y, por ende, en la cantidad de producto químico que se necesitaría para el control de la plaga. Esto no solamente reduciría las pérdidas, lo que resultaría en una mayor eficacia, sino que también disminuirían la incidencia de toxicidad humana y el problema de la contaminación ambiental.

Recientes desarrollos en las formulaciones de plaguicidas

Uno de los primeros problemas que se abordaron mediante las formulaciones fue el del arrastre. Con ciertos productos químicos el arrastre desde el área-objetivo planteaba un verdadero problema. Los ingenieros no escatimaron esfuerzo alguno para diseñar equipo de aplicación que redujera el arrastre, pero hasta que no se lograron ciertas modificaciones de formulación, el diseño de equipo no era suficiente por sí solo para aliviar el problema. Uno de los primeros intentos de formulación para reducir el arrastre fue el uso de una emulsión invertida. La emulsión normal que todos conocemos es aceite en agua, es decir, gotitas de aceite dispersas en una fase acuosa continua. Sin embargo, mediante la manipulación de la cantidad, la clase de emulsificador y el método de mezcla, se puede obtener la llamada emulsión invertida, o sea, agua en aceite. Se trata entonces de una emulsión más espesa y más viscosa que produce gotas de mayor tamaño. A mayor tamaño de gota, menor es, naturalmente, el arrastre. El siguiente paso en el intento para reducir el arrastre fue, sin embargo, la introducción de agentes que impartan espesor a los rociadores normales. Se ha introducido una gran variedad de estos agentes tales como celulosa metilica, alginatos, gomas vegetales y plásticos dispersables en agua. Más recientemente se ha desarrollado un método de aplicación que emplea una espuma que contiene el producto químico, en vez de usar partículas discretas de rocío. Los glicoles complejos y los agentes estabilizantes se utilizan para producir esos materiales en los rociadores mecánicos.

La microencapsulación constituye un notable desarrollo en la formulación de plaguicidas. La idea emanó de la industria farmacéutica, donde buscaban una alta concentración sostenida de una droga sin tener que administrar dosis frecuentes. Al principio la droga se preparó en forma de una píldora revestida. El revestimiento se deshacía luego bajo condiciones ácidas o alcalinas dependiendo del lugar donde el médico deseaba que se liberara la droga. Sin embargo, con la disponibilidad de algunos plásticos modernos fue posible encapsular la droga en minúsculas cuentas, y la difusión de la droga a través de la membrana de la cápsula regulaba la velocidad de liberación. En esta forma ha sido posible con algunas drogas lograr los mismos resultados con 1/10 del nivel de la dosis. La adopción de este método en la formulación de productos químicos agrícolas ha hecho posible la reducción de pérdidas por la fotodegradación, la vaporización y, al mismo tiempo, el aumento de la seguridad de las personas que manipulan el material. Otro ejemplo de plaguicidas incorporados en

plásticos son las cintas plásticas en que se colocan los plaguicidas para liberación sostenida.

Actualmente se está prestando atención a los aditivos y a los ingredientes de formulación para regular la velocidad de liberación y prolongar el período de control. Se están investigando otros agentes que reduzcan las pérdidas por vaporización, prevengan el deslave y retarden la degradación biológica. Muy pronto sería posible, por ejemplo, obtener formulaciones granulares de productos químicos sistémicos que proporcionen una liberación sostenida que prolongaría dos o tres veces el período de control efectivo.

Mucho queda por hacer con respecto a formulaciones de productos químicos para usos y condiciones específicas. Sin embargo, ahora se tienen suficientes conocimientos de este problema para emprender mejoras. Es sumamente importante aprovechar plenamente cualquier modificación de las formulaciones que redunde en beneficio de la seguridad humana; y en la protección del ambiente. Será necesario reconocer, sin embargo, que los plaguicidas previstos para regiones templadas no son necesariamente los mejores para los trópicos. Las formulaciones deben ser preparadas para condiciones ambientales específicas. Con lo que se sabe actualmente no es una empresa formidable y sí una que dará excelentes dividendos.

Aplicación

El énfasis que se dé a la aplicación correcta de plaguicidas nunca será demasiado. Aunque se haya seleccionado el plaguicida correcto para una situación dada, una aplicación incorrecta del mismo puede resultar en la reducción de la efectividad del tratamiento, pérdida de sustancias químicas con la secuela de contaminación ambiental y riesgo para los seres humanos. Por otra parte, la aplicación correcta asegura que el tratamiento sea efectivo al máximo, reduce la contaminación ambiental y la posibilidad de que haya peligro para los seres humanos.

Así como hay diversas formulaciones hay diversas técnicas de aplicación, las que están definidas en parte por el tipo de formulación, por ejemplo polvos o líquidos, y en parte por el equipo con que se cuente y el tamaño de la parcela que se va a tratar. El equipo puede variar entre aparatos manuales como bombas de mochila y utensilios para espolvorear, equipo mecánico automotor, y diversos tipos de aplicación aérea.

Para efectuar aplicaciones correctas, en primer lugar debe seleccionarse el agroquímico y la formulación apropiados para controlar un problema específico. Para seleccionar el agroquímico debe tomarse en cuenta no sólo si la sustancia que se escoja controlará la plaga en cuestión, sino también el método de aplicación, la toxicidad y la persistencia. De este modo, si el material se va a aplicar con una bomba de mochila, uno debe tratar de encontrar el compuesto menos tóxico posible pues es seguro que el operador se va a ver expuesto. De igual manera, cuando se trata de cultivos en rotación,

uno desea evitar un agroquímico persistente que pueda crear problemas de residuos en la cosecha siguiente. También es importante seleccionar el agroquímico que sea más compatible con las prácticas agrícolas y con el manejo integrado de plagas. Finalmente, debe tomarse en cuenta todos los factores, desde seleccionar el tipo y cantidad del agroquímico hasta eliminar el exceso del mismo y los recipientes vacíos, ya se trate de bolsas o de barriles. También debe pensarse en el sitio en donde se va a almacenar el agroquímico antes de ser usado, de modo que no se deteriore y tampoco cause envenenamiento a alguna persona que inadvertidamente entre en contacto con esta sustancia.

En relación con la aplicación de plaguicidas, también debe tomarse precauciones para evitar intoxicación a la persona que los aplique. Para esto es necesario contar con equipo apropiado para mezclarlos e indumentaria protectora para la persona que manipule y aplique la sustancia química. Esta indumentaria puede consistir de guantes, camisa de manga larga y pantalones largos para evitar que el rocío caiga sobre la piel. Cuando se trate de sustancias químicas muy tóxicas, se necesitan máscaras y atuendos protectores más efectivos. Después de tomar las precauciones preliminares, debe prestarse atención al equipo de aplicación. Si el plaguicida va a ser aplicado en forma de rocío, el operador debe conocer las características del equipo. Entre éstas se incluyen el volumen de salida, la presión que debe ser empleada y el tipo de boquilla que debe usarse. Es evidente que la boquilla es muy importante porque: a) distribuye el material sobre un área específica; b) controla la cantidad de líquido que sale y, por lo tanto, el índice de aplicación; y c) atomiza el líquido para brindar una distribución amplia. Debe seleccionarse boquillas de tamaño adecuado para asegurarse de que se aplica la cantidad adecuada de rocío y para minimizar el problema causado por el arrastre y por lo tanto pérdida del agroquímico.

Quando se trata de equipo mecánico grande, especialmente de aeroplanos, el tipo y el tamaño de las boquillas y su arreglo en la avioneta dependerán del tipo de avioneta y aplicación que se va a efectuar.

Finalmente, debe tomarse en cuenta las condiciones atmosféricas cuando se va a efectuar una aplicación de plaguicidas. Generalmente, se prefiere hacer la aplicación cuando el viento está relativamente calmado y durante la parte más fresca del día. Evidentemente esto no es siempre posible, y en algunas ocasiones no es aplicable. Sin embargo, debe recordarse que el arrastre está en proporción directa a la fuerza del viento y también lo está el índice de evaporación del solvente; esto último hace más serio el problema causado por el arrastre.

En resumen, la aplicación correcta involucra la selección de la sustancia química y de la formulación indicadas, el uso de equipo apropiado y la aplicación durante condiciones climáticas deseables. Todo esto puede ayudar a disminuir los riesgos que acompañan al uso de plaguicidas y asegurar la efectividad del producto empleado sin estorbar el resto de las prácticas agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AKESSON, N. B., W. E. YATES y R. E. COWDEN. 1974. *Agrichemical Age*, p. 9.
2. _____, _____ y S. E. WILCE. 1972. *Agrichemical Age*, p. 9
3. *American Scientist*. 1977. Jan.-Feb.
4. AN ENVIRONMENTAL economic study of the consequences of pesticide use in Central American cotton production. 1977. ICAI I Final Report, UNEP. Project Nos. 0205-73-002 y 0108-75-007.
5. B. M. J. Article. 1976. New look at malaria. *Br. Med. J.* 1:1029.
6. BYASS, JOHN B. y J. R. LAKE. 1977. Spray drift from a tractor-powered field sprayed. *Pesticide Science* 8:117.
7. COLLINS, R. L. 1974. Control release pesticide symposium. University of Akron, Akron, Ohio.
8. COPPEDGE, J. R. *et al.* 1975. Effect of soil moisture and soil temperature on the release of aldicarb from granular formulations. *J. Econ. Ent.* 68:209.
9. CROP PRODUCTIVITY -- Research Imperatives. 1975. Proceedings of conference sponsored by MSU/AES and C. F. Kettering Foundation. October 20-24.
10. DAVIES, J. E., V. H. FREED, R. F. SMITH y S. POZNANSKI. 1975. International dynamics of pesticide poisoning. *In Environmental Dynamics of Pesticides* (R. Haque y V. H. Freed, eds.). Plenum Press, New York.
11. DEJONCKHEERE, W., W. STEURBAUT y RENE' H. KIPS. 1976. Influence of artificial rainfall and washing on the benomyl and thiophanatemethyl residue content in lettuce. *Pesticide Science* 8:161.
12. FANGER, G. O. 1974. *Chemtech* 397 (July).
13. FOOD AND AGRICULTURE. 1976. *Scientific American* 235 (September).
14. GEORGHIOU, G. P. The implication of agricultural insecticides in the development of resistance by mosquitoes. The Agromedical approach to pesticide management. UC/AID Pest Management and Related Environmental Protection Project.
15. KENAGA, E. E. Partitioning and uptake of pesticides in biological systems 1975. *In Environmental Dynamics of Pesticides* (R. Haque y V. H. Freed, eds.) p. 217, Plenum Press, New York.

16. KENT, J. A. 1962. Reigels industrial chemistry. Reinhold Publishing Corp., New York.
17. MOOLENAAR, R. J. 1975. Environmental impact of chemicals. *In* Conference Report: Early Warning Systems for Toxic Substances. ATS/EPA, p. 167.
18. NATIONAL ACADEMY of Sciences. 1975. Pest Control: An Assessment of Present and Alternative Technologies. Contemporary Pest Control Practices and prospects: the report of the executive committee. Vol. 1.
19. QUE HEE, S. S. y R. G. SUTHERLAND. 1974. Weed Science 22:313.
20. SMITH, R. 1976. Introduction. *In* The Agromedical Approach to Pesticide Management. UC/USAID Pest Management and Related Environmental Protection Project. University of California-Berkeley.

DINAMICA QUIMICA: TRANSPORTE Y COMPORTAMIENTO DE
SUSTANCIAS QUIMICAS EN EL AMBIENTE;
UN PROBLEMA EN SALUD AMBIENTAL

Virgil H. Freed*

Introducción

En los últimos 30 años los hallazgos químicos han dado por resultado la introducción de una gran variedad de productos químicos para la protección del ambiente. Estos productos químicos comprenden varias clases de compuestos que son usados como plaguicidas, drogas, plásticos y para una gran variedad de otros fines. Recientemente, el temor a la contaminación ambiental por ciertos compuestos estables que se usan como plaguicidas o productos químicos industriales ha llevado a restringir su uso. Algunos de estos productos químicos, entre ellos PBC y DDT, se han encontrado ampliamente distribuidos en cultivos, suelos, agua y varios organismos. Las mayores concentraciones se han encontrado siempre en los lugares más cerca del área de uso, pero los residuos de plaguicidas se han encontrado a distancias considerables del lugar donde se aplicó el plaguicida. En este trabajo se consideran las causas y las formas del movimiento y la persistencia de estos productos químicos.

Antecedentes

Los productos químicos que se usan como plaguicidas comprenden una amplia variedad de compuestos. Se clasifican según el fin a que se destinan, por ejemplo: insecticidas, herbicidas, fungicidas, rodenticidas. Por otra parte, el químico los clasifica según la clase de compuestos a que pertenece, a saber: hidrocarburos, halogenados, heterocíclicos, alifáticos, triacinas, ureas sustituidas, tionofosfatos, etc., las características principales de los productos químicos que se usan como plaguicidas es que generalmente son compuestos orgánicos de poco peso molecular y usualmente de baja solubilidad en agua. Además, algunos compuestos inorgánicos y organometálicos también se emplean como plaguicidas. Es importante tener presente que lo que corrientemente se denomina un plaguicida pertenece a una conocida clase de compuestos químicos. Si bien los plaguicidas se seleccionan debido a que tienen una gran actividad biológica, esto no significa que sus otras propiedades sean singularmente diferentes de otros miembros de la misma clase de compuestos químicos. Por lo tanto, el comportamiento y la suerte del plaguicida en el ambiente, y la toxicidad en varios organismos no son cualidades misteriosas peculiares de los compuestos químicos que se usan como plaguicidas. Son realmente el resultado de las propiedades del compuesto y de los procesos que influyen en el producto químico.

*Oregon State University, Corvallis, Oregon.

Cada sustancia química, en virtud de los átomos que la componen y en la forma en que están dispuestos, posee un conjunto específico de propiedades físicas, químicas y biológicas. Esto se muestra en el Cuadro 1. Estas propiedades al interactuar con diferentes procesos tales como vaporización, agua, transporte, o la captación biológica dan por resultado una diferente forma de comportamiento para diferentes tipos de productos químicos.

Si se considera el curso que sigue un producto químico desde su liberación o escape al sitio de acción en un organismo o población de organismos, se encontrará que se dan por lo menos cuatro pasos, a saber: (1) interacción del producto químico con el medio ambiente durante su transporte al límite del organismo; (2) interacción con el límite del organismo; (3) paso a través del límite; y, (4) la acción intercelular del producto químico. Estas cuatro etapas proporcionan un medio de relacionar las propiedades del producto químico a la acción definitiva sobre la biota. La primera etapa es la que concierne principalmente a la dinámica química y es la etapa en la cual se puede tomar una acción apropiada para asegurar un uso más seguro y eficaz. En cada una de las cuatro etapas puede ocurrir una serie de diferentes procesos o reacciones. Algunos de estos procesos o reacciones son comunes a varias de las etapas. Estos procesos o reacciones dependen de las propiedades de la sustancia química y de las propiedades del elemento específico del sistema con el cual está interrelacionado. Con base en esto es posible, por lo tanto, hacer algunas predicciones sobre el comportamiento ambiental y una estimación de la posible exposición de los organismos nocivos. El siguiente cuadro presenta los diferentes procesos que pueden estar relacionados con las cuatro diferentes etapas descritas anteriormente.

Procesos involucrados en la acción química

<u>Etapas</u>	<u>Procesos</u>
Interacción con el medio ambiente	Adsorción en las superficies Vaporización Degradación fotoquímica Degradación autoquímica Disolución Varias reacciones de partición
Interacción con barrera de organismos	Adsorción Reacciones destructoras Rechazo
Transferencia intracelular	Adsorción Enlace metabólico Metabolismo Partición
Reacción con el lugar crítico	Adsorción Reacción

Cuadro 1. Propiedades de algunos plaguicidas usados corrientemente.

Compuesto	Peso molecular	pf(°C)	pe(°C)	Solubilidad en H ₂ O (temp. °C)	Presión de vapor	Coficiente de partición Octanol/H ₂ O
DDT	354.5	108.5		0.0034 (25)	1.9 x 10 ⁻⁷ (20)	1.55 x 10 ⁶
Dieldrin	381	175 -176		0.25 (25)	1.9 x 10 ⁻⁶ (20) 2.6 x 10 ⁻⁶ (20) 2.0 x 10 ⁻⁶ (20)	
1,2-dibromo- etano (EDB)	187.872	9.97	131.65	3520 (20)	7.69 (20) 10.83 (25.1)	98.8
1,2-dicloroetano	98.960	-35.4	83.483	8450 (20)	62.1 (20-21)	25.0
2,4-D (acid)	221	140.5		522 (25)	0.4 (160)	6.4 x 10 ²
Malathion	330	2.85		145 (20) 300 (30)	0.55 x 10 ⁻⁵ (20)	781
Parathion	291	6.1		11.9 (20) 11 (40)	3.78 x 10 ⁻⁵ (20) 1.96 x 10 ⁻⁵ (20) 4.39 x 10 ⁻⁶ (20) 5.7 x 10 ⁻⁶ (20)	6.4 x 10 ³
Leptofos	412	70.2-70.6 71.5-72.0		.0047 (20) .03 (25)		2.0 x 10 ⁶
Clorpyrifos	350.5	42 -43.5		.4 (23)	1.87 x 10 ⁻⁵ (23)	1.29 x 10 ⁵
Phosalone	368	48		10 2.15 (20)		2.0 x 10 ⁴
Carbaryl (Sevin)	201	142		114 (24)	<0.005 (26)	
Propoxur (Baygón)	209	91.5		~2000 (20)	3 x 10 ⁻⁶ (20)	
Clorpropham (CIPC)	213.7	41.4	247	102.3 (25)		
EPTC (Eptam)	189		235	375 (25)	1.55 x 10 ⁻¹ (25) 1.62 x 10 ⁻² (23) 1.97 x 10 ⁻² (24)	
Atracina	215.7	173 -175		33 + 3.4 (25)	3.0 x 10 ⁻⁷ (20)	
Monurón	199	174 -175		262 (25)	5 x 10 ⁻⁷ (25) 5.7 x 10 ⁻⁷ (25) 9 x 10 ⁻⁸ (27)	

De lo anterior se desprende que hay algunos procesos o reacciones generales que son comunes a dos o más de las etapas.

Movimiento de las sustancias químicas

Cabe plantear las siguientes interrogantes: ¿Por qué se volatilizan las sustancias químicas? ¿Por qué se adhieren a las partículas del suelo? ¿Qué características indican si un organismo las adsorbe? Para responder a estas preguntas es preciso reconocer que todos los átomos y las moléculas de cualquier compuesto químico tienen cierta cantidad de energía a temperaturas mayores del cero absoluto. Esta energía da cierta cantidad de movimiento a los átomos y moléculas y una vez que la energía de este movimiento supera la atracción entre las moléculas, la sustancia pasa sucesivamente del estado sólido al líquido y luego al gaseoso.

Partiendo de este hecho y prestando atención a las otras propiedades del compuesto, se hace evidente que estas propiedades son importantes en ciertos procesos, tales como la vaporización, la disolución, la adsorción, la captación biológica, etc. Ya que las propiedades interaccionan en una forma predecible, es posible entonces anticipar o predecir el posible comportamiento bajo cualquier conjunto de condiciones ambientales. El estudio de estas propiedades es el objeto de la disciplina que se denomina "Dinámica Química".

Las interrogantes básicas de la dinámica química son las siguientes:

- 1) ¿Cuáles son las naturalezas y las propiedades de los compuestos bajo consideración?
- 2) ¿En qué forma interaccionan las propiedades del compuesto y las del medio ambiente para influir en el destino y el comportamiento del producto químico?
- 3) ¿Hasta qué grado determina esto la cantidad de sustancia química a la cual está expuesto el hombre y los organismos del área objetivo?

Para responder a estas preguntas y a otras relacionadas con el destino y el comportamiento del producto químico al ser introducido en el ambiente, es necesario conocer la naturaleza del propio medio ambiente.

Las fases fundamentales del medio ambiente son: la tierra (litósfera), el agua (hidrósfera), el aire (atmósfera) y la biota (biósfera). Una estimación aproximada de las varias fases da los resultados siguientes:

- 1) Atmósfera 5.3×10^{18} Kg.
- 2) Suelo hasta una profundidad de 6 pulgadas 1.1×10^{17} Kg.
- 3) Agua 1.3×10^{21} Kg.
- 4) Animales 2.0×10^{13} Kg.
- 5) Plantas 1.1×10^{15} Kg.

Cuando se suelta un producto químico en el ambiente éste se distribuirá (repartirá) entre las diferentes fases. La concentración en cada fase es una función de las propiedades del producto químico y de la fase. Si se aplica la distribución de Boltzmann a este sistema complejo se tiene la siguiente ecuación:

$$N_{ij} = N_0 e^{-E_{ij}/kT}$$

Se supone que $N_{ij} = N_{ji} = 0$ cuando $i = j$ y $N_0 = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5$, donde N_0 es el número de moléculas de la sustancia química que se introduce inicialmente y $N_1 \dots N_5$ son el número de moléculas en las respectivas fases del ambiente. En la ecuación anterior E representa la barrera de energía entre dos fases, K es la constante de Boltzmann y T la temperatura absoluta. Para comprender el comportamiento de una sustancia química en los cinco componentes anteriores hay que tener un conocimiento detallado de las propiedades físicas y químicas del producto químico. En este trabajo trataremos de considerar los principios que rigen el comportamiento de una sustancia química en la atmósfera, el agua, el suelo y la biota. Se considerará, asimismo, la descomposición de las sustancias químicas mediante varios mecanismos. Mediante la aplicación de los principios desarrollados en la dinámica química, se puede hacer un uso más racional del plaguicida, ahorrar dinero, y evitar algunos de los problemas de residuos más graves.

La información básica que se requiere para alcanzar estos objetivos son los datos de las propiedades del producto químico, tales como la solubilidad en varios disolventes, la facilidad de vaporización, y la forma cómo reacciona con el suelo, las plantas y los insectos. La composición y la estructura de la sustancia indica qué tipo de reacciones pueden ocurrir, y por lo tanto, cuán persistente puede ser el compuesto.

La misma información es fundamental para preparar formulaciones adecuadas para alcanzar los resultados más baratos y más eficaces con un producto químico específico. Mucha de esta información puede adquirirse mediante la experiencia con una sustancia química en el campo, pero esto toma mucho tiempo y es costoso. Afortunadamente, algunos estudios de laboratorio sencillos permiten obtener mucha de la información que se necesita sobre las propiedades físicas y químicas para usarla como guía para su empleo más seguro y más eficaz.

Fundamentos de la dinámica química

La investigación que se necesita para obtener esta información básica requiere de conocimientos químicos, pero no es necesario ser un químico para comprender los principios básicos y aplicarlos. Los fundamentos son relativamente sencillos y lógicos. Estos principios pueden compendiarse en los siguientes conceptos:

1. El comportamiento, los efectos biológicos y la persistencia de un compuesto químico son el resultado de la interacción de esta sustancia química con diversos elementos del ambiente o la biota.
2. El tipo y grado de la interacción dependen en parte de las propiedades mensurables del producto químico.
3. La mayor parte de las reacciones no metabólicas de la sustancia química son reversibles en grados variables.
4. Conociendo algo de la naturaleza de las interacciones y las propiedades de la sustancia química, se puede predecir, al menos en forma aproximada, el comportamiento y los efectos biológicos del producto químico, ejemplo: adsorción, lixiviación, acumulación, etc.

Ya que las propiedades de un plaguicida que se está usando son importantes para determinar su destino y comportamiento, cabe preguntar qué propiedades hay que medir para tal propósito.

Las propiedades específicas que se requieren para predecir tal comportamiento son: la solubilidad en agua, el calor de la solución, las constantes de ionización, las tensiones de vapor, las velocidades de hidrólisis y los coeficientes de partición. Las primeras tres propiedades determinan el grado y la intensidad de adsorción de una sustancia química en superficies tales como el suelo o los sedimentos de un río.

La presión de vapor y el calor de vaporización sirven como una medida de la velocidad de vaporización y la tendencia de volatilización a través de las interfases aire/agua y aire/suelo. Finalmente, el coeficiente de partición determinará la persistencia y la acumulación de sustancias químicas en los sistemas biológicos.

El siguiente cuadro intenta compendiar lo que se ha demostrado en muchas publicaciones sobre la relación entre las propiedades físico-químicas y el comportamiento ambiental.

<u>Datos físico-químicos</u>	<u>Relacionados con:</u>
1. Solubilidad en agua	Percolación, grado de adsorción, movilidad en el ambiente.
2. Calor latente de solución	Adsorción, lixiviación, vaporización de las superficies.
3. Coeficiente de partición	Capacidad de bioacumulación, adsorción por materia orgánica.
4. Hidrólisis	Persistencia en el ambiente o biota.

- | | | |
|----|------------------|---|
| 5. | Ionización | Vía y mecanismo de adsorción y captación, persistencia, interacción con otras especies moleculares. |
| 6. | Presión de vapor | Movilidad atmosférica, velocidad de vaporización. |

Por consiguiente, esos datos proporcionan no solamente una base de predicción del transporte y la posible división de acumulación, sino que también dan una indicación de la persistencia y destino del producto químico.

Enfoquemos ahora nuestra atención en los procesos específicos y las propiedades de los compuestos que interaccionan en fenómenos tales como la adsorción, la vaporización, la lixiviación y otros.

Adsorción

Cuando se rocía un plaguicida sobre un campo, la mayor parte de éste se asienta en las hojas de las plantas y en el suelo. Los experimentos han demostrado que la mayoría del plaguicida llega finalmente al suelo. Tanto las hojas de las plantas como el suelo presentan una superficie en la cual puede ser absorbido el producto químico. Dichas superficies se caracterizan por poseer fuerzas, corrientemente de índole electrostática, que interaccionan con la sustancia química o la ligan. La resistencia de esa interacción (adsorción) depende en gran parte de las propiedades de la sustancia química y de la superficie que ésta encuentre. Por ejemplo, el suelo está compuesto tanto de materia orgánica como de arcilla, arena y limo. Todas estas son superficies sólidas, pero la materia orgánica del suelo adsorbe mucho más sustancias químicas por unidad de peso que los demás constituyentes del suelo.

La cantidad de sustancia química adsorbida o ligada con cualquiera de las superficies mencionadas varía de acuerdo con el producto químico usado. A guisa de una primera aproximación, puede decirse que mientras más baja sea la solubilidad en agua del producto químico, mayor será la cantidad adsorbida. Sin embargo, un examen más cuidadoso del fenómeno de adsorción indica que se trata de algo mucho más complejo. Una mejor relación de la cantidad de sustancia química ligada y la intensidad con que es adsorbida es dada por la cantidad llamada "calor de solución". Esta es una función que se puede medir fácilmente en el laboratorio y una vez determinada, permite calcular la intensidad de la adherencia y, por ende, la susceptibilidad de la sustancia química a la lixiviación y su persistencia. La refracción solar es otro índice de la capacidad de adsorción.

Cuadro 2. Adsorción en función del calor latente en la solución (ΔH)

Compuesto	ΔH	Adsorción en el suelo
Diclorbenil	2.8	48
CIPC	4.9	50
Monurón	6.0	64
DCPA	12.4	88

Hay ocasiones en que se puede sacar partido de la adsorción para prolongar la vida efectiva de un plaguicida o, contrariamente, para reducir la toxicidad residual. Un ejemplo de este último caso es cuando se usa carbón vegetal como un antídoto contra residuos o intoxicación. En una forma simplificada se puede considerar que la reacción de adsorción ocurre de la manera siguiente:



Ya que en la mayoría de los casos este es un equilibrio reversible, la energía involucrada se determina mediante la siguiente relación:

$$\Delta G = RT \ln K_{eq}$$

Se puede demostrar que el calor latente de solución (H_2O) ΔH se aproxima al valor de $-\Delta G$ y es, por lo tanto, un índice de adsorción.

En general, se ha demostrado que la adsorción de plaguicidas sigue un comportamiento del tipo Freundlich. Por consiguiente, los datos encajan en la siguiente ecuación:

$$\frac{x}{m} = KC \frac{1}{n}$$

La adsorción es un fenómeno sumamente importante en el uso de plaguicidas. Como ya se indicó, una gran parte del plaguicida es adsorbido por la superficie de las plantas y el suelo lo cual puede modificar su actividad. Además, la adsorción regula la percolación o el acarreo del compuesto por el agua y su pérdida del suelo por vaporización. Hay indicaciones, asimismo de que la adsorción desempeña un papel en la velocidad de degradación del producto químico. En efecto, a mayor adsorción del material, menor es la velocidad inicial de degradación.

Es importante tener presente que la adsorción o adherencia de un producto químico por una superficie sólida es un proceso que se efectúa en ambas direcciones, es decir, que es un proceso reversible. Es debido a esta reversibilidad que la mayoría de las sustancias químicas percolarán, por lo menos en cierta medida, cuando el agua se desplaza a través del perfil del suelo. Si, por ejemplo, se trata de un producto químico que está adherido débilmente al suelo, el agua de lluvia lo puede acarrear a mucha profundidad en el suelo. Por el contrario, si se trata de una sustancia química firmemente adherida en todos los constituyentes del suelo, como el DDT, el producto químico será introducido en el suelo a poca distancia aún por grandes cantidades de agua.

Percolación

La percolación plantea, naturalmente, un problema mayor con un plaguicida que se aplica al suelo que con uno que se aplica a un cultivo. No obstante, debido a que una buena parte del producto químico llega al suelo, independientemente del fin de la aplicación, hay que considerar el movimiento a través del suelo. Si la sustancia química es llevada dentro del suelo, puede permanecer allí como un residuo que contaminaría el siguiente cultivo, o si es un producto químico de mucha movilidad, puede percolarse hasta el agua subterránea y finalmente llegar a los arroyos.

El tipo de suelo que influye en la adsorción y la velocidad de penetración del agua, el porcentaje de materia orgánica, y las propiedades del producto químico son factores importantes en la percolación. El siguiente cuadro muestra la relación entre el tipo de suelo y la sustancia química y la percolación:

Cuadro 2. Datos de percolación para algunos herbicidas

Herbicida	Tipo de suelo	Agua agregada (pulgadas)	Profundidad de penetración máxima	Profundidad de concentración máx.
Monurón	Marga (15% H_2O)	1	1.75	0.25
	Marga (15% H_2O)	3	5.75	2.00
	Arcilla (15% H_2O)	1	1.65	1.75
1,3,6-TBA	Marga	3	12.0	8.00
	Turba	3	12.00	2.00
Simacino	Marga	12	7.00	1.00
Atracino	Marga	12	12.00	7.00

En un determinado tipo de suelo, las propiedades del producto químico son sumamente importantes en relación a la percolación, ya que éstas determinan la firmeza de adsorción del producto químico. Por ejemplo, los plaguicidas de hidrocarburos clorados tales como el DDT, el Aldrín, el Dieldrín y el Heptacloro, en virtud de su baja solubilidad en el agua, y su fuerte adsorción, sufren muy poca percolación. Algunos de los fosfatos orgánicos como el paratión, percolan mejor que los hidrocarburos clorados, pero aún éstos no son muy móviles. Por otra parte, hay ciertos tipos de plaguicidas que son adsorbidos muy poco por el suelo y que son bastante solubles en el agua que se mueve libremente en el suelo. Esto sucede especialmente con ciertos herbicidas (TCA, Dalapón, Banvel). En la percolación, la sustancia química se mueve con la corriente de agua; por lo tanto, si el agua percola hacia abajo el producto químico hace lo mismo. Sin embargo, si el movimiento del agua es hacia la parte superior como en la evaporación desde la superficie, alguna cantidad del producto químico se desplazará hacia arriba, lo cual causa el esparcimiento de la sustancia química a través del perfil del suelo.

Vaporización

La vaporización es el proceso mediante el cual una sustancia química pasa del estado sólido o líquido al estado gaseoso. La presión del vapor del compuesto es un índice de la propensión a vaporizarse. El compuesto tiende a vaporizarse como resultado de la energía que posee cada molécula, pero ésta es afectada por la atracción intermolecular y el tamaño de las moléculas.

La vaporización puede ser ventajosa en ciertos casos como, por ejemplo, cuando se desea una acción fumigante como el uso de propoxur para el control de mosquitos en las casas. Por otra parte, puede constituir una desventaja cuando, por ejemplo, un plaguicida se vaporiza de las hojas de un cultivo donde se le necesita para combatir los insectos. En este caso, se reduce rápidamente el depósito residual y, por ende, el lapso de control efectivo.

La vaporización se puede controlar hasta cierto grado mediante la modificación de la formulación y el uso de aditivos.

La tensión de vapor de un compuesto es una de sus propiedades características a una temperatura determinada. Cuando aumenta la temperatura, la tensión de vapor también aumenta a una velocidad que depende de lo que se llama el calor latente de vaporización. La tensión de vapor se puede medir con técnicas apropiadas en el laboratorio, pero esto no indica la velocidad de vaporización del compuesto. Es posible, sin embargo, estimar aproximadamente la velocidad de vaporización mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \beta P \sqrt{\frac{M}{2 \pi RT}}$$

Donde Q es igual a los gramos que se vaporizan por centímetro cuadrado por segundo; β es aproximadamente igual a 2×10^{-5} ; M es el peso molecular; R es la constante de gas, y T es la temperatura en grados absolutos. Si bien esta ecuación fue ideada para velocidades de evaporación desde la superficie de la sustancia química, en condiciones de aire calmado proporciona los medios para estimar las velocidades de evaporación desde otras superficies. Sin embargo, si el compuesto ha sido adsorbido o se ha mezclado con el suelo, la velocidad de evaporación será reducida en un 10% de la velocidad calculada. Esto es debido en parte a que el compuesto está retenido por las fuerzas de adsorción y en parte a que el suelo impide el escape del vapor. En el Cuadro 4 se muestra esta relación.

Cuadro 4. Velocidades de evaporación de sustancias químicas.

Compuesto	Pérdida por evaporación (g/cm ² -hr)		
	P(mm Hg)	Experimental	Calculado ^a
Diclorofenión (20°C)	5.6×10^{-4}	7.8×10^{-7}	2.3×10^{-6}
Fenitrotión (20°C)	2.2×10^{-4}	2.7×10^{-7}	8.7×10^{-7}
Malatión (20°C)	3.4×10^{-4}	5.8×10^{-7}	1.5×10^{-6}
Paratión (20°C)	3.8×10^{-5}	1.7×10^{-7}	1.5×10^{-7}
Ronnel (20°C)	5.5×10^{-5}	9.2×10^{-8}	2.3×10^{-7}
Metil dursban (20°C)	3.4×10^{-5}	3.8×10^{-8}	1.5×10^{-7}
Dicaptón (20°C)	3.6×10^{-6}	$\sim 1.5 \times 10^{-8}$	$\sim 1.5 \times 10^{-8}$
1,2-diclorobenceno (23.2°C)	1'30	4.25×10^{-3}	3.71×10^{-3}
M-Xileno (23.5°C)	8.00	1.80×10^{-2}	1.96×10^{-2}
1,2-Dibromoetano (24°C)	13.5	4.46×10^{-2}	4.37×10^{-2}
Agua (23.7°C; 30% HR)	22.0	1.81×10^{-2}	1.54×10^{-2b}

$a_{Q_{cal}} = \bar{\beta} P (M/2 \pi RT)^{1/2}$, donde $\bar{\beta}$ es la constante de evaporación media y tiene un valor $\bar{\beta} = 1.94 \times 10^{-5}$ ($\pm 11\%$ D.E.); P es la presión de vapor la temperatura T (°K).

b En presencia del 30% de H.R. en el aire, se calculó que tensión de vapor efectiva del agua líquida era igual al 70% del valor saturado.

Entre los factores ambientales que influyen en la velocidad de evaporación figuran la velocidad del viento, la temperatura y el tipo de superficie adsorbente. En general, cuando aumenta la velocidad del viento y/o la temperatura, la velocidad de vaporización también aumentará.

Partición (captación biológica)

Frecuentemente se observa la acumulación de plaguicidas en los organismos. Esta acumulación redundará en residuos que pueden plantear problemas. El mecanismo mediante el cual se acumulan los materiales es complicado y variado.

Muchos compuestos se acumulan debido a la actividad metabólica del organismo, la ingestión directa o por un mecanismo físico o por medio de todos estos procesos. En muchos compuestos que se usan como plaguicidas, la captación puede relacionarse con una propiedad físico-química que se denomina Coeficiente de Partición. Este coeficiente es una medida de la distribución de la sustancia química entre un estado lipofílico o estado acuoso. La siguiente ecuación es la forma más sencilla que indica esta relación.

$$K_o = \frac{C_{\text{grasa}}}{C_{\text{agua}}}$$

El coeficiente de partición es una característica del compuesto y depende de una variedad de rasgos moleculares de la sustancia química. Sin embargo, muchos han demostrado el valor del coeficiente de partición para estimar la facilidad con que una sustancia química, especialmente un compuesto no polar o no ionizado, se acumulará en un organismo viviente que esté expuesto al producto químico. En el siguiente diagrama se muestra la íntima relación entre el coeficiente de partición y la acumulación.

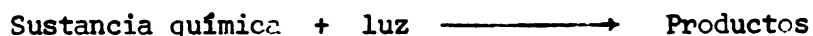
El coeficiente de partición es también un buen índice de la posible adsorbibilidad de los compuestos.

Degradación

Una de las importantes consideraciones sobre la suerte y el comportamiento de una sustancia química en el ambiente y su eficacia como plaguicida es la forma y la rapidez de degradación. Todos los plaguicidas orgánicos se degradan ante el influjo de las diferentes fuerzas físicas y biológicas en el ambiente. Esto explica por qué la madera se pudre, los metales se corroen y se oxidan, y los plásticos se descomponen. Para ciertos compuestos la descomposición o degradación es primordialmente biológica, es decir, que el compuesto es destruido por el metabolismo de plantas y organismos. La degradación del compuesto se lleva a cabo por la acción de diferentes enzimas secretadas por los organismos. Otros compuestos se descomponen por la acción de reacciones químicas normales, como por ejemplo,

la hidrólisis, o pueden degradarse por la acción fotoquímica.

Casi todas las sustancias químicas absorben luz de una u otra longitud de onda, según sea la naturaleza del compuesto químico. Cuando la longitud de onda es apropiada, la energía es suficiente para modificar o degradar el compuesto. Este tipo de reacción se ilustra de la manera siguiente:



Aunque las longitudes de onda corta de las radiaciones ultravioletas son absorbidas por la capa de ozono, las longitudes de onda de la luz solar que llegan a la superficie de la tierra, especialmente en mayores altitudes y en los trópicos, son suficientes para causar una reacción fotoquímica en la mayoría de los compuestos. Si, además hay presentes donadores de hidrógeno como ciertos aceites o agua, aumentará la velocidad de la descomposición fotoquímica. Más aún, si el compuesto es particularmente inestable, las longitudes de onda pueden ser suficientes para producir radicales libres que causan la descomposición.

La adsorción en las superficies puede aumentar o disminuir la velocidad de la descomposición fotoquímica. La descomposición puede ocurrir en solución y es más probable que ocurra en el estado gaseoso. La descomposición fotoquímica es probablemente una de las razones de la relativa corta vida residual de muchos compuestos químicos.

Las reacciones químicas corrientes, tales como la oxidación, la reducción y la hidrólisis también pueden ocurrir en el ambiente. En muchas sustancias químicas no es necesaria la intervención biológica para que ocurran estas reacciones. Muchos fosfatos orgánicos, por ejemplo, se hidrolizan fácilmente en el pH que corrientemente prevalece en el suelo. Esto se indica en la siguiente reacción:



La adsorción en arcilla o materia orgánica aumenta la degradación de algunos compuestos químicos debido a la promoción de la hidrólisis o alguna otra reacción química.

Cuadro 5. Hidrólisis de fosfatos orgánicos a pH 7.4

Compuesto	Vida media
Paratión	130 días
Phosmet	7.1 horas
Dialafor	14 horas
Cloropirifos	53 días
Malatión	10.5 días
Dicaptón	29 días

Las reacciones biológicas que producen la degradación de los compuestos químicos abarcan la gama de oxidación, reducción, hidrólisis, desalquilación y otras; Estas reacciones son catalizadas por diferentes enzimas que secretan los organismos o por las enzimas libres en el medio.

Es importante para nosotros la velocidad de degradación de un compuesto químico. Esto afecta el período de tiempo de persistencia del producto químico para controlar las plagas o produce residuos indeseables. Las velocidades de descomposición de varios plaguicidas han sido estudiadas ampliamente en los suelos. En muchos casos, la descomposición del suelo parece seguir una reacción cinética de pseudo primer orden, como se indica en la siguiente ecuación: $c_x = c_0 e^{-kt}$. Sin embargo, se ha propuesto una ecuación más general que se denomina "modelo de velocidad exponencial", según se ilustra en la siguiente ecuación. $c_x = kc^n$.

Se ha encontrado que la rapidez de descomposición en el suelo es influida por la humedad, la temperatura, el tipo de suelo, la absorción y, naturalmente, el nivel de nutrientes y la actividad biológica. Se ha demostrado que la temperatura es un importante factor hasta la temperatura crítica del organismo. Si se deseara estimar el período de tiempo en que persiste un compuesto químico a una temperatura determinada, entonces conociendo su velocidad de descomposición o su energía de activación, se puede calcular su persistencia a otra temperatura mediante la ecuación de Arrhenius:

$$\log \frac{k_2}{k_1} \times \frac{\Delta h}{2.3 R} \times \frac{\Delta T}{T_2 - T_1}$$

Se ha encontrado que muchos de los plaguicidas estudiados se descomponen a una velocidad que puede describirse por una reacción cinética de primer orden. Esto ha permitido el uso de la terminología de vida-media basada en la llamada vida media calculada a partir de la ecuación cinética de primer orden. En realidad lo que se determina en este caso es el tiempo que se requiere para que desaparezca la mitad de la sustancia química. Aunque este método no es completamente exacto, se trata de un concepto útil y un medio racional de comparar la persistencia entre un producto químico y otro. En el Cuadro 6 se presenta información sobre la vida media de ciertos compuestos químicos.

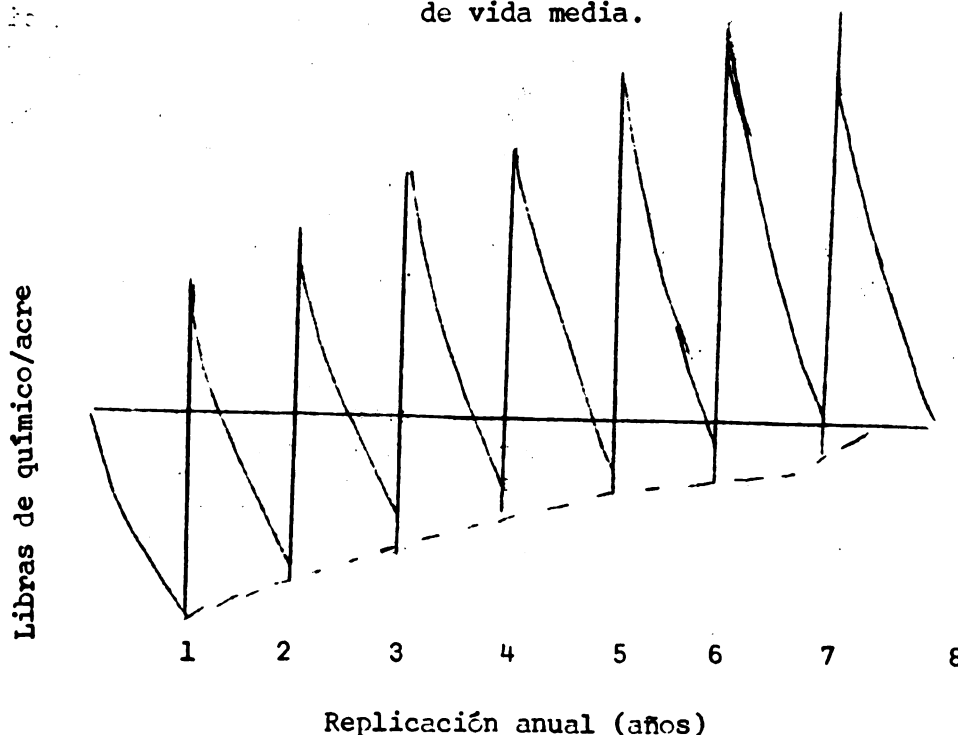
El lego, al expresar su preocupación por los plaguicidas o los productos químicos en general, habla frecuentemente de la continua acumulación de estas sustancias en el suelo. Existe aparentemente un concepto erróneo en el sentido de que muchos de estos compuestos químicos no sufren degradación y continúan acumulándose en las subsiguientes aplicaciones. Es evidente que tal caso no ocurre, ya que los productos químicos sí sufren degradación, y la concentración disminuirá aun cuando se efectúen

Cuadro 6. Persistencia de algunos plaguicidas en el suelo.

Compuesto químico	Vida media	
Paratión.	175 días.	Estudio de suelo en lab.
Paratión	55 días.	Estudio de campo.
Phosmet.	51 días.	Estudio de suelo en lab.
Dialiflor	151 días.	Estudio de suelo en lab.
Clorphyrifos	125 días.	Estudio de suelo en lab.
DDT-aeróbico	>3000 días.	Estudio de campo.
DDT-anaeróbico	33 días.	Estudio de laboratorio
2,4-D	9.5 días	Laboratorio
Atracina	130 días.	Laboratorio
Diurón	212 días.	Laboratorio.

aplicaciones sucesivas. A guisa de ilustración, consideremos un producto químico que tenga una vida media de 12 meses y que se aplica anualmente a razón de 2 libras/acre. La siguiente gráfica indica lo que se puede calcular fácilmente, a saber: que la máxima concentración que se obtendrá en dos veces la aplicación anual de 2 libras/acre o sea aproximadamente 2 Kg/hectárea.

Tendencias del nivel residual en el suelo con una aplicación anual de 2 libras de un producto químico que tiene 12 meses de vida media.



Conclusiones

Hemos tratado de presentar un panorama de la manera como se relacionan las propiedades físicas y químicas de un plaguicida en los diferentes procesos que ocurren en la naturaleza, de su influencia en el transporte y de la persistencia, actividad y suerte final de la sustancia química. Comprendiendo esto, podemos apreciar cómo la presión de vapor se relaciona con los movimientos causados por el viento, la solubilidad y adsorción con los movimientos del agua, y la solubilidad del aceite con la captación por organismos vivientes; de igual manera, podremos percibir la probable persistencia del compuesto conociendo algunas de las reacciones que éste sufre.

Cuando nos encontramos en capacidad de predecir el comportamiento probable de los plaguicidas a partir de sus propiedades, estamos en la posición de poder emplear esa información para aplicar el plaguicida de manera más segura y efectiva. Por ejemplo, si la presión de vapor nos dice que el material posiblemente se evapora muy rápidamente, podemos modificar la formulación y el método de aplicación para reducir pérdidas del producto químico. De esta manera, la sustancia química será más efectiva y gastaremos menos de ella, que si no conociéramos esta particularidad. Es evidente que si podemos usar menor cantidad de agroquímico y aún así obtener el mismo control, los costos van a disminuir.

Igualmente, el conocer el comportamiento de la sustancia química permitirá emplearla de manera mucho más segura tanto para el hombre como para el medio ambiente. También muy importante es el hecho que esta información nos permitirá usar los agroquímicos de una forma más racional en sistemas de manejo integrado de plagas. Así, la información básica nos llegará a la formulación y aplicación de la sustancia química de tal manera que ésta proteja a los organismos benéficos y permita el uso apropiado de otras prácticas agrícolas.

A primera vista pareciera que las relaciones entre las propiedades químicas y el comportamiento de un plaguicida en el ambiente son muy complejas. Sin embargo, se conoce ahora que hay tres hechos importantes que uno debe conocer sobre una sustancia química para usarla de manera segura y eficiente. Estos son:

1. Solubilidad en agua;
2. Presión de vapor; y
3. Susceptibilidad a diversas reacciones.

Tal como se ha mostrado en este trabajo, la solubilidad en agua está relacionada con el coeficiente de partición, el que a su vez es un indicativo de las capacidades de adsorción de la sustancia química, así como de acumulación biológica. La presión de vapor es un excelente indicador de la cantidad de material que se volatilizará durante y después de la aplicación. La susceptibilidad a las reacciones, ya sea fotoquímicas o biológicas, indica la persistencia probable del agroquímico y por lo tanto el lapso durante el cual controlará la plaga.

Estas tres propiedades del agroquímico pueden ser determinadas, por lo menos de manera cualitativa, mediante el uso de equipo bastante simple; además, la determinación puede efectuarse en el laboratorio, evitándose así estudios de campo prolongados y caros. Por ejemplo, la presión de vapor puede obtenerse hasta una aproximación razonable pesando la cantidad de sustancia química perdida en un área dada y luego calculando la presión de vapor. Es un poco más difícil determinar la solubilidad en agua, pero puede hacerse de manera aproximada añadiendo pequeñas cantidades del producto químico a un volumen dado de agua y observando la velocidad a la que se disuelve. Por supuesto que es mejor efectuar una determinación directa de la sustancia química en una solución saturada por medio de una técnica analítica apropiada. La técnica analítica, sin embargo, puede ser tan simple como un ensayo biológico.

En algunos trabajos sobre formulación y aplicación, así como manejo y desecho de plaguicidas, se ofrecen aplicaciones más directas de la utilidad que reviste la información que hemos brindado en este trabajo. Es en estos últimos aspectos que se puede apreciar más claramente la aplicación práctica de esta información.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. GUENZI, W. D., ed. Pesticides in soil and water. 1974. Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wis.
2. GORING, C. A. I. y HAMAKER, J. W. Ed. Organic chemicals in the soil environment. 1972. (vol. 1 y 2). Marcel Dekker, Inc. New York.
3. HAQUE, R., y FREED, V. H. ed. Environmental dynamics of pesticides. 1975. Plenum Press, New York.
4. ROSEN, A. A. y KRAYBILL, H. F. ed. Organic pesticides in the environment. 1966. (ACS # 60), Am. Chem. Soc., Washington, D. C.
5. KHAN, M. A. Q., ed. Pesticides in aquatic environments. 1976, Plenum Press, New York.

MANIPULACION, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO
Y DESECHO DE PLAGUICIDAS

Virgil H. Freed*

Peligros que presenta el manejo y almacenamiento de plaguicidas

La mayoría de los plaguicidas presentan peligros durante su manipulación, transporte y almacenamiento, debido a su toxicidad para los humanos, los animales y el medio ambiente. Algunos plaguicidas son altamente inflamables y/o pueden convertirse en gases tóxicos al arder.

Por estas razones, el transporte y almacenamiento de plaguicidas están sujetos a leyes y reglamentos en muchos países, estados o en otras unidades de gobierno. En la adquisición y movimiento de plaguicidas, es importante que las personas o agencias responsables estén completamente conscientes de todas las leyes y reglamentos aplicables, y que se aseguren de obedecerlas en su totalidad.

En las secciones siguientes se describen los principales peligros asociados con el manejo, el transporte y el almacenamiento de plaguicidas, y las precauciones necesarias para minimizar estos peligros.

Fugas y derrames de plaguicidas tóxicos en tránsito

El manejo y almacenamiento de plaguicidas tóxicos está asociado con el riesgo de fugas en los recipientes, uniones o tapas defectuosos, o de perforación, rotura, o desgarramiento de envases. Los plaguicidas tóxicos no deben ser transportados en los mismos recipientes o compartimentos en que se transporta carga, que podría convertirse en un peligro si fuera contaminada, tal como alimentos, medicinas, juguetes, ropa, cosméticos o artículos para el hogar.

Los derrames de plaguicidas pueden ser muy peligrosos para el personal de transportes o de almacenes, personas involucradas en operaciones de limpieza, así como para personas o animales que habiten cerca del sitio del derrame. Si otra carga se contamina pueden presentarse graves peligros secundarios. Hay que tomar en cuenta, también, que el agua y otros elementos del medio ambiente pueden ser contaminados por el material tóxico derramado directamente, y/o por las operaciones de limpieza.

* Departamento de Agroquímica, Oregon State University, Corvallis, Oregon, U.S.A.

Nunca será demasiado el énfasis que se dé a la importancia de evitar los derrames y de tomar todas las medidas necesarias para el manejo correcto y la protección de los embarques de plaguicidas tóxicos. Entre estas precauciones se deben incluir las siguientes:

1. Antes o durante el embarque debe inspeccionarse cada recipiente de plaguicida para asegurarse de que no existen fugas alrededor de la cubierta, en las partes superior e inferior, a lo largo de y bajo el recipiente. Si un elevado porcentaje de recipientes evidencian fugas, el embarque total debe ser cancelado.
2. Los envases que contienen plaguicidas deben ser cargados en el vehículo transportador y asegurados de tal manera dentro del compartimento de carga que se mantengan fijos en su sitio, sin posibilidad de dañarse unos a otros, o dañar o ser dañados durante el viaje por otra carga. Los plaguicidas tóxicos no deben ser embarcados en el mismo compartimento con carga que puede ser un peligro si llegara a contaminarse con plaguicidas.
3. En la carga y descarga de plaguicidas deben usarse únicamente equipo y herramientas que no dañen los recipientes. Especialmente debe prohibirse el uso de ganchos que puedan perforar o rasgar los recipientes de plaguicida.

Todo el personal involucrado en la carga, transporte y descarga de plaguicidas debería estar bien informado sobre la toxicidad y el peligro potencial del o de los plaguicidas que están manipulando. Debe suministrárseles información sobre las medidas que deben tomar en caso de derrames de aquéllos agroquímicos que estén manipulando, y a quién llamar en una emergencia para obtener información a) médica, y b) técnica.

Debe adiestrarse al personal, especialmente a los supervisores, en procedimientos apropiados de primeros auxilios y de rescate; con el fin de que haya mayor seguridad, todos los implementos necesarios deben estar disponibles en lugares de fácil acceso antes de que se inicie el manejo de un embarque de plaguicidas. De acuerdo con la toxicidad del material que se va a manipular, estos implementos necesarios podrían incluir máscaras anti-gas para todo propósito, respiradores, anteojos o caretas para proteger el rostro y los ojos; ropa impermeable para protección total que incluya guantes, botas, sombrero y abrigo o mono de manga larga que cubra totalmente al trabajador; agua en cantidades adecuadas para lavar materiales corrosivos o tóxicos que caigan sobre la piel así como implementos para lavar los ojos tales como fuentes fijas o portátiles.

Las instalaciones donde se manipulen plaguicidas deben contar con los servicios de un médico que haya sido informado con anterioridad sobre la naturaleza y toxicidad de los plaguicidas en cuestión.

Es particularmente importante tomar todas estas precauciones cuando se trate de trasladar grandes cantidades de plaguicidas desde los muelles hasta las embarcaciones o viceversa. Los choferes de grúas, estibadores

y otros trabajadores deben ser advertidos sobre la necesidad de manipular este material con gran cuidado. Debe prevenirse el derrame o contaminación de la carga en los muelles. Antes de que se inicie el movimiento del plaguicida debe contarse con equipo e implementos para realizar una limpieza de emergencia en caso de necesidad.

Cuando vayan a llegar cargamentos de plaguicidas debe advertirse a las autoridades del puerto y a los funcionarios de Salud Pública. Ellos deben inspeccionar las condiciones de la carga en las bodegas del barco antes de que se inicie su descarga y supervisar las operaciones de descarga, especialmente la limpieza adecuada y la descontaminación de cualquier derrame.

Productos inflamables y peligro de fuego

Algunos plaguicidas líquidos, especialmente aquéllos que contienen solventes orgánicos con niveles de ignición de baja temperatura, presentan peligros especiales debido a la facilidad con que se inflaman. Algunas fórmulas en forma de polvos secos pueden también presentar peligros de fuego o explosiones.

En los Estados Unidos, los plaguicidas con niveles de ignición bajos deben presentar las siguientes advertencias:

1. Nivel de ignición de o inferior a 20°F (-6.7°C): "Peligro; muy inflamable; manténgase lejos del fuego, de chispas, y de superficies calientes".
2. Niveles de ignición entre 20°F y 80°F (-6.7 a 20.7°C): "Cuidado - inflamable; manténgase lejos del calor y de las llamas".
3. Nivel de ignición entre 80°F y 150°F (26.7 a 65.5°C): No se use o almacene cerca del calor o de las llamas".

Las personas que manipulen cargamentos de plaguicidas deben buscar estas advertencias en los empaques y asegurarse de que los productos sean tratados y almacenados de acuerdo con estas indicaciones que están destinadas a evitar incendios y explosiones.

Los plaguicidas son especialmente peligrosos cuando se encuentran dentro de algún incendio. Aquellos productos muy inflamables fácilmente alzarán llama o explotarán cuando se recalienten. Algunos polvos finos tales como el azufre se incendiarán tan fácilmente como los gases o vapores, por lo que constituyen un explosivo potencial. Los recipientes a presión o aerosoles explotan cuando se recalientan.

Las emanaciones y el humo que despiden algunos plaguicidas al quemarse pueden ser muy tóxicos para los bomberos y otras personas que se encuentren cerca del incendio. También pueden ser muy venenosos para plantas y animales. Es posible que el agua que se escurre cuando se trata de apagar

incendios de plaguicidas sea bastante tóxica, ya que puede tener altas concentraciones de sustancias químicas y representar un peligro para los seres humanos, los animales y el medio ambiente en general. La contaminación de arroyos, ríos, lagunas, lagos u otras acumulaciones de agua puede causar graves peligros secundarios y ampliar los peligros de toxicidad.

Es obvio que deben tomarse todas las precauciones posibles para prevenir los incendios de plaguicidas. Esta debe ser una consideración importante en la construcción, selección y uso de áreas de almacenamiento para plaguicidas.

En el caso de incendios en áreas donde se haya almacenado plaguicidas, debe informarse a los bomberos y a la policía sobre la cantidad, tipo y ubicación de los plaguicidas almacenados en o cerca del incendio. Los bomberos deben usar atavíos protectores sobre todo el cuerpo incluyendo botas, guantes, sombrero y capa de hule, y equipo de respiración para protegerse de posibles emanaciones tóxicas y del humo. Debe combatirse el fuego en la misma dirección que sopla el viento o en ángulo recto. Con el fin de evitar la escorrentía de agua con productos tóxicos, debe mantenerse el uso del agua al mínimo posible. De ser posible, deben construirse diques alrededor del área afectada para evitar este problema.

Puede ser necesario evacuar a los residentes de la zona, especialmente aquéllos que habiten en la dirección en que sopla el viento. Debe evitarse la entrada de curiosos a la zona del incendio y sus inmediaciones.

Debe notificarse inmediatamente a un médico que esté familiarizado con problemas causados por plaguicidas, quien debe estar de guardia para atender a las personas que puedan resultar intoxicadas. Todas las personas que hayan estado expuestas al contacto con plaguicidas tóxicos o con emanaciones o humo proveniente de los mismos deben tratar de librarse de las sustancias tóxicas lavándose cuidadosamente con grandes cantidades de agua y jabón, y deben someterse a control para detectar cualquier síntoma de envenenamiento.

El área afectada debe cerrarse con cuerdas para prevenir la entrada de personas no autorizadas. Esta protección debe mantenerse hasta que se haya dado fin a las operaciones de limpieza.

Las operaciones de limpieza que se efectúen después del incendio deben estar dirigidas por personal adiestrado, que esté bien informado sobre la toxicidad, las propiedades químicas y físicas, y cualquier otra información pertinente sobre el o los plaguicidas involucrados en el incendio. Si esta información no se encuentra disponible, debe obtenerse de los fabricantes, de sus representantes, o de las agencias gubernamentales indicadas.

Las operaciones de limpieza deben estar coordinadas con la policía local, con funcionarios de Salud Pública, de protección ambiental y con otras entidades apropiadas.

Algunos aspectos que pueden pasarse por alto durante o después de un incendio o cualquier catástrofe relacionada con plaguicidas son:

1. El calzado puede contaminarse y absorber plaguicidas. Los zapatos de cuero y otros tipos de calzado liviano deben ser desechados si se han contaminado porque no pueden descontaminarse efectivamente. Las botas de hule del tipo de las que usan los bomberos deben ser lavadas cuidadosamente por fuera y por dentro antes de volverse a usar.
2. Toda la ropa personal, atavíos protectores, respiradores, etc. deben ser lavados o limpiados cuidadosamente antes de volverse a usar. Si estos artículos han sido fuertemente contaminados, deben desecharse de una manera correcta porque de otro modo con su limpieza pueden crearse nuevos peligros de toxicidad o contaminación.
3. Debe prestarse especial cuidado a no llevar plaguicidas o residuos tóxicos adheridos a los zapatos al salir del área de peligro.
4. Debe usarse equipo mecánico en las operaciones de limpieza tanto como sea posible para minimizar el contacto humano con material contaminado.
5. Los desechos tóxicos deben tratarse y desecharse de la misma forma como se hace con plaguicidas tóxicos y con los recipientes que los contienen (ver la sección correspondiente en este volumen para más detalles).
6. Todas las operaciones, incluyendo la descontaminación de herramientas, vehículos, equipo, etc., deben efectuarse de tal manera que se evite la contaminación ambiental.

Inundaciones

Los problemas causados por una inundación son mucho más graves si ésta sucede en una zona donde se encuentre ubicado un almacén de plaguicidas. Aquellos productos empacados en recipientes impermeables pueden ser arrastrados o flotar y luego romperse y derramar su contenido al chocar contra algún obstáculo, o más adelante por deterioro del recipiente. Aquellos productos empacados en papel, cartón o algún material parecido pueden liberar su contenido muy rápidamente al mojarse. De cualquier manera, y dependiendo de la toxicidad del o de los plaguicidas en cuestión, puede resultar un grave peligro de contaminación acuática.

Los plaguicidas almacenados que se han empapado pueden volverse inservibles y presentar problemas espinosos en cuanto a su manejo y desecho, aún después de que se han secado de nuevo.

Deben tomarse todas las precauciones posibles para proteger de inundaciones a los plaguicidas almacenados. No deben almacenarse jamás en áreas, edificios o partes de edificios (sótanos) que puedan sufrir inundaciones.

En caso de suceder inundaciones en sitios donde hay plaguicidas almacenados, se va a presentar un problema que hará necesaria una cuidadosa evaluación y manejo por parte de los funcionarios de Salud Pública, protección ambiental y por la policía. Si una cantidad cualquiera de plaguicida se ha dispersado desde las bodegas, debe hacerse todo esfuerzo posible para localizarlo y recogerlo para evitar más derrames. Si el agua se ha contaminado debe avisarse a las personas y comunidades que se encuentren corriente abajo, especialmente los caseríos, fincas, ganaderías, distritos de irrigación o cualesquiera organizaciones que obtengan el agua para sus necesidades del río o lago contaminado.

Es necesario ponerse en contacto con el o los fabricantes de los plaguicidas en cuestión para obtener información sobre los métodos más efectivos de descontaminación y para cualquier otra ayuda que éstos puedan dar para solucionar la emergencia.

Derrames en sitios de almacenamiento

En cada instalación de almacenamiento deben tomarse precauciones contra derrames de sustancias químicas. Esto es particularmente cierto en el caso de los organofosfatados. Sin embargo, el derrame de cualquier producto químico, no importa cuan inocuo parezca, debe ser tratado como un peligro. Es recomendable que en los almacenes o en cualquier sitio en donde se manipulen agroquímicos en grandes cantidades, se mantenga un depósito de carbón vegetal y arcilla para adsorber en caso de necesidad. Además, debe haber cal o carbonato de calcio disponibles para neutralizar aquellos materiales como fosfatos y carbamatos. Si se trata de grandes cantidades de líquidos, es conveniente contar con un material absorbente como vermiculita o alguna arcilla que ayuden al carbón a adsorber el derrame. Debe de haber una cierta cantidad de ropa de protección (máscaras, guantes, botas de caucho, capas) para los trabajadores que deben limpiar esos derrames.

El material que se emplee para adsorber el material derramado debe ser desechado al igual que se hace con el plaguicida. En aquellos casos en que debe lavarse el área para terminar la limpieza, el agua empleada debe ser vertida en un tanque de descontaminación y no directamente en cloacas o arroyos. El agroquímico puede ser aún más degradado en el pozo colector mediante la adición de otros productos químicos, p. ej. cal y adsorbentes.

Si la planta ha sido construída apropiadamente, los derramamientos y filtraciones pueden depositarse en el piso de concreto, donde pueden depositarse en el piso de concreto, donde es posible que sean adsorbidos con carbón o arcilla, neutralizados con cal y, a continuación, debe desecharse este residuo por degradación del suelo en un sitio de relleno de tierra apropiado. Si tales derramamientos se van a vaciar en un drenaje, éste debe estar provisto con un filtro de carbón y el agua que corra luego hacia un estanque o una instalación para tratamiento adicional antes de ser descargada en el sistema de alcantarillado o en un arroyo.

Estos elementos (filtro y tratamiento) no son caros y generalmente pueden ser fabricados en la misma planta.

Debe hacerse una advertencia importante en relación al piso de las instalaciones de almacenamiento y formulación. En este trabajo hemos mencionado varias veces que deben construirse pisos de concreto; esto es con el fin de evitar que el agroquímico se infiltre dentro del piso y luego sea liberado en forma de vapor o recogido por el agua en caso de una inundación. Los pisos de madera o tierra absorben y mantienen el agroquímico y, debido a las concentraciones extremadamente altas, ocurre poco o ningún desdoblamiento. En consecuencia, el riesgo de exposición humana en esta situación es alto.

Contaminación cruzada

Algunos plaguicidas son volátiles y pueden contaminar otros plaguicidas, por lo tanto no debe transportarse este tipo de agroquímico junto con otros.

Las emanaciones de plaguicidas volátiles no sólo pueden ser dañinas como contaminantes de otros productos sino que también pueden causar daños directos a personas o animales, y afectar plantas, semillas, etc. Debe tenerse especial cuidado siempre que se manipule o almacene herbicidas volátiles cerca de invernaderos y otros sitios en donde se encuentren plantas susceptibles.

Olor

Algunos plaguicidas despiden olores. Cuando se sienten estos olores cerca de cantidades de agroquímicos almacenados, esto puede indicar que existe una filtración y que hay un derrame, o que algunos cierres han sido mal ajustados o que están dañados. También puede indicar descomposición o algún deterioro del producto. Algunos agroquímicos adquieren un olor cada vez más desagradable conforme se descomponen.

Cuando se tenga una cantidad de plaguicida que presenta problemas de olor, debe examinarse primero para verificar la presencia de algún posible derrame, filtración o deterioro. Si este examen muestra que no se requiere otra acción, el problema de olor puede disminuirse bajando la temperatura del almacén y/o instalando ventiladores de escape. La ubicación de estos abanicos debe ser estudiada cuidadosamente y para evitar la contaminación ambiental su salida debe estar canalizada a través de purificadores o filtros de carbón para los que se ha llenado una sección del conducto del aire con carbón granulado.

Almacenamiento de plaguicidas

No importa cual sea su cantidad, todos los plaguicidas deben ser almacenados en su envase original debidamente rotulado, con la etiqueta visible. Nunca se deben guardar en otros recipientes; sobre todo debe evitarse usar botellas, o recipientes de alimentos o de otras cosas con el fin de que no se les confunda con alimentos, bebidas, medicinas, etc. para seres humanos o para animales. Los plaguicidas no deben guardarse cerca de alimentos u otros artículos que pueden ser contaminados por material derramado, emanaciones de plaguicidas volátiles, olores, etc.

Los plaguicidas en grandes cantidades deben almacenarse en una bodega o en área de una bodega dedicadas especialmente a este propósito. Las áreas de almacenamiento de plaguicidas deben tener piso de concreto con desagües a un sumidero o a otro depósito en donde el agua contaminada puede ser purificada antes de ser descargada. No se recomiendan pisos de madera o de tierra porque no pueden ser descontaminados apropiadamente. El área de almacenamiento debe ser seca y bien ventilada. El edificio debe estar ubicado en un sitio lo suficientemente alto como para no correr el riesgo de que se inunde. Algunos plaguicidas no pueden ser almacenados a temperaturas bajo 0°C, mientras que otros no pueden ser almacenados a temperaturas más elevadas. Deben leerse cuidadosamente las instrucciones que aparecen en la etiqueta y seguirlas fielmente.

Los almacenes donde se guardan plaguicidas deben estar cerrados con llave, o tomarse otras precauciones indicadas para evitar el robo y para prevenir que personas no autorizadas, especialmente niños, entren al almacén. También debe indicarse con señales llamativas, hechas con materiales a prueba de agua, el tipo de material que se tiene almacenado.

Es importante llevar un inventario de todos los plaguicidas que se tienen en el almacén. Debe controlarse la edad de los plaguicidas almacenados para evitar que se deterioren y se vuelvan inservibles. En caso de emergencias, debe facilitarse una lista de los productos almacenados y su localización exacta a las autoridades (bomberos y seguridad).

Los plaguicidas almacenados deben examinarse periódicamente para verificar la existencia de fugas, derrames o cualquier signo de deterioro. Debe retirarse aquel material derramado, recipientes rotos, etc. y el área debe ser descontaminada y limpiada rápida y completamente.

Debe asegurarse que el agua que escurre de las actividades de limpieza no contamine áreas residenciales, áreas donde se alimenten animales, o extensiones de agua. Las áreas de almacenamiento de plaguicidas deberían estar rodeadas de diques o arregladas de otra manera en tal forma que el agua de desecho pueda ser guardada en un depósito o sumidero para ser descontaminada y desechada luego.

Debido a que los incendios en áreas de almacenamiento de plaguicidas presentan graves peligros, tal como se discutió al principio de este trabajo, toda medida que se tome para prevenir incendios y proteger las

instalaciones, es apenas suficiente. Entre éstas deben incluirse sistemas eficientes de combate de incendios, instalaciones eléctricas a prueba de chispas, y equipo tal como linternas, motores, interruptores tomacorrientes, de seguridad. Los plaguicidas deben mantenerse lejos de conductos de vapor, calentadores, ventanas y otras fuentes de calor.

En toda el área de almacenamiento de plaguicidas debe haber equipo ~~extintor~~ de incendios y de seguridad, con capacidad y en cantidad adecuadas; todo el personal debe estar completamente familiarizado con su uso, no sólo en teoría sino por medio de ensayos frecuentes de práctica. Debe haber equipos de protección y de seguridad tal como sábanas contra incendio, equipos protectores completos que incluyan sombreros, botas, capas o monos; máscaras anti-gas, respiradores, escudos para la cara, etc.; este equipo debe estar en buenas condiciones, guardado en sitios de fácil acceso y ser revisado con frecuencia.

Las autoridades de la zona tales como la policía local, el departamento de bomberos, Salud Pública, protección ambiental y otros deben estar familiarizadas con la zona de almacenamiento de plaguicidas, con los procedimientos operativos de las instalaciones, y con el programa y equipo de seguridad.

El programa de seguridad debe anticiparse y planear para hacerle frente a cualquier emergencia que pueda presentarse, incluyendo (pero sin limitarse a) incendios, inundaciones, ciclones, huracanes, tifones, robo, tiempo anormalmente frío o caliente, y otras calamidades. Deben anticiparse tan completamente como sea posible los probables efectos directos o indirectos de cada posible calamidad. Deben tomarse las medidas necesarias para evitar hasta el máximo los resultados desastrosos, y deben hacerse planes de emergencia para enfrentarse a las catástrofes que tengan que ver con plaguicidas, en el momento que ocurran.

Todos los trabajadores y personal supervisor relacionado con el manejo, transporte y almacenamiento de plaguicidas debería tener acceso a asistencia médica, así como a la información sobre las propiedades químicas, físicas y toxicológicas de los productos con que trabaje, incluyendo información detallada sobre cómo actuar en caso de derrames.

Estabilidad de los plaguicidas

Muchos plaguicidas, sin importar la excelencia de su manufactura, formulación y empaque, se deterioran durante su almacenamiento, especialmente bajo condiciones de elevada temperatura y humedad. Este deterioro puede incluir pérdida del ingrediente activo debido a descomposición química; pérdida de sus propiedades emulsificantes en el caso de concentrados emulsificables; compactación en el caso de fórmulas secas, y corrosión u otras pérdidas de integridad en el caso de recipientes y etiquetas. Algunos plaguicidas se convierten en sustancias más tóxicas con el tiempo.

En general, las fórmulas que contienen bajas concentraciones de ingredientes activos tienden a perderlos más rápidamente que aquellos plaguicidas más concentrados. Algunos plaguicidas líquidos tienden a formar gas al deteriorarse, lo que hace que sea peligroso abrir los envases, y que pueda ocurrir una explosión de los mismos.

Las cargas de plaguicida que se han deteriorado de una u otra manera pueden convertirse en un problema muy serio. Cada vez es más difícil manipularlos y transportarlos sin que ocurran roturas y derrames serios que, a su vez, presentan graves peligros para el ser humano y el medio ambiente. Cuando los agroquímicos se deterioran hasta el punto que no son apropiados para su uso original, el desecharlos de una manera que no presente peligro puede ser un problema aún más grande.

Es muy importante que las personas involucradas en la compra de plaguicidas que vayan a ser usados en otros países, y que estén arreglando su transporte y su entrega, estén muy conscientes de estos problemas. La compra de plaguicidas para ser usados en países tropicales debe estar programada de tal manera que minimice el tiempo que vayan a estar almacenados, y es importante que los plaguicidas lleguen desde la fábrica hasta el usuario tan rápidamente como sea posible. Algunas veces, es necesario guardar los plaguicidas desde una estación hasta la próxima. Este almacenamiento debe mantenerse a un mínimo y bajo ninguna circunstancia debe permitirse que el lapso entre la fabricación y el uso sea mayor de 24 meses.

Desecho de agroquímicos y envases usados-

Frecuentemente en la formulación y uso de plaguicidas hay productos secundarios o ingrediente activo puro que deben ser desechados. Puede tratarse de un exceso de mezcla de aspersión que no se va a necesitar, productos que no se pueden ya usar, o agroquímicos que se han deteriorado. De igual manera, cuando se usan agroquímicos habrá envases que se van a vaciar y también hay que desechar y, tanto los envases como los agroquímicos son difíciles de eliminar. El método que se emplee debe estar adaptado a los recursos de que se disponga y a las condiciones ambientales de modo que no se creen situaciones de peligro para seres humanos o polución ambiental.

En el desecho de agroquímicos o de envases hay que tomar precauciones debido a que generalmente estos agroquímicos están en forma concentrada. Más aún, a veces hay que desechar cantidades variables de productos químicos, desde unos cuantos gramos hasta algunos cientos de kilogramos en el caso de plantas de formulación o de industrias agrícolas grandes. Cuando se trata de tales cantidades existe el problema no sólo del peligro para los seres humanos sino de la contaminación ambiental que hay que evitar.

Hay una serie de factores que deben ser considerados cuando se trata de encontrar la forma y el sitio para desechar estos productos. En primer

lugar, hay que reconocer que cualquier producto químico en suficiente concentración puede ser tóxico. Este es un hecho básico y válido, ya sea que se trate de organismos individuales como en el caso de un ser humano, de una población de organismos, tales como peces en un río, o que se trate del medio ambiente. Cuando tenemos entre manos un agroquímico tóxico este punto es obvio, pero lo es menos cuando se trata de algún producto que ha sido categorizado como de baja toxicidad. Así, cuando se trate de eliminar productos de este último tipo es esencial evitar causar concentraciones lo suficientemente altas como para que causen efectos indeseables.

Con base en la experiencia se reconoce que hay grandes diferencias en la susceptibilidad de diferentes organismos a un producto químico. Asimismo, debido a diferencias en las propiedades de agroquímicos, la forma y el nivel de exposición varía. Esto, pues, conduce a una distinción entre toxicidad y peligro. Toxicidad es el carácter intrínseco del compuesto que produce un efecto tóxico en una dosis dada, mientras que peligro representa la probabilidad de que un producto químico pueda producir algún efecto tóxico bajo las condiciones o la forma de uso. Así, el peligro depende de:

- a. Toxicidad intrínseca.
- b. Susceptibilidad de la especie en cuestión.
- c. Persistencia del producto químico.
- d. Manejo y forma de desecharlo.

Estos factores de peligro sugieren las diversas consideraciones que deben hacerse al seleccionar la forma de desecho. La primera pregunta que debe formularse es "¿Cuáles son las propiedades físicas del compuesto? ¿Es muy volátil? ¿Es soluble en agua? ¿Se desdobra fácilmente con el calor o es atacado por microorganismos?" Luego tenemos el asunto de la toxicidad: "¿Intoxica rápidamente o se acumula en los organismos y causa efectos crónicos?"

A continuación deben hacerse diversas consideraciones sobre el sitio donde se va a desechar el agroquímico en relación con los seres humanos y con el ecosistema. ¿El lugar propuesto está cerca de una zona habitada por seres humanos? ¿Se encuentra cerca de depósitos de agua, ya sea lagos o arroyos, o cerca de fuentes subterráneas? ¿Cuál es la dirección principal del viento? También deben tomarse en cuenta algunos factores climáticos como temperatura y precipitación.

Finalmente debe tomarse en cuenta la cantidad de agroquímico que se va a desechar. Algunas cantidades muy pequeñas del producto pueden desecharse de cierta manera, con seguridad, pero cantidades mucho mayores del mismo producto podrían causar serios problemas si se las desechara de la misma forma.

En este trabajo se ofrecen algunas sugerencias para desechar cantidades relativamente pequeñas de agroquímicos. Esta información podría aplicarse a nivel de operaciones agrícolas o de pequeñas plantas de formulación.

Los problemas de desecho de grandes cantidades de productos químicos que se presentarían en plantas manufactureras son diferentes, tanto en magnitud como en carácter, y deben ser resueltos por grupos de expertos.

Métodos de desecho de productos químicos

Existen diversos métodos para desechar cantidades relativamente pequeñas de productos químicos. Según la naturaleza del producto, sus propiedades biológicas y de otros factores, cada método presenta ventajas y desventajas. A continuación se presenta una descripción breve de los diferentes métodos que se han considerado en uno u otro momento.

1. Usarlo como se había planeado

Quizá el modo más efectivo y económico de dispersar un agroquímico sea usarlo tal como se había planeado. La baja concentración por unidad de área que se usa normalmente para controlar plagas permite que el ambiente, a través de degradación fotoquímica y microbiológica, destruya el material. Esto significa que los agroquímicos deben ser usados de la manera más prudente para evitar problemas. Si éste es el método que se va a usar para dispersar el agroquímico, no debe comprarse más del que se necesite. Si se evita comprar en exceso no habrá cantidades para guardar de año a año, no hay que preocuparse del deterioro del producto, de los peligros del almacenaje, y de la necesidad de desechar el agroquímico.

2. Reciclaje

Este método empleado para eliminar productos que no se usan, y también cuando hay demasiada existencia de sustancias químicas, puede ser usado únicamente por grandes plantas manufactureras. Sin embargo, hay algunos casos en que pueden recuperarse algunas sustancias químicas para ser usadas de nuevo, empleando los procedimientos químicos apropiados. Este no es un método aconsejable para instalaciones que no cuenten con equipo de alta calidad, debido a que hay que usar solventes apropiados, adsorbentes, y realizar algunas manipulaciones químicas complejas. El reciclaje probablemente no sea indicado a no ser que haya una cantidad suficientemente grande del material. Posiblemente no sea económico para el formulador o el fabricante tratar de recobrar pequeñas cantidades de sustancias químicas de fuentes bastante dispersas.

3. Incineración

La incineración es, por supuesto, una solución extrema para desechar un agroquímico. Cuando se efectúa una incineración efectiva las sustancias orgánicas se convierten en dióxido de carbono, agua, óxidos de azufre, ácido hidrociónico, y otros compuestos inorgánicos simples. Sin embargo, la incineración no es un método simple ni barato para desechar los agroquímicos. Para hacerlo apropiadamente se necesita contar con equipo

complejo y muy caro. Por ejemplo, un horno que ofrezca combustión apropiada de plaguicidas debe tener una temperatura de la llama de 900°-1200°C y un tiempo de permanencia en la cámara de combustión de, por lo menos, dos a diez segundos dependiendo de la naturaleza del producto químico. Además, es necesario contar con los elementos de control de polución apropiados en estos hornos para atrapar los ácidos y otros materiales formados durante la combustión y así evitar daños al incinerador y al medio ambiente. El costo de este tipo de instalación para incinerar productos químicos orgánicos puede oscilar entre uno y tres millones de dólares.

TEMPERATURAS NECESARIAS PARA DESCOMPONER

98% O MAS DE UN PLAGUICIDA*

<u>Compuesto</u>	<u>Temperatura °C</u>
DDT	600
Picloram	900
Malathion	>1 000
Diuron	>1 000
Paraquat	700
2,4-D	600

* Tomado de Residue Reviews, 29 89, 1969

No se recomienda usar un fuego abierto para destruir productos químicos. La temperatura que se alcanza en esos fuegos es demasiado baja para destruir completamente el producto, pudiendo incluso resultar en la formación de productos aún más tóxicos. Más aún, si se emplean fuegos abiertos se obtendrá como resultado la vaporización de algunos de los productos químicos con el resultado de que se va a contaminar el aire. En experimentos realizados con fuegos abiertos se encontró que la concentración de Parathion en el aire era varias veces más alta que los niveles permitidos, y en efecto, las concentraciones cerca del fuego alcanzaron niveles peligrosamente tóxicos. Por esta razón, no se recomienda el fuego abierto para destruir productos químicos o bolsas de papel o plásticas que los hayan contenido.

4. Pozos profundos

Hace algunos años se consideraba que la inyección en pozos profundos podía ser una manera para desechar algunos agroquímicos. La práctica no tuvo aceptación porque hay muy pocas formaciones geológicas apropiadas para este tipo de actividad. Además, el costo de perforar y operar estos

pozos es bastante elevado. Esto fue una circunstancia afortunada ya que se ha visto que este método causa problemas de contaminación de las aguas; esto se descubrió en algunos casos en que se usó este método para disponer de 2,4-D. Debido al costo y a los peligros posibles para las aguas, la inyección en pozos profundos ya no recibe ninguna consideración como método de desecho.

5. Desecho en agua

Durante muchos años se decía que "la solución para la polución era la "dilución" y, como consecuencia, se usaron ampliamente las alcantarillas, arroyos, lagos o aún el océano para desechos productos. Aunque este método es barato, lo único que hace es trasladar el problema de un sitio a otro. Si se está desechando el producto a través de un sistema urbano de alcantarillas que utiliza tratamientos primario y secundario, el agroquímico puede causar problemas en la planta de tratamiento de aguas negras. Si éstas reciben poco o ningún tratamiento, es probable que el agroquímico vaya junto con las aguas negras a los ríos u otras extensiones de agua. Si, por otra parte, se le desecha en el suelo, puede conducir a la contaminación del suelo y, si es volátil, a la contaminación del aire.

El arrojar agroquímicos directamente al agua simplemente traslada el problema de la polución río abajo. Esto puede producir la contaminación del agua destinada a consumo humano, residuos en la biota acuática y, aún, destrucciones de los organismos. Hoy día existen casos en donde grandes lagos y ríos se han visto seriamente contaminados por productos químicos en algunas áreas.

Hace algunos años se creía que los océanos podían ser usados como receptores de desechos de todo tipo. Estudios posteriores mostraron que este era un pésimo sistema.

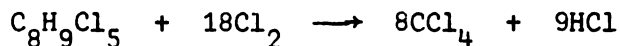
En general, puede decirse que no debe desecharse sustancias químicas en alcantarillas o directamente al agua sin haber recibido un tratamiento anterior debido a los problemas de contaminación que van a causar.

6. Tratamiento químico

Muchos de los plaguicidas que se emplean actualmente pueden ser degradados fácilmente con los tratamientos químicos apropiados. En algunos casos esta es una reacción bastante simple, en otros casos, se necesitan procesos bastante elaborados. Es importante recordar que deben guardarse las debidas precauciones al tratar de degradar plaguicidas químicamente. En primer lugar, hay que manipular duidadosamente el material y suministrar ropa y artículos de protección para prevenir problemas causados por la exposición. En segundo lugar, muchas de las reacciones son espontáneas y pueden generar considerable calor o aún causar explosiones a menos que se las controle apropiadamente.

Uno de los tratamientos que se han propuesto para el desecho químico es el tratamiento con cloro. Como se muestra en la siguiente reacción, un compuesto como DDT se degradará a cloroformo y tetracloruro de carbono.

Clorinólisis

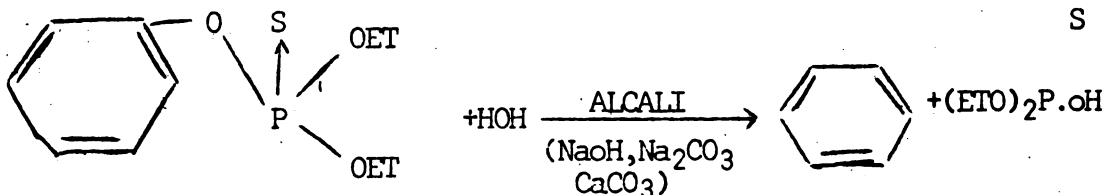


Aunque esta reacción destruye el compuesto original, genera un nuevo producto altamente clorinado que debe ser desechado (tetracloruro de carbono). Por esta razón, la clorinólisis no es muy usada excepto tratándose de un producto altamente tóxico en una planta química donde el tetracloruro de carbono puede ser usado o desechado mediante otros medios seguros.

La hidrólisis o reacción con agua es la característica de insecticidas y de una cantidad de herbicidas a base de organofosfatos y carbamatos. En hidrólisis el compuesto original generalmente es convertido en un producto con mucha menor actividad biológica. Los productos de la reacción pueden ser desechados luego en el suelo o por otros medios.

Cuando hablamos de hidrólisis de compuestos como organofosfatos, carbamatos, ésteres y amidas, los materiales generalmente reaccionan lentamente con el agua, mientras que la reacción hidrolítica se verá bastante acelerada cuando se usa material ácido o alcalino. Así en el caso de Parathion, la hidrólisis se verá aumentada muchas veces con el uso de un material alcalino como hidróxido de sodio, carbonato de sodio o aún cal o carbonato de calcio. A continuación se muestra esta reacción:

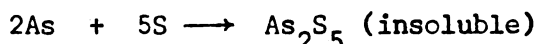
Hidrólisis



Otros tipos de reacciones químicas que pueden ser usadas para deshacerse de plaguicidas incluyen oxidación por aire húmedo, oxidación con permanganato y, en el caso de hidrocarburos clorinados, reducción ácida leve con zinc o con una aleación de zinc y cobre.

Es difícil deshacerse de plaguicidas que contengan elementos metálicos tales como arsénico, mercurio, plomo, o cadmio debido a la persistencia del elemento. Puede usarse un tratamiento para formar sulfuro insoluble que luego pueda ser desechado.

Formación de sulfuro (As⁺⁵, Cu⁺², Cd⁺², Pb⁺², Hg⁺²)



7. Métodos de desecho en la tierra

Hay una cantidad de métodos que pueden ser usados para desechar plaguicidas en la tierra. Cuando se trata de cantidades relativamente pequeñas de agroquímicos a veces este es el sistema más conveniente y práctico.

- a. Desecho en pozos abiertos. El desecho en pozos abiertos no puede recomendarse en el caso de plaguicidas, ya que el riesgo de contaminación para el aire y el agua es demasiado elevado.

- b. Sitios de relleno. Un sitio de relleno, o sea, un sitio para desecho de basuras que luego se cubre, puede recibir una cantidad muy limitada de plaguicida. La limitación está en la cantidad de agroquímico que puede ser adsorbido, evitando que se filtre hasta la napa freática o que se descomponga con la basura. Debe tenerse cuidado en la ubicación del pozo de modo que no haya peligro de contaminación tanto para aguas en la superficie como para aguas subterráneas.

- c. Relleno sanitario. El relleno sanitario es un sitio de desecho en donde, al final de cada día el material que ha sido arrojado al pozo se cubre con una capa de suelo, la que se aprieta bien mediante el uso de aplanadoras de modo que quede bien sellada. El relleno sanitario es más apropiado como sitio de desecho de cantidades limitadas de agroquímico que los dos sistemas mencionados anteriormente. Las capas de suelo aseguran la adsorción del agroquímico y restringen la escorrentía, y a la vez hay suficiente actividad microbiológica como para incrementar la degradación de los plaguicidas. Sin embargo, si el relleno sanitario va a ser usado para desechar pequeñas cantidades de agroquímicos, el relleno sanitario debe ser manejado cuidadosamente. Se supone que dicho relleno debe estar ubicado lejos de sitios de habitación de seres humanos y en un sitio con una formación geológica donde no haya peligro de contaminación de las aguas.

- d. Sitios especiales de desecho. Otro medio para deshacerse de ciertos tipos de agroquímicos en cantidades limitadas puede ser el desecho en el suelo, siempre y cuando sea correctamente manejado. Este sistema es más eficiente para deshacerse de productos químicos inorgánicos que de productos químicos orgánicos o metales pesados. Para el manejo de dichos sitios se utiliza una combinación de medios químicos y microbiológicos para lograr la descomposición del producto químico.

Se hacen pequeños pozos de, aproximadamente, un metro de profundidad. El fondo del pozo se cubre de cal y, en el caso de un agroquímico soluble en agua, de carbón. Si se dispone de materia orgánica como hojas o césped, o mejor aún, de heces animales, se la puede añadir al pozo para acelerar el

desdoblamiento. Se coloca una pequeña cantidad del producto químico en el fondo del pozo y se cubre con una capa de suelo seguida de una de cal, más agroquímico y materia orgánica. El pozo no debe llenarse con producto químico más allá de quince a veinte centímetros de la superficie. El pozo se termina de llenar con suelo y se aprieta firmemente. Las dimensiones de un sitio de desecho de este tipo debe ser de alrededor de 1.5 m de profundidad por 1.5 m de diámetro, y no se debe sobrecargar de sustancias químicas. La combinación de cal y materia orgánica, donde se pueda conseguir, facilita el desdoblamiento de agroquímicos tales como organofosfatados, carbamatos, amidas y triazinas. En aquellas áreas en que se dispone de grandes cantidades de desechos animales, estos pozos pueden emplearse para deshacerse de pequeñas cantidades de plaguicidas organoclorinados. Estos pozos que hemos descrito no deben estar ubicados a menos de 6 a 8 metros unos de otros. Hay que insistir de nuevo en que deben localizarse en sitios seleccionados cuidadosamente para evitar la contaminación de las aguas y en donde se pueda evitar la entrada de personas no autorizadas.

e. Biodegradación en el suelo

La biodegradación en el suelo es una variación del método descrito en el acápite d. En este caso, en vez de enterrar el agroquímico en pozos, se le distribuye sobre una extensión amplia dentro de y sobre el suelo. Esto puede hacerse inyectando el material directamente en el suelo o rociándolo por encima y luego arando el terreno. El sitio seleccionado para la biodegradación debe estar seleccionado con el fin de evitar la contaminación de las aguas y la entrada de personas no autorizadas.

DEGRADACION DE PLAGUICIDAS EN EL SUELO

<u>Tipo de plaguicida</u>	Tiempo necesario para que la mitad se desdoble en el suelo (días)*	
	<u>Promedio</u>	<u>Máximo</u>
Organofosfatados	47	290
Triazinas	82	212
Carbamatos	172	817
Ureas sustituidas	355	3103
Hidrocarburos clorinados	2256	7987

* Adaptado de A. Mercado y Ykahnovitch en "Behaviour of Pesticides in Soil". Publicación especial No. 82, Division Sci. Pub., 1977.

El área destinada a la biodegradación de los plaguicidas debe ser manejada en forma bastante similar a como uno manejaría una buena tierra de uso agrícola; o sea, debe tener suficientes cantidades de materia orgánica, recibir cierta fertilización y, si es necesario, irrigación. El fin de la biodegradación es estimular a los microorganismos del suelo y a las plantas a descomponer el agroquímico del que nos queremos deshacer. Debe mantenerse hasta donde sea posible con cubierta vegetal para evitar la erosión causada por el viento. Igualmente, debe de haber diques para atrapar el agua de escorrentía y llevarla a un sumidero o depresión para permitir que el suelo contaminado se asiente antes de que el agua se escurra. El área cercana al sumidero debe tener cubierta vegetal; quizá algún tipo de pasto de bajo crecimiento o plantas de hoja ancha. Estas sirven de filtro viviente y también ayudan a destruir el agroquímico. Toda el área de desecho debe contar con un límite de por lo menos 1.5 m cubierto de vegetación. Un sitio muy grande podría estar rodeado por un seto apropiado de plantas leñosas con el borde interior cubierto de hierba.

f. Sitios seguros para desecho de sustancias químicas

Se están construyendo sitios seguros para almacenar y desechar sustancias químicas muy tóxicas. Durante largos períodos de tiempo en estos sitios se almacenan agroquímicos en recipientes apropiados, o en pozos, o reciben otros tratamientos para elevar el nivel de seguridad del almacenaje. Varios países industrializados están empleando estas instalaciones para deshacerse de desechos tóxicos. En estos lugares pueden darse tratamientos limitados a los agroquímicos, tales como adsorción empleando carbón o resinas para reducir la movilidad del producto; puede usarse gelación o concreción. Uno de los fines que persigue este sistema es recuperar, en un futuro, por lo menos cierta cantidad del agroquímico.

Aunque estas instalaciones aseguran una colocación segura del producto, quizás sean más útiles para la industria y en aquellos sitios donde la recolección y el transporte del agroquímico no plantee un grave problema.

Desecho de recipientes

El desecho de recipientes que contuvieron plaguicidas es un problema serio. Si se arrojan bolsas de papel o plástico en zanjas, arroyos o dondequiera que el agroquímico pueda filtrarse al agua, puede causarse un problema de contaminación. No es indicado quemarlas, debido a que el residuo de plaguicida que queda en la bolsa no se quemaría completamente y por lo tanto causaría contaminación del aire, excepto en el caso en que se contara con hornos indicados. Se podrían enterrar en rellenos sanitarios o en el tipo de pozos mencionado en la sección "Desecho de agroquímicos". Estimular el desdoblamiento a través de la adición de fertilizante y/o de cal conforme sea necesario aceleraría tanto la degradación del plaguicida como la descomposición del envase.

El desecho de frascos de vidrio o de plástico, o de envases de metal plantea un problema ligeramente diferente. Es frecuente que las botellas

o frascos parezcan atractivos para otros usos. Ha habido casos de envenenamiento de seres humanos cuando se han usado recipientes de plaguicidas para otros fines después de que se gastó el plaguicida. Asimismo, si no se desechan apropiadamente estos recipientes puede causarse contaminación ambiental. Aunque estos recipientes sean cuidadosamente lavados, nunca deben usarse para guardar agua para consumo humano o cualquier otro tipo de alimento. Probablemente es mejor reciclar los recipientes de vidrio y metal para ser usados con el mismo plaguicida o con un producto similar.

Es importante hacer notar que, aunque los recipientes que contuvieron plaguicidas se laven muy cuidadosamente, es imposible dejarlos completamente libres de productos químicos. Cuando el recipiente está vacío aún quedan de dos a diez gramos de elementos residuales; en estaciones de mayor tamaño el residuo que queda será proporcionalmente mayor. Si se permite que queden dentro del recipiente, luego será más difícil eliminar estos residuos; por lo tanto, se recomienda que cualquier envase de plaguicida líquido se enjuague por lo menos tres veces con agua o con un solvente apropiado y que estos líquidos sean añadidos a la mezcla de aspersión. Los enjuagues deben efectuarse inmediatamente después de vaciar el recipiente. De esta forma se elimina entre 95% - 99% de los residuos que hubieran quedado si no se hubiera efectuado estos enjuagues. Es posible efectuar algunos tratamientos más elaborados para eliminar el resto del plaguicida. En el caso de insecticidas organofosfatados o de carbamatos, el empleo de una solución alcalina como hidróxido de sodio o carbonato de sodio seguido por un enjuague con detergente y un período de remojo con una suspensión de carbón en agua reduce el residuo a niveles muy bajos o casi inexistentes.

El medio de deshacerse de recipientes más grandes tales como estaciones, barriles y tanques es quizá emplearlos para los mismos productos. Cada vez resulta más económico devolver estos recipientes a un centro de reacondicionamiento para volverlos a poner en condiciones de trabajo. Este reacondicionamiento puede consistir en un enjuague con el solvente orgánico apropiado seguido de una limpieza a vapor y, ocasionalmente, el raspado con una cadena para quitar el forro plástico, seguido de un revestimiento interior del estación. Y ya están listos para ser usados de nuevo. Sin embargo, estas actividades deben efectuarse en instalaciones bien equipadas.

Resumen

El desecho correcto de plaguicidas sobrantes o dañados, y de los envases que contuvieron plaguicidas es muy importante. Si esto no se efectúa correctamente pueden presentarse riesgos para los seres humanos y contaminación del medio ambiente. Existe una serie de prácticas que pueden seguirse para asegurar que estos desechos se hagan con seguridad. En el caso de cantidades menores, existe la posibilidad de usar filtros adsorbentes, tratamiento químico, estanques de oxidación y otros tratamientos. En otros casos (que no son los casos de las grandes industrias), algunas

prácticas como adsorción con carbón y resina, y desecho cuidadoso en la tierra ofrecen medios prácticos de desecho si se realizan cuidadosamente.

REFERENCIAS

1. KENNEDY, M. V. *et al.* Chemical and thermal methods for disposal of pesticides. *Residue Reviews*, Vol. 29, Page 89, 1969.
2. LAMBERTON, J. G. *et al.* Pesticide container decontamination by aqueous wash procedures. *Bulletin of Environmental Contamination of Toxicology*. Vol. 16, Page 528. 1976.
3. LAWLESS, E. D. *et al.* Guidelines for the disposal of small quantities of unused pesticides. Report TB 244557. Springfield, Va. National Technical Information Service. 1975.
4. LAWLESS, E. W. *et al.* The pollution potential in pesticide manufacturing. EPA, TS-00-72-04. 1972.
5. POWERS, P. W. How to dispose of toxic substances and industrial waste. Noyes, Data Corporation, Parkride, N. J. 1976.

TOXICOLOGIA DE PLAGUICIDAS Y SU EMPLEO POR
PERSONAS NO EDUCADAS

Virgil H. Freed*

Esencialmente, el mundo en que habita el ser humano es un mundo dominado por la química. El alimento que consume, la ropa que usa, el aire que respira, todo está formado por sustancias químicas. Por medio de diversas reacciones dentro del organismo viviente el alimento es transformado de modo que las células lo puedan utilizar. El oxígeno tomado durante la respiración es utilizado para "quemar" el alimento y suministrar energía o modificarlo para otros propósitos. Estas reacciones se efectúan por medio de proteínas que tienen funciones bastante específicas y son llamadas enzimas. Las enzimas estimulan o cambian el curso de una reacción sin participar de la misma, mediante un proceso llamado catálisis.

Las reacciones catalizadas por enzimas están controladas por diversos factores; entre ellos: temperatura, concentración de sales, cantidad de sustancias químicas sobre las que se debe actuar y, concentración de los productos de la reacción. Estos factores pueden acelerar o demorar la reacción dependiendo de su sensibilidad. Otras sustancias químicas también pueden regular estas reacciones; entre ellas son muy importantes las hormonas que existen dentro del sistema viviente. Por supuesto, éstas son muy importantes para regular la compleja maquinaria bioquímica de las células; sin embargo, otras sustancias químicas también están en capacidad de regular estas reacciones. Estas sustancias pueden provenir de alimentos consumidos por el organismo, o sea, pueden ser productos naturales; también pueden ser productos sintéticos como una droga o un plaguicida.

Desde hace bastante tiempo el ser humano ha tratado de regular los procesos vitales por medios químicos. Ha buscado sustancias que le ayuden a soportar el dolor, que curen sus enfermedades, o que de una u otra manera le faciliten la vida. Conforme se amplió el campo de acción de la química fue muy natural que el ser humano iniciara ensayos con sustancias químicas como drogas, plaguicidas y para muchos otros propósitos. Así fue como se desarrollaron los productos químicos para controlar insectos, malezas, hongos, bacterias y otros organismos que presentan riesgos para la salud y el bienestar del hombre. Gracias a que los productos empleados podían regular los procesos vitales fue que demostraron su efectividad para estos propósitos.

Para muchas personas, la acción de un producto químico en un organismo viviente parece ser un proceso misterioso. Aunque muchas de estas personas pueden usar diversos productos químicos diariamente, algunos de los cuales pueden ser bastante tóxicos, existe una tendencia a pensar que algunos de estos productos son esencialmente "venenos". Lo cierto es que

* Oregon State University, Corvallis, Oregon.

cualquier sustancia química puede ser venenosa si se la suministra en cantidades suficientemente elevadas y de la manera apropiada. Este hecho era conocido por los médicos y los químicos del siglo XVI pero aparentemente no forma parte del conocimiento general. Así, aún las sustancias que componen nuestros alimentos, si se consumen en dosis suficientemente elevadas, pueden ser tan perjudiciales como cualquiera de los productos químicos empleados como plaguicidas. Es importante mantener este concepto en mente en relación con la toxicología, pero existen algunos otros principios de naturaleza similar que pueden ayudar a entender la acción de una sustancia química en un organismo viviente.

Hemos enunciado el primer principio de la toxicología, o sea, que cualquier sustancia química en suficiente cantidad es dañina para el organismo. Posiblemente no sea demasiado exagerado decir que cualquier sustancia química será tóxica para cualquier organismo si la dosis es suficientemente amplia y si se la administra de la manera correcta. Las llamadas sustancias químicas naturales que componen nuestros alimentos pueden, en cantidades excesivas, ser tan perjudiciales como algunas sustancias químicas sintéticas. De esta manera, materiales como las vitaminas A y D, el hierro, muchos aminoácidos y otras sustancias, son peligrosas cuando se las consume en dosis demasiado elevadas.

Otro principio importante que debe tenerse en cuenta es que un efecto perceptible causado por una dosis de cualquier sustancia química es una advertencia de peligro potencial. Una sola exposición que produzca un efecto puede o no puede causar daños permanentes, dependiendo de si los efectos son reversibles o no.

Un principio importante que debe ser considerado es la distinción o diferencia entre la toxicidad immanente de una sustancia y, el riesgo que puede causar. Una sustancia química específica puede ser muy tóxica en ciertas formas o si se la emplea de cierta manera, pero si rara vez se la encuentra de esa forma o se la emplea de esa manera, el riesgo puede ser bajo. Como ejemplo veamos el caso de arsénico. El arsénico es nativo de nuestro medio ambiente, en algunos suelos se le encuentra en concentraciones de hasta 10-20 ppm y en algunos mariscos su concentración llega a 30 y 50 ppm. Sin embargo, el arsénico en la naturaleza es, en la mayoría de las veces, relativamente poco disponible. Solamente en algunas formaciones geológicas especiales puede estar suficientemente disponible como para contaminar las fuentes de agua. En consecuencia, aunque el arsénico es muy tóxico en ciertas formas, bajo las condiciones más naturales presenta pocos riesgos para el hombre. De manera similar, hay algunos compuestos sintéticos, plaguicidas que poseen elevados índices de toxicidad immanente, que si se manipulan con las precauciones debidas presentan pocos riesgos de envenamamiento. De esta manera, se pueden identificar cuatro factores que especifican el riesgo presentado por una sustancia química específica. Estos son:

- 1.- La toxicidad intrínseca.
- 2.- La selectividad, o el espectro de especies afectadas.
- 3.- La estabilidad de la sustancia química.
- 4.- La movilidad de la sustancia química en el medio ambiente.

Finalmente, debe recordarse que los procesos en el ambiente y en los organismos vivientes son dinámicos. Como resultado, cuando se introduce una sustancia química en estos sistemas, inmediatamente será objeto de alteraciones ya sea por medio de procesos químicos, bioquímicos o físicos. Por ejemplo, tan pronto como se libera un producto químico en el ambiente, va a ser sometido a alteración fotoquímica, hidrólisis, oxidación, ataques biológicos, así como a adsorción y otras modificaciones físicas. Todos estos procesos tienden a reducir la concentración del compuesto original, reduciendo, por lo tanto, la dosis efectiva. Un buen ejemplo de esta acción puede encontrarse en un insecticida organofosforado. El Malathion es un ejemplo de un compuesto altamente tóxico para mamíferos. Esto no se debe a que sea menos tóxico para las células de los mamíferos que otros organofosforados, sino a que los mamíferos y, entre ellos el hombre, poseen un sistema enzimático eficiente para detoxificarse del Malathion.

A pesar de que la bioquímica y la fisiología emplean características generales para hacer clasificaciones amplias de los organismos, tanto las particularidades entre especies y, aún entre miembros individuales de una población, determinan la respuesta a una cantidad específica de sustancia química. Si por ejemplo, cada miembro de un grupo de animales recibe una dosis predeterminada de alguna sustancia química dada, mientras que grupos similares reciben simultáneamente, dosis cada vez mayores de la misma sustancia, se encontrarán números cada vez más elevados de organismos afectados. Así, en el grupo que recibió la dosis menor, uno ó dos individuos mostrarán una respuesta que puede ser medida, ya sea muerte o alguna otra reacción menos drástica y, conforme la dosis fue mayor, así será el número de individuos que muestre la respuesta. Si la respuesta se considera perjudicial para el organismo, la dosis que apenas la produce es denominada "el umbral tóxico". Las dosis inferiores se denominan "sin efecto" o "niveles sin efecto observable".

Conforme la dosis para cada grupo aumenta, el número de individuos afectados también aumenta hasta que, finalmente, todos los miembros del grupo responden. Esto da una curva de dosis/respuesta sesgada que puede ser transformada en una línea recta mediante la selección apropiada de representación gráfica que toma en cuenta la variabilidad estadística de una población grande. Las respuestas son bastante variables. La medida más confiable estadísticamente es la del nivel medio -la dosis que causa una respuesta en un 50% de los individuos. Pueden denominarse ED₅₀, LD₅₀ o LC₅₀ dependiendo de si se trata de una respuesta no-letal, muerte, o la concentración que ocasiona una respuesta de 50%.

Aunque estos valores son los datos de toxicidad que se tabulan con más frecuencia, la muerte es un indicador burdo y poco informativo sobre los daños orgánicos. Por una parte, no todos los efectos dañinos son inmediatamente letales para los individuos que han estado expuestos a ellos. Por ejemplo, la exposición continua a ciertas hidrocarburos polinucleares, finalmente, causa tumores en los animales; los tumores pueden ser dañinos, aun cuando los hidrocarburos resulten relativamente bajos en toxicidad al evaluarlos en los términos usuales en que se evalúan los envenenamientos. La sustancia 2, 3, 7, 8-tetraclorodibenzo-P-dioxina o TCDD, una impureza contenida en 2, 4, 5-T, puede ocasionar erupciones en la piel a dosis inferiores a la dosis letal. A mayor escala, DDT y algunos otros compuesto

organoclorinados pueden causar fallas en la reproducción de algunos pájaros y peces a niveles que no son tóxicos en otros aspectos al animal expuesto. En cada caso, la relación dosis/respuesta se mantiene válida, aunque la complejidad fisiológica puede oscurecer los detalles.

En forma muy amplia, las respuestas a la toxicidad de las sustancias químicas están categorizadas como agudas, subagudas o crónicas. Los efectos agudos son aparición rápida de enfermedad y, posiblemente, muerte. Los efectos subagudos producen una enfermedad menos seria y, si se continúa la exposición, pueden en definitiva resultar en muerte. Los efectos crónicos son aquellos que surgen ya sea de bajos niveles de exposición durante largos períodos de tiempo, o exposición a una sustancia química de toxicidad baja aguda. Los efectos crónicos incluyen aquellos efectos como carcinogenesis, p. e. la producción de tumores; mutagenesis (causan daños genéticos irreversibles); y tetarogenesis, o producción de deformaciones en el feto. Como ejemplo de este último efecto pueden citarse la droga Talidomida y una cantidad de alcaloides vegetales.

Es importante recordar que no importa cuán tóxico sea el producto químico, no habrá efecto si no hay exposición. Así, si el nivel de exposición es evitado o minimizado, el efecto también será mínimo o no observable. Por lo tanto, es importante que las personas que deban trabajar con plaguicidas comprendan algo de los principios que hemos expuesto y los métodos para minimizar su exposición al agroquímico.

Hay diversas formas de como una persona puede verse expuesta a los efectos de una sustancia química. En primer lugar tenemos la exposición a agroquímicos ambientales mediante la exposición de la piel, el sistema respiratorio, o a través de ingestión oral. Cuando se trata de plaguicidas, la ruta de exposición predominante variará según se maneje el material y, las propiedades del mismo. Por ejemplo, cuando se trata de un compuesto con una baja presión de vapor, baja solubilidad en agua, y bajos niveles de absorción por la piel, es posible que la exposición sea primordialmente por medio de alimentos o de agua que han sido contaminados.

La ruta de exposición, ya sea por la piel, la respiración o por ingestión oral es importante tanto por la cantidad de agroquímico absorbido y por la rapidez como ocurre la respuesta. Esto es debido a la naturaleza de la barrera y la cantidad de sangre que llegue a esa barrera particular. También, si la piel, las células respiratorias, o la mucosa intestinal absorben compuestos solubles en grasa o compuestos solubles en agua más rápidamente que otras, esto influirá la cantidad de material absorbido y la rapidez con que actuará.

Como ilustración, se ha encontrado que hay grandes diferencias en el nivel de absorción de Paration por diferentes porciones de la piel. Puede oscilar desde 12% en las manos hasta 50% en las mejillas.

Es casi inevitable evitar la exposición a los plaguicidas que se aplican. Esto es particularmente cierto en el caso de individuos que aplican plaguicidas con bombas de mochila. En efecto, algunos estudios recientes han demostrado que la exposición es mayor para aquellas personas que estén aplicando plaguicidas con bombas de espalda que en el caso de aplica-

ción con tractores o aplicación aérea. Sin embargo, el nivel de exposición puede ser minimizado mediante la selección de la formulación adecuada, el empleo correcto del equipo y, el uso de ropa protectora.

Tal como se mencionó antes, los efectos negativos que resulten de la exposición dependerá de la dosis recibida. Así, si se toman las precauciones indicadas en términos de los factores enumerados, la exposición puede ser reducida. Por ejemplo, los polvos mojables generalmente causan menos exposición dérmica que los concentrados emulsificables. Esto se explica porque el ingrediente activo está combinado con una arcilla u otro ingrediente inerte para formar el polvo mojable. La arcilla o ingrediente inerte previene la entrada fácil a través de la piel, como sucedería si se tratara de un concentrado emulsificable.

No importa la formulación que se esté usando, la exposición vendrá del manipuleo y de la mezcla del material, así como de las aplicaciones. Supongamos que se toman las precauciones debidas para evitar la exposición durante el manipuleo y la mezcla; qué puede hacerse luego para reducir la exposición durante la aplicación? De nuevo, supongamos que se trata de un pequeño agricultor que está utilizando una bomba de mochila. Gran parte de su exposición será causada por el rocío finísimo, especialmente si está tratando de aplicar el material con bajo volumen a una presión relativamente alta. En contraste, la exposición a estas gotitas puede minimizarse mediante el uso de boquillas más grandes y mayores volúmenes de agua. Otra fuente de peligro, en mi opinión muy importante, se encuentra en las plantas que han recibido tratamiento.

Las personas que trabajan con bombas de mochila tienden a sostener el aplicador de la bomba frente a ellos para ver mejor a la hora de hacer la aplicación. Esto moja las plantas y cuando la persona camina por entre ellas se le mojan los pantalones o le caen las gotas directamente en la piel, resultando en exposición dérmica directa.

Si el trabajador, en vez de rociar las plantas que se encuentran directamente frente a él, rociara hacia un lado y caminará por entre las plantas que aún no han sido tratadas, esto reduciría bastante la exposición.

Finalmente, llegamos a la función de la indumentaria apropiada para reducir la exposición. Cuando se trata de materiales altamente tóxicos a concentraciones elevadas, no hay sustituto para las ropas de caucho o de plástico. Sin embargo, a menudo las concentraciones están bastante diluídas o la toxicidad es suficientemente baja como para que no se necesite ropa de caucho o de plástico siempre y cuando se use otra ropa apropiada. Camisas de manga larga, pantalones largos, zapatos cerrados o botas, a menudo ofrecen bastante protección. Sin embargo, uno de los problemas es que a veces los obreros usarán la misma ropa durante varios días cuando están fumigando, o incluso después de que han terminado, cuando ya estas ropas se han contaminado bastante con la sustancia química. Bajo tales circunstancias, se sugeriría que la ropa que se usa para fumigar sea lavada y secada directamente al sol. Debe recordarse que los rayos ultravioleta del sol ayudan a desdoblarse la sustancia química.

Debido a que es un problema el lograr protección contra la exposición dérmica, se ha buscado la posibilidad de tratar la indumentaria corriente con alguna sustancia química para elevar el rechazo al rocío. Se ha encontrado que el uso de resina fluorialipática (Scotchgard) puede elevar bastante el rechazo al rocío, reduciendo así la exposición dérmica. Casi cualquier tipo de ropa puede tratarse con este material incluyendo zapatos de cuero, para reducir este tipo de exposición. La ropa tratada puede lavarse dos o tres veces antes de necesitar un nuevo tratamiento.

Si uno lo desea puede hacerse una especie de poncho con un trozo grande de tela y usarlo cuando quiera que vaya a fumigar. Esto protegería la parte superior del cuerpo hasta por lo menos las rodillas. Con seguridad protegería al operario de una bomba de espalda de parte del derrame que ocurre con frecuencia. Si además se usaran botas o los pantalones estuvieran tratados con un material similar (Scotchguard), se lograría una gran cantidad de protección.

Tomando en cuenta las temperaturas que normalmente se encuentran en las regiones tropicales y subtropicales, la exposición respiratoria puede ser un problema debido a la vaporización de las sustancias químicas y, por su puesto, a las gotitas que se puedan formar. Si no se contara con nada mejor, un trozo de tela limpia atado sobre la nariz y la boca reduciría el nivel de exposición respiratoria. En el caso de materiales más tóxicos debe usarse siempre la máscara de caucho. Por supuesto que éstas son incómodas y a menudo es difícil que los trabajadores las quieran usar. Últimamente se están efectuando investigaciones para desarrollar una máscara liviana de tela o de papel que absorba los vapores y que proteja contra las gotitas. Estas máscaras serían razonablemente frescas y cómodas, no como un pañuelo atado alrededor de la cara. Aún cuando los resultados preliminares parecen promisorios, se necesita más investigación antes de poder recomendar estas máscaras.

Aunque todo lo que se ha dicho en este trabajo nos indica como reducir las posibilidades de exposición y por lo tanto los efectos tóxicos de las sustancias químicas a menos que estos conocimientos lleguen a las personas que trabajan directamente con plaguicidas, es poco probable que estas personas hagan uso de las mismas. Por lo tanto es importante que, para proteger al pequeño operador, se hagan todos los esfuerzos para educarlos en las prácticas apropiadas. Esta educación puede venir de reuniones, conversaciones individuales con los expertos agrícolas apropiados, por medio de folletos especiales que contengan dibujos, o por medio de películas baratas.

En mi opinión este adiestramiento no cae únicamente bajo la responsabilidad del gobierno y de las universidades, sino también de la industria, no sólo de agroquímicos sino de cualquier industria relacionada con agricultura. Sería muy deseable que el gobierno, las universidades y la industria se unieran en un esfuerzo común para ayudar al pequeño agricultor y especialmente a los menos educados a comprender mejor los plaguicidas y la manera de evitar sus efectos adversos.

Cuadro 1.- Toxicidad aguda de Sustancias Químicas y Drogas

LD ₅₀ Aguda POR VIA ORAL		DOSIS PROBABLEMENTE LETAL PARA EL HOMBRE	
Toxicidad (mg/kg)	Nivel de Toxicidad		
5000 = 15.000	I		Hasta 1 kilogramo o litro
500 5.000	II		Hasta 1/2 kilogramo o litro
50 500	III		Hasta dos cucharadas
5 50	IV		Hasta una cucharada
	V		Fracción de un mililitro

Cuadro 2.- Valores agudos LD₅₀ por vía oral y dérmica de insecticidas organofosforados en ratones blancos, hembras y machos.*

Compuesto	LD ₅₀ oral (mg/kg)		LD ₅₀ dérmico (mg/kg)	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Carbofenotion	30	10.0	54	27
Clortion	880	980	4500	4100
Co-Ral	41	15.5	860	--
DDVP	80	56	107	75
Delnav	43	23	235	63
Demeton	6.2	2.5	14	8.2
Diazinon	108	76	900	455
Dicapthon	400	330	790	1250
Dimethoate	215	--	400	--
Di-Syston	6.8	2.3	15	6
EPN	36	7.7	230	25
Ethion	65	27	245	62
Fenthion	215	245	330	330
Guthion	13	11	220	220
Malation	1375	1000	4444	4444
Methyl paration	14	24	67	67
Methyl Trition	98	120	215	190
NPD	--	--	2100	1800
Paration	13	3.6	21	6.8
Phorate	2.3	1.1	6.2	2.5
Phosdrin	6.1	3.7	4.7	4.2
Phosphamidon	23.5	23.5	143	107
Ronnel	1250	2630	--	--
Schradon	9.1	42	15	44
TEPP	1.05	--	2.4	--
Trichlorofon	630	560	2000	2000

* Con excepción del valor LD₅₀ por vía dérmica para el dimethoate, estos valores fueron determinados por la Sección de Toxicología bajo condiciones estandar.

Fuente: Hayes, W.J. 1963

Cuadro 3.- Valores agudos LD₅₀ por vía oral y dérmica de insecticidas con hidrocarburos clorinados, en ratones blancos (machos y hembras).

Compuesto	LD ₅₀ oral (mg/kg)		LD ₅₀ Dérmico (mg/kg)	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Aldrin	30*	60*	98*	98*
Clordano	335*	430*	840*	690*
Clorobenzilato	1040*	1220	--	--
DDA+	740*	600	--	--
DDE+	880*	1240*	--	--
DDT	113*	118*	--	2510*
Dieldrin	46*	46*	90*	60*
Dilan	--	--	6900*	5900*
Endrin	17.8*	7.5*	--	15*
Heptacloro	100	162	195	250
Isodrin	15.5*	7.0*	35*	23*
Kelthane	1000*	1000*	1230*	1000*
Lindane	88	91	1000	900
Metoxyclo	(6000.0)**	--	--	6000*
Perthane	4000*	4000*	--	--
TDE (DDD)	(3400)**	--	--	--
Thiodan	43	18	130	74
Toxafeno	90*	80*	1075	780

* Estos valores fueron determinados por la Sección de Toxicología bajo condiciones estandar.

** No se especificó el sexo.

+ Metabolito de DDT

Fuente: Hayes W.J. 1963

Cuadro 4.- Valores agudos LD₅₀ de ditiocarbamatos en ratas

Compuesto	Valor LD ₅₀ (mg/kg)
Ferbam	17.000
Ziram	1.400
Manes	7.500
Zines	5.200
Nasam	395

Fuente: Hayes, W. J. 1963

Cuadro 5.- Valores agudos LD₅₀ por vía oral de herbicidas clorofenoxi en ratones.

Compuesto	Valor LD ₅₀ (mg/kg)
2,4-D - ácido	375
- sales de sodio	666 - 805
- butyl esteres mezclados	620
- esterisopropyl	700
2,4,5-T- ácido	500
- butyl esteres mezclados	481
- esterisopropyl	495
MCPA - ácido	700
- sales aminas	1.200

Fuente: Hayes, W. J. 1963

Cuadro 6.- Toxicidad oral en ratas de dinitrofenoles sustituidos seleccionados.

Compuesto (R = 4,6-dinitrofenol)	Tolerancia aguda Dosis (mg/kg)	LD ₅₀ Agudo (mg/kg)	Concentración Tolerada en la dieta (ppm)
2 - Metil-R (DNOC)	10	30	100
2 - sec-butil-R	5	37	100
2 - cicloexil-R	30	80	500

Fuente: Hayes, W. J. 1963

PRACTICAS PARA EVITAR LA CONTAMINACION
A NIVEL DE PEQUEÑO AGRICULTOR

Virgil H. Freed*

Introducción

El problema de la contaminación está siempre presente en la manufactura, formulación, empleo y desecho de plaguicidas. Es claro que estos productos son de vital importancia para la agricultura y para combatir muchas enfermedades humanas pero, como causantes de contaminación pueden ocasionar serios problemas. A pesar de los problemas que se nos presenten y que tenemos que solucionar en el uso de plaguicidas, no hay duda de que tendremos que continuar empleándolos para asegurar la producción de alimentos y la protección de la salud.

Muchos de los problemas que se originan en la contaminación causada por los plaguicidas ocurren debido a sistemas deficientes de manipulación, empleo y reglamentación. Como resultado encontramos que los plaguicidas pueden causar serios problemas de residuos demasiado altos en cultivos alimenticios, contaminación del agua y del suelo, desarrollo de resistencia en organismos que se desea combatir, y envenenamiento de seres humanos.

Si se aplicaran algunas prácticas sencillas de sentido común sería posible evitar muchos de los problemas relacionados con plaguicidas. Las firmas manufactureras poderosas generalmente tienen, o deberían tener, el conocimiento técnico, el equipo y el deseo de controlar sus problemas de contaminación; es con los formuladores, distribuidores o usuarios en pequeña escala que a menudo ocurren los problemas. La solución a estos problemas empieza con educación o capacitación, selección apropiada de agroquímicos y de fórmulas, prácticas de uso y de desecho inteligentes, y reglamentación efectiva. Es conveniente hacer algunos comentarios sobre cada una de estas prácticas:

Reglamentación

Así como los gobiernos tienen leyes y reglamentos para otros asuntos, es necesario que existan leyes y reglamentos para la importación, manufactura, formulación, distribución, empleo, y desecho de plaguicidas. Los reglamentos bien diseñados y puestos en práctica de manera eficaz pueden ayudar a reducir los problemas de contaminación. No es necesario que los reglamentos sean amplios y complejos, pero deben estar diseñados para alcanzar propósitos específicos. Más aún, deben ser útiles, tanto para el usuario como para la industria agroquímica y además estar implementados de tal manera que alcancen ese fin.

* Oregon State University, Corvallis, Oregon.

Los reglamentos deben tener el propósito de asegurar la importación o la manufactura de los productos necesarios y que sean efectivos para el uso que se les piensa dar. También deben estar administrados de tal manera que garanticen que el producto ofrecido en el mercado contenga la cantidad de ingrediente activo de la calidad adecuada que está especificado. También debe tomar en cuenta el modo como se empaqueta y se vende el producto, así como la información que debe aparecer en la etiqueta. Es imprescindible que los reglamentos den normas claras en cuanto al tamaño y tipo de empaque apropiados para el ingrediente, el clima y el mercado, y que desestimulen el uso de recipientes usados. Entre los requisitos que deben satisfacer las etiquetas debe contarse el empleo de idioma y símbolos comprensibles para el usuario, así como indicaciones claras sobre la preparación y uso del plaguicida en cuestión y también tratamiento médico de emergencia en caso de envenenamiento.

A menudo los problemas de contaminación relacionados con plaguicidas empiezan a aparecer con la distribución. Esto puede ocurrir cuando un intermediario reenvasa el agroquímico, o lo vende a una persona que carece de los conocimientos o el equipo necesarios para aplicarlo, o sigue otros procedimientos inadecuados de distribución. Otro problema que se presenta a este nivel está relacionado con almacenamiento y envíos. Los plaguicidas no deben ser transportados en el mismo vehículo en que se transportan artículos como alimentos o ropas; esta práctica ha causado gran cantidad de envenenamientos. También es importante contar con áreas apropiadas para almacenar plaguicidas; es importante recordar que los plaguicidas son venenos y deben ser tratados como tales. Esto significa que el área de almacenamiento debe estar ubicada lejos del resto de las operaciones en un sitio en donde, en caso de un accidente o un derrame, no vaya a ocasionarse contaminación de arroyos o de aguas subterráneas, o de sitios frecuentados por seres humanos. Es necesario que existan reglamentos apropiados que prevean estos problemas.

Finalmente, debido a que siempre habrá envases sobrantes y plaguicidas dañados, debe haber un reglamento que contemple la manera de deshacerse de éstos, incluyendo tanto los métodos de desecho como los sitios indicados para hacerlo. Muchos de estos envases y sobrantes deben desecharse en el suelo, en cuyo caso debe escogerse un sitio en donde no vaya a resultar contaminación de las aguas ni haya peligros de envenenamiento para seres humanos o animales, y donde los productos químicos se degraden hasta convertirse en productos inocuos.

Selección de agroquímicos y fórmulas apropiados

Frecuentemente la naturaleza de la plaga determina el tipo de plaguicida que debe emplearse. En otros casos, puede haber varios plaguicidas que pueden ser igualmente efectivos, pero en donde cada uno presenta una ventaja o característica particular que debe ser tomada en consideración.

Al seleccionar plaguicidas debe tomarse en consideración si el producto en cuestión calza dentro de una buena práctica de producción agrícola que sea compatible con un sistema integrado de manejo de plagas. Así, si un

aplicado con una bomba de mochila, una bomba de tractor o con una avioneta, el equipo debe estar en buenas condiciones y debe usarse el tipo de boquilla adecuado para aplicar la cantidad indicada de rocío con el mínimo posible de solución arrastrada por el viento. Con mayor volumen de rocío y menor cantidad de presión, es menos probable que las gotas de rocío se desvien y contaminen otras áreas y otros cultivos.

Se sabe que en cualquier aplicación que se haga en forma de rocío, una parte del producto va a caer al suelo (entre 25 y 75 por ciento del producto, dependiendo del cultivo). Si después de la aplicación del plaguicida cae una fuerte lluvia que cause erosión, el suelo contaminado puede ser arrastrado hasta corrientes de agua o hasta otros cultivos y causar problemas. Esta es una de las grandes fuentes de contaminación en muchas regiones. Este problema podría reducirse bastante si el agricultor, cuando prepara el campo para la siembra, tomara algunas precauciones para evitar la erosión. Un método es asegurar que siempre haya una franja angosta de vegetación alrededor del campo que pueda interceptar el suelo erosionado; Esta podría ser una franja de césped, o algún otro cultivo plantado densamente, o algún otro tipo que pudiera ser empleado para alimento o para forraje. Otra manera sería trazar el campo de tal manera que el agua escurra en cierta dirección, y construir un sumidero al extremo del campo donde el agua podría fluir, y si permanece aunque sea un corto período de tiempo pierde mucho del suelo que lleva artes de continuar corriendo. También, si el sumidero está cubierto con vegetación, la acción filtradora de las plantas elimina gran cantidad del suelo contaminado.

Eliminación de desechos en la finca

Ya hemos mencionado el problema del desecho de recipientes y de agroquímicos sobrantes. Sin embargo, este es un tema tan importante que vale la pena repetir algunos comentarios en relación al desecho de estos elementos en la finca. El primer paso que debe observar el agricultor que desea evitar la contaminación es asegurarse que cuando se desocupa un envase, éste sea enjuagado cuidadosamente antes de desecharlo. Esto tiene dos propósitos, en primer lugar, se reduce la cantidad de plaguicida sobrante que queda en el envase desde varios mls. en un envase de a litro a menos de uno o dos mls de material diluido. Además, si cuando se desocupa un envase, éste es enjuagado tres veces y el agua del enjuague se añade a la bomba de aspersion, el agricultor está haciendo uso de todo el producto químico que compró y por lo tanto está ahorrando dinero.

Cuando deban desecharse agroquímicos dañados o envases usados en la finca, lo más probable es que habrá que hacerse en el suelo. En este caso, debe seleccionarse un sitio que quede bien lejos de la casa o de los sitios frecuentados por los animales, y sobre todo, lejos de donde pueda contaminar el agua. Un método de desecho en el suelo consiste en un hoyo en el que puedan enterrar el producto sobrante y el envase vacío. Estos hoyos o pozos deben tener alrededor de medio metro de profundidad y un metro de diámetro; después de que se depositen los desechos, debe ser cubierto de nuevo con el suelo que se había sacado. Si es posible conseguirlos, es conveniente cubrir el fondo y los lados de este hoyo con cal o carbonato de calcio. El

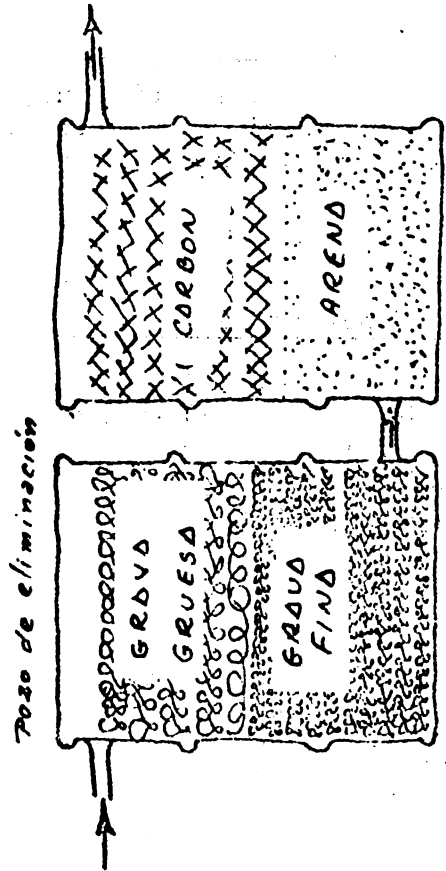
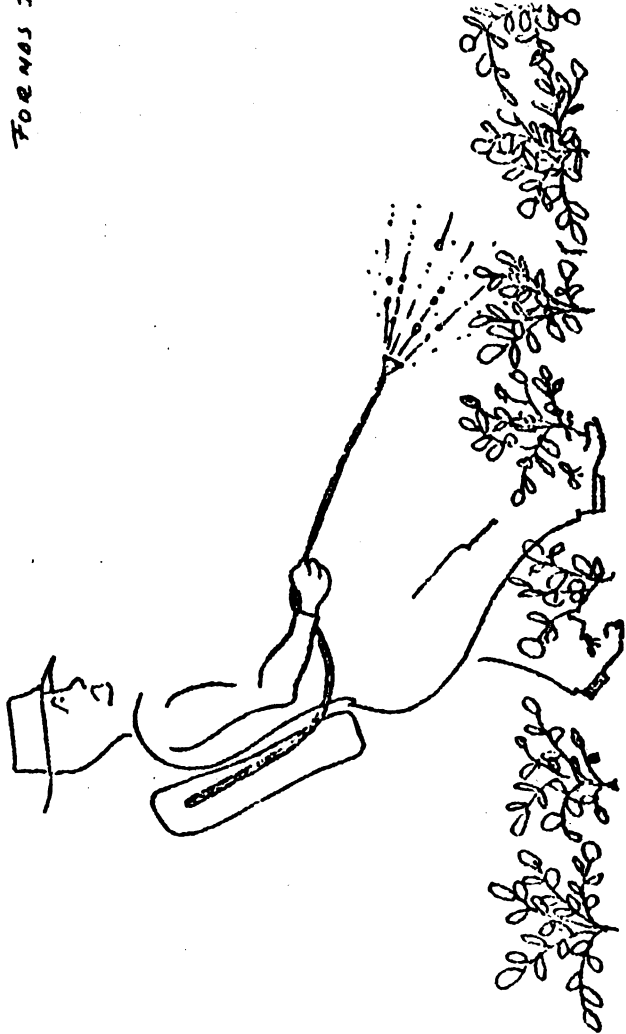
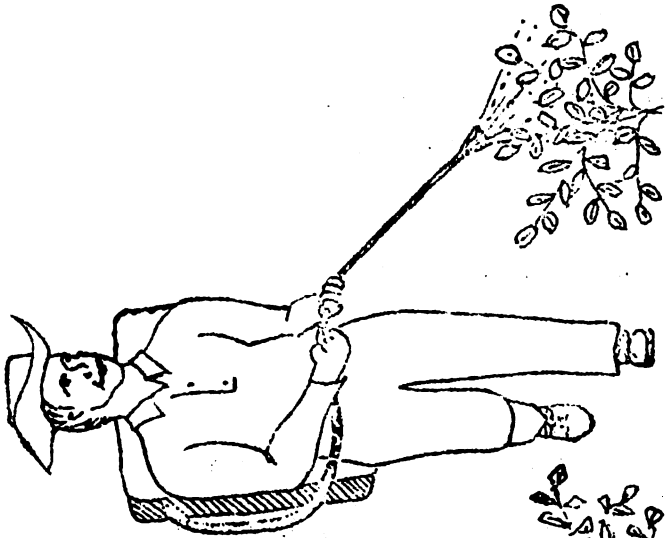
carbón, que es un buen adsorbente de productos químicos, puede ser usado también para asegurarse que el producto no se filtre. Cuando se tienen grandes cantidades de agroquímicos, o de envases vacíos que deben desecharse, los pozos deben ser más grandes y también es imprescindible usar el carbón y la cal para ayudar a neutralizar los plaguicidas. En este caso, el pozo debe recubrirse de carbón y cal, añadirse una capa de envases o de agroquímicos, luego una capa de suelo y una de carbón o cal; puede añadirse otra capa de envases o de agroquímicos pero finalmente todo esto debe recubrirse con una capa de 0.25 - 0.35 m de suelo.

Educación y capacitación

Ya ustedes deben haberse dado cuenta de que todo lo que se ha dicho con anterioridad se basa en el compartir el conocimiento necesario con aquéllos que emplean plaguicidas, si éstos tratan de evitar problemas de contaminación. Es mi creencia que el medio más efectivo de asegurarnos que se haga buen uso de los plaguicidas, de manera compatible con prácticas agrícolas apropiadas y evitando problemas de contaminación, es preocuparnos de que todas las personas que empleen estos productos posean la capacitación adecuada. Esto no quiere decir que el pequeño agricultor que emplea pequeñas cantidades de plaguicidas deba asistir a una escuela especial o a un curso corto, sino más bien que los comerciantes que negocian con agroquímicos, los agrónomos, funcionarios de los ministerios de agricultura, las universidades, y la industria deben preocuparse de que los individuos reciban la información necesaria para hacer uso de los plaguicidas en forma segura y efectiva. Esta información puede ser transmitida en forma de conversaciones, a través de trabajos escritos como boletines y folletos, o aún, libros ilustrados que muestren la manera indicada de manipular plaguicidas, así como muchas otras técnicas.

Dado el espíritu cooperativo y buena voluntad de parte de las entidades e individuos mencionados para compartir esta información y hacerla llegar a la gente, estoy seguro de que veremos al pequeño agricultor adoptar prácticas seguras que sean compatibles con buenas prácticas agrícolas.

FORMAS DE Aplicación



PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACION DE PLAGUICIDAS EN
SISTEMAS DE CULTIVO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES

Myron Shenk*

Introducción

Sin duda, en el proceso productivo de los pequeños agricultores (agricultores tradicionales) el aspecto que más se desconoce y abusa, es el de la utilización manejo de los plaguicidas. Los otros aspectos tales como variedades, fecha de siembra, fertilidad, control manual de malezas, etc. son manejados en una forma más adecuada que los plaguicidas.

Deficiencia en el manejo de plaguicidas

Las deficiencias en el manejo de los plaguicidas se pueden agrupar en cinco áreas: 1) selección del plaguicida adecuado; 2) cantidad que debe aplicarse y frecuencia de aplicación, 3) equipo disponible, 4) calibración equipo-operario, y 5) precauciones para proteger la seguridad personal y del medio ambiente.

Debido a la presencia de cultivos comerciales con alta tecnología en todos los países del Istmo, como caña de azúcar, banano y café, muchos de los agricultores tradicionales practican la tecnología de los cultivos en donde trabajan, en los cultivos básicos de sus propias fincas. Por ejemplo, es común encontrar agricultores que aplican herbicidas que se usan en banano, en campos donde van a sembrar maíz y aun frijol, o aplican en su maíz el mismo insecticida que se usa en caña. Además, la práctica de cultivos asociados aumenta la dificultad de escoger productos apropiados para fincas pequeñas.

Falta de conocimientos técnicos

El problema básico que vemos aquí es el de educación. No es la educación formal que se da en una escuela, sino la de enterarse de hechos técnicos. Es muy común encontrar agricultores que ni siquiera conocen el nombre de los herbicidas que están usando porque no los consiguen en envases originales. Por ejemplo, hablan de la atrazina como "el herbicida

* Especialista en Malezas, IPPC/AID, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

para maíz", del 2,4-D como "el herbicida para monte" o "para hoja ancha", y del MSMA como "el herbicida para zacates".

Las encuestas revelan que hay agricultores que aplican Totocol (mezcla comercial de diurón más paraquat) y además compran estos dos productos por separado, que los aplican junto con el Totocol, o unos días después, para complementar la acción del Totocol. Otros mezclan dos litros de esteron (2,4-D) hasta con cuatro litros de "2,4-D 6", sin darse cuenta que el principio activo es igual; así aplican hasta seis litros de 2,4-D/ha cuando uno o dos serían suficientes.

Se han encontrado agricultores que usan una mezcla de tres y hasta cinco productos. Las palabras del agricultor que estaba aplicando un coctel de MSMA + dalapón + paraquat + 2,4-D + aceite diesel, fueron: "yo sé que con tres de estos productos obrendría el mismo control, pero a mí me gusta ver las malezas marchitándose después de dos horas".

Productos apropiados

Otro problema muy común en la costa atlántica de Costa Rica es la aplicación de diurón más paraquat en gramíneas perennes, como *Paspalum fasciculatum* o *Panicum maximum*. En vez de controlar estas malezas perennes, los dos herbicidas tienden a eliminar las malezas susceptibles, dejando a estas dos con menos competencia, lo que permite que se tornen aún más agresivas y más predominantes.

En tomate y otras hortalizas, se abusa principalmente de los fungicidas. Es común la aplicación de Manzate más Benlate en dosis muy altas para controlar *Alternaria solani* en tomate y repetir dos veces por semana. En primer lugar, el Benlate no ejerce ningún control de esta enfermedad y en segundo lugar, se podría aplicar la mitad de manzate, o alternarlo con Daconil para obtener el mismo control.

En el caso de las enfermedades, el problema principal es la falta de identificación del problema. En el caso de *Alternaria solani* en tomate, se le confunde con *Phytophthora* que en alguna ocasión atacó a ese cultivo. Actualmente cualquier marchitez ("quema" o "tizón", como ellos lo llaman) es motivo para que apliquen la mezcla que "se recomendaba para aquel caso..." dos años atrás.

Dosificación

Tienen dos formas comunes de escoger las dosis a aplicar; una es la cantidad de producto por estación (50 galones de agua) y la otra es la cantidad por bomba.

En lugar de medir la cantidad de producto/ha, aplican con base en

un porcentaje. Además de no especificar la cantidad total por área, en muchos casos no diferencian entre una bomba de 16 o 20 litros.

En estudios realizados con dos agricultores que usaban 2 oz. de paraquat + 5 oz. de MSMA + 1.5 oz. de diurón por bomba, se verificó que el primer agricultor aplicaba 15 bombas/ha mientras que el segundo aplicaba 60. Los dos usaron esta mezcla para controlar malezas perennes (*Panicum maximum* y *Paspalum fasciculatum*) que tenían más o menos la misma incidencia.

El primero aplicaba .180 + 1.62 + .533 kg i.a./ha de los productos respectivamente, mientras que el segundo aplicaba .72 + 6.48 + 2.132 kg i.a./ha.

El control fue muy deficiente en el primer caso, lo que obligó a un control manual 30 días después de sembrado el maíz y otra aplicación de la misma mezcla 40 días más tarde. En el segundo caso, el nivel de diurón fue suficiente para perjudicar el desarrollo del maíz. Por lo tanto, además de tener un gasto excesivo por una sobredosis de herbicidas, se perdió en rendimiento y además esta mezcla no eliminó estas dos especies, las cuales se recuperaron en tal forma que fue necesario hacer un corte manual de ellas antes de la cosecha.

De esta manera, cuando se prepara el caldo por estación no se aplica una dosis determinada por área, porque depende de la cantidad de agua que se gaste. En la mayoría de los casos gastan de dos a cuatro estaciones/ha. Una mezcla común por estación es la de dos botellas + 5 botellas + una libra de paraquat, MSMA y diurón, respectivamente, para maíz o café, o 1 + 1 + 1 botella de s,4-D, MSMA y paraquat en cafés establecido. Además de la falta de precisión en la dosis, si pasan 400-500 litros de agua/ha, se aumentan los costos de aplicación significativamente (una botella = 750 ml.).

Afortunadamente, a pesar de aumentar los costos de producción, se ha tenido relativamente pocos problemas de fitotoxicidad en los cultivos con este tipo de aplicación, debido principalmente al hecho de que usan productos que no se aplican al suelo, para causar más tarde problemas de fitotoxicidad al cultivo. Pero cuando usan herbicidas aplicados al suelo, pueden tener serios problemas con este tipo de aplicación tan impreciso.

Equipo

En general el equipo de pulverizador de mochila (costal) es adecuado para la mayoría de los usos que se le da. Para la aplicación de herbicidas, tal vez el mayor problema de las bombas de mochila sea la boquilla ajustable que tiene el patrón de aspersión cónico. Este tipo de boquilla tiene el problema de la falta de uniformidad de aplicación en el extremo del cono en donde se traslapa una pasada con la siguiente. Si no es exacta la aplicación, hay una faja con doble dosis, o sin ningún plaguicida.

También tiene el problema de una pulverización muy fina, lo cual, siendo bueno para aplicar insecticidas y fungicidas presenta un gran riesgo con herbicidas, debido a que por acarreo de las gotas finas por el viento, las plantas fuera de la zona de aplicación pueden sufrir daños.

Otros problemas con el equipo son el mal mantenimiento y el hecho de que muchos agricultores tienen que aplicar todo tipo de plaguicidas con el mismo equipo. Frecuentemente, al no limpiar bien el equipo quedan residuos de un producto que puede causar fitotoxicidad en la siguiente aplicación. También una boquilla en mal estado ocasiona aplicaciones poco uniformes, al igual que mangueras y conexiones deterioradas, representan peligro para los operarios, peligro de fitotoxicidad y pérdidas del producto.

El problema de incompatibilidad de los plaguicidas puede surgir con la aplicación de mezclas. Con ciertos productos, la incompatibilidad resulta en una precipitación en el tanque y se baja la efectividad de los productos. En otros casos, la mezcla puede causar efectos fitotóxicos al cultivo. Si se sospecha incompatibilidad se debe hacer una prueba preliminar antes de usar la mezcla en un área mayor.

Precauciones

Todo plaguicida debe ser considerado como un químico peligroso. A pesar de la increíble falta de precaución por parte de los agricultores con los plaguicidas, el número de muertos por envenenamiento es relativamente bajo, comparado con el número de fatalidades de otros tipos de accidentes agrícolas, lo cual les hace pensar que son productos inocuos y adoptar una actitud de descuido. Es común ver a los agricultores manejando los plaguicidas sin ninguna protección ni precaución. Muchos de los casos de envenenamiento consisten en "quemaduras", "dolor de cabeza", "vista oscura" y "náuseas", que en algunos casos no se reconocen por lo que son, o sea, envenenamiento debido al producto que están manejando. Hay una gran necesidad de concientizarlos sobre los peligros de los plaguicidas.

Aplicaciones correctas

Para una aplicación correcta de los plaguicidas se debe seguir cuatro pasos básicos: 1) Identificar la plaga y escoger el o los producto(s); 2) Determinar la dosis correcta; 3) Calibrar bien la pulverizadora para aplicar la dosis exacta deseada; 4) limpiar bien el equipo.

La identificación de las plagas y la determinación del "umbral económico" son dos problemas básicos y poco conocidos en el uso de los plaguicidas. Este problema es quizá más agudo con los insectos y con las enfermedades. Es muy común el uso de un solo producto "favorito", para

todos los casos que se presentan. El abuso indiscriminado de los insecticidas ha llegado al punto de hacer hasta 30 aplicaciones por ciclo en algodón y hasta 10 aplicaciones en arroz, etc. Se espera que se extienda rápidamente a todos los sectores, el concepto y la práctica de control integrado de plagas para evitar estos abusos en el futuro.

Hay mayor probabilidad de que el pequeño agricultor que cuenta con poca tierra use indiscriminadamente estos productos para evitar el gran riesgo de perder lo poco que tiene. Hay una gran necesidad de educar a los técnicos y a los extensionistas para que reconozcan las plagas en todas las disciplinas, para que ellos puedan ayudar a los agricultores a identificar sus plagas y escoger las medidas apropiadas para el control. Así, se puede evitar que alguien aplique un fungicida que dio buenos resultados con *Phytophthora* tres años atrás, cuando se presenta *Alternaria* este año.

La determinación del umbral económico está siendo practicada básicamente con el control de insectos, por unos pocos productores sofisticados, especialmente en algodón y soya. Esto evita muchas aplicaciones innecesarias de plaguicidas pero se logrará introducir este concepto a los pequeños agricultores en escala reducida y así solamente con un programa educativo con demostraciones prácticas, lo cual debe ser parte de un buen programa de control integrado de plagas.

Aplicaciones uniformes

Una vez determinado que la aplicación de un plaguicida es necesario, lo esencial es que se distribuya uniformemente la cantidad deseada en un área determinada. Esta aplicación uniforme dependerá de una calibración correcta, un equipo en buen estado y un operario bien entrenado. Volvemos a insistir que la práctica de aplicar basándose en un porcentaje no permite una aplicación precisa.

Otra vez observamos que productos que no presentan peligro de fitotoxicidad están dando resultados aceptables excepto por el costo adicional de aplicar más producto del necesario, o por fallas de control como consecuencia de dosis baja, o por el costo de aplicar más agua que la recomendada. Hay que exigir una aplicación más precisa con productos que presentan peligro de fitotoxicidad al cultivo o residuos del plaguicida en el producto que puedan perjudicar la salud del consumidor.

La forma más segura de obtener la precisión necesaria es con la aplicación a base de producto/ha. Esto exige que el agricultor sepa como calcular y regular la descarga de su pulverizadora y como calcular la cantidad de producto necesario para un área determinada.

Regulación de descarga de la aspersora

Para regular la descarga de una aspersora se puede modificar: 1) la velocidad; 2) tamaño de orificio de la boquilla; 3) número y distancia entre ellas y 4) presión.

La descarga por unidad de superficie es proporcionalmente inversa a la velocidad a que se realice la aspersión (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación entre velocidad de aspersión y descarga (a una presión constante)

KPH	Litros/ha
2	800
4	400
8	200

El tamaño del orificio de la boquilla y la presión de aspersión tienen una relación positiva con la descarga, como se observa en el Cuadro 2..

Cuadro 2. Relación entre tamaño del orificio de la boquilla, la presión y la descarga.

No. de boquilla (Tee Jet)	Descarga en litros/minuto		Cambio debido a:	
	kg/cm ²		Presión	Tamaño
	1.4	2.8	%	%
8001	0.265	0.380	43	-
8002	0.530	0.780	43	100
8004	1.060	1.520	43	100

Se nota que el tamaño del orificio de la boquilla está directamente proporcional a la descarga mientras que la relación con presión es aproximadamente la raíz cuadrada. Además de afectar a la descarga, el tamaño del orificio de la boquilla también influye en el tamaño de la gota. A una presión determinada, al reducir el tamaño del orificio de la boquilla se producen gotas más finas. En igual forma, con una boquilla determinada, a medida que se aumenta la presión, se producen gotas más finas. Con aplicaciones de herbicidas se recomienda no usar boquillas con orificio muy pequeño, ni presión mayor a 2.4 kg/cm^2 (40 lbs/pul^2), para evitar gotas demasiado finas, las cuales son mucho más susceptibles de ser acarreadas por el viento.

Cantidad de agua

La cantidad de agua que se aplique influye mucho en la efectividad de los plaguicidas. En general los productos de acción sistémica pueden ser aplicados en menor cantidad de agua. Sin embargo, con una mayor cobertura del blanco, se puede esperar una mejor acción. Si se aplica tal cantidad de agua puede suceder que haya escurrimiento del producto del follaje y pérdida del producto. Por eso, se recomienda que se aplique hasta que el follaje se moje, pero no que se escurra.

Con los herbicidas aplicados al follaje, se recomienda la aplicación de 300-500 lt/ha con pulverizadora de mochila. Con equipo mecanizado se puede reducir la cantidad a 75/200 lt/ha.

Actualmente se está probando equipo de bajo y ultra bajo volumen para aplicar los plaguicidas (se denomina una aplicación de menos de cinco litros/ha como ultra bajo volumen, y de 5 a 50 como bajo volumen). La ventaja de este equipo es que hasta el 98% de las gotas de la aspersión son del mismo tamaño, resultando en mayor uniformidad de aplicación. El menor uso de agua resulta en un costo de aplicación reducido. No todo plaguicida puede ser aplicado con este equipo aún, pero se está perfeccionando esta tecnología rápidamente.

Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales influyen en la efectividad de los productos, especialmente los que son aplicados al follaje. Si hay mucho rocío o llueve en el momento de la aplicación se puede perder el producto. La lluvia ocurrida a menos de cuatro horas después de aplicar puede bajar radicalmente la efectividad de herbicidas foliares. El uso de adherentes (surfactantes) puede aumentar la retención de un producto en el follaje y también en unos casos, aumenta la velocidad de penetración del plaguicida en la planta. Sin embargo, no se deben usar estos agentes si no son recomendados porque unos productos pueden ser fitotóxicos con su adición.

Las temperaturas altas con humedad relativa baja pueden resultar en la evaporación más rápida de la aspersion tanto que el producto queda en forma cristalina en el follaje, sin penetrar en la planta, o quedando en forma no muy tóxica para los insectos o enfermedades.

Para evitar este problema igual que el de demasiado viento, se recomienda que se hagan aplicaciones de los plaguicidas en las horas tempranas del día. Especialmente es aconsejable en zonas tropicales donde hay lluvias frecuentemente por la tarde.

Calibración de pulverizadoras costales

1. Mida un área de 100 metros sobre el terreno donde se va a realizar la aplicación.
2. Determine el ancho de cobertura del aquilón de acuerdo con el tipo y número de boquillas y su altura sobre el suelo.
3. Llene la aspersora con un volumen determinado de agua.
4. Bombee hasta obtener la presión deseada (20 a 40 libras por pulgada cuadrada, o 1.4 a 2.9 kilogramos por centímetro cuadrado).
5. Manteniendo una presión constante efectúe una aplicación con agua a un paso normal sobre el terreno en que se va a efectuar la aplicación.
6. Mida el agua que se requiere para llenar la aspersora hasta el nivel inicial y obtenga así la cantidad utilizada.
7. Repita esta operación tres veces y obtenga el promedio.
8. Calcule la cantidad de agua necesaria para una hectárea por medio de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Agua utilizada en litros} \times 10000 \text{ m}^2/\text{ha}}{\text{Area aplicada en m}^2} = \text{litros/hectárea}$$

Ejemplo: una aplicación en 100 m² gasta 3.0 litros.

$$\frac{3.0 \times 10\ 000}{100} = 300 \text{ litros/hectárea}$$

Una vez que se determine la descarga por hectárea, es fácil calcular la cantidad de producto que se debe agregar por cada bomba, usando la regla de tres, usando la cantidad de producto/ha, la descarga/ha y la capacidad de la pulverizadora.

Ejemplo: Gesaprim/ha = 2 500 g
Descarga = 300 lt/ha
Capacidad de aspersora = 15 lt

Entonces:

$$\frac{2\ 500\ g}{300\ lt} : \frac{x}{15\ lt} = 125\ g/bomba$$

Calibración de aspersoras de tractor

La calibración de aspersoras de tractor se realiza en principio de la misma manera que se hace la calibración de aspersoras de espalda. Aunque la calibración del operario no es crítica con este tipo de aspersora, sí se requiere un operario con experiencia que conozca bien el equipo, el cultivo, las malezas, el herbicida y los factores que afectan la aplicación de los herbicidas. La calibración se realiza con una de las siguientes maneras:

Método A :

1. Llene el tanque de la aspersora con agua.
2. Regule la presión entre 20 y 40 libras por pulgada cuadrada (1.4 a 2.8 kg/cm²). Si la aspersora no tiene manómetro, empiece la aspersión con una presión baja y vaya aumentándola hasta que los abanicos de aspersión se crucen y mantenga esa presión.



Esta recomendación es sólo para uso en casos de emergencia. Toda aspersora debe tener un manómetro en buenas condiciones.

3. Sobre el terreno donde se va a hacer la aplicación ajuste la velocidad del tractor entre 4 y 10 km/hora y fije una marca en el acelerador.
4. Determine el tiempo que gasta el tractor en recorrer 100 metros. Repítase varias veces y promedie.
5. Fije la altura apropiada del aguilón para que moje uniformemente. Mida el ancho de cobertura del aguilón. Nótese que el ancho de cobertura es más ancho que el aguilón.

6. Con el tractor parado cerciórese de que la descarga de las boquillas sea uniforme. Coloque un recipiente bajo cada boquilla y mida la descarga de cada una en litros durante el mismo tiempo que tomó el tractor en recorrer los 100 metros.
7. De acuerdo a la cantidad de agua descargada por el aguilón y en el área cubierta en una pasada de 100 metros del tractor, calcule la descarga de la aspersora en litros por hectárea con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Descarga del aguilón en litros} \times 10\,000 \text{ m}^2/\text{hectárea}}{\text{Área cubierta por la aspersora en metros cuadrados}} = \text{litros/hectárea}$$

Ejemplo:

Cobertura del aguilón	=	6 metros
Descarga por boquilla	=	1.5 litros
Descarga de aguilón de 12 boquillas	=	18 litros
Área cubierta por la aspersora	=	6 m x 100 m = 600 m ²
<hr/>		
18 litros x 10 000 m ² /ha	=	300 litros/hectárea
600 m ²		

Método B:

1. Llene el tanque con agua (las mangueras y el aguilón también deben quedar llenos)
2. Regule la presión entre 20 y 40 libras por pulgada cuadrada (1.4 a 2.8 kilogramo por centímetro cuadrado).
3. Determine la altura adecuada del aguilón y mida la longitud de cobertura.
4. Regule la velocidad del tractor entre 4 y 10 km/hora de acuerdo a las condiciones del terreno en donde se va a realizar la aplicación y fije una marca en el acelerador del tractor.
5. Determine la cantidad de agua descargada sobre un trayecto de 100 metros llenando el tanque de la aspersora con agua hasta el nivel inicial o midiendo la cantidad de agua en el tanque.

6. Calcule la cantidad de agua utilizada por hectárea usando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Descarga en litros} \times 10\,000 \text{ m}^2/\text{ha}}{\text{Area cubierta por la aspersión en metros cuadrados}} = \text{litros/hectárea}$$

Ejemplo:

Una aspersora aplica 10 litros de agua en una distancia de 100 m. El ancho de aspersión del aguilón es 5 metros.

$$\frac{10 \text{ litros} \times 10\,000 \text{ m}^2/\text{ha}}{5 \text{ metros} \times 100 \text{ metros}} = 200 \text{ litros/ha}$$

Mantenimiento y precauciones

Al terminar la aplicación, se debe lavar el equipo con agua y jabón unas tres o cuatro veces. Si se ha usado herbicidas hormonales, es buena idea que después de lavar bien con agua y jabón el equipo se llene con agua más el 1% de un limpiador casero que contenga amoníaco. Después de 12 - 24 horas se puede vaciar esta solución, con la seguridad de que no quedan residuos dañinos.

Al lavar el equipo, tenga cuidado de no contaminar fuentes de agua doméstica, ni ríos ni pozas. Los envases vacíos deben ser perforados y enterrados en un hueco forrado con materia orgánica, con paja, hojas, etc. para evitar que sean usados para depositar alimentos y bebidas para consumo humano. Los plaguicidas que sobran deben ser guardados en un lugar fuera del alcance de los niños, bajo candado y lejos de las comidas, semillas y fertilizantes.

Se recomienda como precaución mínima, el uso de guantes y botas de hule y de un respirador. También el uso de anteojos es muy aconsejable para evitar que salpique a los ojos la solución.

El operario nunca debe comer, fumar ni beber mientras esté aplicando plaguicidas, y debe lavarse bien al terminar su aplicación. El seguir estas reglas prácticas ayudará a mejorar la eficiencia del uso del plaguicida.

RELACION ENTRE EL TIPO DE LABRANZA Y LA INCIDENCIA DE PLAGAS EN
LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES

Joseph L. Saunders*
Myron Shenk**

En el año 1943, E. H. Faulkner escribió un libro titulado "Plowman's Folly", que puede traducirse como "La tontería del hombre que ara". En este libro, el autor señala que nadie ha presentado nunca una razón científica que justifique la arada de los suelos. Después de muchos años de practicar la labranza convencional o mecánica del suelo, tanto los científicos como los agricultores están considerando que quizás Faulkner tenía algo de razón. La justificación para arar, a través del tiempo, ha sido más económica que científica, y se debe a la necesidad de cultivar campos extensivos en situaciones en que es escasa la mano de obra. La práctica de arar ha creado problemas de magnitudes desastrosas debido, principalmente, a la erosión eológica, a la compactación del suelo, a la contaminación ambiental y al uso excesivo de energía en las maquinarias. Problemas de esta magnitud, han influido en la agricultura de los países desarrollados de tal forma que, en el presente, se ha vuelto a considerar la labranza mínima como una práctica de tipo moderno y muy avanzada científicamente. Así cada año aumenta la cantidad de tierra bajo labranza mínima o no labranza en los países de agricultura desarrollada (Lessiter, 1975; Triplett, 1976 b). Considerando las ventajas que se han descubierto recientemente para la práctica de la no labranza, se puede decir que el pequeño agricultor de los países tropicales ha sido en el pasado, y es actualmente, un agricultor bastante avanzado en ese sentido. Tal vez, de ahora en adelante, una de nuestras preocupaciones en América Central debería ser combatir la tendencia a usar el arado excesivamente.

En los Estados Unidos de Norteamérica, durante el decenio de 1920 a 1930 se llegó a un nivel de labranza tal, que se realizaban hasta 10 pasos de diferentes tipos de arado y rastras para la producción de una sola cosecha (Triplett, 1976 b). Esta práctica de arar con tanta frecuencia no puede realizarse en terrenos de pendiente, ni siquiera en los de pendiente débil. Debido al excesivo número de aradas en terrenos inapropiados, se originó el problema que se conoce como "tazón de polvo", que destruyó grandes terrenos agrícolas en la década de 1930 debido a la enorme erosión que produjo. La labranza no se considera realmente necesaria para el desarrollo de un cultivo, a menos que haya sido practicada con el propósito de combatir las malezas y, en menor escala, para reducir el efecto

* Entomólogo, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

** Especialista en Malezas, IPPC, Oregon State University/CATIE
(Dirección: CATIE, Turrialba, Costa Rica)

de enfermedades y plagas. Lewis (1976) ha concluido que el éxito de un sistema de laboreo depende principalmente del tipo de suelo, clima y manejo. Aunque la labranza mínima ha sido eficaz para producir cultivos, su práctica requiere un nivel de habilidad mayor, principalmente respecto al manejo de malezas, enfermedades y plagas de parte del agricultor. Doster (1976) en un análisis económico realizado en varios sistemas de labranza, señala que la labranza mínima es relativamente más rentable en las áreas marginales que en las más productivas.

Se entiende por cero laboreo o no laboreo la práctica de sembrar un cultivo directamente en el suelo, sin haber realizado antes una preparación mecánica del mismo, aunque esté cubierto de residuos de cultivos y de malas hierbas. Antes de sembrar, la vegetación que existe en el campo se puede manejar por cortes manuales o mecánicos, o con la aplicación de herbicidas.

El laboreo mínimo, por otra parte, es la práctica de reducir drásticamente la preparación física del suelo para sembrar un cultivo. Como ejemplo de este sistema, puede citarse el arar o rastrear y sembrar inmediatamente sin otro laboreo. Luego se controlan las malas hierbas con el uso de herbicidas. Tal como se citó anteriormente, una de las principales razones para arar la tierra ha sido el control de las malas hierbas. Antes del advenimiento de los herbicidas selectivos la práctica de la cero o no labranza era muy difícil, (Triplett, 1976 a) sin embargo hoy día existen herbicidas que han permitido la adopción de esta técnica de labranza mínima en muchos lugares del mundo.

La labranza mínima y la cero labranza permiten mantener una cobertura o mantillo de residuos de cultivos anteriores y de malas hierbas sobre el suelo, lo que le aporta diversos beneficios. Entre las principales ventajas de este tipo de práctica pueden citarse: reduce la erosión producida por el viento y el agua, lo que contribuye a la conservación del suelo; conserva su humedad debido a que incrementa la retención de agua y reduce la escorrentía; reduce la compactación causada por el tránsito de maquinaria, así como la magnitud de las oscilaciones diarias entre la temperatura diurna y nocturna del suelo; aumenta su contenido de materia orgánica y su capacidad de intercambio catiónico, y permite mayor disponibilidad de nitrógeno y fósforo; además, la humedad adicional de la superficie redundará en un mayor desarrollo de las raíces laterales superficiales, las cuales aprovechan mucho mejor los fertilizantes disponibles en la zona superficial del suelo (Hardy, 1970; Lal, 1974 a, 1974 b, 1976; Phillips & Young, 1973; Griffith *et al.*, 1977; Allison, 1973).

El ahorro de productos fósiles derivados del petróleo y en tiempo de labranza, permiten, en general, obtener una producción más económica.

Los rendimientos que se obtienen bajo esta práctica son iguales e incluso más altos a los obtenidos con la práctica del laboreo convencional. Esto es cierto por lo menos con grandes tales como maíz, frijol y soya.

Parece necesario ahondar mucho más en los estudios de esta técnica de no labranza o mínima labranza, especialmente en suelos pesados y húmedos, y con algunos cultivos alimenticios. Aparentemente, en tales suelos, esta práctica no permite obtener rendimientos aceptables de yuca (Burity, 1979).

A veces, en suelos ya compactados, alguna operación mecánica, como el uso de arado subsulador puede ser más beneficiosa que la práctica de la mínima o cero labranza.

En aquellas áreas ecológicas en que la producción de biomasa no es lo suficientemente elevada, y por lo tanto se carece de vegetación para crear una buena cobertura o mantillo sobre la superficie del suelo, la práctica de la cero labranza o no laboreo tiene mejores posibilidades de éxito. En tales casos, el uso de herbicidas residuales puede ayudar a evitar la competencia de las malas hierbas durante las primeras semanas posteriores a la siembra.

En relación con el aspecto enfermedades de las plantas, y su relación con el tipo de labranza, puede decirse que, teóricamente, las enfermedades deberían ser más importantes, considerando la presencia de restos de vegetales de la cosecha anterior que van a ser fuente de inóculo para los nuevos cultivos (Boosalis y Doupnik, 1976). Sin embargo, se ha informado de algunos casos en que la incidencia de las enfermedades se ha reducido, tal es el caso de la pudrición del tallo en sorgo (Doupnik, 1975). Roane *et al.* (1974), por el contrario, encontraron aumentos en la incidencia de *Cercospora zae-maydis* asociada con el no laboreo. En general, puede decirse que aún no existe información suficiente como para calificar la práctica del no laboreo o mínimo laboreo como de mayor riesgo de enfermedades.

En una revisión de varios trabajos, Gregory y Musick (1976) informan de varios casos de aumento en la incidencia de plagas, tanto en el suelo como en el follaje. Indican que las razones probables del aumento están en que el laboreo convencional destruye las plagas y, por el contrario, el uso de los herbicidas puede eliminar otros hospederos naturales, tales como las malas hierbas, y forzar a las plagas a atacar el cultivo. Señalan a los gusanos cortadores y otras plagas del suelo como las que pueden ser más severas con no laboreo que con la labranza convencional; pero a su vez, citan otros trabajos que indican un buen control de estas plagas al colocar insecticidas con la semilla durante la siembra o en otros casos, solamente tratando la semilla. A la vez, ellos dudan de que estos métodos sean efectivos para combatir gallina ciega (*Phillophaga* sp.) en campos cambiados en pasto anteriormente.

En realidad existen varios reportes de que la presencia de malezas disminuye los daños causados por insectos (Guevara, 1962; Smith, 1969; Moody y Whitney, 1974; Cromartie, 1975; Altierre *et al.*, 1977), pero aunque la abundancia de malas hierbas reduzca el ataque de insectos, de nada sirve para propósitos agronómicos si la competencia con las malezas provoca

una reducción en el rendimiento del cultivo que nos interesa. Obviamente entonces nos queda aún la tarea de aprender a manejar las malezas de la manera más apropiada para los diferentes sistemas de cultivos.

Carballo (1979), utilizando varios sistemas de manejo de malezas, encontró que la incidencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) fue mayor cuando se cultivó el maíz totalmente limpio. El tratamiento menos dañado por cogollero fue el de parcelas en roza alto y glifosate aplicado después, lo que presentó una alta densidad de malezas secas y altas (50-60 cm).

Los agricultores tradicionales de la misma zona han confirmado esos resultados, notando que cuando mecanizan, el problema del cogollero es mucho más severo que cuando no mecanizan sus campos.

Evidentemente las malezas secas ejercen interferencia, probablemente visual, lo que limitó la colonización por los adultos. Otro factor podría ser que este ambiente de malezas secas resulte favorable para depredadores. Es significativo el hecho de que las malezas no necesariamente tienen que estar vivas para afectar la población del cogollero. Guevara (1962) encontró algo parecido pero con malezas vivas. Litsinger y Moody (1976) al discutir la interferencia física de los policultivos, proponen que las plantas altas pueden disimular y así proteger los hospederos más bajos, o que el color y forma de las plantas no hospederas puede atraer o repeler a las plagas.

En el mismo estudio comentado anteriormente (Carballo, 1979) los adultos de *Diabrotica balteata* fueron más abundantes en las parcelas aradas. Esto se explicó por respuesta del insecto al contraste de color entre el cultivo (verde) y el suelo (pardo). Este resultado está de acuerdo con otros varios trabajos (Wat y Healcote, 1966; Smith, 1969 y 1976 a; Southwood y Way, 1970). Las parcelas con sustrato verde debido a la presencia de malezas o sustrato verde claro por malezas secas y residuos sobre el suelo, no fueron atractivos para *D. balteata*. La población larval de *Diabrotica* en el suelo también se observó más alta en el tratamiento en que el suelo fue arado y se concluyó que está asociado con la alta colonización del maíz por los adultos.

Aunque las diferencias entre las poblaciones de larvas de *Phyllophaga* en el suelo no fueron diferentes, hubo una tendencia a ser mayor en los tratamientos que mantuvieron las malas hierbas. En general, falta un método de muestreo más confiable para la mayoría de las plagas en el suelo.

Es significativo que en el trabajo de Carballo, haya existido relación estrecha entre la población del maíz y el rendimiento. En la mayoría de los tratamientos, la población de maíz bajó si no hubo control químico de plagas en el suelo. Con el tratamiento de roza a ras del suelo más glifosato, la población de maíz se mantuvo sin el uso de insecticida y, por consecuencia, el rendimiento fue alto.

En países en los que se practica la labranza mínima extensivamente, han encontrado que esta práctica hace más difícil el control de insectos del suelo (Phillips y Young, 1973). Esta conclusión está muy relacionada con la creencia de que es absolutamente necesario incorporar el insecticida al suelo. Aun así, actualmente están encontrando métodos y fabricando maquinarias para localizar los insectos al momento de la siembra, en la zona de la semilla. Las prácticas del pequeño agricultor, que casi siempre incluyen siembra a mano, están bien adaptadas al combate de plagas del suelo, con el simple tratamiento de la postura del insecticida al momento de sembrar. Con labranza mínima mecanizada también han encontrado que la aplicación de insecticida en el surco de siembra da resultados superiores a la aplicación al voleo, y que aun el tratamiento de semilla es adecuado para combatir algunas plagas.

Se ha considerado que los residuos del cultivo, las malezas, y los productos diversos que quedan en el suelo ofrecen protección, alimento, humedad y otras condiciones favorables para el desarrollo de los insectos dañinos (Phillips y Young, 1973). Estas mismas condiciones también son beneficiosas, porque pueden influir positivamente en los predadores, parásitos y enfermedades que controlan las plagas.

Phillips y Young (1973) señalan que los insectos han sido acusados de causar más problemas bajo condiciones de labranza mínima pero que, realmente, las prácticas de combate son casi iguales con o sin labranza, excepto con las plagas del suelo.

La escasez de trabajos de investigación sobre labranza **mínima o no** labranza y su efecto en las plagas es lamentable, debido al potencial que se vislumbra de poder manejar las plagas sin el uso de plaguicidas. Hasta el momento existen contradicciones entre los resultados de América Central y de otros países de zonas templadas en cuanto al efecto de la labranza sobre las plagas. Parece necesario incrementar el número de investigaciones al respecto para poder comprender mejor esta relación y en el futuro estar en condiciones de generalizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALLISON, F. E. 1973. Soil organic matter and its role in crop production. Development in Soil Science, No. 3. Amsterdam, Elsevier. 673 p.
2. ALTIERI, M. A., J. DOLL y A. VAN SHOONHAVEN. 1977. Interacciones entre insectos y malezas en mono y policultivos de maíz y frijol. Revista COMALFI (Colombia) 4(4):171-208.

3. BOOSALIS, M. G. y B. DOUPNIK, Jr. 1970. Management of crop diseases in reduced tillage systems. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 22:300-302.
4. BURITY, H. 1979. Evaluación agroeconómica del manejo de la vegetación previo a la siembra para los sistemas yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y yuca asociada con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis Mag. Sci., Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 135 p.
5. CARBALLO V., M. 1979. Incidencia de plagas en maíz (*Zea mays*) bajo diferentes sistemas de manejo de malezas. Tesis Ing. Agr. Univ. de Costa Rica. 88 p.
6. CROMARTIE, W. J., Jr. 1975. The effect of stand size and vegetational background on the colonization of cruciferous plants by herbivorous insects. *J. Appl. Ecol.* 12:517-33.
7. DOSTER, D. H. 1976. Economics of alternative tillage systems. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 22:295-297.
8. DOUPNIK, B. Jr., M. G. BOOSALIS, G. WICKS, y D. SMIKA. 1975. Ecofallow reduces stalk rot in sorghum. *Phytopathology* 65:1021-22.
9. FAULKNER, E. H. 1943. *Plowman's folly*. Univ. of Okla Press, Norman.
10. GREGORY, W. W. y G. J. MUSICK. 1976. Insect management in reduced tillage systems. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 22:302-304.
11. GRIFFITH, D. R., J. V. MANNERING, W. C. MOLDENHAUER. 1977. Conservation tillage in the Eastern cornbelt. *J. Soil and Water Conservation* 32(1):20-48.
12. GUEVARA, C. J. Efecto de las prácticas de siembra y de cultivos sobre plagas de maíz y frijol. *Fitotecnia Latinoamericana (Costa Rica)* 1(1):15-26.
13. HARDY, F. 1970. *Edafología tropical*. México, D. F. Herrero. 416 p. (traducido del inglés por R. Bazán).
14. LAL, R. 1974 a. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. *International Institute of Tropical Agriculture (Nigeria)*. Tech. Bull. No. 1. 37 p.
15. _____ . 1974 b. No tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.) production in Western Nigeria. *Plant and Soil* 40(2):589-606.
16. _____ . 1976. No tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. *J. Soil Science Soc. of America* 40(5): 761-8.

17. LESSITER, F. 1975. Another million acres of no-till coming. No-Till Farmer 3(1):4-5.
18. LITSINGER, J. A. y K. MOODY. 1976. Integrated pest management in multiple cropping systems. *In*: Multiple Cropping. Spec. Publ. 27, Amer. Soc. of Agronomy (Madison, Wisconsin, U.S.A.) pp. 293-316.
19. LEWIS, W. M. 1976. Principles of field crop production with reduced tillage systems. Bull. Entomol. Soc. Am. 22:291-294.
20. MOODY, K. y W. K. WHITNEY. 1974. The effect of weeds on insect damage to developing cowpea and soybean seeds. Proc. 4th. Nigerian Weed Science Society Meeting.
21. PHILLIPS, S. H. y H. M. YOUNG, Jr. 1973. No-tillage farming. Reiman Associates, Inc., Milwaukee, Wisconsin, U.S.A. 224 p.
22. ROANE, C. W., R. L. HARRISON y C. F. GENTER. 1974. Observations of gray leaf spot of maize in Virginia. Plant Dis. Reprtr. 58:456-9.
23. SMITH, J. G. 1969. Some effects of crop background on populations of aphids and their natural enemies on brussels sprouts. Ann. Appl. Biol. 63:326-30.
24. _____. Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects on brussels sprouts. Ann. Appl. Biol. 83(1):1-13.
25. SOUTHWOOD, T. R. E. y M. J. WAY. 1970. Ecological background to pest management. *In* Concepts of Pest Management (N. C. State Univ., Raleigh, N. C., U.S.A.), pp. 6-28.
26. TRIPLETT, G. B. 1976 a. Management of weeds in reduced tillage systems. Bull. Entomol. Soc. Am. 22:298-9.
27. _____. 1976 b. History of reduced tillage systems. Bull. Entomol. Soc. Am. 22:289-91.
28. WAY, M. J. y G. D. HEATCOTE. 1965. Interactions of crop density of field beans, abundance of *Aphis fabae* Scop., virus incidence and aphid control by chemicals. Ann. Appl. Biol. 57:406-23.

EL MANEJO Y SUPRESION DE LA RESISTENCIA A LOS PLAGUICIDAS^{1/}

George P. Georghiu*

Durante los últimos años los químicos de plaguicidas han logrado numerosos adelantos notables. Entre éstos figuran la síntesis de nuevos organofosfatos y carbamatos, de reguladores de crecimiento de insectos y de piretroides sintéticos. Cada uno de estos adelantos ha sido redibido como una alternativa contra los insectos resistentes a los plaguicidas. Sin embargo, el constante aumento de casos de resistencia en el campo, y la demostración en el laboratorio de que los insectos también pueden desarrollar resistencia a estas nuevas sustancias químicas, ha moderado el optimismo que acompañó a dichos descubrimientos. Hay que reconocer, lamentablemente, que no existe todavía un producto químico comercial que sea realmente capaz de invertir la resistencia ya establecida en el campo.

Cabe señalar, sin embargo, que el horizonte de este sombrío panorama se vislumbra más claro: ahora vemos un creciente número de investigadores que están volviendo a efectuar estudios de resistencia; vemos un gran esfuerzo por parte de la industria química para llenar el vacío creado por la disminución de plaguicidas eficaces disponibles, y vemos a más entomólogos y ecólogos de campo que tratan de establecer programas de manejo de plaguicidas destinados específicamente a retardar o prevenir el desarrollo de resistencia.

En vista de que los estudios de resistencia abarcan los campos de la biología y la química, me sería imposible tratar completamente todo el tema durante esta disertación. Por consiguiente, en consonancia con el tema de este simposio, concentraré mi presentación en el tema del manejo y la supresión de la resistencia a los plaguicidas. Presumo que los plaguicidas seguirán siendo un ingrediente indispensable de los programas de manejo de plaguicidas y que uno de los principales desafíos que encaramos hoy en día es cómo usar los plaguicidas en forma que no causen resistencia. Aunque en este trabajo se enfatiza el control de insectos, los mismos principios son aplicables en el caso de control de enfermedades, nemátodos y malezas.

Intentaré abordar las siguientes cuestiones:

1. Cuando existe resistencia ¿Cuáles son las posibilidades de continuar con éxito el control de plagas?
2. Cuando se intenta la introducción de una nueva sustancia química ¿Qué factores determinan el "riesgo de resistencia" al nuevo producto químico?

* Departamento de Entomología, Universidad de California, Riverside, U.S.A.

1/ Publicación autorizada por UC/AID. Seminario "Control Integrado de Plagas y la Protección del Ambiente". 1978

3. ¿Qué medidas pueden aplicarse para demorar o evitar la resistencia?

Con el objeto de situar estas cuestiones en su debida perspectiva, haré un resumen primeramente de la situación de la resistencia.

El cuadro siguiente indica la ocurrencia de resistencia en varios tipos de organismos. La resistencia se da en formas relativamente sencillas como las bacterias y esporozoos, y en formas avanzadas como los mamíferos, los sapos, los peces y las plantas. Afecta a una variedad de sustancias tóxicas que se conocen como antibióticos, antimalarios, coccidiostatas, fungicidas, esterilizantes químicos, nematocidas, rodenticidas, herbicidas, y hasta irradiación.

Cuadro 1. La ocurrencia de resistencia a los xenobióticos en organismos.

	Antibióticos	Antimaláricos	Coccidiostatas	Fungicidas	Insecticidas	Esterilizantes químicos	Nematocidas	Rodenticidas	Herbicidas	Irradiación
Bacterias	x				x					
Esporozoos		x	x							
Hongos				x	x					
Nemátodos					x		x			
Acáridos				x	x					
Insectos					x	x				x
Crustáceos					x					
Peces					x					
Sapos					x					
Roedores					x			x		
Malezas									x	

Nos ocuparemos únicamente de la resistencia en insectos y ácaros. Según nuestros datos, en 1975 se había reportado resistencia en 364 especies. Los datos adicionales desde entonces han elevado al total a unas 400 especies.

Desde el punto de vista taxonómico, las especies resistentes se encuentran en todo orden superior, y el mayor número ocurre en orden descendente entre Dípteros (133; 36.5%), Coleópteros (56; 15.4%), Lepidópteros (52; 14.3%) y Acaros (43; 11.8%).

Sin embargo, solamente el número de especies resistentes no basta para tener una historia completa. Hay que tomar en cuenta también la gran cantidad de sustancias químicas que muchas cepas resistentes toleran actualmente, así como la creciente distribución geográfica de las poblaciones resistentes. Por ejemplo, la resistencia a los organofosfatos y los carbamatos en el saltador de hojas de arroz verde en el Japón se encuentra ahora en casi todas las áreas arroceras del país.

Permítanme dar, a guisa de resumen, una lista de los mecanismos primarios de la resistencia. Estos son: (a) la creciente destoxicación de los insecticidas por medio de enzimas específicas. Estas controlan las reacciones tales como la deshidrocloración (de DDT), la oxidación (de carbamatos), la hidrólisis, la desalquilación o desarilación (de los organofosfatos); (b) la reducción de la sensibilidad del área de aplicación. Por ejemplo, a la reducción de la sensibilidad de la colinesterasa acetilica en el *Anopheles albimanus* se debe en gran parte la resistencia de esta especie a varios organofosfatos y carbamatos. Igualmente la sensibilidad reducida de los tejidos nerviosos es la causa de la resistencia a los ciclodienos, a parte de la resistencia al DDT, y de la mayor parte de la resistencia a los piretroides. Finalmente, (c) muchos casos de resistencia entrañan una penetración más lenta de la sustancia química en el integumento.

Cuadro 2. Número de especies de Artrópodos en las cuales se han reportado casos de resistencia a los plaguicidas (según Georghiu y Taylor, 1976).

	GRUPOS DE PLAGUICIDAS							Total
	DDT	Ciclod	OP	Carb.	Otros	Med.	Agr.	
Acáridos	21	10	32	6	13	10	33	43
Anópluros	5	3	2			5		5
Coleópteros	26	48	18	7	8		56	56
Dermápteros	1						1	1
Dípteros	91	100	40	6	4	110	23	133
Efemerópteros	2						2	2
Hemíp/Het.	4	12	3			4	10	14
Hemíp./Hom.	10	11	28	4	4		41	41
Himenópteros	1	1					2	2
Lepidópteros	31	32	22	12	4		52	52
Malófagos		2				2		2
Ortópteros	3	1	1	1		3		3
Sifonápteros	5	3	1			5		5
Tisanópteros	3	2			2		5	5
	203	225	147	36	35	139	225	364 ¹

¹Incluye 59 especies reportadas con base en ensayos de campo u observaciones; de éstos, 3 son de importancia médica/veterinaria y 56 son de importancia agrícola.

En muchos casos, dos o más mecanismos pueden coexistir en el mismo insecto, produciendo así mayores niveles de resistencia a una sustancia química dada, o resistencia múltiple que comprende varios productos químicos diferentes.

A pesar de la amplia distribución de la resistencia, es bien sabido que la resistencia se ha manifestado lentamente en algunas especies y más rápidamente en otras. Aún en la misma especie, bajo ciertas circunstancias, la resistencia se ha desarrollado rápidamente, mientras que bajo otras circunstancias la resistencia se ha desarrollado lentamente o no se ha manifestado.

Actualmente se reconocen tres tipos de factores que influyen sobre la evolución de la resistencia, a saber: genéticos, biológicos y operacionales.

Cuadro 3. Factores conocidos o sugeridos que influyen en la selección de resistencia a los plaguicidas en las poblaciones del campo.

- A. Genéticos
 - 1. Frecuencia de los alelos R.
 - 2. Número de alelos R.
 - 3. Dominancia de alelos R.
 - 4. Penetración; expresividad; interacción entre alelos R.
 - 5. Selección pasada por otros productos químicos.
 - 6. Grado de integración del genoma R con los factores de disposición (idoneidad, oportunidad).
- B. Biológicos
 - a. Biótico
 - 1. Renovación de la generación
 - 2. Progenie por generación
 - 3. Monogamia/poligamia; partenogénesis
 - b. Comportamiento
 - 1. Aislamiento
 - 2. Monofagia/polifagia
 - 3. Sobrevivencia fortuita; refugio
- C. Operacional
 - a. Química
 - 1. Naturaleza química del plaguicida
 - 2. Relación con sustancias químicas usadas anteriormente
 - 3. Persistencia de residuos; formulación
 - b. Aplicación
 - 1. Umbral de aplicación
 - 2. Umbral de selección
 - 3. Etapa(s) de vida selecta
 - 4. Modo de aplicación
 - 5. Selección de espacio límite
 - 6. Selección alterna

Los factores en las categorías Genética y Biológica son intrínsecos de la especie y, por tanto, están fuera de nuestro control. Sin embargo, el conocimiento de su contribución es importante, ya que sirve para evaluar la propensión a la resistencia en una población, p. ej. el riesgo de resistencia en la población. Los factores en la categoría operacional están bajo nuestro control y se les puede dar más o menos énfasis al establecer un programa de manejo de plaguicidas, dependiendo de nuestra evaluación del riesgo de resistencia indicado por las dos primeras categorías.

Entre los factores "genéticos" se debe considerar la frecuencia, el número, la dominancia y la penetración de los alelos R; la historia pasada de la selección de plaguicidas de la población, y la llamada integración de la resistencia con la disposición. Cada uno de estos factores guarda una correlación positiva con la velocidad de la selección de la resistencia.

La Gráfica 1 y otras que se presentan más adelante (2 y 4) ilustran los resultados de un cálculo por computadora del influjo cuantitativo de un simple factor en la frecuencia del gene R (parte superior) y del crecimiento de una población resistente (gráfica inferior) cuando todos los demás parámetros se mantienen constantes. Nuestro propósito ha sido el de ilustrar gráficamente algunos factores evidentes que pueden incorporarse en secuencia en un sistema productivo más complejo. Por ejemplo, la emergencia de una población resistente puede esperarse que sea conmensurable con la frecuencia inicial del gene resistente (Gráfica 1). La importancia del grado de dominancia del gene resistente se indica en la Gráfica 2.

Los genes recesivos causan un crecimiento más lento de una población resistente que el factor intermedio o dominante del gene.

En algunos casos, la dominancia es una función de la dosis empleada. Si la sustancia química se aplica en una dosis que aniquila a los heterocigotas, la resistencia es esencialmente dominante. En estas condiciones la susceptibilidad y los genes (genes S) se mantienen por medio de cruce entre los heterocigotas y, por lo tanto, la resistencia se desarrolla en forma relativamente lenta. Por otra parte, si el plaguicida se aplica en una mayor concentración que destruye la susceptibilidad y también los heterocigotas, entonces solamente sobreviven los individuos homocigotas resistentes y la resistencia avanza más rápidamente.

Al contrario de los factores genéticos, que son difíciles de medir de antemano a la selección, los factores biológicos se pueden medir fácilmente y, por consiguiente, puede evaluarse más claramente su influjo en el desarrollo de la resistencia.

La influencia de la renovación de generaciones es autoevidente. En un sentido temporal, a mayor número de generaciones por año corresponde una mayor resistencia, si las otras condiciones se mantienen iguales. Pueden citarse numerosos ejemplos. El ácaro del árbol frutal, *Panonychus*

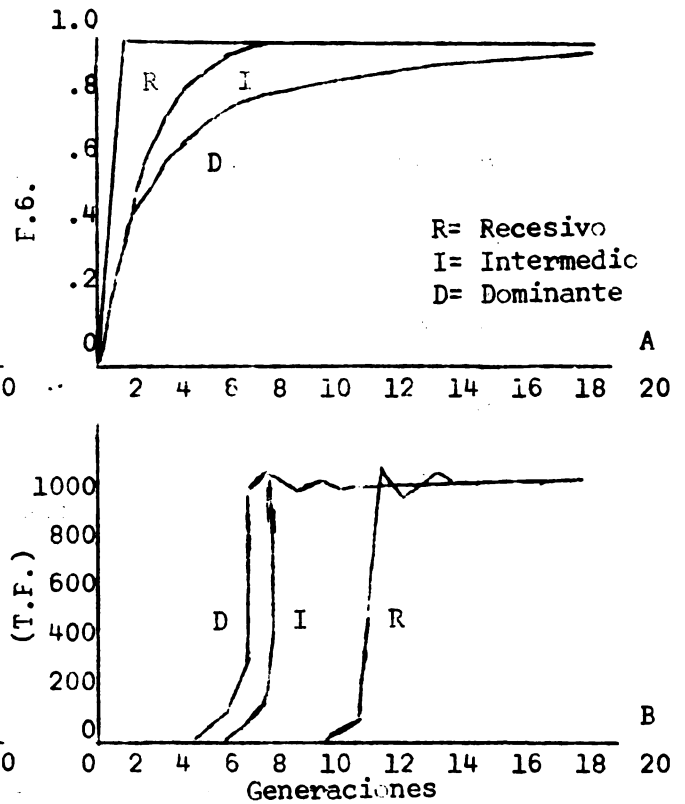
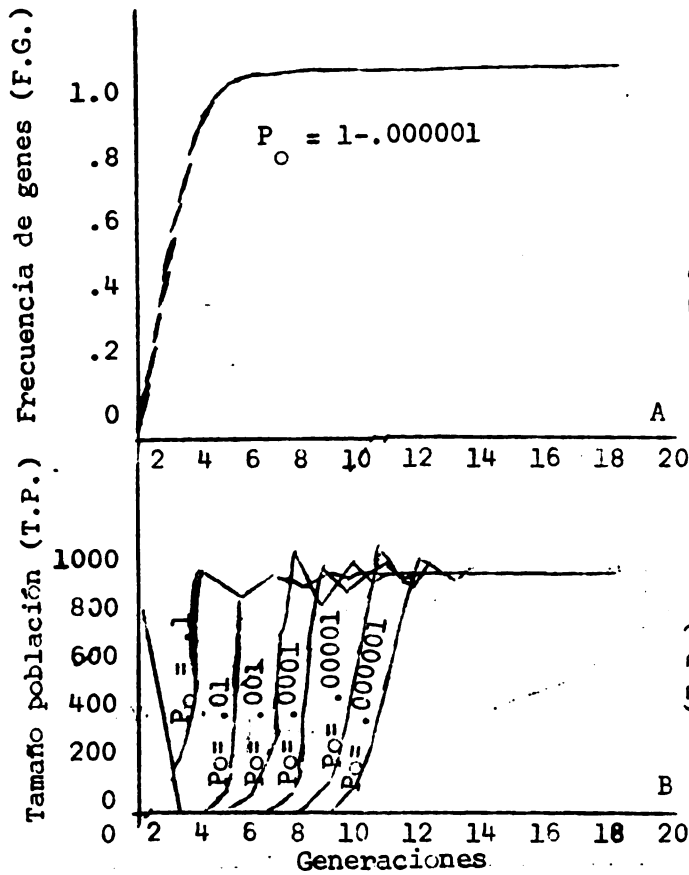
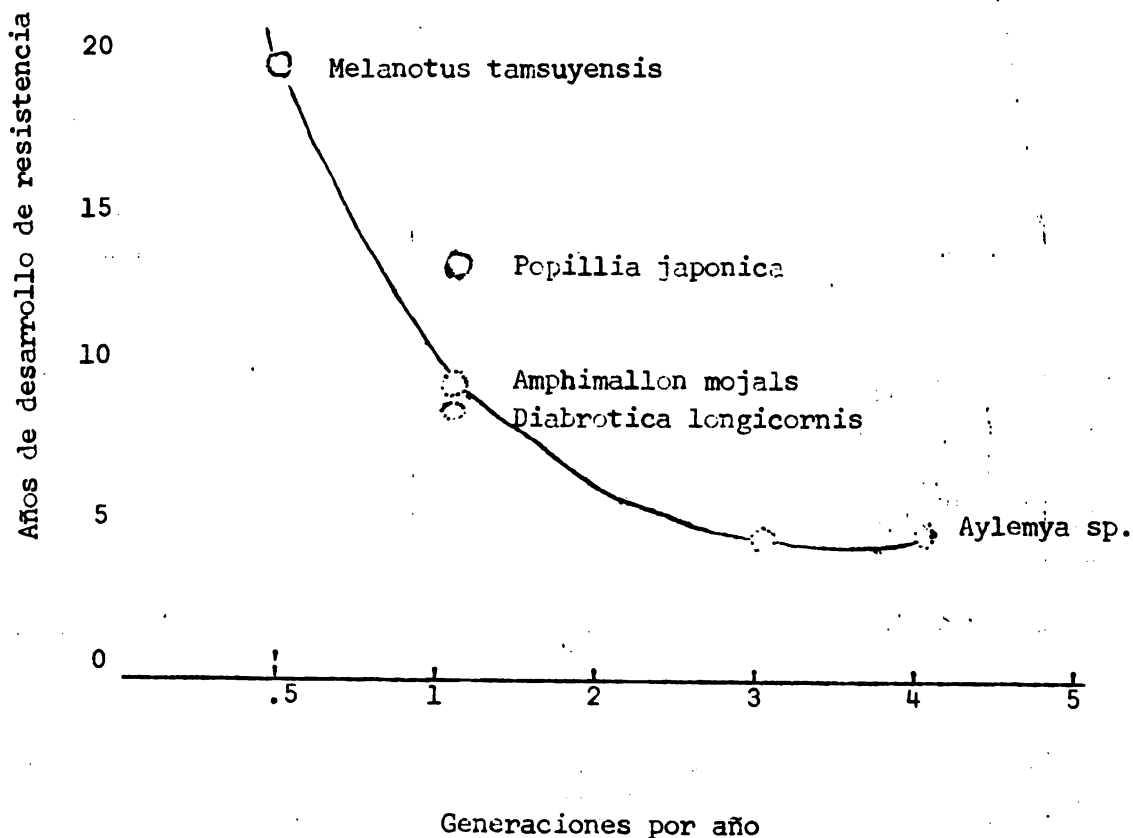


Fig. 1.- Cambio en la frecuencia del gene (A) y tamaño de población (B) bajo selección cuando la frecuencia inicial P_0 de R alelos varía de 0.1 a 0.000001.

Fig. 2.- Cambios en la frecuencia del gene (A) y tamaño de población (B) bajo selección cuando el alelo R es dominante, intermedio o recesivo, y la frecuencia R inicial es $P_0 = 0.0001$.

ulmi; que produce hasta 10 generaciones por año, ha desarrollado resistencia rápidamente, mientras que el *Briobia rubrioculus*, también en los árboles frutales, que produce sólo dos generaciones por año, todavía no se ha descubierto que sea resistente.

En la Gráfica 3 se representa la relación entre el número de años que se requirieron para el desarrollo de resistencia al aldrin/dieldrin por parte de los insectos del suelo y las generaciones completadas anualmente por las respectivas especies. Se puede observar que los gusanos de raíces (*Hylemia* spp.) que completan de tres a cuatro generaciones por año, adquirieron resistencia después de tres años de exposición, mientras que el *Diabrotica longicornis*, con sólo una generación por año, necesitó de 8 a 10 años para desarrollar resistencia. La *Popilia japonica* y la *Aμφimalon majalis*, también con una generación por año, tardaron de 9 a 14



años en adquirir resistencia. La larva del escarabajo de la caña de azúcar *Melanotus tamsuyensis*, de Taiwan, que produce una generación cada dos años, ha necesitado 20 años para desarrollar resistencia.

En relación con los factores de comportamiento, éstos pueden desempeñar un papel decisivo como determinantes de la resistencia. Por ejemplo, la monofagia tiende a acelerar la resistencia y la polifagia a demorarla. Esto es debido a que las especies polifagas sólo son seleccionadas parcialmente, ya que pueden ser huéspedes de especies que no reciben tratamiento. En California, el áfido moteado de la alfalfa, una especie monófaga, fue el primero en desarrollar resistencia, pero el áfido de la lechuga, que se traslada a los álamos durante parte del año, ha sido controlado sin que haya indicios de resistencia.

Por razones similares, la movilidad y el flujo de migrantes tienden a diluir la frecuencia de los sobrevivientes resistentes, de manera que, en otras situaciones comparables, puede esperarse que la evolución de la resistencia esté en consonancia con el aislamiento relativo de la población.

En la Gráfica 4 se muestra la influencia demoradora de un gran número de inmigrantes por generación sobre la evolución de resistencia, en contraste a su rápido desarrollo en ausencia de inmigrantes.

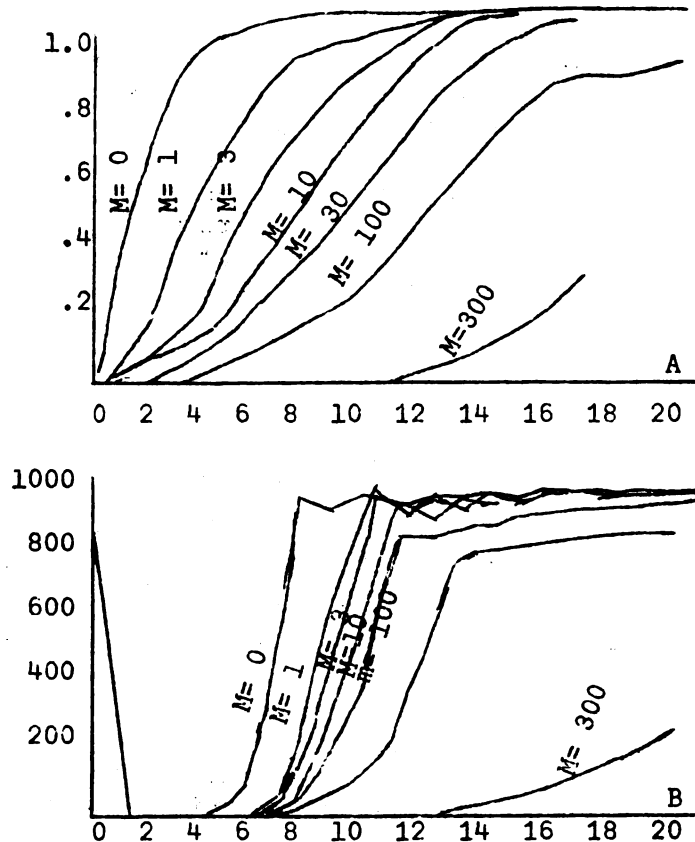


Fig. 4.- Cambios en la frecuencia del gene (A) y tamaño de población (B) cuando el número de inmigrantes M por generación varía de 0 a 300.

Un factor que ha sido soslayado bastante hasta la fecha es la sobrevivencia fortuita de cierta proporción de individuos en una población que ha recibido tratamiento. En el control normal de plagas, no todos los miembros de una población son alcanzados por el producto químico: según sean las características biológicas y de comportamiento de una especie, una porción de la población puede estar "en refugio" en el momento del tratamiento de modo que escapa a la selección. El refugio puede consistir en tejidos de plantas, follaje deformado, brotes crecidos, erineum; el refugio también puede consistir en un estado fisiológico de menor susceptibilidad como la diapausa o la formación de crisálidas en el suelo.

Puede demostrarse que mientras mayor sea la razón entre los sobrevivientes fortuitos y los sobrevivientes expuestos, más lenta es la evolución de la resistencia. Por ejemplo, el eriófido en la herrumbre de los cítricos, que es un parásito de superficie que tiene poca oportunidad de sobrevivencia fortuita, ha desarrollado resistencia al clorobenzilato en algunas áreas. Por el contrario, la especie relacionada *Aceria sheldoni*, que habita en los cogollos de los cítricos, todavía no ha desarrollado resistencia, debido probablemente a que una gran proporción de los sobrevivientes estaban a salvo de la aspersion.

Se hace aparente, empero, que las mayores oportunidades para contrarrestar el fenómeno de resistencia dependen de nuestra habilidad de limitar el grado de presión de selección de acuerdo con la "propensidad a la resistencia" de la población que es objeto de tratamiento. Volviendo al Cuadro 3, la columna C incluye aquellos factores operacionales que pueden ser modificados al grado que se necesita para reducir el grado de presión de selección. La importancia de cada uno de estos factores es de por sí evidente y puede documentarse fácilmente con ejemplos de la literatura disponible.

La resistencia será demorada o inhibida si el plaguicida tiene una breve estabilidad química, si no está relacionado con un producto químico empleado anteriormente, y si la formulación no permite una prolongada liberación de la sustancia química en el ambiente. La resistencia también será demorada si las aplicaciones se efectúan únicamente cuando la población alcanza relativamente altos niveles de densidad, cuando el umbral de selección es relativamente bajo, cuando la selección es dirigida principalmente contra adultos, cuando la aplicación es confinada en vez de dispersa en una amplia área, y cuando ciertas generaciones no reciben tratamiento.

Estas medidas pueden parecer excesivas, y en su totalidad pueden ser impracticables. Pero debe tenerse en mente que el grado a que una o más de estas medidas sea necesaria dependerá del "riesgo de resistencia" que hemos fijado a la población-objetivo.

Si examinamos solamente uno de estos parámetros, por ejemplo, selección continua contra selección alternada, es aparente el efecto demorador al seleccionar cada segunda o cada tercera generación, ya que se tiene en cuenta que el potencial reproductivo de las especies resistentes es usualmente más bajo que el de los individuos susceptibles (Fig. 5). Durante el período en que no se efectúan aspersiones la frecuencia de los genes R disminuye en proporción a la desventaja reproductiva de las especies resistentes.

Emplearé el resto del tiempo para considerar algunas de las medidas químicas contra la resistencia, y para mencionar algunas nuevas tendencias que están actualmente en consideración.

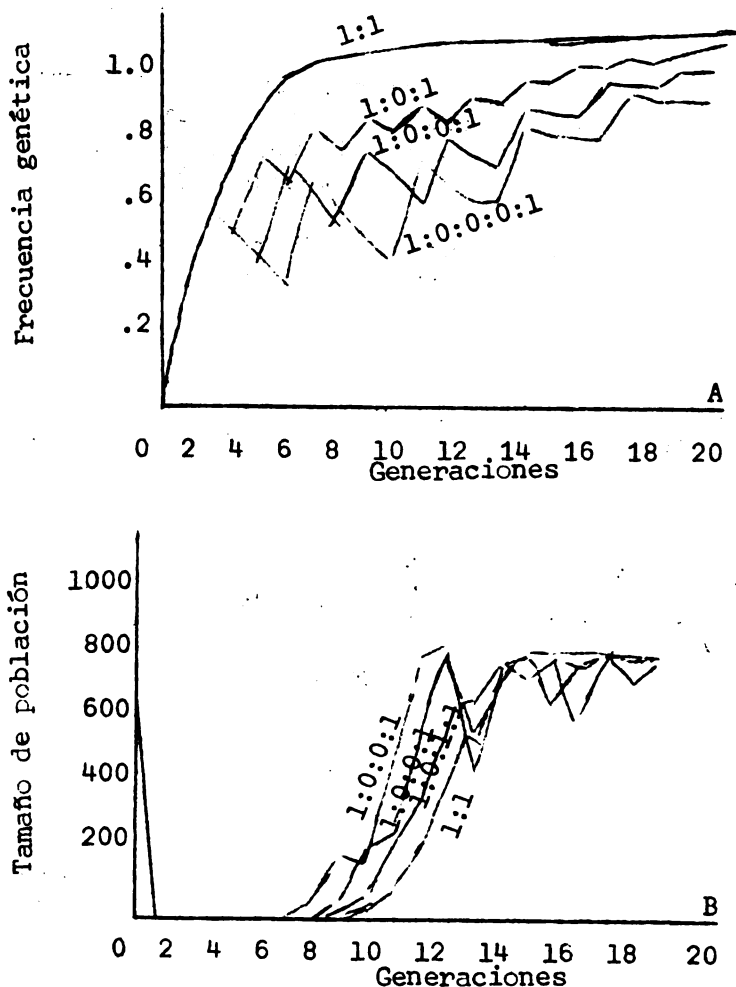


Fig. 5.- Efecto de selección alternante, presión y desventaja reproductora de R en la evolución de alelos resistentes (A) y tamaño de población.

La práctica que se sigue más frecuentemente cuando aparece la resistencia es la de aumentar la dosis de la sustancia química. Debido a que mayores dosis ejercen una mayor presión de selección, estos aumentos de dosis pronto resultan inadecuados. La sustancia química se aplica luego más a menudo, pero con poco o ningún beneficio, a no ser el de eliminar a las especies susceptibles que arriban del exterior.

La siguiente medida corriente es cambiar de plaguicida. La probabilidad de conseguir un control relativamente prolongado dependerá de dos factores, a saber: la disimilitud de la estructura química y del modo de acción de la nueva sustancia química en relación con el compuesto empleado previamente.

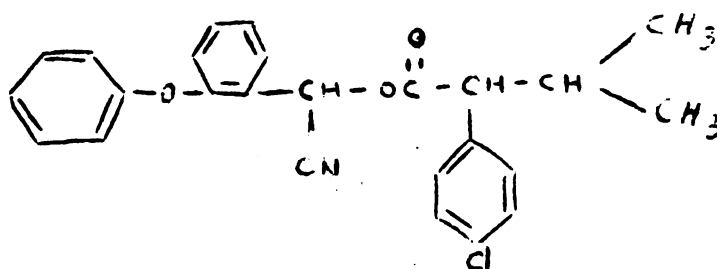
Sin embargo, si se aplica una fuerte presión de selección sin tener en cuenta los "factores operacionales" que se mencionaron anteriormente, eventualmente se desarrollará resistencia al nuevo compuesto químico.

Un ejemplo reciente es el de los piretroides sintéticos. La toxicidad del Pydrín, un piretroide, no es afectada por la resistencia a los

organofosfatos. La ausencia de resistencia cruzada en Paratión-R *Culex tarsalis* y *Anopheles albimanus* está bien documentada. Sin embargo, una resistencia cruzada de 3.7x a este piretroide ha sido encontrada en la cepa de *Culex fatigans* de carbamato-R (Cuadro 4).

La continuación del tratamiento con piretroides ha producido una cepa sumamente resistente a estas sustancias químicas.

Cuadro 4. Relaciones de toxicidad y resistencia cruzada de OMS-2000 (Pydrin^R) contra larvas de varias cepas de mosquitos.



Especies y cepa	LC ₅₀ (ppm)	LC ₉₅ (ppm)	Indice de resistencia en:	
			LC ₅₀	LC ₉₅
<i>Culex fatigans</i>				
Susceptible	.0027	.0082	-	-
Propoxur-R	.016	.03	5.9	3.7
<i>Culex tarsalis</i>				
Susceptible	.007	.021	-	-
Parathion-R	.0064	.016	0.9	0.8
<i>Anopheles albimanus</i>				
Susceptible (Gorgas)	.13	.42	-	-
Parathion-R	.088	.26	0.7	0.6

Igualmente, la aplicación a las moscas domésticas del mímico hormonal juvenil metopreno y el inhibidor Dimilín ha dado por resultado altos niveles de resistencia a estos productos químicos nuevos. Es evidente que la resistencia es casi siempre inevitable cuando se ejerce una intensa presión de selección.

Una medida contra la resistencia que está recibiendo creciente atención es el uso de un plaguicida con un sinérgico. Este último actúa inhibiendo las enzimas específicas de detoxificación y eliminando así la ventaja selectiva de las especies que poseen tales enzimas. Una importante consideración es que no quede ninguna vía alternativa de resistencia disponible a la población.

Recientemente hemos demostrado con éxito la aplicación de este principio en el mosquito *Culex fatigans*. La cepa que estudiamos poseía una alta resistencia a varios organofosfatos incluyendo el "temephos". El tratamiento de la cepa con estos insecticidas en combinación con butóxido de piperonil (b.p.) no produjo sinérgismo, lo cual indicó que esta resistencia no era debida a una oxidasa. Por el contrario, el tratamiento con el inhibidor esterasa DEF aumentó la toxicidad del insecticida casi al nivel encontrado en la cepa susceptible.

Una vez que se demostró que la resistencia en esta población era debida a las esterasas y no a las oxidasas, entonces demostramos por selección que la resistencia al "temephos" puede inhibirse cuando el insecticida se usa juntamente con DEF; pero puede avanzar a niveles más altos cuando se emplea solo o en combinación b.p.

El problema de las sustancias sinérgicas es que ninguna de las que están disponibles actualmente puede usarse en condiciones de campo. DEF es un defoliador, y el b.p. es inestable en la luz solar. Pero el principio es claro y veremos más progreso en esta dirección en el futuro.

Otro enfoque que creo que es prometedor es el uso de plaguicidas en una secuencia rotativa. Esto puede entrañar el uso de dos productos químicos en forma rotativa (A, B; A, B; A, B) o tres o cuatro, etc., o el empleo de uno para un pequeño número de generaciones seguido del uso del segundo y luego volver al primero.

Existen tres requisitos evidentes para poder usar los productos químicos en forma rotativa: deben ser degradados por vías de detoxificación disímiles; deben tener formas de acción disímiles, y no deben traslaparse la persistencia de sus residuos letales.

El principio del uso rotativo se basa en la establecida tendencia de la resistencia a declinar cuando la presión de selección es suspendida. Se presume que esto se debe a la menor disposición de los individuos resistentes como ya lo mencioné anteriormente.

Hemos demostrado recientemente que los niveles de resistencia a los organofosfatos en *Culex fatigans* pueden disminuir casi totalmente durante seis meses de criar las especies en el laboratorio sin selección.

Se ha demostrado también en condiciones de campo que la resistencia de *Anopheles albimanus* disminuye durante el período en que no se aplican aspersiones al algodón.

Las posibles fluctuaciones en susceptibilidad de una población ante el uso de cuatro productos químicos en forma rotativa pueden representarse en forma de diagramas: la resistencia al compuesto I aumenta ligeramente en la generación a la que se aplica y luego declina durante las tres generaciones subsiguientes en las que no se aplica. Aumenta nuevamente en la quinta generación cuando se aplica el compuesto, pero disminuye en las generaciones 6, 7, y 8. Se presume el mismo comportamiento para los compuestos II, III y IV, cada paso fluctuando detrás de sus predecesores en la secuencia de tratamiento. Los cuatro posibles candidatos para esa rotación contra el *Culex fatigans* son: temephos, propoxur, permetrin y un aceite. Ninguno de estos es afectado apreciablemente por resistencia cruzada proveniente de la selección por otros compuestos.

Abrigo la esperanza que con esta presentación de los factores que influyen en la evolución de la resistencia haya hecho ver la necesidad de incorporar en el manejo de plaguicida las técnicas de demora de resistencia o de prevención de resistencia. Ya no podemos considerar los plaguicidas como los únicos medios poderosos para resolver nuestros problemas de control de plagas. Tampoco la completa dependencia del control biológico ofrece soluciones absolutas. Es muy grato ver el gran interés en el manejo integrado de plagas que ha suscitado este curso. Y ciertamente actuar ahora para eliminar las fuentes del problema es mucho más deseable que el tener que tomar medidas drásticas cuando se presenta una crisis. Tengo confianza en que mediante un enfoque integrado lograremos que el control de plagas sea manejado apropiadamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Una parte del material presentado en este trabajo se encuentra disponible con más detalle en las siguientes publicaciones:

1. GEORGHIOU, G. P. 1972. The evolution of resistance to pesticides. Annual Rev. Ecol. & Systematics, 3:133-168.
2. _____ y C.E. TAYLOR. 1976. Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. Proc. 15th Int. Cong. Entomol. pp. 759-85.
3. _____ y C. E. TAYLOR. 1977. Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. J. Econ. Entomol. 70:319-23.
4. _____ y C. E. TAYLOR. 1977. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. J. Econ. Entomol. 70:653-58.

ALGUNOS ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS DE ENFERMEDADES
EN SISTEMAS MIXTOS DE PRODUCCION DE CULTIVOS

Raúl Moreno*

INTRODUCCION

Se comenta frecuentemente en la literatura proveniente de países templados, que en los trópicos, aquellos sistemas de producción cuyos componentes plantas difieren genotípica y fenotípicamente son más estables que aquellos que presentan mayor uniformidad genética entre sus componentes.

Sin embargo, algunos sistemas de producción típicos del trópico, como caña de azúcar y café han demostrado estabilidad aceptable para propósitos agronómicos- a pesar de su relativa uniformidad genotípica.

En estos casos, debería entenderse estabilidad en el sentido de que a una alta variabilidad entre las entradas se incorporan a un sistema, corresponde una variabilidad menor entre las correspondientes salidas del sistema que responden a ellas.

Las enfermedades han demostrado ser uno de los principales factores que inciden en la estabilidad de los sistemas de producción en el trópico.

Se ha discutido mucho también el peligro que encierra para agroecosistemas de países templados la práctica del monocultivo, particularmente cuando está además ligado a mayor uniformidad genética que la esperada normalmente cuando se cultiva una sola especie, tal es el caso del factor que condiciona esterilidad masculina en maíces híbridos.

Considerando las altas posibilidades de variabilidad de los fitopatógenos en el trópico comparado con la variabilidad en países templados, se supone que agroecosistemas con componentes genéticamente uniformes cultivados en el trópico, pueden representar peligros mayores aún de desbalance que los agroecosistemas en condiciones de clima templado.

* CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Antes de profundizar en esta breve discusión, es necesario acen-
tuar que la palabra trópico usada sin adjetivos, es un concepto rela-
tivamente amplio que ecológicamente comprende los trópicos bajos húme-
dos, los trópicos bajos secos, los trópicos húmedos-secos, los trópi-
cos semi-áridos, etc. Es necesario entonces precisar exactamente a qué
condición climática se refiere un concepto antes de que generalizar por
ganar en ámbito pero al mismo tiempo perder la profundidad del concep-
to. Normalmente, el concepto de trópico para las personas habituadas
a vivir en países templados, se reduce al trópico bajo húmedo y aque-
llas áreas más lluviosas y cálidas de los trópicos húmedo-seco.

En los trópicos húmedos bajos y en parte de los húmedo-seco, el
cultivo mixto es muy común entre los agricultores de menores recursos.
Aparte de razones de tipo socio-económico, principalmente relacionadas
al riesgo de la inversión y que no se van a discutir en este documento,
el cultivo mixto es un mecanismo de adaptación del agricultor a la in-
certidumbre de factores físico-biológicos de ocurrencia periódica que
condiciona su producción (precipitación principalmente) y también un
mecanismo de adaptación a la alta variabilidad en las condiciones de
suelos que es común en las fincas de pequeños agricultores.

Observaciones de situaciones reales y datos escasos en la litera-
tura nos hacen pensar que estos sistemas mixtos son mucho más estables
desde el punto de vista de enfermedades y plagas que otros sistemas
que consisten en monocultivo. Si pensamos nuevamente en que un siste-
ma de producción de cultivos, tal como existe en la realidad, no es
sino la expresión última de la interacción a través de los años entre
factores físico-biológicos y socio-económicos de un área en particu-
lar, la existencia misma de él nos indica ya un alto grado de resis-
tencia, o tolerancia a los fitopatógenos y las pestes que no son sino
integrantes de un ambiente, frente a los cuales ya se ha hecho selec-
ción en un proceso muy similar a la evolución en los seres vivos.

Cualquiera que sean las razones para usar el cultivo mixto y cual-
quiera que sean las consecuencias de él, la pregunta que surge desde
el punto de vista fitopatológico es que si a través de modificacio-
nes en el manejo del cultivo mixto se pueden o no regular en forma fa-
vorable (para el agricultor) el inicio y el desarrollo posterior de
las enfermedades. La otra pregunta que surge es que si la situación
sanitaria de un cultivo mixto es realmente la sumatoria de los efectos
individuales de cada patógeno actuando sobre cada hospedante que inte-
gra el sistema mixto o si existe interacción entre los componentes
desde el punto de vista enfermedades (en otras palabras si existe in-
teracción entre componentes para modificar el microambiente y conse-
cuentemente la relación patógeno hospedante), si existe interacción
entre no-hospedante y patógeno para regular la cantidad de inóculo dis-
ponible para el hospedante; si existe interacción entre patógenos al
competir por tejido disponible; y por último si existe interacción en-
tre patógenos y flora microbiana normal.

Si quisiéramos modificar el manejo, parece lógico desde el punto
de vista de investigación contestar algunas preguntas que surgen al

observar dos plantas fenotípicamente diferentes creciendo a la par.

1. Qué ocurre? Es decir, cualitativamente comparar el desarrollo de enfermedades en monocultivo con el desarrollo de enfermedades en sistemas de cultivos mixtos.
2. Por qué ocurre? Es decir cuáles son las modificaciones microclimáticas o de interacción entre componentes que nos presentan una situación distinta en el cultivo mixto comparado con el monocultivo.
3. Cuánto ocurre? Es decir, podemos o no podemos cuantificar esta situación diferente.
4. Qué importancia tiene lo que ocurre? Es decir si es posible separar entre todas las variables que interactúan para modificar las salidas de un sistema y poder evaluar exactamente la influencia de los aspectos fitopatológicos en el desempeño de un sistema de producción.

Para contestar las preguntas que se formularon antes es necesario considerar una serie de factores que son:

- 1) En el trópico normalmente más de un patógeno o enfermedad se presenta al mismo tiempo sobre un mismo hospedero y cualquiera que sea la incidencia (número de órganos afectados con número de pústulas por unidades superficie) ésto no está necesariamente correlacionado a su severidad ni tampoco a su importancia como patógeno. Surge entonces la necesidad aparente de investigar complejos o conjuntos de enfermedades antes de que una enfermedad en particular en un solo hospedante.
- 2) Al crecer dos cultivos en competencia por lo general se reduce la biomasa de cada uno de ellos, aunque la sumatoria de ambos sea superior al 100% al compararse con los cultivos sembrados individualmente. Si en el cultivo mixto existe menor cantidad de enfermedad que en el monocultivo, todavía nos queda la duda si ésto se debe más bien a una reducción en el crecimiento antes que un efecto benéfico propio del intercultivo.
- 3) La medición de enfermedades (fitopatometría) es una ciencia relativamente nueva en la fitopatología en general y más nueva aún en los trópicos. Hasta el momento el principal problema que enfrenta la fitopatometría es el establecimiento de una relación satisfactoria entre el desarrollo de una enfermedad en el tiempo y su efecto en la cantidad de producto.

Aparentemente para cultivos individuales, es decir un patógeno, un hospedante, queda mucho por recorrer, por lo tanto mayor aún es el camino por recorrer en ambientes tropicales.

- 4) Si los factores que regulan la producción de cultivos individuales

son muchos, los que regulan la producción de asociaciones de cultivos son aún más, y existen interacciones, por lo tanto, es mucho más difícil en condiciones tropicales, separar el efecto individual de las enfermedades en el desempeño de sistemas de producción en el trópico.

EVIDENCIA EXPERIMENTAL

Desde 1973 en Turrialba, se ha investigado la incidencia y la severidad de las enfermedades en sistemas de producción de cultivos con acento especial en la diferencia que pueda existir entre plantas cultivadas solas o en asociación simultánea con otras especies. El producto de este trabajo de investigación, es un conjunto de datos que hasta el momento no permite generalizar con precisión suficiente para conjuntos de situaciones similares. Este tipo de investigación se ha concentrado en la Estación Experimental del CATIE y por lo tanto carece de representatividad para el resto de América Central. Se presentan entonces, algunos datos y ciertas cantidades de discusión para algunas situaciones particulares ordenadas por hospedante.

Enfermedades de la yuca

J. Larios y R. Moreno realizaron un estudio general acerca de las enfermedades que atacan a la yuca durante todo el ciclo del cultivo ya sea individualmente o en asocio con otras especies. En la Figura 1 se representan los arreglos cronológicos de los cultivos en estudio y en el Cuadro 1 las especies, variedades y distancias de siembra que se usaron en este estudio.

Peste ceniza de la yuca (*Oidium manihotis*)

La incidencia y severidad del ataque de *Oidium manihotis* resultó mayor en los intercultivos de yuca con maíz que en los arreglos de cultivos que no incluyen al maíz (Figura 2, B y E).

La tasa de incremento de la severidad llegó a 0.071 unidades por día en el intercultivo de la yuca con el maíz y a 0.066 en el monocultivo de la yuca (Cuadro 2). Los otros arreglos de cultivos presentaron tasas inferiores. Como la tasa de decremento de la incidencia y severidad no difieren significativamente, se supone que intercultiva camote (*Ipomoea batata*) al final de ciclo, no modifica sustancialmente el desarrollo de la epidemia (Figura 2, D y E). El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) intercultivado en la yuca retrasó el inicio y el incremento posterior tanto de la incidencia como de la severidad de *Oidium manihotis*.

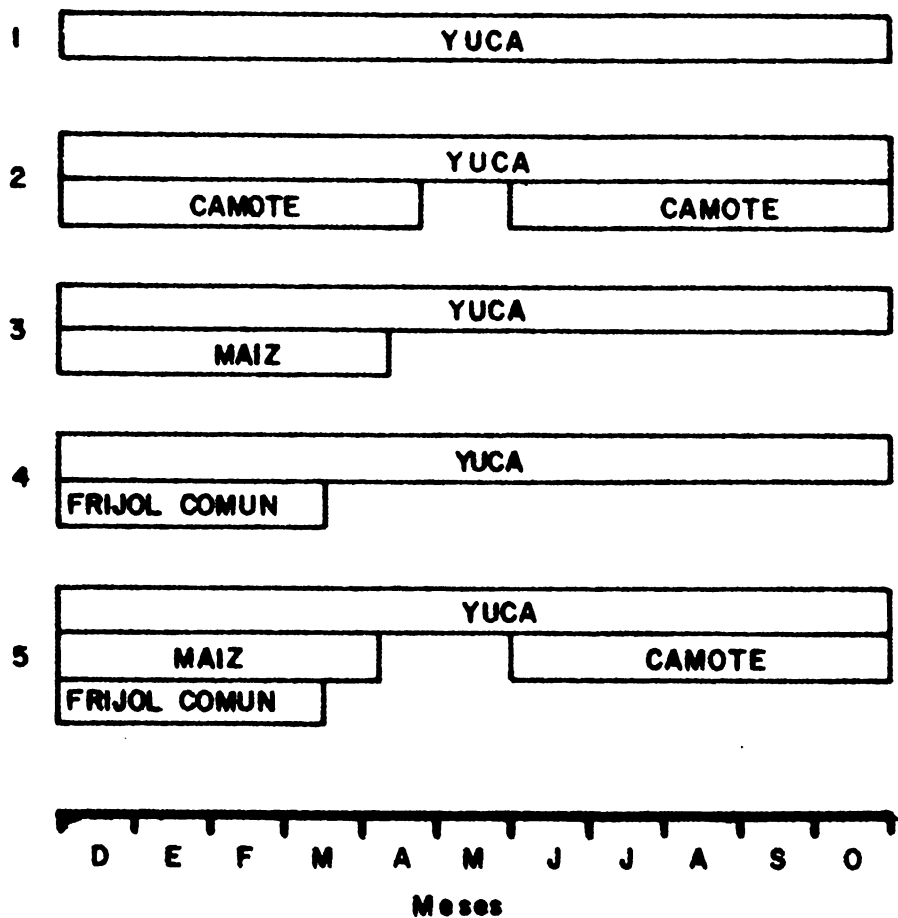


Figura 1. Sistemas de cultivos probados en Turrialba, Costa Rica, para determinar la influencia del intercultivo sobre el desarrollo de enfermedades en la yuca. (De Larios y Moreno, 1976)

Cuadro 1. Especies, variedades, distancia de siembra y densidad de cinco sistemas de cultivos probados en Turrialba, Costa Rica.

Especies	Variedades	-----Distancia de siembra-----		Densidad de siembra plantas/ha
		Entre líneas	Sobre la línea	
<u>Frijol Común</u> (Phaseolus vulgaris)	CATIE-1	0.5	0.2	100.000
<u>Maíz</u> (Zea mays)	Tuxpeño	1.0	0.5	40.000
<u>Camote</u> (Ipomoea batatas)	C-15	0.5	0.4	50.000
<u>Yuca</u> (Manihot esculenta)	Valencia	1.0	0.5	20.000

Cuadro 2. Tasas de infección diaria (r) del oidio de la yuca (Oidium manihotis) en diferentes sistemas de cultivo. Turrialba, Costa Rica. (Adaptado de Larios y Moreno, 1976).

Sistema de Cultivo ^{1/}	Tasa de infección ^{2/}	Severidad máxima (%)
Yuca	0.066	17.65
Yuca + Camote	0.055	12.50
Yuca + Maíz	0.071	27.34
Yuca + Frijol	0.038	10.20
Yuca + Maíz + Frijol	0.071	19.27

^{1/} + = cultivo asociado;

^{2/} Unidades por día (Van der Plank, 1963)

Roña de la yuca (*Sphaceloma* sp)

El intercultivo del maíz y de la yuca retrasa el inicio de la epidemia *Sphaceloma* de la yuca en forma significativa comparado con el cultivo individual y con otras asociaciones de cultivos (Figura 3, A C y D). En la Figura 3 se observa que los tratamientos que incluyen maíz como componente, muestran los valores más altos de incidencia y severidad, pero esto ocurre tarde durante la estación de cultivo. Las plantas de maíz retardan el inicio de la epidemia, pero una vez que el maíz alcanzó su madurez fisiológica y se dobló antes de la cosecha, la epidemia avanzó rápidamente. Este hecho puede deberse a un daño mecánico a la yuca provocado durante el proceso de dobla de maíz, a un aumento de la cantidad de inóculo provocado por la agitación del follaje o a ambos procesos actuando juntos. Después de doblar el maíz, queda una gran cantidad de tejido sano de yuca disponible para colonizar por el patógeno. En el Cuadro 3 se aprecia la diferencia de la tasa de infección de *Sphaceloma* en yuca antes y después de doblar el maíz. El valor de "r" mucho más alto para la triple asociación de yuca-maíz y frijoles puede explicarse por la cantidad de daño y agitación provocado en la cosecha de frijol.

Enfermedades del frijol común

La asociación de frijol con otros cultivos es frecuente entre agricultores de recursos limitados debido al corto ciclo de crecimiento del frijol durante el cual puede intercultivarse entre el maíz, la yuca o cualquier otra especie de ciclo más largo, con el propósito de aprovechar el espacio disponible y la mano de obra. Al contrario de la yuca, el frijol por su posición generalmente en estratos inferiores en la asociación de cultivos, sufre la modificación en el ambiente provocado por la especie de mayor biomasa (maíz, yuca o sorgo), el efecto que ejerce el maíz y otros cultivos en el desarrollo de epidemias del frijol provocadas por *Isariopsis griseola* y *Uromyces phaseoli* se ha estudiado en Turrialba en los últimos años.

Mancha angular del frijol (*isariopsis griseola*)

En el Cuadro 4 se detallan las combinaciones de cultivos que se probaron para investigar el efecto de la mancha angular del frijol cultivado individualmente y en asociación con otras especies.

En el período de pre-antesis, tal como se aprecia en el Cuadro 4, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, tanto en los períodos de antesis como de vaina verde, se mantuvo casi constante para cada tratamiento.

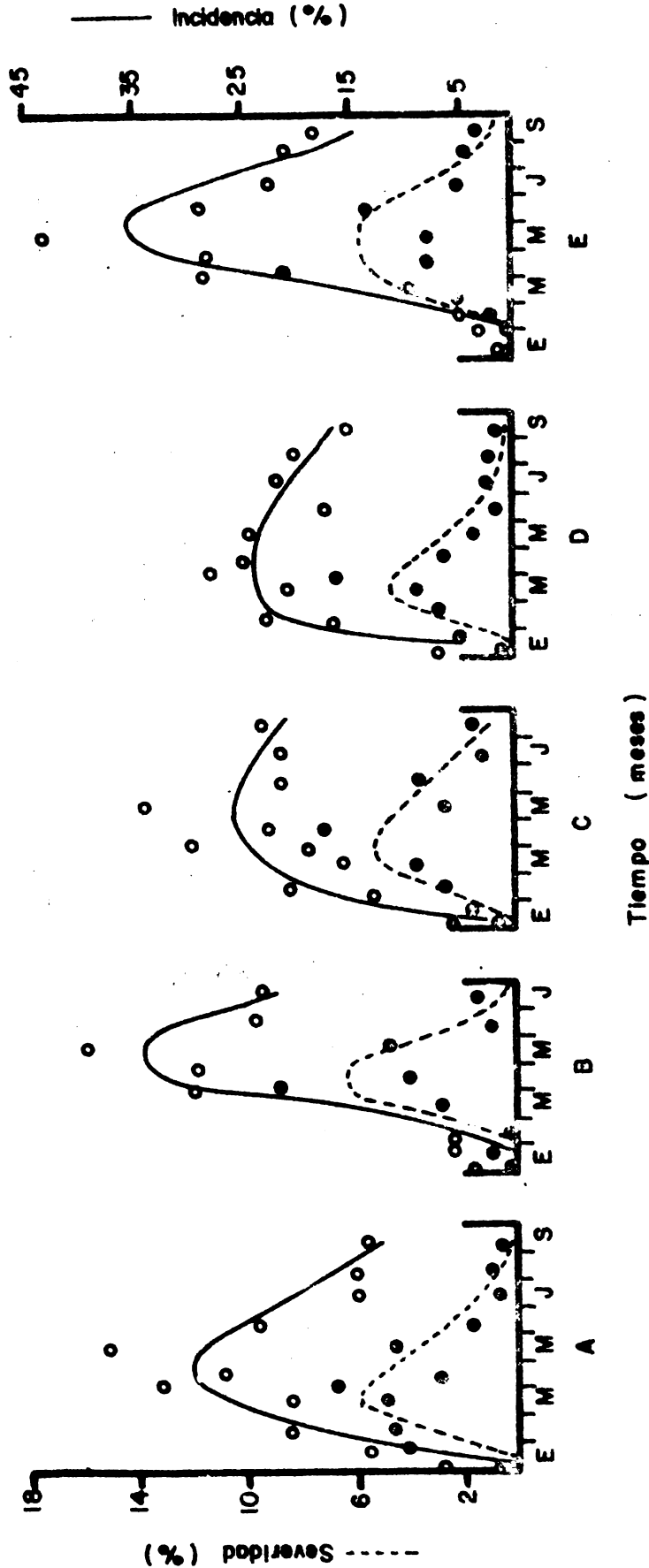


Figura 3. Valores de incidencia y severidad de la roña de la yuca (*Sphaceloma* sp.) en diferentes sistemas de cultivos: A) Yuca en monocultivo; B) Yuca y maíz; C) Yuca y frijol común; D) Yuca y camote; E) Yuca, maíz, frijol común y camote. (Adaptado de Larios y Moreno, 1976).

Cuadro 3. Tasas de infección de la roña de la yuca (Sphaceloma sp.) en tres sistemas de cultivo, antes y después que el maíz intercultivado se doblara. Turrialba, Costa Rica. (Adaptado de Larios y Moreno, 1976).

Sistemas de cultivos ^{1/}	-----Tasas de infección ^{2/} -----	
	Antes del doblado	Después del doblado
Yuca	0.027	0.026
Yuca + Maíz	0.027	0.035
Yuca + Maíz + Frijol	0.041	0.048

^{1/} + = cultivos en asocio

^{2/} Unidades por dfa (Van der Plank, 1963)

Cuadro 4. Severidad de mancha angular en frijol común cultivado puro y en asocio con otras especies*. (Tomado de Moreno, R., 1977)

Clave	Sistema de cultivo	-----Estado de desarrollo-----		
		Antes de antesis	Antesis	Vaina verde
1	F	10,23 a ^{***}	14,37 bc	19,56 b
2	F + M ^{**}	10,31 a	17,77 a	21,33 ab
3	F + Y	10,81 a	13,61 bcd	18,88 c
4	F + C	10,26 a	13,13 d	18,89 c
5	F + M + C	10,46 a	16,11 abc	21,03 ab
6	F + M + Y	10,26 a	16,40 ab	21,44 a

* Datos obtenidos mediante aplicación del índice de McKinney modificados y transformados según el factor $(X + 0,5)^{1/2}$.

** + = Siembra simultánea de los cultivos en asocio; + = siembra de camote 30 días después de los otros cultivos.

*** Las cantidades seguidas por letras iguales no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Duncan (0,05).

Aquellos tratamientos en que intervino el maíz fueron siempre los que registraron los mayores índices de ataque; por el contrario, las combinaciones de frijol con camote y frijol con yuca resultaron las menos afectadas por la enfermedad.

Las modificaciones microclimáticas que se producen en la vecindad de las plantas de frijol cultivado junto con otras especies, fueron probablemente responsables por las diferencias registradas en la intensidad de ataque de *I. griseola*. La mayor severidad de la enfermedad en los tratamientos con maíz puede deberse a que en estas condiciones se mantienen períodos prolongados de alta humedad relativa, lo que según estudios previos favorece tanto el número de lesiones como la formación de coremios y la esporulación. En condiciones de clima templado, también se ha relacionado la humedad relativa alta por períodos prolongados con la mayor severidad de esta enfermedad.

La menor cantidad de luz que recibieron las plantas de frijol asociadas con maíz puede ser también factor responsable de la mayor severidad de la enfermedad en estas condiciones. Según algunos autores, una vez que se han formado los coremios en la cara inferior de la hoja, la esporulación de *I. griseola* es más abundante en obscuridad completa que en luz continua. Por otra parte también se afirma que el mayor porcentaje de germinación, en conidios provenientes de medio de cultivo, se obtuvo bajo condiciones de luz difusa; este informe además resalta que el menor porcentaje de germinación de conidios se obtuvo en obscuridad completa. Sin embargo, tal como se ha demostrado por otros microorganismos, los procesos fisiológicos de producción de conidióforos, esporulación, liberación, diseminación y germinación de conidios, pueden estar regulados por condiciones ambientales diferentes y a su vez pueden ser diferentes en medio de cultivo que en condiciones naturales.

La disminución de la fuerza del impacto de las gotas de lluvia, que se produce bajo el follaje del maíz, no es suficiente, aparentemente, para impedir el salpique de partículas de suelo y con ellos la infección primaria en las plantas jóvenes de frijol. En condiciones reguladas se ha obtenido infección primaria de mancha angular en todas las plantas probadas, a través de salpique de agua, esto indica que el proceso en sí es muy eficiente. Una disminución en la fuerza del impacto de las gotas de lluvia, tal como lo que se ha informado para otros casos de asociaciones de cultivos, ocurre demasiado tarde como para reducir significativamente la diseminación del inóculo primario. Si al contrario de lo que se ha informado previamente, el principal inóculo primario fuese diseminado por el viento, es de esperar que las plantas de frijol asociado con maíz recibieran menor cantidad de inóculo inicial, debido al impedimento mecánico que el maíz ejerce sobre el libre movimiento de masas de aire dentro del cultivo. Tampoco esto ocurrió en el presente caso. La mayor severidad de la enfermedad que se registra en los sistemas en que intervino el maíz, se puede explicar por un fenómeno de esodemia, es decir, por autoinfecciones

frecuentes en cada planta individual, debido al microambiente favorable para el desarrollo de la enfermedad, que se produce al cultivar frijol con maíz.

Roya de frijol (*Uromyces phaseoli* var típica)

También con el propósito de comparar la incidencia y la severidad de la roya del frijol cuando éste se cultiva individualmente o en asocio con maíz, se ha realizado diversos estudios en Turrialba. Uno de los más completos lo hizo L. Mora durante 1977-1978 y en el encontró que, en términos generales, existe mayor cantidad de roya en el monocultivo del frijol que en la asociación con maíz.

En parcelas de frijol en monocultivo la enfermedad presentó síntomas visibles al cabo de 45 días, en cambio en la asociación con maíz los síntomas fueron visibles sólo al cabo de 50 días después de la siembra. Esto hace suponer en parte un retardo en la llegada de inóculo primario, una disminución en la cantidad de inóculo primario, un período de incubación más largo, o una combinación de los factores recién mencionados. Cualquiera que sea la razón existe un período aproximadamente de 5 días de retardo de la epidemia.

Al comienzo de la enfermedad, el número de hojas afectadas es mayor en el monocultivo (I = 27,4%), en comparación con el frijol asociado con maíz (I = 21,1%), lo mismo ocurre con la severidad (Cuadro 5), los valores de cada uno de los muestreos que se realizaron simultáneamente tanto en el monocultivo como en la asociación de cultivos resultaron al final significativamente diferentes (0.01) tanto entre los muestreos (lo que demuestra un incremento significativo de la enfermedad) como entre sistemas (asociación vrs. monocultivo) indicando un mayor promedio de enfermedad en el monocultivo que en el cultivo de asocio.

A su vez, el promedio de las tasas diarias de incremento para incidencia y severidad resultaron mayores en el monocultivo Cuadro 6. Esto sugiere que el sistema asociado ejerce una barrera natural al viento, principal agente conocido para la diseminación de uredosporas a otros órganos. Además puede generar una disminución de la fuerza en el impacto de las gotas de lluvias sobre las partículas del suelo, lo que influye en la diseminación del inóculo primario y secundario.

Enfermedades del Caupí (*Vigna unguiculata*)

El caupí tiene un gran potencial como reemplazante del frijol común en algunas áreas ecológicas dentro de América Central y por esto se le da una cierta importancia al estudio de sus enfermedades principalmente en monocultivo y en asociación con maíz.

Cuadro 5. Promedios de incidencia (%) y severidad (%) de roya (Uromyces phaseoli) en frijol común en dos sistemas de cultivo. Turrialba, Costa Rica. (Adaptado de Mora y Moreno).

Sistemas de Cultivos ^{1/}	61 ds		66 ds		73 ds		79 ds		88 ds	
	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S
Frijol	27,42	0,80	70,57	5,09	57,57	3,10	86,15	11,58	74,91	7,51
Frijol + Maíz	21,18	0,41	57,94	2,67	53,39	2,70	79,81	6,14	71,84	5,98

1/ + = Sin cultivos en asocio

2/ I = incidencia; S = severidad

Cuadro 6. Tasas diarias de incremento de incidencia y severidad de roya (Uromyces phaseoli) en frijol común en dos sistemas de cultivos. Turrialba, Costa Rica. (Adaptado en Mora y Moreno).

Sistemas de Cultivos ^{1/}	Incidencia	Severidad
Frijol	0,123	0,069
Frijol + Maíz	0,115	0,068

1/ + = cultivos en asocio.

2/ Unidades por día (Van der Plank, 1963)

Mancha de Ascochyta (*Ascochyta phaseolorum*)

Para establecer las diferencias entre el ataque de *Ascochyta phaseolorum* al caupí cultivado en monocultivo comparado con el caupí cultivado en asocio con maíz se realizaron experimentos durante dos períodos de cultivos, julio-setiembre de 1974 y diciembre-febrero de 1975. Se establecieron dos parcelas adyacentes de aproximadamente 500 m² cada una. En una de las áreas se sembró frijol de costa como monocultivo y en la otra asociado con maíz. Para ambas épocas se usaron las variedades "producer", "Floricrean", "CENTA 105", "V-44" y "PR-V-70" dispuestas en 5 bloques al azar durante 1974 y 4 en 1975. En cada bloque, las variedades se sembraron en 4 surcos de 5 metros cada uno; la distancia de las plantas entre surcos era de 1 metro y 0,15 metros sobre el surco. En el caso de monocultivo se sembró la variedad "Vigna Moh" entre cada surco de las variedades bajo estudio, de tal modo que la distancia entre surcos se redujo a 0,5 metros. En la asociación de cultivos se sembró maíz, cv. "Tuxpeño Crema-1", entre cada surco de frijol de costa, de modo que entre el maíz y el frijol de costa quedó 0,5 metros.

Periódicamente durante la fase de diseminación de la enfermedad, se determinó en cada variedad el número de plantas enfermas, el que se expresó en relación con el número total de plantas. El número de plantas enfermas al momento de la formación del grano se tomó como indicador de la reacción de cada variedad al patógeno.

Cada variedad estaba representada en igual forma, tanto en el sistema de monocultivo como en el de asociación con maíz. Por lo tanto, se consideró el total de plantas de todas las variedades cultivadas bajo cada sistema como dos poblaciones entre las cuales se estableció la diferencia de velocidad de diseminación de *A. phaseolorum*.

En condiciones de campo, la aparición de síntomas estuvo condicionada al comienzo de las lluvias. Después de un período de precipitaciones abundantes se registró un notable incremento tanto en el número de plantas enfermas como en la cantidad de lesiones por planta.

Durante ambas épocas de cultivo, las variedades que se usaron en este trabajo reaccionaron en forma significativamente diferente al patógeno, ya se encontrarán en monocultivo o asociadas con maíz (Cuadro 7). Las variedades "CENTA 105", "PR-V-70" y "Producer" mostraron siempre mayor susceptibilidad sin detectarse diferencias significativas entre ellas. Las variedades "V-44" y "Floricrea" fueron a su vez más resistentes que las otras. En el caso del monocultivo producido en julio-setiembre de 1974, sólo la variedad "V-44" mostró una reacción de resistencia significativamente diferente a la del resto de las variedades.

En el Cuadro 1 también se observa que la incidencia de *A. phaseolorum* fue mayor en frijol de costa cultivado individualmente que en frijol de costa asociado con maíz, tanto en la primera como en la segunda época de siembra.

Cuadro 7. Reacción de variedades de frijol de costa a Ascochyta phaseolorum (en por ciento) en dos épocas de cultivo y dos sistemas de siembra^{1/}. (Tomado de Moreno, R., 1976)

Variedades	-----VI-IX 1974-----		-----XII-II 1975-----	
	Fc	Fc + M	Fc	Fc + M
Producer	83,44 abc ^{2/}	54,70 a	81,00 ab	63,54 a
Floricream	85,00 abc	48,70 b	70,87 d	38,56 bc
CENTA 105	90,30 ab	74,20 a	80,31 abc	54,68 ab
V-44	67,00 d	52,70 a	72,87 bc	30,00 d
PR-V-70	90,80 a	70,60 a	86,81 a	54,37 abc
CV (%)	8,0	24,4	7,4	24,8

^{1/} Los símbolos significan: Fc = frijol de costa en monocultivo;
Fc + M = frijol de costa asociado con maíz.

^{2/} Las cantidades seguidas por letras iguales dentro de un mismo sistema de cultivo no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0,05).

En el período julio-setiembre de 1974, la cantidad de plantas enfermas y la velocidad de diseminación del patógeno fue mayor que en la época posterior, tanto en el caso de monocultivo como en la asociación (Cuadro 7 y Figura 4 y 5). Considerando todas las variedades de conjunto, durante este período se afectaron 83% de las plantas en monocultivos y el 60% de las asociadas con maíz. El porcentaje de infección fue menor en el período diciembre-febrero de 1975, en el que se afectaron 78% de las plantas en monocultivo y solo 48% de las plantas asociadas con maíz (Cuadro 8).

Cuando el frijol de costa se cultivó individualmente, la velocidad de diseminación de *A. phaseolorum* fue mayor que cuando se le asoció con maíz (Figuras 4 y 5). De acuerdo con los resultados obtenidos, aquellas variedades que reaccionaron como más resistentes en monocultivo, también lo fueron en asociación con maíz. Aparentemente ninguna de las variedades modifica la expresión de su genotipo con respecto al patógeno por el hecho de estar sometida a condiciones microambientales diferentes. Por otra parte, la patogenicidad del hongo se mantiene siempre en igual relación con respecto a las variedades estudiadas, a pesar de actuar en ambientes diferentes.

La mayor rapidez de diseminación de *A. phaseolorum* en monocultivo pudo haberse debido a que, a nivel de población, la uniformidad genética en el monocultivo era mayor que en la asociación de especies, lo que a su vez resulta en mayores probabilidades del inóculo de ponerse en contacto con un hospedante susceptible. Por el contrario, la asociación de cultivos, al incluir una especie no hospedante de *A. phaseolorum* posee dentro de la población cierto grado de resistencia específica que normalmente se expresa a través de una disminución en la tasa de diseminación en la enfermedad.

También en el caso de la asociación de cultivos, la menor incidencia de *A. phaseolorum* puede deberse a que el follaje de las plantas de maíz actúa como amortiguador del impacto de gotas de lluvia y al mismo tiempo ofrece una barrera natural que disminuye la velocidad del viento. Tanto el impacto de las gotas de lluvia como el viento asociado a este fenómeno han sido reconocidos previamente como factores importantes en la diseminación de enfermedades.

En el análisis estadístico de la variabilidad que existía entre la reacción de variedades en monocultivo se obtuvieron coeficientes de variación (en por ciento) relativamente bajos para la primera y segunda época de cultivos. En cambio, en el caso de asociación de especies, estos coeficientes fueron mayores. Dado que el total de plantas de la población se examinaba en cada lectura de síntomas, esta mayor variabilidad se debe probablemente a que bajo las plantas de maíz, la enfermedad se distribuye al azar en forma uniforme. Esto hace suponer que el microambiente creado entre plantas de maíz no altera la susceptibilidad del frijol de costa al patógeno. sino que, la existencia de follaje a cierta altura sobre las plantas de frijol de costa actúa como barrera evitando el libre movimiento de inóculo.

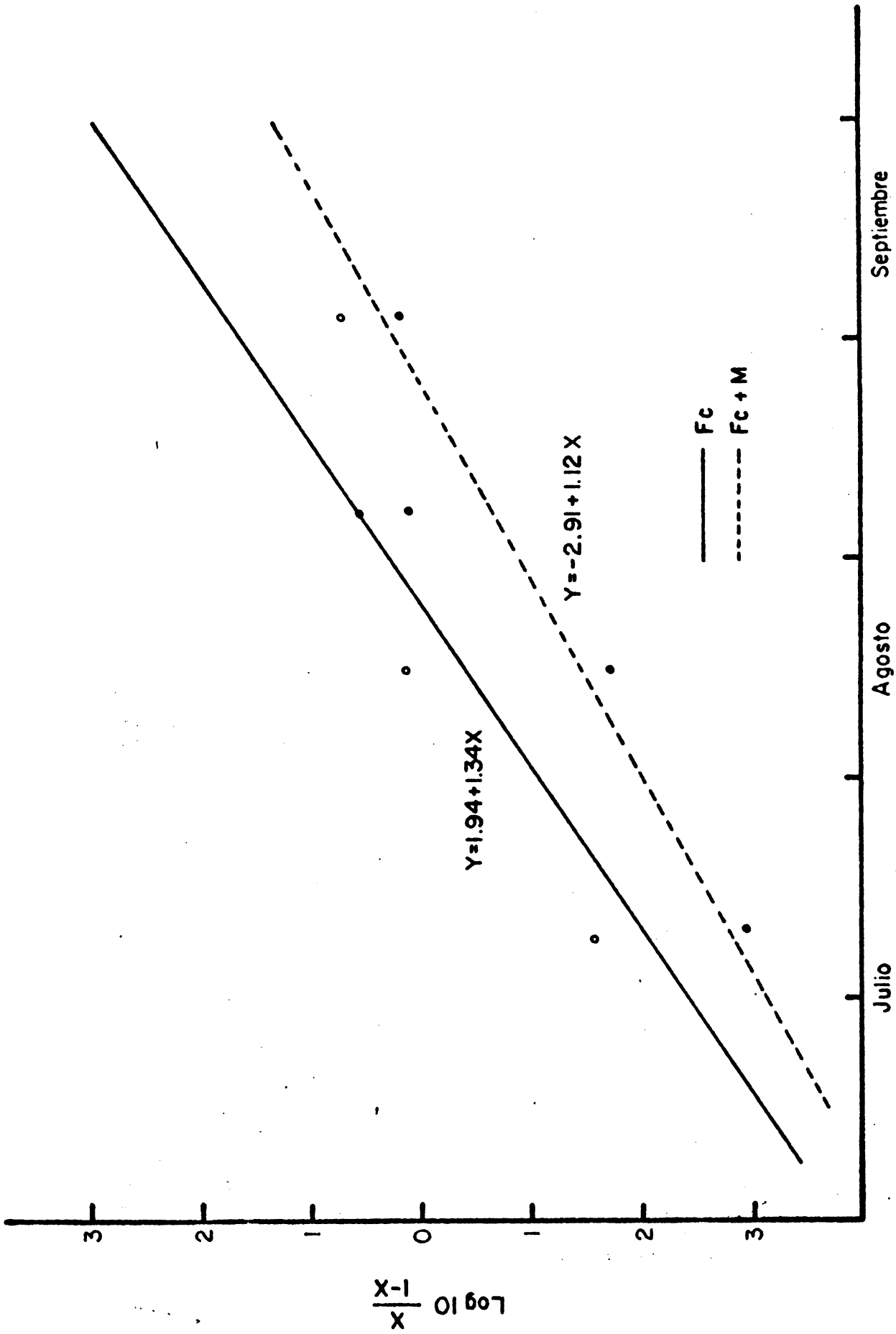


Figura 4. Incremento en el tiempo de *Ascochyta phaseolorum* en frijol de costa cultivado en asociación con maíz y en monocultivo durante 1974. Los símbolos significan: Fc = frijol de costa en monocultivo; Fc + M = frijol de costa asociado con maíz.

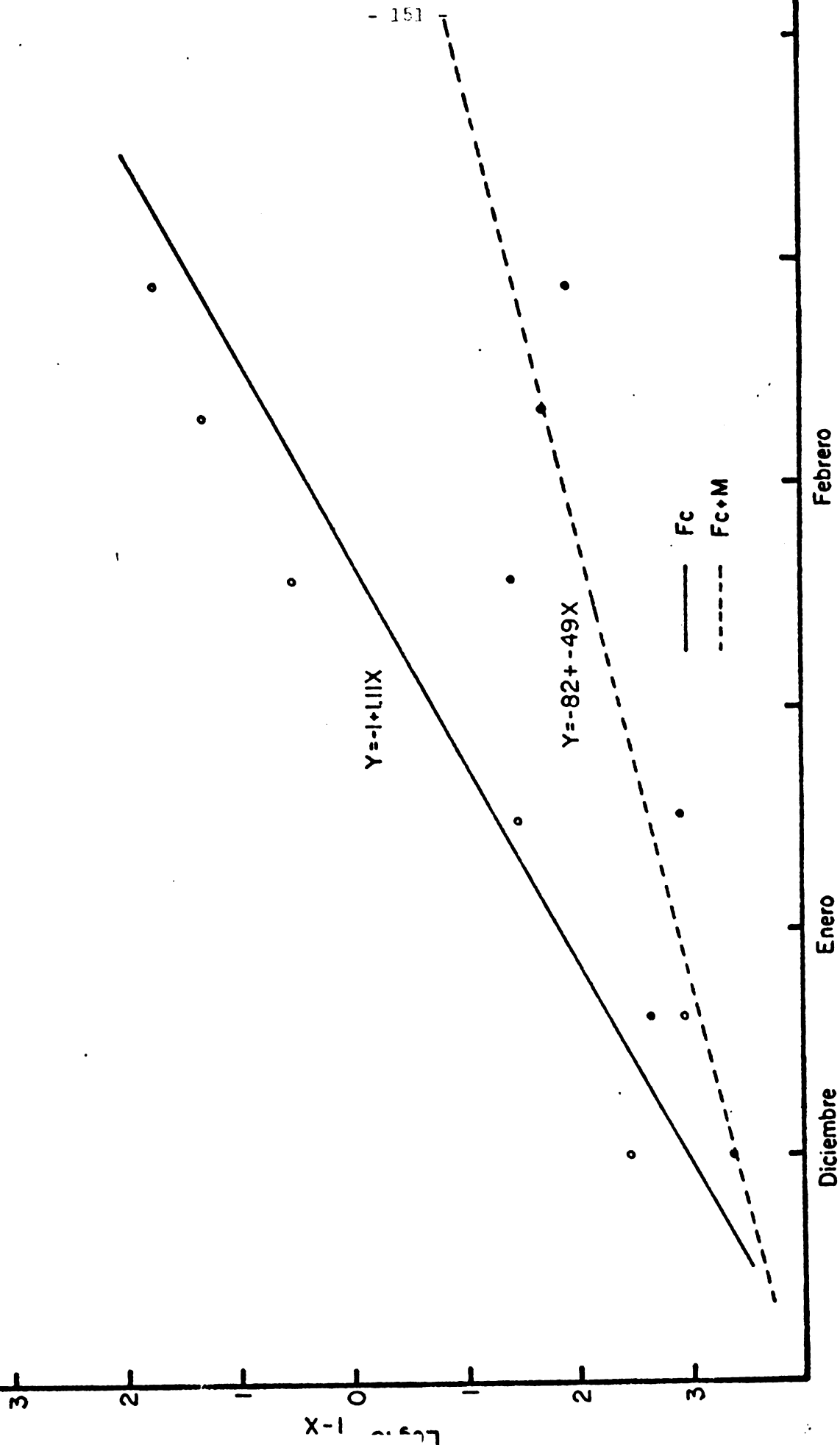


Figura 5. Incremento en el tiempo de *Ascochyta phaseolorum* en frijol de costa cultivado en asociación con maíz y en monocultivo durante 1975. Los símbolos significan: Fc = frijol de costa en monocultivo; Fc + M = frijol de costa asociado con maíz.

Cuadro 8. Incidencia de Ascochyta phaseolorum durante 2 épocas de cultivo en relación con factores ambientales.*

Epoca de cultivo	Tiempo desde germinación a grano verde (días)	Precipitación total (mm)	Temperatura promedio (Min. Abs - Max. Abs) (C)	Incidencia (%) y sistemas de siembra Fc**
Julio - Setiembre, 1974	64	677,40	21,50 (19,3 - 22,9)	83,31 60,18
Diciembre - febrero, 1975	66	168,80	19,9 (18,0 - 21,6)	78,37 48,23

* Promedio de cinco variedades.

** Los símbolos significan: Fc = frijol de costa en monocultivo; Fc + M = frijol de costa asociado con maíz.

REFERENCIAS

1. ARAUJO, E. Y MORENO, R. Propagacao de doencas foliares do feijao macassar (*Vigna unguiculata* (L) Wolp) em diferentes sistemas de cultivos I - Viroses. Fitopatologia Brasileira Vol.3. 1978 (In print).
2. LARIOS, J. y MORENO, R. Epidemiologia de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. II miliu polvoroso y roña. Turrialba 26 (4): 389-398. 1976.
3. _____. Epidemiologia de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. II. Roya y Muerte descendente. Turrialba 27 (2): 151-156. 1977.
4. _____. Algunas características del hongo que causa la Roña de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Costa Rica. Fitopatologia 12(1): 1-7. 1977.
5. MORA, L. y MORENO, R. Incidencia y severidad de la Roya del frijol (*Uromyces phaseoli*) en monocultivo y asociado con maíz. In Reunión Anual del PCCMCA 24a., San Salvador, El Salvador, 1978. Memoria San Salvador, CENTA, 1978, U.1, ooL24/1-L24/2.
6. MORENO, R. Efecto de diferentes sistemas de cultivo sobre la severidad de la mancha angular del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) causada por *Isariopsis griseola* Sacc. Agronomía Costarricense 1(1): 39-42
7. _____. Diseminación de *Ascochyta phaseolorum* en variedades de frijol de costo bajo diferentes sistemas de cultivo. Turrialba 35(4): 361-364. 1975
8. _____. Incidencia de la mancha *Ascochyta* de frijol de costa cultivado solo y asociado con maíz. PCCMCA. Proceedings 21(1): 367. 1975
9. _____. Crop protection implication of cassava intercropping. Proceedings of the workshop Intercropping with cassava. Trivandrum India, 1978. (In print).

MANEJO DE PLAGAS EN ALGODON

A. P. Gutiérrez*

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es una planta de forma de crecimiento indeterminado (es decir, crece hasta que se lo impide el tiempo climático o cualquier otro factor físico o biológico). Los algodones arbóreos de Centroamérica son buenos ejemplos de esta forma de crecimiento. Otras variedades de algodón son más determinadas en su crecimiento (ejemplo los algodones de día corto). Los insectos al alimentarse de la planta de algodón modifican la forma de crecimiento y pueden reducir o aumentar los rendimientos del algodón. Es obvio que debemos entender el crecimiento y desarrollo del algodón libre de plagas para poder entender el impacto de las plagas insectiles.

El propósito de este escrito es examinar conceptualmente la interacción entre la planta, la plaga y el tiempo climatológico y la manera como tal conocimiento puede utilizarse para diseñar estrategias para el manejo de las plagas. Gutiérrez y otros (1975) y Want *et al* (en prensa) describieron minuciosamente los detalles biológicos y matemáticos de modelar el desarrollo y crecimiento de la población del algodón Acala JS-II; Gutiérrez y otros (en prensa) describen las modificaciones menores que se requieren para cultivar otras variedades de algodón.

En la figura 1 se muestra la fenología del algodón. La parte a de la figura muestra el patrón de fructificación del algodón cultivado en condiciones sin limitaciones, mientras que la parte b enseña la materia seca que se acumula procedente de hojas, tallos, raíces y frutos. La tasa máxima de producción de nuevos frutos o la acumulación de materia seca en varios tejidos es dependiente de la variedad. Conceptualmente, el modelo estimula la cosecha por unidad de área y por planta individual.

La época (t_f) en la que se inicia la formación del primer fruto o en la que sucede cualquier otro fenómeno relativo a los frutos es dependiente de la variedad. La tasa a la que crece la planta está determinada por la disponibilidad de productos de la fotosíntesis (P), que a su vez está determinada por varios factores, a saber:

$$P(t) = f(\text{radiación solar, estructura de las hojas, masa foliar, temperatura, densidad, H}_2\text{O, N}_2)$$

Los escritos de Hesketh y otros (1971) y de Baker y Hesketh (1969) fueron piedras angulares para el desarrollo de la noción de la interacción entre el suministro y la demanda de productos de la fotosíntesis de

* Profesor Asociado de Entomología, University of California, Davis, CA 95616

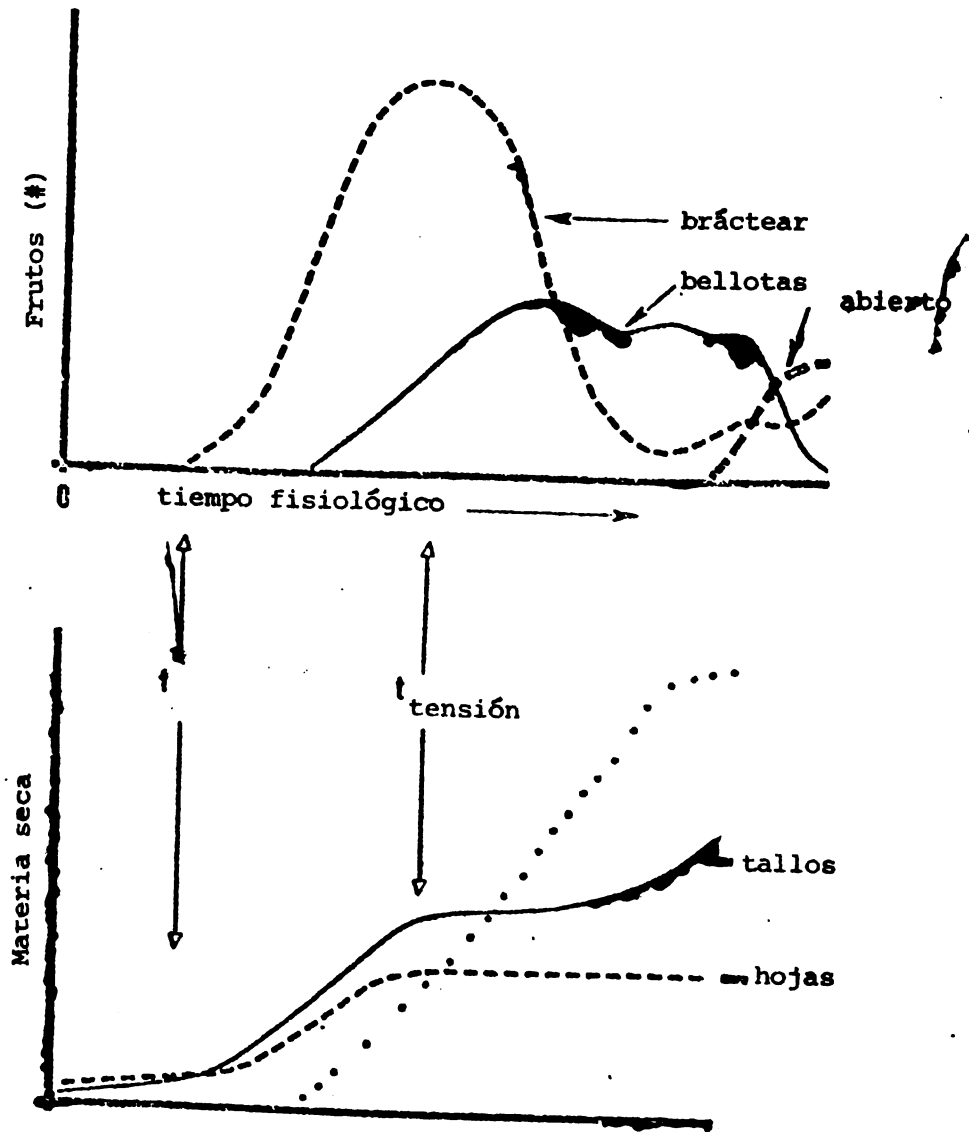


Fig. 1. Tendencias simuladas (A) de brácteas, bellotas y frutos maduros y (B) acumulación de materia seca en tejidos del tallo, de las hojas y de los frutos.

las partes de la planta en crecimiento. La Figura 2 muestra las tendencias estilizadas a través del tiempo del suministro y la demanda de productos de la fotosíntesis en un cultivo de algodón (cf. Want y otros, en prensa). El suministro (q) en el tiempo (t) se describe así:

$$q(t) = P(t) + \alpha \cdot C(t-1)$$

en donde C(t-1) son las reservas totales disponibles del período anterior y α es alguna fracción que normalmente está disponible. Si el suministro es superado por la demanda ($q/d < 1$) ocurrirá una tensión de carbohidratos (t). Si se examina la figura 1 se ve que t coincide con varios aspectos fenológicos de la planta: (1) los picos en la formación de brácteas, cese de la fructificación a iniciación de los nudos en el tallo principal (números), disminución de las tasas de crecimiento de la raíz, el tallo y las hojas (materia seca), aumento rápido en la tasa de caída de brácteas y bellotas pequeñas, y un rápido incremento de acumulación de materia seca de los frutos en maduración (véase Gutiérrez et al, 1975).

Los cálculos de q, d, tanto como el esquema de prioridad para depositar materia seca puede describirse algebraicamente como sigue: el proceso puede visualizarse examinando la figura 3 (los niveles de "taps" para depositar materia seca pueden visualizarse como un esquema de prioridad). La demanda total de tiempo es igual a:

$$\Delta d = \sum_{i=1}^3 \Delta \theta_i + \Delta d_L + \Delta d_R + \Delta d_S + \Delta d_{Ft},$$

donde $\Delta \theta_i$ son pérdidas respiratorias y, d_R , d_S , d_L y d_{Ft}^* son las tasas de crecimiento máximas de las partes de las plantas (raíces, tallos, hojas y frutos, respectivamente). Si $d \leq q_t$ (es decir, $F = q/d > 1$), entonces $\Delta C_t = q_t - \Delta d_t$, de otra manera ocurre el siguiente esquema de prioridades:

$$1.- q_1 = q_t - \sum_{i=1}^2 \Delta \theta_i, \text{ donde } \theta_3 \Delta t = (\theta_{Ft} + \theta_L + \theta_S + \theta_R) \Delta t$$

$$2.- F_1 = q_1 / (d_{Ft} + d_{Ft}^*) \cdot \Delta t, \text{ donde } 0 \leq F_1 \leq 1, q_1 > 0 \text{ y } \theta^* = \theta_3 - \theta_{Ft}$$

$$3.- q_2 = q_1 - (\theta_{Ft} + d_{Ft}^*) \cdot \Delta t \cdot F_1 \text{ (o sea para fruta = Ft)}$$

$$4.- \text{SI } q_2 > 0, F_2 = q_2 / (d_S + d_R + d_L + \theta_3^*) \Delta t, \text{ para } q_2 > 0 \text{ y } 0 \leq F_2 \leq 1.$$

$$5.- \Delta C_t = q_2 - \theta_3^* + d_S + d_R + d_L \cdot \Delta t \cdot F_2 \text{ (o sea, para todas las otras partes de la planta).}$$

La primera relación $0 \leq q/d = F \leq 1$ se usa para definir las tasas de producción de nudos del tallo principal y de yemas de frutos y, también para estimar las tasas y edades en que los frutos (brácteas y bellotas) se caen.

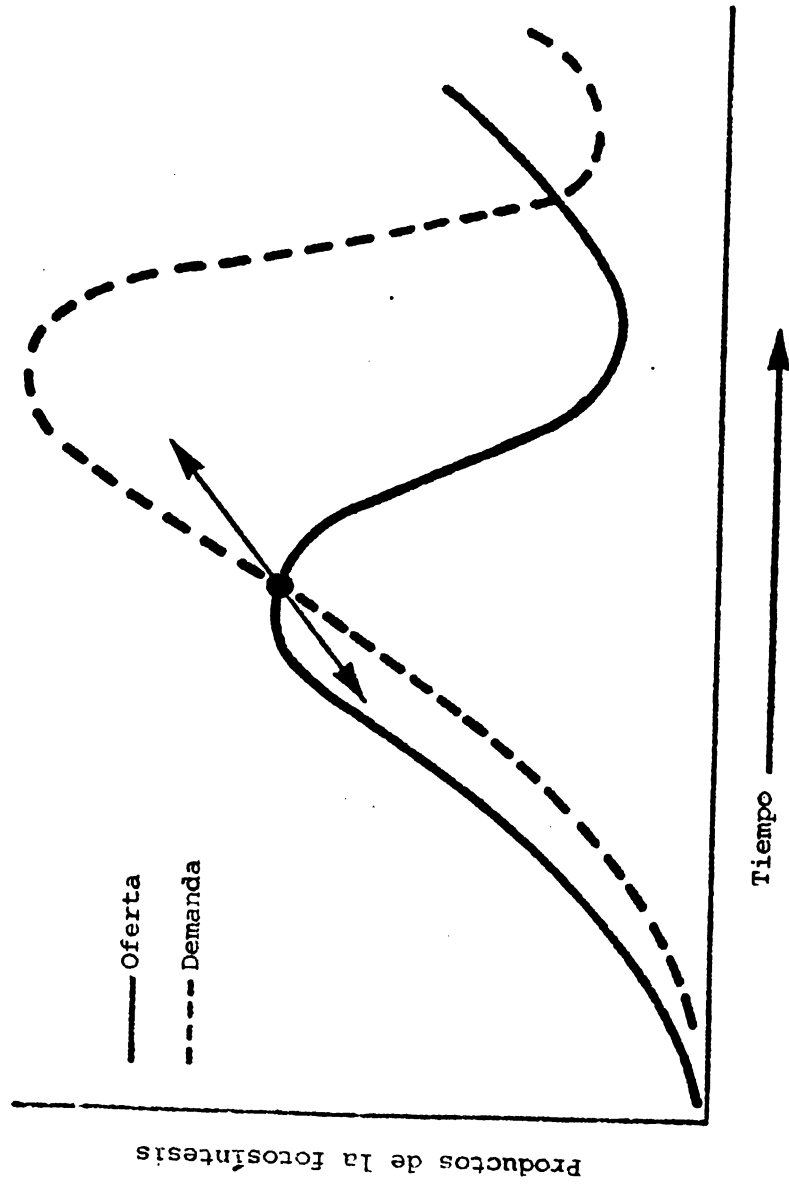


Fig. 2. Tendencias estilizadas en suministro (fotosíntesis más reservas) y demanda (costos de respiración más necesidades de los tejidos) de carbohidratos.

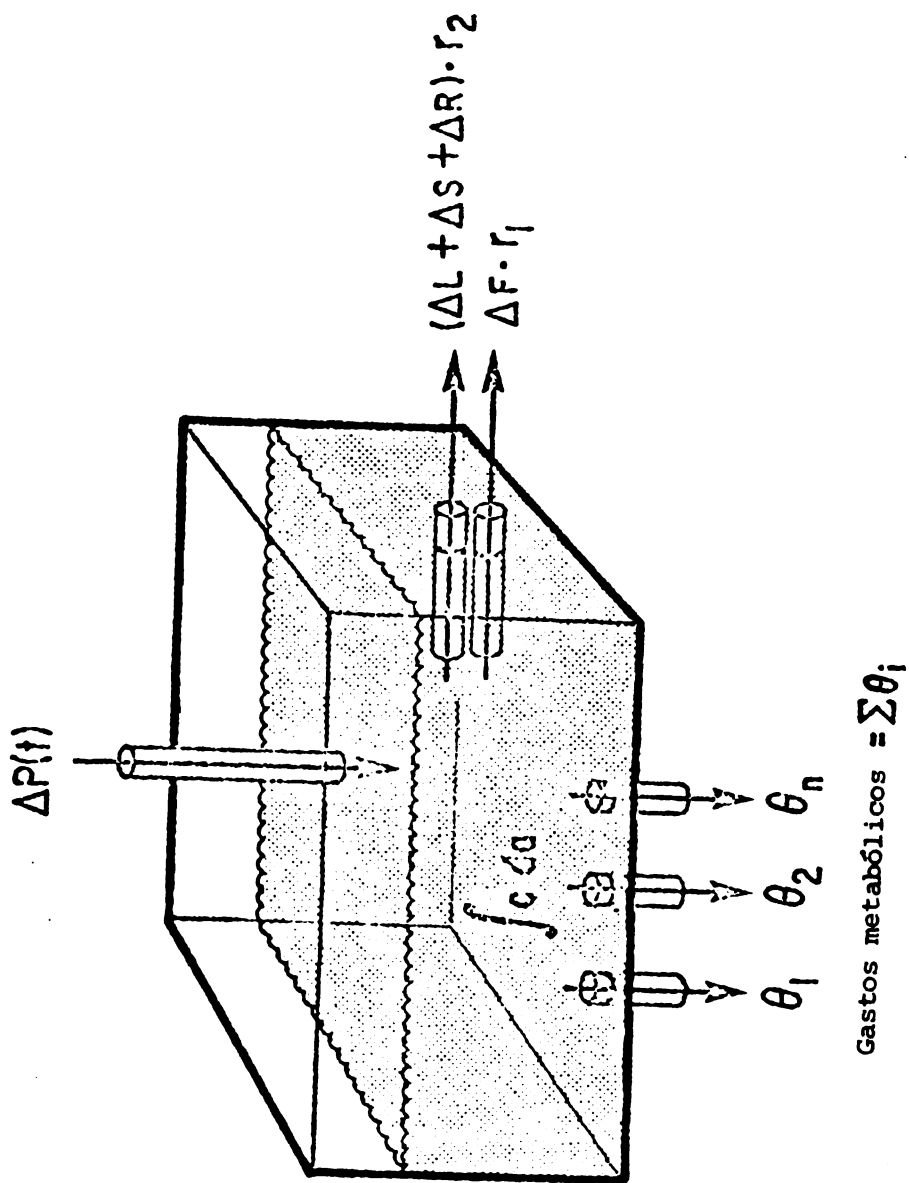


Fig. 3. Representación del modelo de la asociación metabólica. Los niveles de salida indican las prioridades y r_1 y r_2 representan la relación oferta/demanda para los frutos y partes vegetativas, respectivamente.

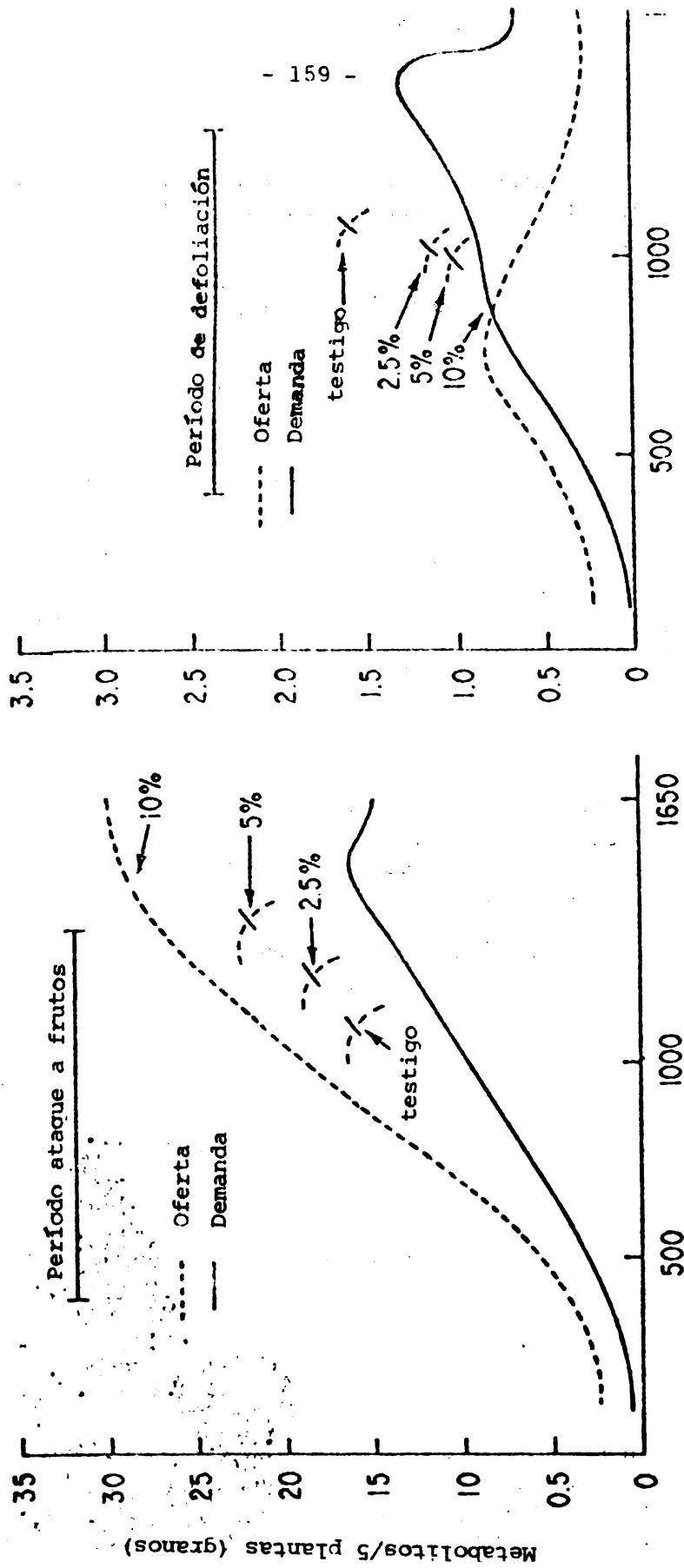


Fig. 4. Efectos de varios niveles de reducción de frutos (A) y de defoliación (B) en la tendencia de oferta y demanda de carbohidratos.

Los cambios en el número de nudos del tallo principal (NTP) y de nuevas yemas de frutos (YF) se describe como sigue (también véase Gutiérrez et al. 1975).

$$\frac{d \text{ NTP}}{dt} = f(\text{densidad}, q(t)/\hat{\Delta d}(t))$$

$$\frac{d \text{ YF}}{dt} = f(\text{densidad}, q(t)/\hat{\Delta d}(t))$$

Por lo tanto, se nota como la acumulación de materia seca y los cambios en el número de estructuras depende de r .

La tasa de desprendimiento ($M_f = 0.95$) aumenta cuando $0 \leq r_2 \leq$ decrece y, además, el intervalo de desprendimiento (intervalo de edad) de los frutos que van a desprenderse también aumenta (véase Figura 4). Los frutos se desprenden con un corto retraso de tiempo de aproximadamente 100 D? Nótese que la planta comienza a perder bellotas pequeñas cuando $r_2 \leq 0.6$.

Ejemplos de daños causados por insectos. ¿Qué sucede cuando los insectos atacan las estructuras de las plantas (hojas, tallo, raíces, frutos) o chupan nutrientes del sistema vascular? Generalmente las perturbaciones causadas a las plantas pueden ser:

- (1) Alteran la edad cronológica de las partes vegetales restantes;
- (2) pueden altera la relación q/d al afectar q y d ;
- (3) pueden retardar la morfogénesis de la planta.

Por ejemplo, cuando un insecto ataca las hojas (en determinada edad), se altera la estructura cronológica y, por lo tanto se afecta Δ_p, Δ_L y hace que la planta destine los productos de la fotosíntesis a cicatrizar heridas (Δ_w). Si el insecto ataca el fruto y, digamos, lo mata inmediatamente, provoca una reducción en Δ_{Ft} . Los resultados de ambos tipos de daño se indican en la figura 3 como vectores que van hacia el punto de tensión desde la condición libre de plagas (es decir, la distancia movida es una función de la seriedad del daño). Los daños causados a las hojas del cultivo hacen que el punto de tensión se mueva más temprano y, si esto ocurre muy rápidamente la planta puede enfermarse y producirse una reducción en el rendimiento. En el algodón la pérdidas en rendimiento y la defoliación no son lineares, a causa de la capacidad de la planta para compensar incrementando la penetración de la luz que eleva el P potencial, o con un retraso de tiempo cuando los frutos se producen y se maduran durante un período de tiempo largo. Si el insecto ataca el fruto, hace que el punto de tensión se mueva más tarde y, si el ataque es suficientemente severo se producen plantas grandes e improductivas. La falta de producción puede deberse a que las plantas mayores, muy juntas unas de otras, pueden recibir

aproximadamente la misma cantidad de luz del sol después de que las copas cierren el dosel, pero están cargadas con mayores costos de mantenimiento (es decir, θ_3 puede aumentar en relación con $P(t)$).

Gráficamente, los efectos potenciales del ataque a las hojas y a los frutos en algún momento t_a se compara con un cultivo libre de plagas (Figura 4). Por lo tanto podemos ver que el mecanismo de acoplamiento para las interacciones planta-insecto es el banco metabólico ($q(t)$).

Se han desarrollado modelos de simulación para varias plagas del algodón (bellotero rosado - *Pectinophora gossypiella* (Saunders), (Gutiérrez et al., en prensa), *Lygus hesperus* Knight (Gutiérrez et al., en prensa) y *Anthonomus grandis* Pierce (Wang et al., en preparación) y se los ha acoplado con éxito con el modelo del algodón y esto ha ayudado a entender las interacciones. También se ha informado acerca del acoplamiento estático entre *Spodoptera exigua* (Hubner) y *Trichoplusia ni* (Hubner) con el modelo de la planta del algodón.

Lygus hesperus. *Lygus* es la plaga clave del algodón en California (Falcon et al., 1971) y los plaguicidas utilizados para combatirla han ocasionado aumentos secundarios de otras plagas no combatidas. Existe considerable controversia en las regiones desérticas de los Estados Unidos, donde se cultiva el algodón, acerca de si es o no es plaga. La controversia subsiste porque no ha sido posible separar la defoliación causada por la plaga, mucho menos se ha podido examinar la manera como interactúan.

El modelo del algodón sugiere que para separar los dos efectos debería hacerse lo siguiente: (1) Eliminar las tensiones en la planta eliminando las bellotas grandes (es decir, depósitos de carbohidratos) varios días antes de la prueba; (2) colocar *Lygus* individuales (de todos los estadios y sexos) en bolsas pequeñas en las terminales de la planta durante períodos variables y (3) comparar las tasas de defoliación en las plantas investigadas con los resultados obtenidos en plantas no controladas libres del ataque de insectos. Es deseable utilizar bolsas o jaulas pequeñas porque ellas exponen las edades del fruto atacado por la plaga y no alteran significativamente la penetración de la luz (es decir, efecto P).

Las figuras 5a y 5b muestran la relación que existe entre el daño de *Lygus* ocasionado en los distintos estadios y los diversos tiempos de exposición. Nótese que el testigo tiene siempre bajos niveles de defoliación, dado que nuestro propósito es separar los efectos de la planta y los del insecto se alcanzó. Se removieron sólo las brácteas pequeñas (Cuadro 1).

La incorporación de estas tasas de defoliación junto con ciertas cantidades de poblaciones de *Lygus* observadas (Figura 6) dentro del modelo, indica que ellos ocasionan una pérdida mínima al cultivo a estas densidades, y que aumenta levemente los rendimientos. El daño al cultivo ocasionado por estos insectos puede ser severo al principio del período de fructificación o cuando haya grandes cantidades del insecto y/o cuando las

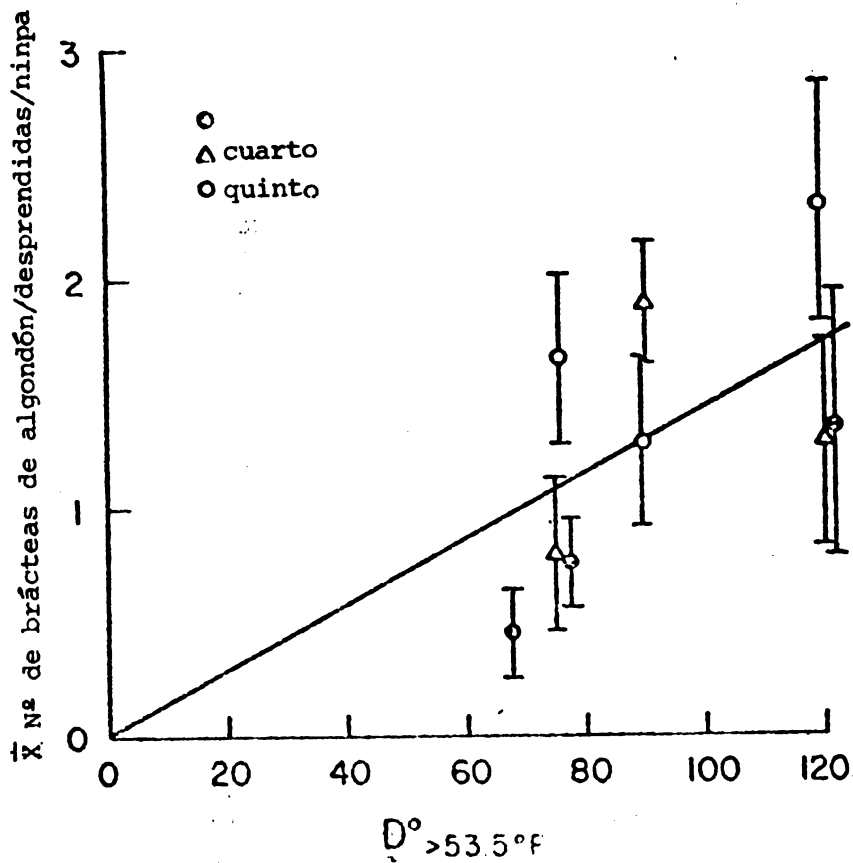
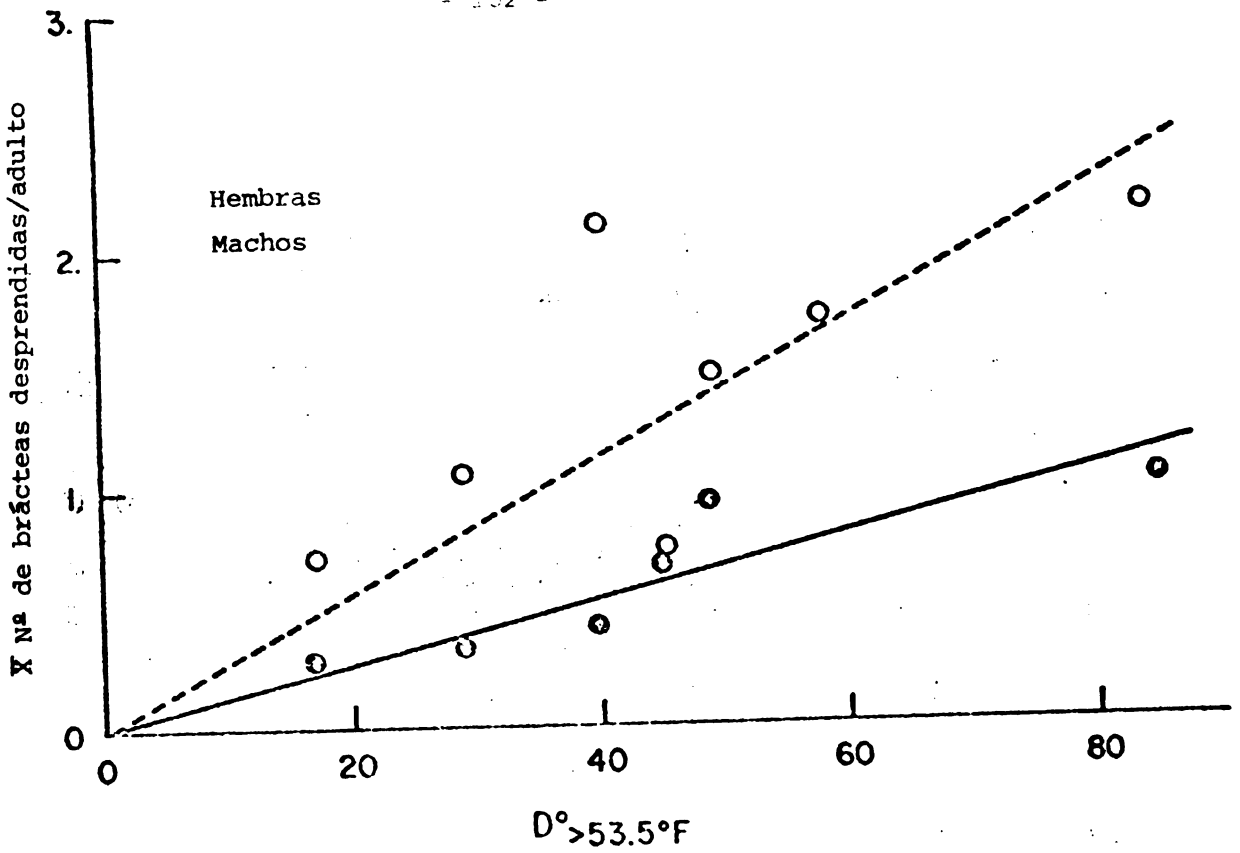


Fig. 5. Relación entre longitud del ataque y número de brácteas pequeñas comprendidas: (A) adultos y (B) inmaduros.

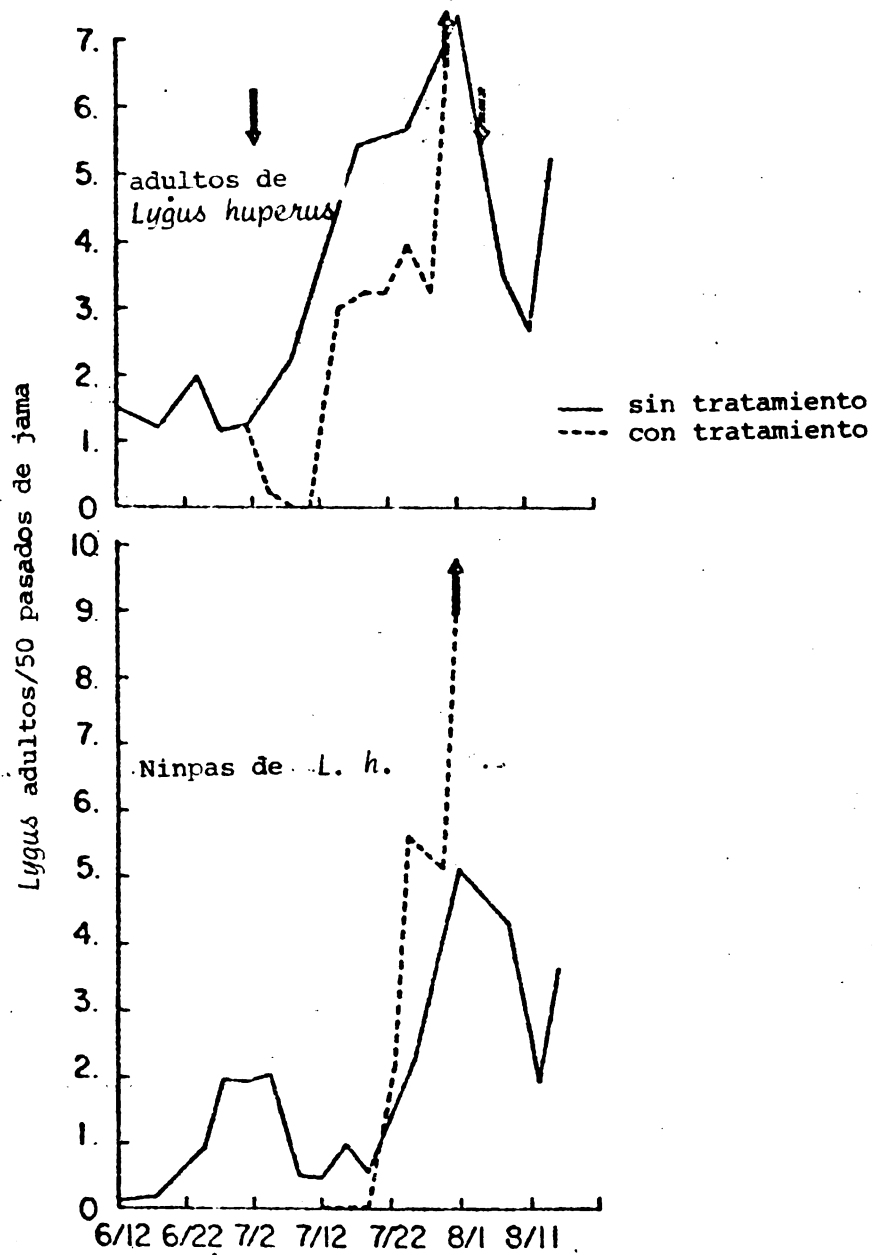


Fig. 6. Tendencias observadas en *Pygus hesperus* en 1974 en Corcoran, California; (A) adultos y (B) ninfas. Las flechas punteadas indican aplicaciones de plaguicidas y las líneas punteadas indican las poblaciones resultantes en las áreas tratadas. Todos los conteos son por 50 pasadas de jama ("Sweep counts").

Cuadro 1.- Reducción de brácteas de algodón causada por adultos de *Lygus hesperus*. El tiempo está expresado en días-grado (D°) por encima de 53.5°F.

Fecha	D° Expuesto	\bar{X} despren- dimiento	S _x	S.E.	N	Desprendidas anteriores
Machos						
27/6/75	40.0	.41	.57	.13	17	0
30/6/75	49.4	.94	1.43	.33	18	0
2/7/75	17.3	.30	.66	.15	20	0
7/7/75	84.8	1.00	1.03	.26	15	.07
9/7/75	29.3	.33	.80	.17	20	0
21/7/75	58.5	2.75	2.02	.45	20	.50
4/8/75	44.7	.67	.89	.26	11	0
Hembras						
27/6/75	40.0	2.10	1.41	.32	20	0
30/6/75	49.4	1.45	1.32	.30	20	0
2/7/75	17.3	.71	.69	.17	17	0
7/7/75	84.8	2.15	2.28	.51	18	.06
9/7/75	29.3	1.06	.87	.21	18	0
21/7/75*	58.5	1.7	1.26	.28	20	.25
4/8/75	44.7	.67	.82	.21	15	0
Testigo						
27/6/75	40.0	.30	.48	.15	10	0
30/6/75	49.4	.10	.32	.01	10	0
2/7/75	17.3	.30	.67	.21	10	0
7/7/75	84.3	.20	.42	.13	10	0
9/7/75	29.3	0	0	0	10	0
21/7/75	58.5	.4	.52	.16	10	0
4/8/75	44.7	0	0	0	10	0

* No se usaron los datos porque eran significativamente diferentes al resto de los datos.

plantas estén débiles a causa de tensiones de humedad, nitrógeno y otras. En este caso, vemos que el daño causado por insectos, altera mucho el crecimiento y desarrollo del cultivo, pero no sabemos cómo afecta la población de *Lygus*. Parece razonable suponer que la afecta, por lo que ahora se hace alguna investigación para dilucidar el problema (Cave, sin publicar).

Defoliación BAW-CL. Gutiérrez y otros en 1975 observaron que el daño de una defoliación estudiado no ocasionaba reducciones significativas en el rendimiento (larvas de BAW también atacan el fruto). La figura 7 muestra las tendencias observadas en la cantidad de defoliadores. Sin embargo, cuando el patrón (ejemplo C) se mueve 30 días más temprano, ocurre una reducción del 40% en el rendimiento (Cuadro 2). Mucha de la pérdida ocurre porque la acción de BAW ocurre sobre brácteas jóvenes de algodón y porque se produjeron retardos severos en el patrón de fructificación.

El bellotero rosado ("pink bollworm"). El PBW está bien adaptado al algodón. La especie causa pocos cambios en la morfogénesis y desarrollo del cultivo. Por ejemplo, las larvas de PBW atacan las bellotas al principio, pero parece que esto causa poco daño ya que tanto las bellotas infestadas como las no infestadas tienen la posibilidad de convertirse en cápsulas adultas (Westphal, no publicado). La biología de PBW está hecha para obtener máximo provecho de las cápsulas disponibles (Gutiérrez, Butler et al., en prensa). Dado que las larvas pueden desarrollarse en una sola semilla, cada cápsula tiene 15 o más sitios potenciales (semillas). Más tarde, la población de PBW puede hacerse tan grande como para saturar los sitios disponibles (Figura 8).

La planta influye más tarde sobre la dinámica de la población de la plaga porque las tasas de desarrollo de las larvas de PBW están muy influenciadas por la edad del fruto atacado.

El efecto de la plaga sobre el cultivo desde el punto de vista de la planta es mucho mayor, ya que puede reducir considerablemente el número de semillas producido. Esto puede tener mucha importancia en algodones silvestres.

Desde el punto de vista del agricultor, el PBW es importante porque el daño producido afecta el rendimiento y calidad de la fibra larga ("lint") y, además, ocasiona contaminación tóxica a la torta y el aceite (Figura 9, cf. Brazzel y Gains, 1956).

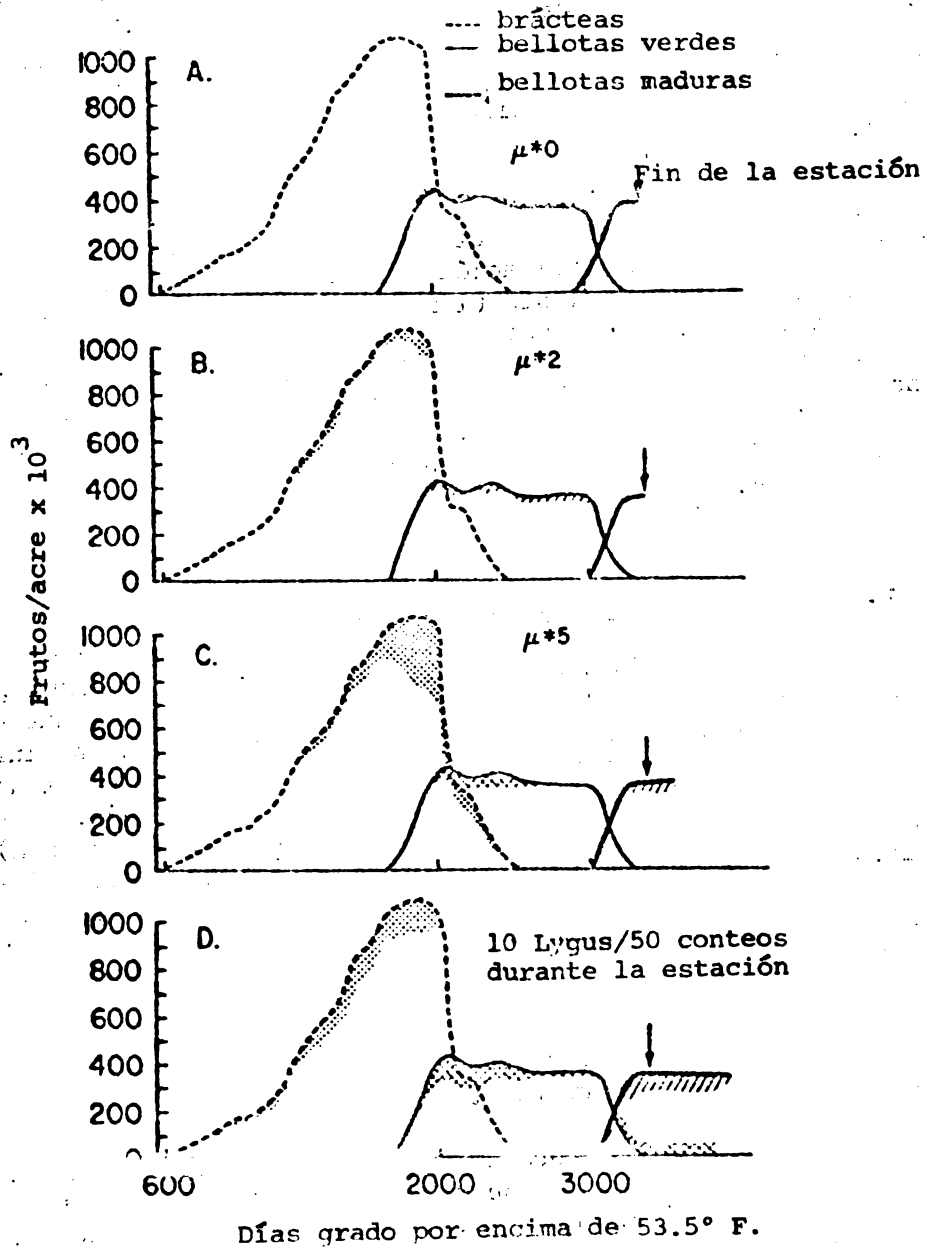


Fig. 7. Efectos simulados X5 observados en poblaciones de *Lygus* (A - ver Fig. 6) en los patrones de fructificación: B = 2XA; C = 5XA; D = X10 *Lygus*/50 pasadas de jama). El área sombreada indica en donde los datos se separan de las observaciones. Nótese que los 50 conteos se ajustaron en el modelo a una base/planta.

Cuadro 2.- Efecto de la regulación del tiempo en las actividades de defoliadores sobre el rendimiento del algodón. Las poblaciones observadas de defoliadores en el tratamiento C se han adelantado (+) o atrasado (-) a intervalos de diez días.

Tratamiento	Rendimiento (Pacas)	Bellotas Maduras Verdes		Cantidad total de Bellotas
C + 40 (período temprano de Brácteas)	1.92	63.7	14.7	78.4
C + 30	1.91	62.4	15.6	78.0
C + 20	2.28	76.7	14.7	91.4
C + 10	2.68	94.5	12.1	106.6
C (período tardío de Brácteas)	2.68	94.0	10.1	104.1
C - 20 (período temprano de Bellotas)	2.83	99.4	9.9	109.3

* (+) = más temprano en la estación que la fenología observada para el tratamiento C (Figura 7).

(-) = más adelante en la estación.

El picudo. La interacción de esta plaga con el algodón (*G. hirsutum*) es muy interesante, dado que todas las otras plagas del algodón descritas en esta publicación lo aceptan secundariamente (*Lygus*, BAW, CL) o evolucionan en otra especie (PBW). Por lo tanto no sorprende que la biología de esta plaga se acople a la manipulación del desarrollo del cultivo (Wang et al., en preparación).

El algodón silvestre en América Central es una planta perenne (es decir, crece hasta ser un arbusto grande o un árbol) y se mantiene en determinada forma a causa de esta plaga (Gutiérrez, sin publicar). El algodón silvestre es una planta rara en el área y, la feromona del picudo es liberada sólo cuando ocurre la fructificación (es decir, cuando las bellotas son abundantes). Esto permite a la plaga encontrar un cultivo escaso pero que esté en la etapa de desarrollo apropiada. La plaga prefiere ovipositar y alimentarse en brácteas que sufren abscisión después de un período corto. A causa de su fecundidad amplia y la sobrevivencia, la plaga puede mantener la planta creciendo vegetativamente (es decir, que se producen más brácteas). En un caso que observé, una planta muy grande fue infestada tanto que sólo dos bellotas se encontraron al final de la estación (es decir, cuando el agua fue deficiente). En contraste, la planta tenía cientos de nuevas brácteas producidas en respuesta al daño ocasionado por el picudo.

En el algodón comercial los picudos desarrollan la misma biología. En este caso, si una planta permanece en estado vegetativo por mucho tiempo, puede resultar una gran cantidad de plantas no productivas, porque la defoliación inducida ocasiona una baja producción de P en relación con el aumento en los costos respectivos. Además, la planta sufre retrasos, pérdida de energía a causa de la caída de los frutos y/o puede volcarse prematuramente. Tales resultados son totalmente contrarios a los objetivos del agricultor. En vista del grave daño que puede ocasionar esta plaga (desde el punto de vista del agricultor) no es sorprendente que le hayan levantado un monumento en el sureste de los Estados Unidos.

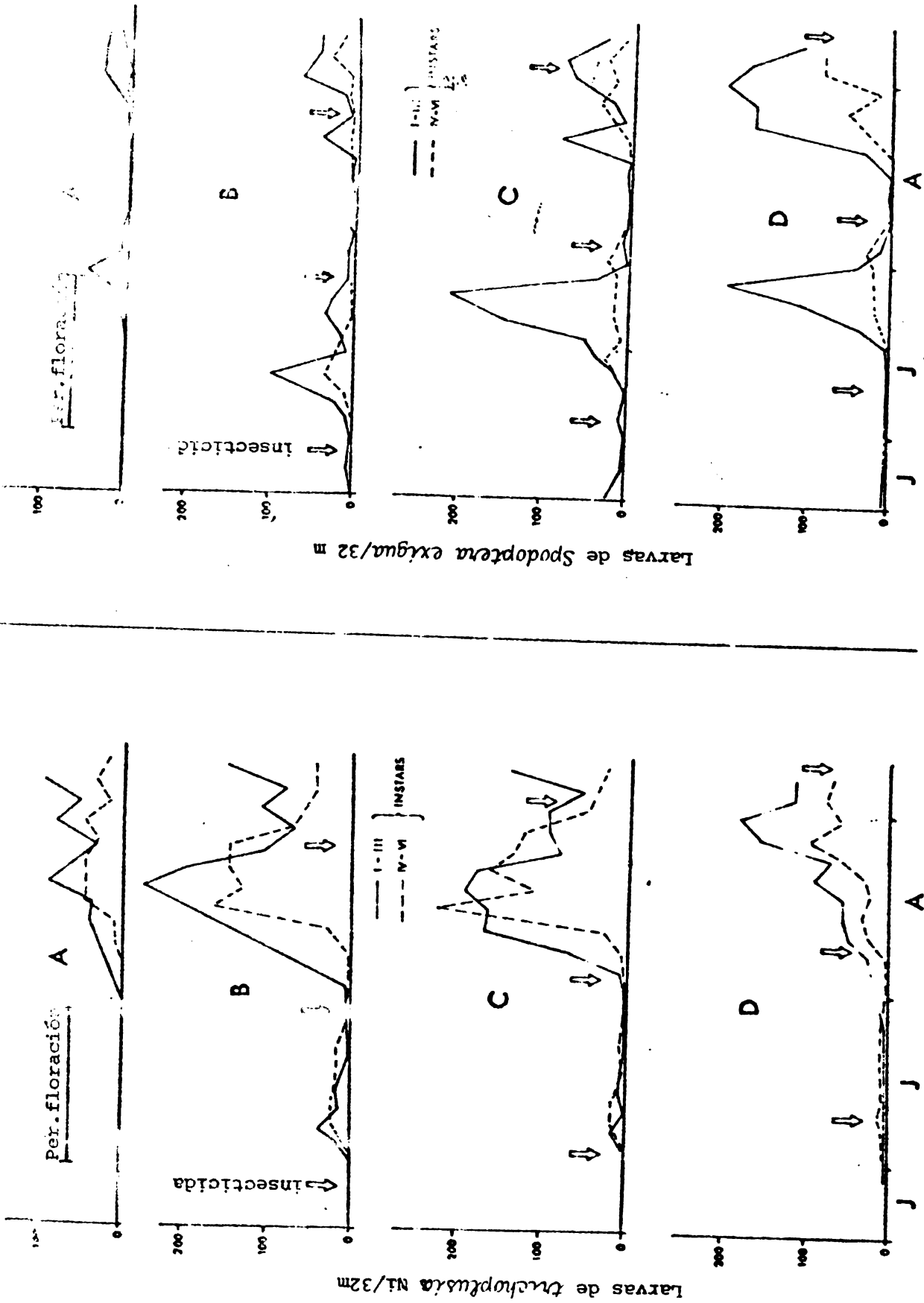


Fig. 8. Cantidades observadas de larvas pequeñas (-) y grandes (---) de *Trichoplusia ni* (derecha) y *Spodoptera exigua* (izquierda) en 32 m de algodón. Las flechas descendentes indican las aplicaciones de insecticida (A es el testigo). En el modelo, todos los conteos se ajustan a una base por planta.

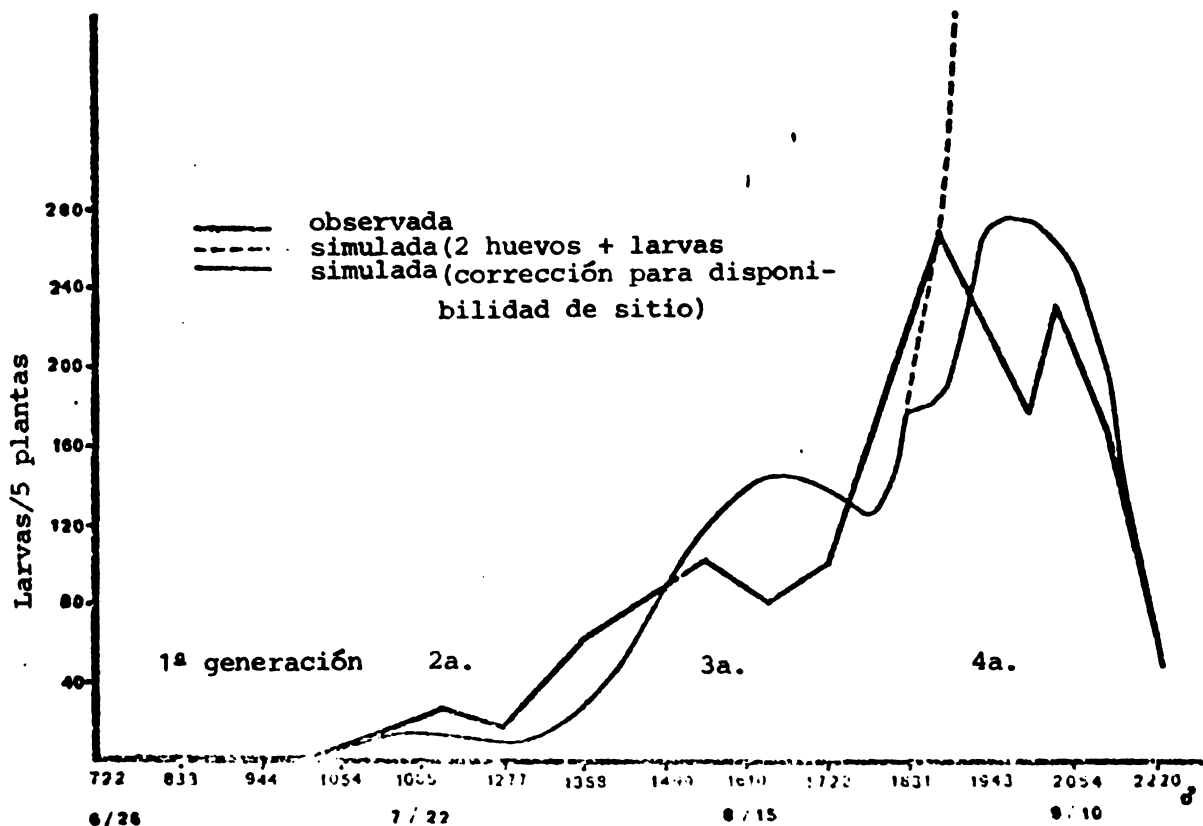
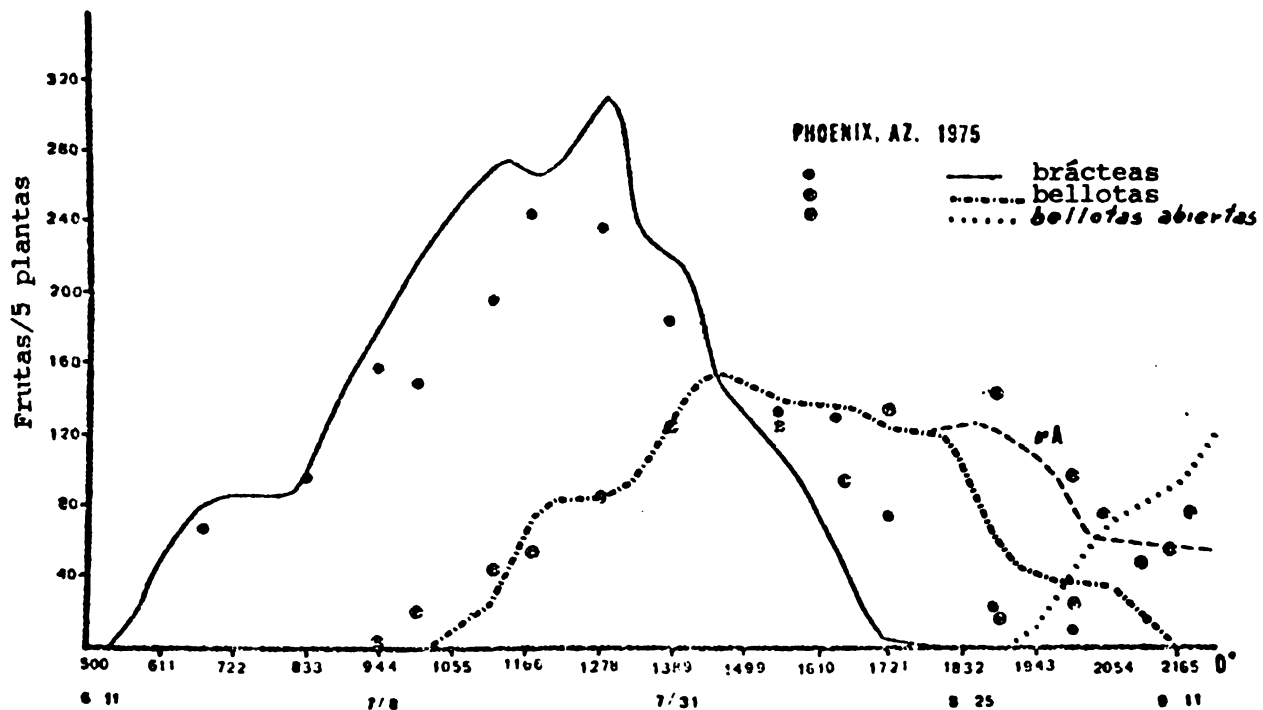


Fig. 9. Tendencias observadas y simuladas de fructificación (A) y larvas de bellotero rosado en Phoenix, Az. 1975.

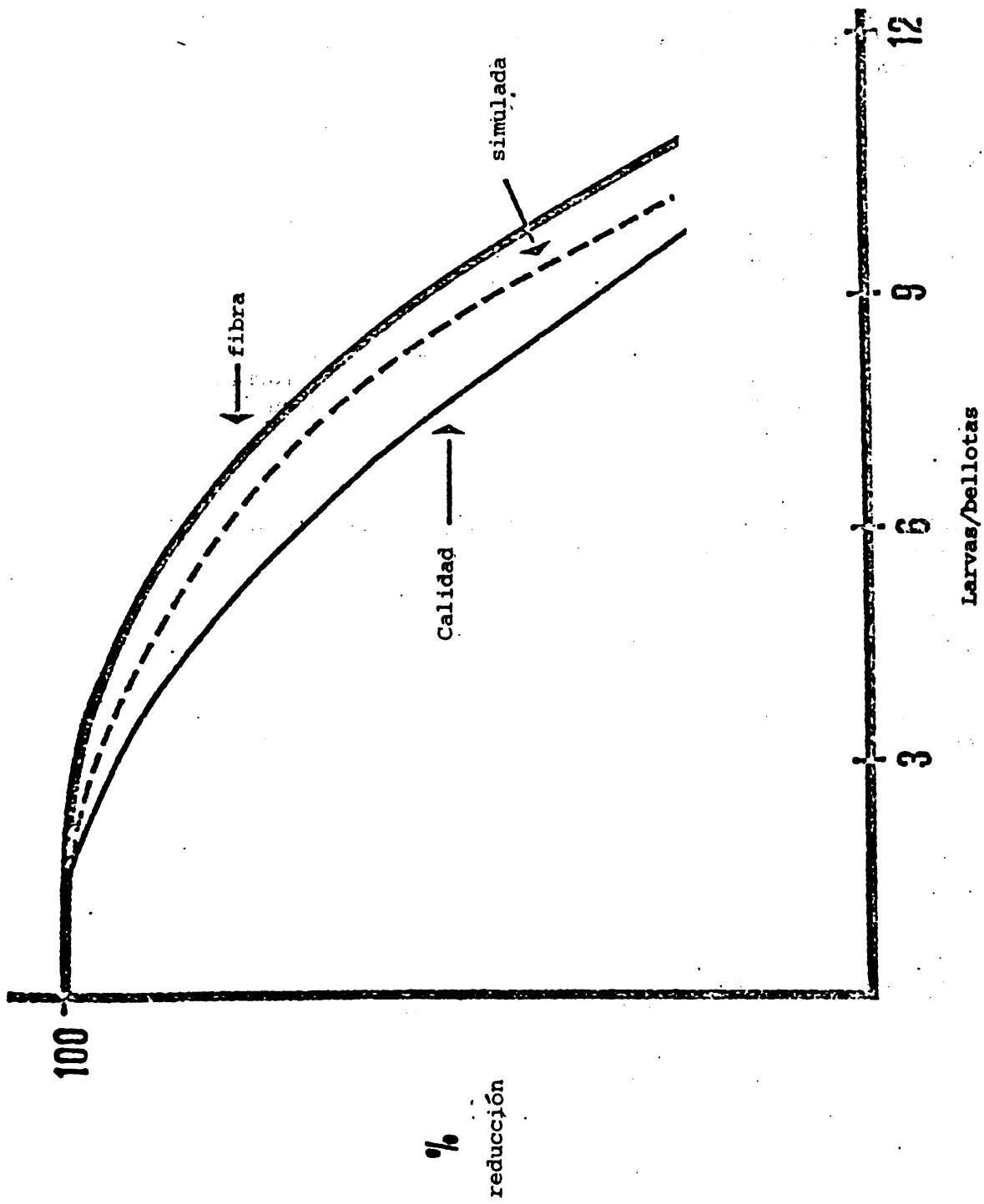


Fig. 10. Relación entre el % de pérdidas en calidad de semilla y fibra (A), rendimiento de fibra (B) y de semilla (C) y el número de larvas de bellotero rosado por bellota.

Bibliografía

- Baker, D. N., and J. D. Hesketh. 1969. Respiration and carbon balance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Pages 60-4 in Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf. Jan. 7-8, New Orleans.
- Brazzel, J. R. and J. C. Gains (1956). The effects of pink boll worm infestations on yield and quality of cotton. J. Econ. Ent. 49:852-854.
- Falcon, L. A., R. van den Bosch, J. Gallagher and A. Davidson. 1971. Investigations of the pest status of *Lygus hesperus* in cotton in Central California. J. Econ. Ent. 64:56-61.
- Gutiérrez, A. P., L. A. Falcon, W. Loew, P. A. Leipzig and R. van den Bosch. 1975. An analysis of cotton production in California: a model for Acala cotton and the effects of defoliators on its yield. Environ. Ent. 4:125-36.
- Gutiérrez, A. P., T. F. Leigh, Y. Wang and R. Cave (In press). An analysis of cotton production in California: *Lygus hesperus* injury - an evaluation. Can. Entomol.
- Gutiérrez, A. P., G. D. Butler, Jr., Y. Wang and D. Westphal (In prep.). Cotton - pink bollworm - weather interactions. For Can. Entomol.
- Hesketh, J. D., D. N. Baker and W. G. Duncan (1971). Simulation of growth and yield: respiration and the carbon balance. Crop. Sci. 11:394-98.
- Wang, Y., A. P. Gutiérrez and G. Oster (In press). A general model for plant growth and development: coupling plant-herbivore interactions. Can. Entomol.
- Wang, Y., R. Daxal, and A. P. Gutiérrez (In prep.). The impact of boll weevil (*Anthonomus grandis*) on the growth and development of cotton in Central America: its evolutionary significance.

ESTIMACION DEL UMBRAL ECONOMICO DE DAÑOS CAUSADOS AL ALGODON
(*Gossypium hirsutum* L.) POR EL BELLOTERO (*Heliothis zea* Boddie)
Y POR EL PICUDO (*Anthonomus grandis* Boh)*

A. P. Gutierrez 1/; R. Daxl 2/
G. Leon Quant 3/; L. A. Falcon 4/

INTRODUCCION

En todo el mundo el algodón recibe cantidades masivas de plaguicidas para combatir las plagas insectiles. En la faja algodонера del sur de los Estados Unidos y en gran parte del resto del Continente Americano, el picudo (*Anthonomus grandis* Boh.) y *Heliothis* spp. (*H. zea* Boddie y *H. virescens* Fabricius) son las plagas principales ya que ambas especies poseen potenciales extremadamente altos para causar daños al algodón cultivado (*G. hirsutum* L.). Los esfuerzos realizados para estimar umbrales económicos confiables para estas plagas (c. f. Stern *et al.*, 195) no han tenido mucho éxito debido a que los costos de colección de los datos que se necesitan para estimar los daños causados por las dos plagas por separado en algodón son muy elevados, y la información a menudo resulta muy variable. Lo que es más importante aún, casi no se conocen las razones por las que la información es de naturaleza tan variable.

Algunos estudios recientes indican que la comparación del índice de fructificación del algodón con el índice de pérdidas de frutos causadas por insectos (y por otras causas) pueden resultar bastante instructivas (Gutierrez *et al.*, 1975; Wang *et al.*, 1977; Gutierrez *et al.*, 1977; Gutierrez *et al.*, 1979), pero no se pudieron sacar conclusiones generales de estos estudios debido a que no se contaba con la información que se ha obtenido de una forma similar en los mismos campos. Esta información obtenida en Nicaragua supera estas deficiencias y nos permite examinar los umbrales económicos (p.e. acción) del bellotero y de picudo en algodón.

METODOS

En casi toda Centroamérica el algodón, tanto silvestre como domesticado, inicia su crecimiento cuando la humedad del suelo se ha agotado. En esta región la temperatura nunca es limitante. Como parte de un programa cooperativo

* Este no es un trabajo final, aún se encuentra en proceso de refinamiento.

1/ Division of Biological Control, University of California, 1050 San Pablo Avenue, Albany, California 94706.

2/ Hasta hace un tiempo FAO/UNDP, Managua, Nicaragua.

3/ Hasta hace un tiempo Banco Nacional, Managua, Nicaragua.

4/ Department of Entomological Sciences, University of California, Berkeley 94720.

FAO/Universidad de California, se colectó información general sobre el crecimiento y desarrollo del algodón (c. f. Gutierrez *et al.*, 1975) y sobre los daños causados por bellotero y picudo a los frutos en algodones comerciales cerca de Managua, Prosoltega y León, Nicaragua. Varias veces por semana se contaron los frutos totales sanos y dañados por insectos, por edades. También se contó el número de cicatrices de abscisión de los frutos, las larvas de bellotero y los picudos adultos, así como frutos dañados por cada plaga que aún permanecían en la planta. Generalmente se cartografiaron 100 plantas diariamente y se uniformizó la información a unidades/área 1/. Debido a que cada especie de plaga causa un tipo de daño diferente, cada fruto dañado podía ser categorizado. En cada campo se registraron los datos de rendimiento (número de bellotas maduras) al final de la estación.

Toda la información mencionada se empleó para evaluar el umbral económico (en realidad umbrales de acción) en algodón para el daño combinado de las poblaciones de bellotero y picudo.

RESULTADOS

La Figura 1 a-d presenta una pequeña parte de los juegos de datos usados en estos análisis, e ilustra la fenología y la dinámica de los frutos de algodón sanos y dañados, del picudo y del bellotero. La Figura 1 a está rotulada en forma detallada, pero las mismas leyendas se aplican a los otros juegos de datos. Cuando la información se presenta de esta manera sólo pueden hacerse afirmaciones cualitativas. El patrón de crecimiento de las cuatro cosechas fue muy diferente.

En general, el bellotero fue la plaga principal en la mayoría de los campos estudiados (ver Cuadro 1). Las cosechas Escote 1970 (1 a) y Ojoche 1975 (1 c) presentaron números reducidos de picudos y bellotereros, La Calera 1970 (1 d) presentó números elevados de bellotereros y picudos, mientras que el campo Escote 1972 (1 c) presentó solamente bellotereros. El campo Ojoche presentó daños elevados causados por bellotero, que no se esperaban (H) y niveles bajos de daño causados por picudo, los que se esperaba (W), mientras que el campo de La Calera presentó niveles elevados de daños causados por picudo, los que se esperaban, y daños inesperados moderados causados por bellotero.

Se tuvo mucho cuidado al recoger estos datos; sin embargo, es difícil saber si las discrepancias mencionadas en los patrones de daño esperados fueron debidas a diversas fuentes de errores de muestreo tales como diferencias en la capacidad de los trabajadores para encontrar las plagas por medio de inspección visual, fatiga, etc. (ver Beryl *et al.* 1979, quien presenta una revisión reciente de la literatura sobre muestreo en algodón), o a comportamientos más sutiles de las interacciones plaga-planta. Por otra parte, el algodón crece de manera muy definida, por lo cual los conteos de partes de la planta son más exactas. Al estudiar los análisis subsiguientes debe tenerse esta observación en mente.

* La unidad regional de medida de la tierra es una manzana, que equivale aproximadamente a 1,41 hectáreas.

ESCOTO 1970 **A**

ESCOTO 1971 **B**

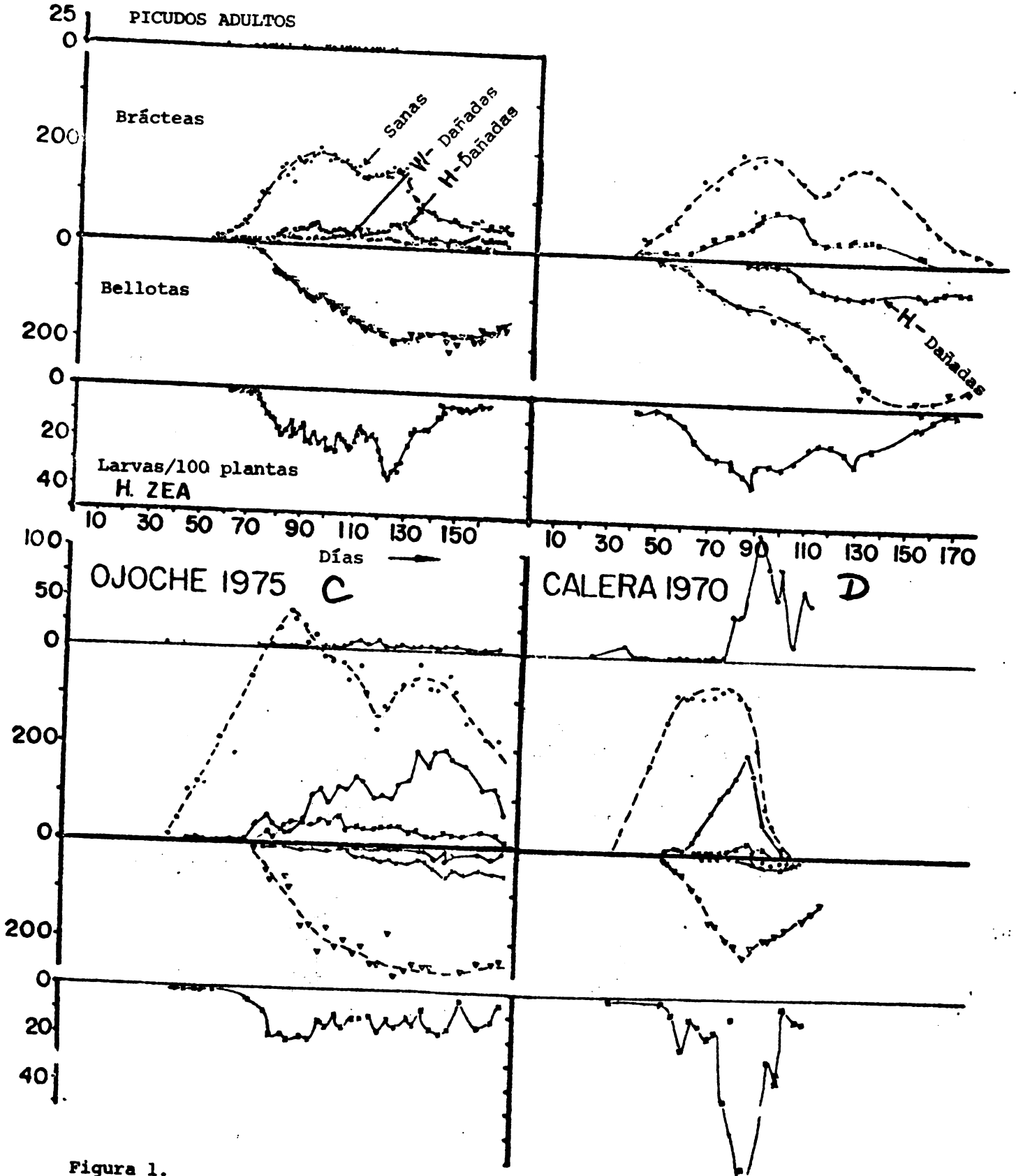


Figura 1.

Estimación del número acumulativo de frutos dañados. Ambas plagas causan daños a las brácteas

y a las bellotas pequeñas, ocasionando abscisión. Asimismo, dañan bellotas más maduras directa e indirectamente introduciendo infecciones y pudriciones fungosas secundarias; los detalles de este fenómeno no se exponen en este trabajo. La cantidad acumulativa de frutos dañados en un tiempo t es la suma de (1) los frutos dañados durante el período actual más (2) los frutos dañados en períodos anteriores pero que presentaban abscisión y (3) todos los frutos que se han desprendido (p. e. cicatrices). Las brácteas y bellotas pequeñas dañadas por ambas especies permanecen en la planta por un lapso aproximado de 10.26 días (Hernández y Daxl, informe no publicado). El número total de frutos (ΔS_t) que han sido dañados durante un intervalo de tiempo (Δt) pueden estimarse por medio de la ecuación 1.

$$\Delta S_t = \left\{ \left(\frac{N_t + N_{t-\Delta t}}{2} \right) \cdot \Delta t \right\} / 10.26 \quad (1)$$

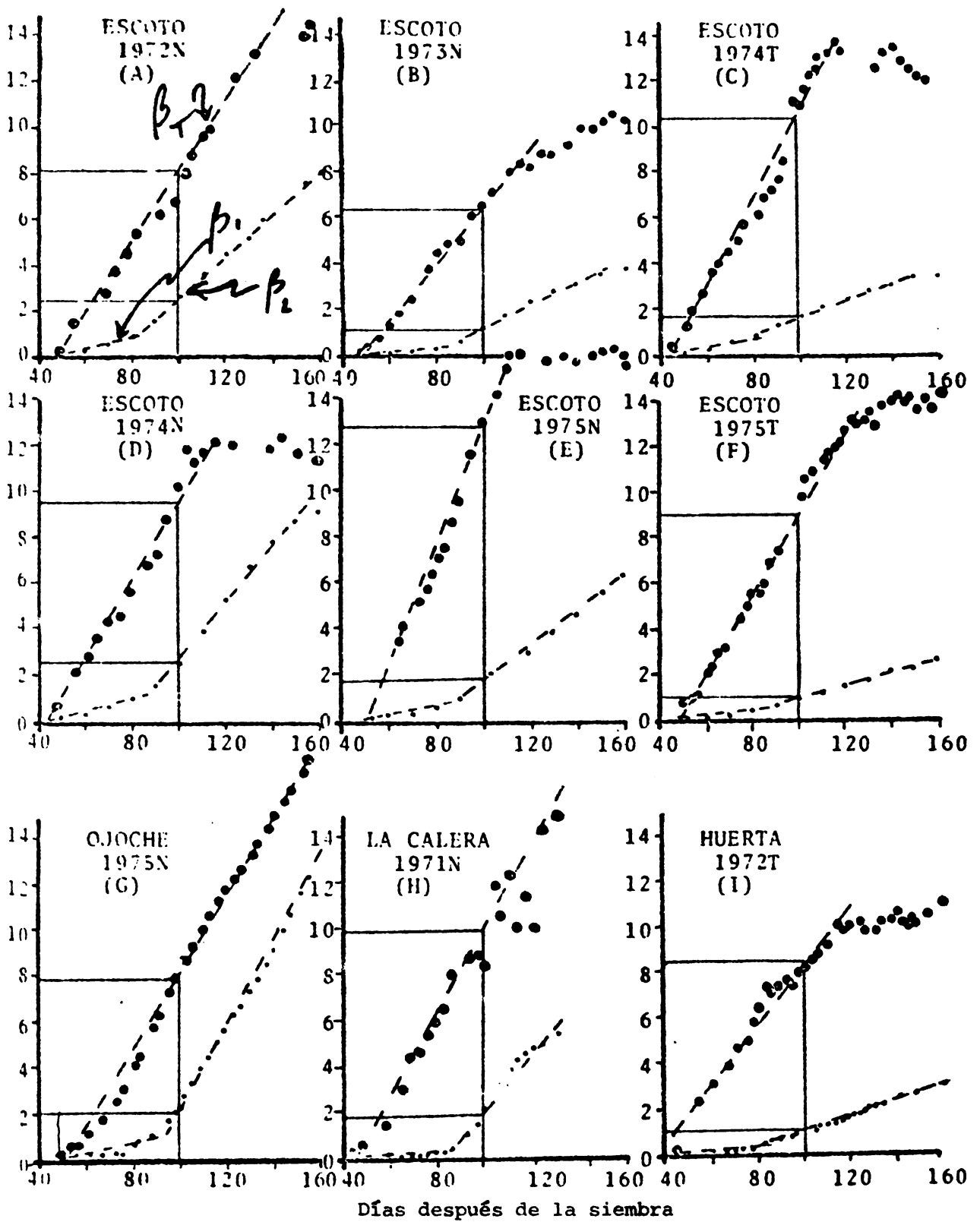
y

$$S_t = S_{t-\Delta t} + \Delta S_t$$

donde: S = el número acumulativo de frutos dañados desde el tiempo t_0 a t ;
 N_t = número de frutos que muestran daño en cualquier momento t ;
 Δt = número de días transcurridos desde la última observación.

En estas parcelas empleamos tiempo Julián simplemente porque las variaciones de temperatura en este área son mínimas y el error encontrado al emplear días más bien que días grado es pequeño en relación con el error obtenido usando datos climáticos obtenidos de fuentes locales. En la Figura 2 a-i se muestra un lote de fruta acumulativa dañada computado según la ecuación 1. Pareciera que hay índices de daño temprano en la estación (B_1) y tardío (B_2) (N.B. La función es continua pero la segmentamos por conveniencia). En el Cuadro 1 se presentan las pendientes de rectas adaptadas entre los dos juegos de valores β_1 y β_2 para cada localización. El cambio de una fase a la otra en cualquier campo ocurre en el intervalo entre los 75 a los 90 días, pero no podemos predecir el momento exacto porque este cambio está bastante influenciado por la dinámica de población de ambas plagas y por sus respuestas en número y función a la disponibilidad de alimento (Holling, 1966). El período que pasa entre una y otra generación para picudo y para bellotero en Nicaragua son 15.2 y 18 días respectivamente (Hernández y Daxl, informe no publicado). 1/

1/ Se puede facilitar una copia de este informe a quien la solicite por escrito.



- Producción acumulativa de frutos
- Frutos dañados (acumulativos)

Figura 2.

Cuadro 1. Índice de producción de yemas frutales e índice de daños causados por bellotero y picudo en varias parcelas.

Parcela	Año	Plaga	Rendimiento en bellotas 10 ³ /mz	$\beta_T \times 10^3$	$\beta_2 \times 10^3$	$\beta_1 \times 10^3$	$\beta_S \times 10^3$	β_T/β_2	Densidad/ 1.4 ha.
Huerta	1972	H	420	25.75	3.50	0.75	-- 1/	7.36	53.000
Huerta	1973	H	430	18.22	3.50	0.60	--	5.20	--
Escoto	1972	H	524	19.91	4.67	1.16	--	4.26	23.000
Escoto	1973	H	508	20.64	3.08	0.76	--	6.71	24.000
Escoto	1974	(W=H)	540	22.67	3.63	1.74	--	6.18	29.000
Escoto	1975	H	535	19.33	3.67	0.74	--	5.27	28.000
Escoto	1971	(W=H)	170	15.10	--	--	--	1.36	23.000
Escoto	1972	H	370	17.00	9.45	1.58	1.59	1.80	23.000
Escoto	1973	H	450	13.00	5.40	0.87	2.55	2.41	24.000
Escoto	1974	(W=H)	320	19.37	13.00	1.72	2.48	1.49	29.000
Escoto	1975	H	520	25.00	7.93	1.43	2.66	3.15	28.000
Escoto	1976	H	320	18.18	14.00	3.33	--	1.30	--
Ojoche	1974	H	320	22.67	10.40	2.30	--	2.17	18.500
Ojoche	1975	H	220	17.67	17.98	3.08	--	0.99	--

Glosario

- β_1 = Pendiente de la curva daños-frutos (al principio de la estación).
- β_2 = Pendiente de la curva daños-frutos (al final de la estación)
- β_{Total} = Pendiente de la curva de producción acumulativa de yemas frutales.
- β_S = Pendiente de la abscisión acumulativa de yemas frutales (independiente de la causa).
- H = *Heliothis zea*, la plaga más importante.
- W = Picudo, la plaga más importante

1/ No se pudo obtener algunos datos debido a la reciente revolución en Nicaragua.

Producción de yemas frutales: La producción de yemas frutales es una función lineal de la densidad de plantas y de la temperatura, por lo menos hasta que se alcance el límite de capacidad de producción de la planta, (ver Gutiérrez *et al.*, 1975). Nótese que el índice de producción de yemas frutales β_T tiende a disminuir alrededor de los 100 a 120 días (se ha alcanzado el límite de capacidad de producción de la planta) en aquellos juegos de datos donde los niveles de daño a la fruta son relativamente bajos (b, c, d, e, f, i), mientras que la producción de yemas frutales continuó sin disminuir en aquellos campos que presentaban niveles elevados de daño (a, g, h). Estos resultados están de acuerdo con el modelo de tensión de carbohidratos propuesto por Gutiérrez *et al.* (1974 y 1975) y Wang *et al.* (1977); (véase también McKinnion *et al.*, 1973). Las diferencias observadas en cuando al momento de aparición de la primera fruta y en β_T se deben a las diferencias en densidad de siembra, algunas diferencias varietales y a las condiciones climáticas. El índice de producción de yemas frutales (β_T) fue estimado a partir de datos de campo por medio de conteos regresivos del número total de frutos dañados y sanos, más el número de cicatrices de frutos desprendidos debido a cualquier causa, contra el tiempo (ver Figura 2 a - i). El rectángulo que aparece en cada gráfico se incluyó para mostrar las diferencias en las curvas de β_T y β_2 .

Las poblaciones de larvas de picudo y de bellotero fluctúan con los números de frutos disponibles en un momento dado. La Figura 3 a - h muestra que los números de frutos dañados por plagas son funciones de los números de plagas. Existe una fuerte relación lineal (año - h) entre daños causados por bellotero y el número de larvas de bellotero en todos los casos (Cuadro 2), lo que indica una respuesta dependiente directamente de la densidad, mientras que la relación del picudo (año - A) no es lineal pero sí dependiente de la densidad. Estas funciones sugieren respuestas funcionales de tipo I y II respectivamente (Holling, 1959, pero ver Hassell 1979 para una revisión), y esto es respaldado por las parcelas de frutos dañados totalmente/número de plagas sobre frutos totales/número de plagas. Todas las curvas del picudo son similares, difiriendo únicamente en la escala. En efecto, para $x = 1$, y es aproximadamente 10. Examinando más de cerca 3 e y g, la dispersión de puntos en $x = 1$ indican que en promedio la intercepción de Y también está cerca de 10. Las curvas deben ser forzadas a través del punto de origen solamente porque la teoría indica que cero plagas deberían causar cero daños. Las observaciones anteriores están apoyadas por observaciones no publicadas de Hernández y Daxl, quienes encontraron en experimentos de campo con jaulas, en Nicaragua, que las hembras del picudo causan daños en 6.75 cuadros via oviposición y 3.2 vía alimentación. La forma de las curvas del picudo pueden ser explicadas por el hecho de que los adultos emiten feromonas (Keller) que pueden inhibir la búsqueda de otros. No se sabe si las larvas de bellotero emiten feromonas, son caníbales y no pueden emigrar del campo (Stinner *et al.*).

La estimación de los umbrales económicos o de acción hace necesario que estemos en capacidad de predecir las posibilidades del cultivo para compensar el número de frutos perdidos así como la materia seca de frutos.

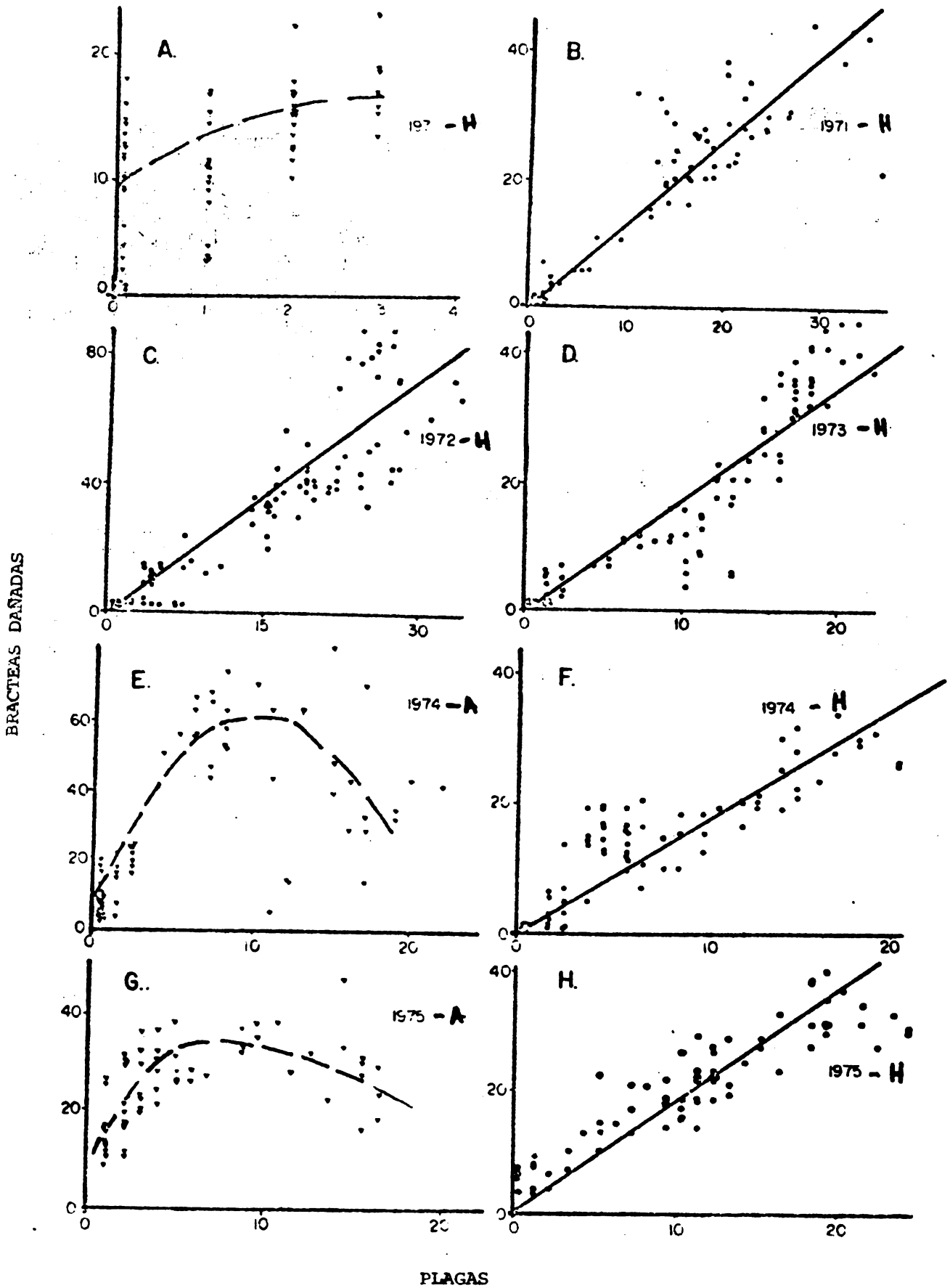


Figura 3.

Umbral económico. El umbral económico no puede ser estático (Stern *et al.* 195) sino que es dinámico (Shoemaker, Gutiérrez *et al.* 1979a). Aparentemente la plasticidad del crecimiento y desarrollo del algodón explica el amplio rango de rendimiento que se observa en la naturaleza, lo cual, unido a los factores ambientales, características de campo y prácticas agronómicas parecería que impiden cualquier análisis simple.

La Figura 4 muestra una representación gráfica del rendimiento final o las razones de β_T/β_2 para las diversas cosechas de Escoto (ver Cuadro 1). La línea trazada a través de los puntos debe pasar a través del origen debido a que $\beta_T = 0$ debe resultar en un rendimiento cero. La línea de puntos son curvas trazadas a ojo, mientras que la función de la respuesta a una dosis hipotética (Ecuación 2) se estimó por medio de un método iterativo (repetitivo). La ecuación 2 es intuitivamente más satisfactoria porque es una función continua.

$$\hat{Y} = C(1 - e^{-\alpha \beta_T / \beta_2}) \quad (2)$$

donde:

- Y = el número de bellotas por 10^3 por 1.4 hectáreas;
- C = rendimiento máximo previamente observado en la parcela particular;
- $\alpha = 0.63$ = el parámetro fijado; y
- β_T/β_2 = índice de la capacidad del cultivo para compensar los daños causados por plagas.

El modelo se ajusta razonablemente a los datos obtenidos en Escoto.

Una representación gráfica de valores β_T/β_2 obtenidos en Huerta 1972, 1973 y Ojoche 1974, 1975 en la misma gráfica sugieren que la forma de relación es la misma (Figura 4) pero que la capacidad de rendimiento de las parcelas es menor que la de las parcelas de Escoto.

La Ecuación 2 puede usarse para suministrar una medida relativa del umbral de acción para establecer medidas de control de plagas (p. e. efectuar aplicaciones cada diez días durante la estación). En la Figura 4 se muestra la regla de decisión para el umbral de acción económica, mientras que la ecuación 3 lo muestra algebraicamente.

$$\text{Max } \Pi = P_y \cdot Y(x) - P_x \cdot M \quad (3)$$

- donde:
- Π = ganancia
 - P_y = precio de la cosecha (y)
 - P_x = costo de empleo de M aplicaciones de plaguicida (x)
 - P_y = precio de la cosecha (y)

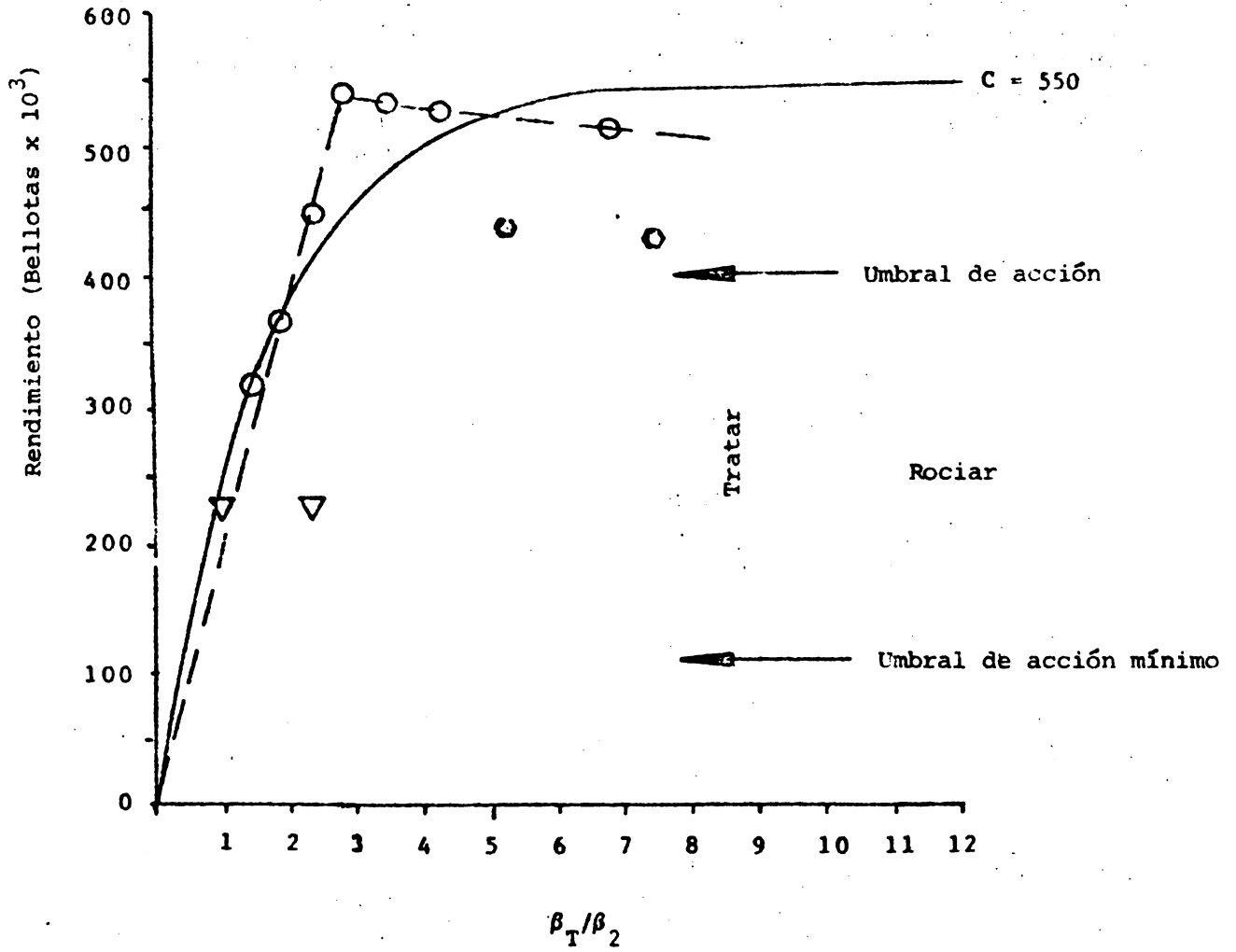


Figura 4. Representación gráfica del rendimiento final y la relación β_T/β_2 para las diversas cosechas de escoto (cuadro 1)

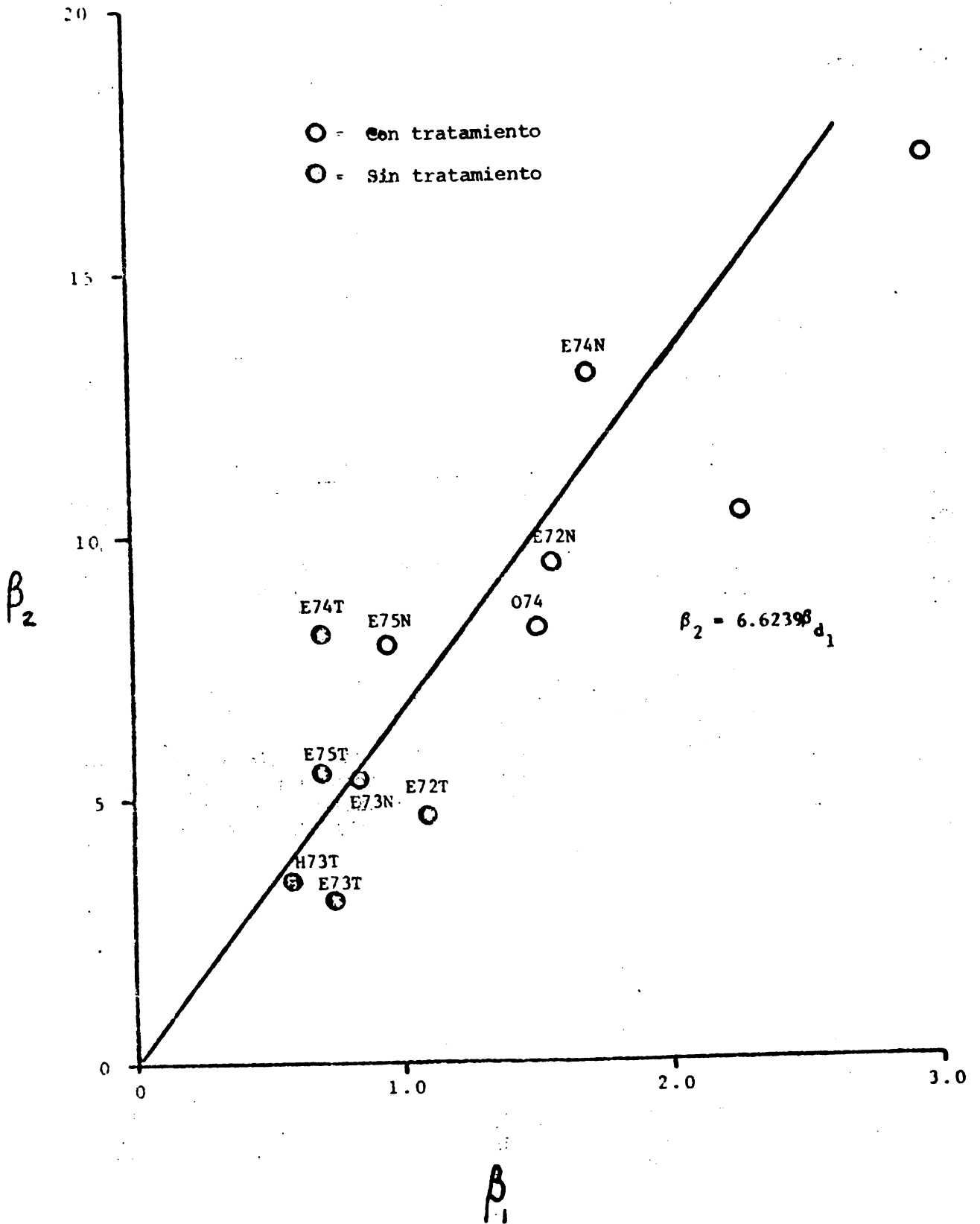


Figura 5.

Aparentemente las reglas de decisión serían:

$$(1) \text{ Efectuar aplicaciones si } P_{y \max} C - P_y Y(x) > P_x \cdot M, \text{ y} \quad (i)$$

$$P_y Y(x) > P_x \cdot M$$

$$(2) \text{ De otra manera no efectuar ninguna aplicación.} \quad (ii)$$

La cantidad de x empleada puede reducirse mediante aplicaciones bien programadas, pero la relación básica es fuerte. La debilidad del modelo es que las estimaciones de β_2 únicamente pueden efectuarse después de que han ocurrido considerables daños, y por lo tanto, necesitamos una evaluación más temprana del daño potencial.

Pronóstico del potencial de daños causados por insectos. Estimar la supervivencia de las poblaciones de picudo y de bellotero de una a otra estación es un problema intocable por el momento y que se ve aún más complicado por la migración. Debido a que no podemos pronosticar el número de insectos, debemos emplear los daños causados por la plaga al principio de la estación como un sustituto para estimar el potencial máximo de daños causados por la plaga al final de la estación.

La Figura 6 muestra que el índice de daños tempranos (β_1) está relacionado con el índice tardío (β_2) (aproximadamente 80 días después). En la regresión (4) se describe la relación del parámetro β_2 con β_1 , obtenida en parcelas con y sin tratamiento. Debido a que los plaguicidas están espaciados parejamente a lo largo de toda la estación, los resultados son consistentes tanto en parcelas con tratamiento como en aquéllas que no lo recibieron, por lo tanto, éstos probablemente causan mortalidad tanto en las poblaciones iniciales como tardías (p. e. la relación entre β_2 y β_1 no se ve afectada).

$$\beta_2 = 0.30 (\pm 1.39) + 4.79 (\pm 0.78) \beta_1$$

$$r^2 = 0.77, \quad N = 13 \quad (4)$$

$$\beta_2 = 4.94 \beta_1 \text{ (una regresión forzada)}$$

La explicación para la relación es directa; los adultos que dañan las brácteas al principio dan origen a individuos que más adelante causan un aumento de 4.94 en el índice de frutos dañados. Por lo tanto, el modelo para estimar el impacto potencial usando los estimados β_1 se convierte en:

$$Y = C(1 - e^{-0.63\beta_T / (4.49 \beta_1)}) \quad (5)$$

Ahora bien, de los datos presentados en la Figura 4 es evidente que umbrales bajos en la población de plagas son normales a principios de la estación, por lo que pueden suceder errores serios en el muestreo al estimar las tendencias en las poblaciones de plagas. Esto sugiere que debe tenerse muchísimo cuidado al obtener las estimaciones al inicio de la estación. Los conteos de partes de la planta (dañadas y sanas) son más exactos pues la planta crece siguiendo un patrón bastante definido y los frutos se hallan fácilmente. Esto contrasta bastante con la naturaleza oscura de algunas plagas.

Tomando esto en cuenta las evaluaciones tempranas de daños pueden ser empleadas para determinar si se necesitarán medidas de control para proteger la cosecha.

Pero esta Ecuación 5 aún incluye algunos cálculos engorrosos para estimar S_t (1), por lo tanto ensayamos emplear el índice de frutos desprendidos totales (β_S) como sustituto de β_2 y de β_1 . La pendiente β_S para parcelas sin tratamiento se calculó desde el día 60 hasta el día 120 aproximadamente, debido a que las tensiones de carbohidratos de la planta afectan mucho los índices de desprendimiento de frutos en esa época. La pendiente de la regresión de \hat{Y} sobre β_T/β_S forzada a pasar por cero por β_S sobre el tiempo es 182.41 (SE = 10.60). Solamente se emplearon los primeros cuatro puntos de los datos (ver Figura 4). Es evidente que los dos índices son iguales, y esto implica que, en parcelas atacadas por plagas, β_S , que se obtiene fácilmente cuando uno estima β_T , puede ser usado para determinar el umbral de acción. Por lo tanto el modelo se convierte en (6).

$$\hat{Y} = C_i (1 - e^{-\alpha \beta_T / \beta_S}) \quad (6)$$

e ignora completamente las complicaciones de estimar los daños causados por plagas, ofreciendo un procedimiento de muestreo que es a la vez rápido y barato.

DISCUSION

Cuatro de las cinco parcelas de Escote sufrieron daños económicos, pero esto no sucedió en ninguno de los campos tratados. Por lo tanto los métodos actuales de control de plagas - aunque causan contaminación y desorganización ambiental - son sensatos desde el punto de vista económico.

Los datos mostraron claramente que para predecir los rendimientos finales es totalmente irrelevante separar los daños causados por cada especie. Lo que importó realmente fue el índice de daños comparado con el índice de yemas frutales producidas (una medida de la capacidad de la planta para compensar por los frutos perdidos).

Los daños causados por las plagas se pueden dividir en tempranos (β_1) y tardíos (β_2). Se desarrolló un modelo para predecir el rendimiento específico para cada campo.

$$\hat{Y} = Y_{\max} (1 - e^{-.63 \beta_T / \beta_2})$$

Por lo tanto, la regla de decisión económica es directa (Ecuación 3).

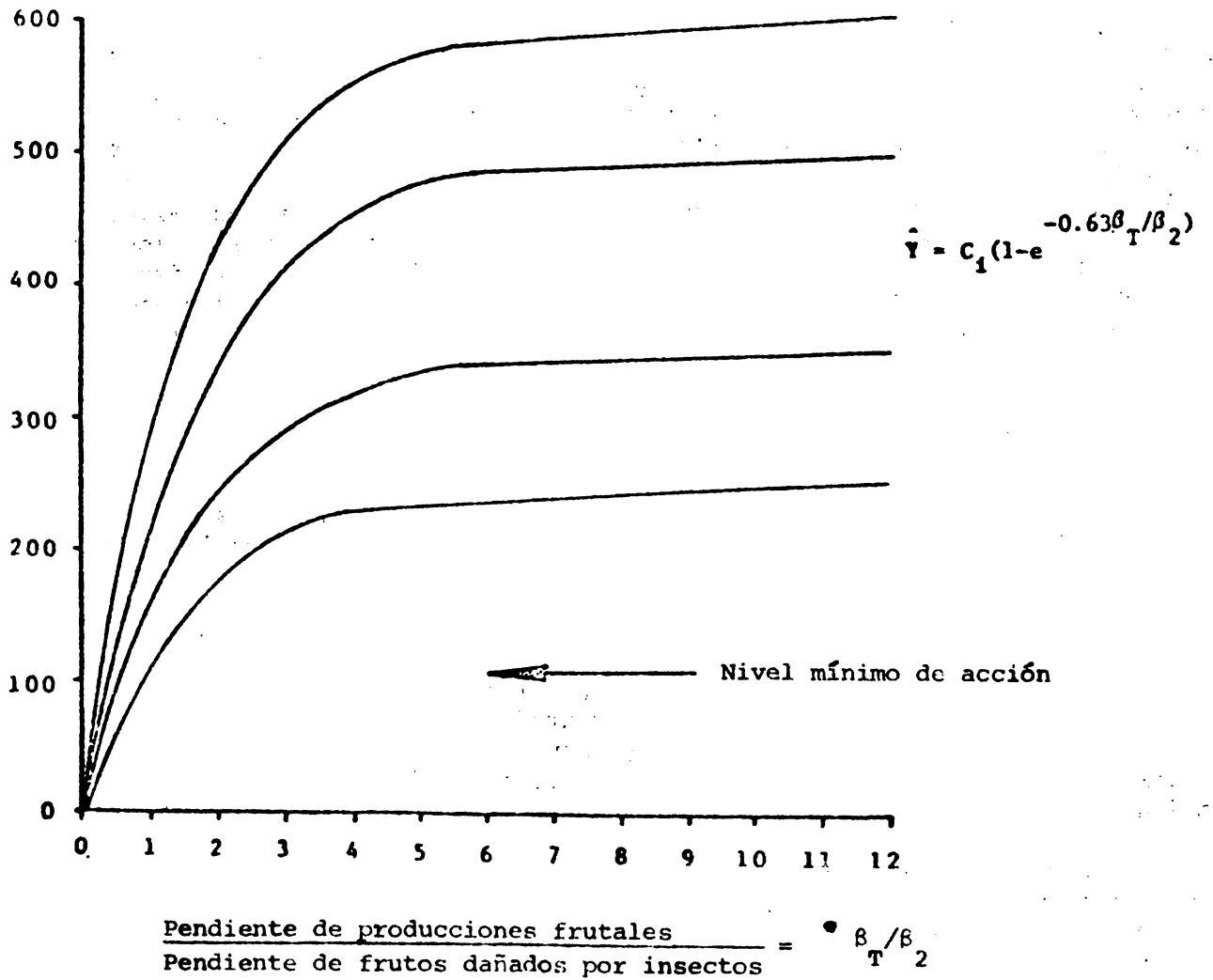


Figura 6. Índice de daños tempranos relacionados con el índice tardío

Pero β_2 está relacionada con β_1 , por lo tanto el modelo sugiere que si la población de la plaga puede ser reducida a principios de la estación en una fracción (γ) (una reducción en β_1) entonces la reducción en los daños se multiplica por 4.97. Esto sugeriría que una disminución por medio de trampas del picudo realizada en toda un área sería muy deseable, a principios de la estación (para esta cosecha) y a finales de la estación (para la próxima cosecha), ya que en ambos casos se influiría β_2 para este año y el próximo. Más aún, el uso de plaguicidas disminuiría lo que también reduciría el potencial de brotes de plagas secundarias de *H. zea* y de otros lepidópteros y ácaros (ver Phillips *et al.*, en prensa). En nuestro estudio los belloteros fueron más importantes que los picudos (Cuadro 1). Se podrían emplear las trampas (trap cropping) para picudos para suprimir su población, y se podría usar las mediciones tempranas de daños acumulativos causador por plagas para determinar si se necesitarán tratamientos que duren toda la estación. Estas tácticas IPM podrían dar como resultado considerables ganancias económicas y ambientales, ya que se eliminarían los tratamientos de rutina. La limitada información de que se dispone indica asimismo que el índice de desprendimiento acumulativo de frutos (β_5) puede ser empleado como sustituto de β_2 . Esta observación simplifica aún más el sistema porque elimina la necesidad de efectuar conteos de daños causados por plagas que, consumen bastante tiempo.

Esta observación es similar a los resultados obtenidos por Gutierrez *et al.* 1977 en daños causados por *Lygus hesperus* en algodón.

Aparentemente estos resultados se podrían aplicar al cultivo del algodón en todo el mundo. En general este análisis muestra la manera como la comprensión detallada de un problema complejo ofrece una solución simple.

Este resultado pareciera obvio, ya que a la planta no le importa cuál plaga es la que está agotando sus reservas, simplemente trata de reemplazarlas y de maximizar su capacidad de producción.

Los daños causados por el picudo y el bellotero hacen que los frutos del algodón se abscisen, y la planta trata de compensar por esta pérdida. Gutierrez *et al.* (1979) han investigado recientemente la adaptación del algodón para soportar niveles elevados de daño; estos autores demostraron que la dinámica de población del picudo estaba unida estrechamente a la dinámica de los patrones de fructificación del algodón. En efecto, este estudio mostró que los parámetros de crecimiento del algodón estuvieron cerca del punto óptimo para hacer frente a la fuerte predación que ejerce el picudo sobre los frutos, (el rendimiento de semilla fue óptimo pero no llegó a su punto máximo). Debe hacerse notar que, aunque el algodón ha sido domesticado, su patrón de crecimiento difiere poco del que presenta el algodón silvestre en Centroamérica. Tanto el picudo como el bellotero presentan índices reproductivos intrínsecos muy elevados, por lo tanto no es sorprendente que el algodón desarrollara una capacidad excesiva de fructificación mientras que, a la vez, minimiza las pérdidas de energía en los frutos desprendidos (Gutiérrez *et al.* 1979). Aparentemente muchas otras plantas domesticadas han adoptado la misma estrategia indeterminada en su estado silvestre

en su estado silvestre (p. e. frijoles, tomates, y alfalfa para semilla. Algunas otras especies como los cereales (arroz, trigo, etc.) y muchos árboles madereros son de hábitos más determinados, aumentando el tamaño del fruto (y probablemente el vigor de la semilla) como respuesta a la pérdida de sus frutos.

FITOMEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA EN PAPA

H. David Thurston*

La papa es uno de los principales cultivos alimenticios del hombre. En términos de la cantidad total producida, la papa ocupa el cuarto lugar en el mundo después del trigo, el arroz y el maíz (17). El cultivo de la papa a gran escala en el mundo es relativamente reciente, debido a que estuvo limitada al altiplano andino hasta que los españoles la introdujeron a Europa en el siglo XVI; éstos la encontraron en Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú. La primera mención de la papa fue hecha por Castellanos en 1537, durante una expedición militar al Valle del Magdalena en Colombia (18). En el presente trabajo no nos ocuparemos de la fascinante historia de la introducción de la papa en Europa y su diseminación hacia el resto del mundo, pues esto está bastante bien documentado (34, 18). La mayoría de las autoridades están de acuerdo con que *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* fue introducida en Europa en el siglo XVI y que de allí se desarrolló gradualmente *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*, (38). El género *Solanum* cuenta con aproximadamente 100 especies tuberosas silvestres y 10 especies tuberosas cultivadas (19). Las especies silvestres, muchas de las cuales poseen genes valiosos para resistencia a plagas, se encuentran en Norte y Sur América, mientras que las especies cultivadas están más limitadas en su distribución; originalmente se las encontraba principalmente en los Andes de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Norte de Argentina y las regiones costeras del sur de Chile. Así, no sólo nos interesa *S. tuberosum* subsp. *tuberosum* (*tuberosum*) y *S. tuberosum* subsp. *andigena* (*andigena*), sino también especies cultivadas como *S. juzepzukii*, *S. ajanhuiri*, y *S. stenotum* que crecen a gran altura S.N.M., y otras como *S. phureja*, *S. gonicalyx*, y *S. cardenasii*, que crecen a niveles más bajos, casi subtropicales. El sitio donde se encuentra la mayor diversidad de papas está cerca del Lago Titicaca en Perú y Bolivia, y se cree que esta región es el centro de origen de las especies cultivadas.

Cuando los españoles llegaron a Sur América, la dinastía imperial de los Incas reinaba sobre un imperio que se extendía desde el Sur de Colombia, pasando por Ecuador, Perú y Bolivia, hasta las regiones nor-tesinas de Argentina y Chile. En la cerámica de esta región se encuentra un registro permanente que muestra que la papa representaba un importante papel en las culturas indígenas anteriores a la Inca. Tanto las representaciones de papas en cerámica como el chuño (papas secadas por medio de congelación) encontrado en algunas tumbas ofrecen un claro registro arqueológico que se remonta al año 400 A.C. (44, 18, 33).

* Profesor, Department of Plant Pathology Cornell University - Ithaca, N.Y. 14853, U.S.A.

El Agroecosistema de la papa

Como elemento básico de un buen sistema de manejo de plagas debe tenerse una comprensión amplia del medio total en que crece un cultivo, o su agroecosistema.

Según Falcon y Smith (11), el "agroecosistema puede definirse como la unidad que compone el complejo total de organismos presentes en una área de cultivos, junto con el medio ambiente total modificado por los actividades agrícolas, industriales, recreacionales y sociales del hombre". El manejo del agroecosistema consiste en la manipulación del medio ambiente para lograr una mayor protección de las cosechas. Para diseñar buenos programas de manejo de plagas para el cultivo de papas en Latino América debe tratarse de comprender, por lo menos hasta cierto punto, la historia de los agroecosistemas Andinos de la papa, los cuales han estado en evolución desde hace más de 2.000 años. Durante siglos, en los Andes se controlaban las plagas con medios naturales y culturales, y no ha sido sino hasta las últimas décadas que los plaguicidas se han convertido en componentes importantes de las prácticas de control de plagas.

Existe un punto básico que se debe tomar en cuenta y es que cuando se efectúa un cambio en cualquier parte del agroecosistema, este cambio va a influir sobre otras partes del sistema. Por lo tanto, un cambio en las variedades, fertilizantes, rotaciones, espaciamiento de siembra, o irrigación, va a modificar el agroecosistema de la papa y en consecuencia el medio ambiente para las plagas.

Por ejemplo, en el Perú pre-hispánico existía una ley que establecía una rotación de siete años para el cultivo de la papa. Durante siglos de "ensayo y error" los incas habían descubierto que esta rotación les proporcionaba las mejores cosechas de papa. En la mayor parte de las zonas paperas de los Andes peruanos se encuentra el nemátodo dorado de la papa (*Globodera pallida* - *G. rostochiensis*) en grandes cantidades. Con la llegada de los españoles, se derogaron las leyes incas y se abandonó la rotación de siete años. Mediante experimentos efectuados en Perú se ha demostrado que con una rotación de siete años la población del nemátodo dorado se reduce de tal modo que puede producirse una cosecha con buenos resultados económicos (W.F. Mai, comunicación personal). De este modo, lo que los españoles interpretaron como una costumbre absurda tenía una sólida base y era una práctica agronómica y de protección sensata.

En algunas áreas del Perú aún se utilizan rotaciones largas para el control de nemátodos y hongos, Brush (7) señala que en la remota comarca de Uchumarca, en el norte del Perú, agricultores tradicionales plantan papas por un año y luego otros tubérculos andinos como oca (*Oxalis tuberosum*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), y ulluca (*Ullucus tuberosum*) durante uno o dos años después. Finalmente, dejan el terreno en barbecho por ocho o más años antes de volver a plantar papas.

Otro ejemplo se origina de mi propia experiencia en Colombia (41). En 1955 el programa de papa del Departamento de Investigaciones Agropecuarias (D.I.A.), en cooperación con la Caja de Crédito Agrario (banco agrícola semioficial), empezó a estimular el cultivo de la variedad mejorada Moserrate (*tuberosum x andigena*), que se presentaba como bastante promisorio debido a su productividad, elevado índice de resistencia general al tizón tardío *Phytophthora infestans* y otros excelentes caracteres agronómicos. Para 1959 había un total de 700 toneladas de semilla de Moserrate disponible para los agricultores. Casi toda la propagación se hizo usando tubérculos cortados, aunque corrientemente las variedades nativas se plantan enteras. En la segunda época de siembra o segundo semestre de 1959, la Caja Agraria había plantado alrededor de 30 hectáreas de Moserrate en la finca Valmaría cerca de Bogotá a 2.860 M.S.N.M.; esta plantación representaba cerca del 50% de la semilla de Moserrate disponible para todo el país durante la próxima época de siembra. En el momento de la cosecha casi un 30% de los tubérculos estaban infestados con *Pseudomonas solanacearum*. Este fue un serio revés para el programa de papa de D.I.A. ya que la semilla infestada de esta finca no podía ser empleada con fines de programación y había de venderse para consumo humano. En este semestre, se produjo más semilla de Moserrate mediante contrato con productores independientes y no se encontró trazas de *marbuty bacteriana (bacterial wilt)* en estas plantaciones. Se vendió semilla de estos campos a otros cultivadores, y en tres campos ubicados en la Sabana de Bogotá donde se plantaron secciones de tubérculos de esta cepa, cerca del 100% de las plantas aparecieron infestadas de pudrición bacteriana (brown rot.) Una cantidad de campos plantados con pedazos sufrieron pérdidas menores debidas a marchitez bacteriana.

Como resultado de estas pérdidas debidas a pudrición bacteriana, los agricultores se convencieron que Moserrate era altamente susceptible a esta enfermedad. La demanda de semilla bajó radicalmente y la Caja Agraria casi dió por terminado su programa de multiplicación de semilla. Más adelante se sembró Moserrate y otras variedades en estos mismos campos con tubérculos enteros y solamente se han encontrado una o dos plantas infestadas.

Esta experiencia también ilustra la manera como cualquier cambio en el agroecosistema influye sobre las poblaciones de plagas. Los agricultores andinos han usado tubérculos enteros durante siglos. En Europa y los Estados Unidos el uso de secciones de tubérculos es común y por lo tanto creímos que también iba a serlo en Colombia. Cuando usamos secciones por primera vez, toda la semilla se pudrió en el suelo debido a *Fusarium* spp. Este problema se solucionó rápidamente con aplicaciones de fungicidas a la semilla. Sin embargo, el fungicida no ofreció ninguna protección contra *P. solanacearum* y la pudrición bacteriana se convirtió en un serio problema, que se solucionó cuando usamos de nuevo tubérculos enteros. Así, la práctica de los agricultores andinos de usar semilla entera era muy buena, y este pequeño cambio en el agroecosistema tuvo resultados desastrosos.

Los cambios en el agroecosistema de la papa no necesariamente resultan en desastre, pero es esencial analizar su impacto potencial sobre las plagas antes de recomendar su uso.

El ecosistema de la papa es muy complejo y quizá más en los Andes que en ningún otro sitio del mundo. En el Perú se la cultiva desde el nivel del mar hasta elevaciones de 14.000 pies. En el mundo entero solamente se cultiva una subespecie, "tuberosum"; en los Andes se cultivan 10 especies, en suelos muy diversos, con y sin riego artificial, como monocultivo y como parte de sistemas muy variables. Según Brush (7) hay más de 2.000 variedades de papa en el Perú. En una comunidad aislada compuesta por 2.000 familias que él estudió en el norte del Perú, los agricultores tradicionales pueden identificar alrededor de 50 variedades. Ochoa (27) informa que la colección de papa del C.I.P. contiene ahora 12.000 entradas.

La papa se cultiva bajo una gran variedad de condiciones socioeconómicas, en inmensas haciendas y en minifundios (47). Las prácticas de protección de cultivos son un componente importante en el manejo de un agroecosistema. En su mayoría los métodos tradicionales de protección de cultivos han evolucionado empíricamente durante siglos de ensayo, selección natural, y observación cuidadosa. En la agricultura tradicional andina existe una riqueza potencial de información sobre protección de cultivos, que espera ser investigada y documentada. Debemos aprender mucho de las prácticas de los antiguos Nazcas, Chimus, Incas y otras civilizaciones prehispánicas. También hay mucho que aprender de las prácticas que emplean aún hoy día los agricultores tradicionales que hablan Quechua y Aymara. Conocer los métodos tradicionales de control de plagas en la agricultura de subsistencia, y realizar investigaciones sobre métodos para mejorar su uso y eficacia daría una base sólida para iniciar mejoras realistas en los sistemas de agricultura tradicional.

Los cambios que se efectúan en el sector agrícola actualmente son tan rápidos que queda poco tiempo para efectuar ensayos. Debemos comprender bien el agroecosistema de la papa para estar en situación de manejarlo inteligentemente.

Por ejemplo, no sólo debemos conocer las especies de plagas en el ecosistema, sino también sus competidores y predadores, su biología general, su distribución, los niveles que pueden tolerarse de una plaga sin que ésta cause pérdidas significativas, y el efecto de las prácticas de control no sólo sobre la plaga sino sobre el ecosistema total.

Esta puede parecer una tarea imposible. No debe perderse de vista el hecho que los programas de manejo de plagas evolucionan lentamente, por medio de una serie de pasos acumulativos que modifican gradualmente el antiguo sistema. No es necesario destruir el sistema antiguo (sistema tradicional) y sustituirlo por uno completamente nuevo. Se acepta el sistema existente y lentamente, paso a paso, se van incorporando prácticas ensayadas y económicamente sólidas.

Accatino y Horton (1) nos permiten vislumbrar la complejidad del agroecosistema de la papa en el Perú. Ellos definieron cinco zonas agro-climáticas en el Valle Mantaro del Perú.

1. El Fondo del Valle (the Valley Floor), tierra plana con riego artificial, 3.200 - 3.400 metros sobre el nivel del mar.
2. El Fondo del Valle, tierra plana, lluviosa, 3.200 - 3.400 metros sobre el nivel del mar.
3. Zona intermedia, orilla izquierda, tierras de pendiente pronunciada, lluviosas, 3.400 - 3.950 metros.
4. Zona Intermedia, orilla derecha, tierras de pendiente ligera, 3.400 - 3.950 metros.
5. Zona Alta, alrededor de 3.950 metros.

También mencionan estos autores que los factores importantes que deben ser considerados al analizar el cultivo de la papa son: 1) temperatura, especialmente los extremos, 2) prácticas de riego de precipitación, 3) altitud, 4) tipo de suelo principal. También debe tomarse en consideración el tamaño de la finca.

El reto que se presenta es cómo unir la información producida por los investigadores dentro de un programa integrado de manejo de plagas de la papa que pueden utilizar los cultivadores de papa en América Latina para reducir las pérdidas causadas por plagas y elevar los rendimientos y los ingresos sin dañar la salud del hombre y el medio ambiente.

Manejo de Plagas de Papa

Por qué debemos preocuparnos con el manejo integrado de plagas en el cultivo de papa? Actualmente se emplea gran cantidad de plaguicidas -insecticidas, fungicidas, nematicidas y herbicidas- en el cultivo de papa, y existe una buena posibilidad de reducir significativamente la cantidad empleada. Por ejemplo, en 1971 en los Estados Unidos se emplearon 1.256 toneladas de insecticidas, 1.870 toneladas de fungicidas, y 988 toneladas de herbicidas en papa. (3). El uso de nematicida también es elevado. En los únicos cultivos en los Estados Unidos en que se emplea más fungicida que en papa son maní, cítricos y manzanas. Según Andrilena (4) el 96% de las tierras cultivadas de papa en el noroeste de los Estados Unidos se ven tratadas con fungicidas, protectores.

Lograr reducir el empleo de plaguicidas será cada vez más importante debido a la aparición de cepas de plagas cada vez más resistentes, al costo creciente de los plaguicidas y de la energía para el agricultor, y a las demandas públicas por protección para el medio ambiente y para la salud.

Cuadro 1. Comparación del uso estimado de plaguicidas en Colombia en 1973 y en los Estados Unidos en 1971. 1/

	<u>Colombia - 1973</u>	<u>Estados Unidos - 1971</u>
Insecticidas (toneladas)	899 <u>2/</u>	1.256
Fungicidas (toneladas)	1.798	1.870
Hectáreas cultivadas	8.900	563.000
Rendimientos promedio	12.34	25.7

1/ Información obtenida :

1. ANDRILENAS, P.A. 1975. Farmer's use of pesticides en 1971 extent exent or crop use. Agric. Econ. Rep. 268, Econ. Res. Serv., U.S. Dept. Agric. Washington, D.C. 25 p.
2. MIN DE AGRIC. 1972. Programa agrícolas. Oficina de Planeamiento del Sector Agropecuario. Min. de Agric. Bogotá, Colombia. 214 P.
3. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1973 Production yearbook. 1972. Vol. 26. FAO. Rome. 496 p.
4. _____. 1975. Production yearbook. 1974. Vol. 28-1. FAO, Rome, 325 p.

2/ Esta cifra aparece como 8.900, pero debido a que evidentemente se trata de un error, se sustituyó por la cifra 899.

En este trabajo sería imposible enumerar todas las plagas importantes que atacan a la papa. Sin embargo, debe mencionarse que en los Andes existen algunas plagas que no ocurren en otros sitios del mundo, tales como royas (*Puccinia pittieriana*, *Accidium cantensis*), carbón (*Thecaphora (=angiosorus) solani*, gorgojos de los Andes, y el falso nemátodo del nudo

de la raíz (*Nacobbus* spp.) que se cree que causan reducciones del rendimiento tan severas como el nemátodo dorado de la papa.

El control de plagas de la papa es algo complicado y difícil debido a que la papa se propaga vegetativamente usando tubérculos como semilla. En los tubérculos fácilmente pueden llevarse bacterias, virus, hongos, insectos y nemátodos. Cuando los tubérculos se cortan estas plagas son diseminadas rápidamente por cuchillos y otras herramientas. Si se desea producir papas sanas a escala comercial es imprescindible contar con fuentes de semilla que estén relativamente libres de plagas, producidas por programas de semilla certificada. En los Estados Unidos se emplean entre 2.500 a 3.000 libras de tubérculos para plantar un acre de terreno, mientras que para cereales como trigo, avena o cebada se emplean únicamente 120 a 180 libras. El volumen de la semilla de un cultivo reproducido vegetativamente, que es difícil de almacenar por más de seis meses, dificulta aún más los programas de producción de semilla de papa que los de cereales o de otros cultivos plantados con semilla verdadera.

Entre los componentes principales de un programa de manejo de plagas están el uso de prácticas culturales o manipulación del agroecosistema, resistencia de plantas hospederas o control genético, control biológico, disposiciones legales, y empleo de plaguicidas. Actualmente se controlan las plagas de la papa con todos estos medios.

Fitomejoramiento de la papa

Las papas son un cultivo propagado asexualmente. El tubérculo es empleado como "semilla". Esto puede representar una gran ventaja para el fitomejorador ya que una vez que se obtiene un tubérculo de un cruzamiento en pocos años se pueden producir muchas toneladas del mismo con idéntica composición genética.

Según Plaisted (28) "El objetivo de un fitomejorador es crear o montar un ámbito deseable de variabilidad genética, seleccionar dentro de este ámbito la segregación genética deseable y luego reproducirla en cantidades comerciales. Debido a la naturaleza asexual de la propagación de la papa, estos tres aspectos están más diferenciados que los que están en los cultivos propagados por medio de semilla. El fitomejorador especializado en papa emplea las mismas técnicas de fitomejoramiento que se emplean para otros cultivos. Las semillas producidas por los híbridos se plantan y, a su tiempo, se cosechan los tubérculos; a partir de este punto la propagación es asexual y no habrá oportunidad de que se presente selección dentro de la progenie clonal de la selección inicial. Esto introduce la segunda fase, selección entre clones. Las técnicas en esta fase están restringidas en cierto modo a cultivos propagados asexualmente, aunque no del todo. La tercera fase de multiplicación es exclusiva para los cultivos propagados asexualmente. La pureza varietal no es difícil de mantener, pero mantener a raya las enfermedades transmitidas por medio de los tubérculos es todo un reto.

La variedad genética puede incorporarse en un programa de fitomejoramiento de papa ya sea mediante introducciones o mediante hibridación, o más posiblemente, con una combinación de ambos métodos.

Las papas cultivadas más comúnmente (*tuberosum* y *andigena*) son tetraploides.

Los sistemas de fitomejoramiento empleados en papa son el sistema de pedigree o un sistema modificado de orugamiento.

Algunas formas de resistencia a enfermedades (p.e. genes verticales para *P. infestans*) son simples y estos son fáciles de manipular en un programa de cruzamiento.

Algunas características heredadas poligénicamente, tales como rendimiento, resistencia horizontal a *P. infestans*, contenido de materia seca, y otros son más difíciles de manipular en un programa de fitomejoramiento. Según Plaisted (28), la herencia poligénica presenta las siguientes características.

1. Muchos genes influyen en forma reducida, difícilmente distinguible individualmente sobre el fenotipo.
2. Es bastante posible que existan interacciones entre los diferentes genes.
3. La expresión del genotipo generalmente es bastante modificada por el ambiente.

Los ensayos de descendencias y la selección recurrente son dos de las técnicas empleadas por los fitomejoradores de papa para obtener caracteres heredados poligénicamente.

Producir nuevas variedades de papas es un proceso caro. Plaisted (comunicación personal) estima que normalmente se necesita obtener 200.000 plántulas para encontrar una que valga la pena dar al público, y un millón de plántulas para encontrar una nueva variedad que finalmente se emplee en un porcentaje significativo en los Estados Unidos. Generalmente transcurren alrededor de quince años desde el momento en que se efectúa un cruzamiento hasta que se produce una variedad reconocida. En el Estado de Nueva York se ha estimado recientemente el costo de producir y evaluar 200.000 plántulas de papa en US\$200.000, oo (R. L. Plaisted, comunicación personal).

Fitomejoramiento para resistencia

Entre los componentes de un programa integrado de manejo de plagas,

uno de los elementos principales son las variedades resistentes a patógenos. Desafortunadamente, hasta el momento ha sido imposible incorporar resistencia a todos los patógenos dentro de un sólo cultivar de papa.

Es muy deseable incorporar resistencia múltiple a plagas dentro de nuevas variedades de papa, pero los mejoramientos deben incluir también una larga lista de otros caracteres dentro de las nuevas variedades; entre éstos se pueden enumerar altos rendimientos, facilidad de adaptación, buena calidad y buen sabor, buena calidad bajo procesamiento, buenas características de almacenamiento, tamaño apropiado del tubérculo, forma agradable, color de la cáscara, profundidad de las yemas (ojos), carencia de defectos internos y externos, tipo de tallo aceptable, carencia de compuestos tóxicos (p.e. glicoalcaloides), más otros caracteres agronómicos; todos los cuales pueden ser más importantes para los productores y consumidores de papa que la resistencia a las plagas. Si tomamos en cuenta que en los Estados Unidos hay más de 30 virus y más de 80 bacterias y hongos que atacan a las papas, (45) es evidente la imposibilidad de incorporar resistencia a todos; probablemente ni siquiera a los más importantes. En Latinoamérica y especialmente en los Andes, el número de plagas que atacan a la papa es aún más elevado. Cuando se incluyen en la lista insectos y nemátodos la tarea se convierte en algo aún más difícil y es esencial establecer prioridades.

Las variedades de papa que se cultivan actualmente en Norteamérica y Europa son cultivares muy seleccionados originados de una estrecha base genética. Sus antepasados, las introducciones llevadas a Europa por los Españoles, probablemente no representaban una muestra amplia del germoplasma de papa cultivada en los Andes en aquella época. Esta estrecha base genética ha sido hibridizada, seleccionada y vuelta a seleccionar para adaptación y caracteres deseables, reduciéndose de esta manera la base genética aún más. Se estima que en las variedades con que se cuenta hoy día solamente se ha utilizado un 5% (9) del germoplasma de papa (*Solanum* spp) disponible.

La papa fue introducida en Norteamérica desde Inglaterra en 1919. No fue sino hasta la década de 1850 que el Rev. Chauncey Goodrich, de Utica, New York, obtuvo unos pocos tubérculos de Sur América e introdujo germoplasma adicional para ampliar la base genética de la papa en Estados Unidos (15). Una de las plántulas del material de Goodrich, Garnet Chili, es el progenitor de muchas de las principales variedades empleadas en los Estados Unidos.

Los mejoramientos de papa utilizaron muy rara vez *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* (andigena), que es la especie de papa cultivada más comúnmente en los Andes suramericanos y de la cual probablemente se originó *S. tuberosum* subsp. *tuberosum* (tuberosum) de Europa y Norteamérica, hasta que Simmonds (37) del John Innes Institute de Inglaterra logró, en la década de 1960, que *andigena* se adaptara lo suficiente como para producir tubérculos bajo condiciones de días largos.

La resistencia al nemátodo dorado de la papa que se empleó por primera vez en Europa y los Estados Unidos provino de andígena, y los fitomejoradores se percataron que los derivados de andígena daban algo más de rendimiento que otro material para fitomejoramiento.

Algunos programas de fitomejoramiento de papa ubicados en los Andes Suramericanos, y también en Escocia, Canadá y los Estados Unidos están empleando andígena en sus trabajos. En 1963 se inició un programa en Cornell con material obtenido del Commonwealth Potato Collection, y también de Perú, Ecuador y Colombia; el fin era utilizar andígena en fitomejoramiento para ampliar la base de germoplasma dentro del programa de fitomejoramiento de papa en Cornell. La selección recurrente ha mejorado el rendimiento y la apariencia de esta población de andígena. Se han realizado estudios de invernadero en Ithaca para conocer la resistencia de las plántulas de tizón tardío, y también se han evaluado clones seleccionados bajo condiciones epifitóticas en México, donde se encuentran todas las razas conocidas del patógeno; de esta manera se ha logrado desarrollar niveles apreciables de resistencia general. En diversos ensayos hechos para resistencia a marchitez causada por *Verticillium* y para sarna se ha logrado identificar nuevas fuentes de resistencia a estas enfermedades. Una epidemia casual de PVY reveló la existencia de algunos clones de andígena con resistencia a este virus. Asimismo se ha identificado resistencia a PVX y a verruga. Se ha encontrado resistencia al nemátodo del nudo de la raíz y también se ha identificado resistencia a saltamontes, áfidos y a *Lygus lineolaris* (chinche empanada de las plantas) 29 y 30. El empleo de germoplasma de andígena abre un nuevo panorama en cuanto a fuentes de resistencia de plagas. La resistencia múltiple a plagas en papa no es una meta inalcanzable.

En los Estados Unidos existen ahora doce programas principales de fitomejoramiento de papa; en la década que corre de 1967-1976 se dieron a conocer 26 nuevas variedades de papa provenientes de éstos y de otros programas privados de fitomejoramiento. Ajekley (2) informa sobre el desarrollo de variedades de papa resistentes a varias enfermedades en los Estados Unidos hasta 1966. De 18 variedades dadas a conocer entre 1932-1966, se reporta resistencia a 14 enfermedades, y todas las variedades eran resistentes a por lo menos dos y hasta seis enfermedades.

Según las descripciones del American Potato Journal, las 26 variedades producidas desde 1967 presentan diversos niveles de resistencia a 16 patógenos, dos especies de nemátodos, y cierto grado de resistencia a dos especies de insectos. De las 26 variedades diez presentan resistencia múltiple a enfermedades, con resistencia que oscila entre cuatro o más enfermedades. Estas cifras no deben hacernos pensar que se encuentran disponibles variedades con altos niveles de resistencia a todas las principales enfermedades, ya que esto no es así, y en efecto, sólo una de estas 26 variedades constituyen más del 5% de la cantidad total de semilla certificada producida en los Estados Unidos y Canadá (5). No obstante, existen muchas variedades resistentes a sarna -

(*Streptomyces scabies*), virus del enrollamiento de las hojas (PLRV), mosaico leve (PVA), marchitez por verticillium (*Verticillium dahliae* y *Verticillium albo-atrum*), virus latente (PVX) y el nemátodo dorado de la papa; estas variedades tienen una importante función en el control de estas plagas. En la actualidad se cuenta con una variedad (46) resistente a las cigarritas verdes o saltahojas (*Empoasca fabae*) y dos variedades (21, 22) que representan tolerancia a escarabajos saltadores o pulgillas (*Epitrix cucumeris*)

Muchas de estas variedades pueden desempeñar una importante función en un programa integrado de manejo de plagas, pero si se contara con mayores fondos para investigación, existe el potencial para producir variedades con resistencia múltiple a muchas más plagas, de modo que se podría lograr una reducción significativa en el empleo de plaguicidas.

Los programas de fitomejoramiento de papa en América Latina prometen que las nuevas variedades que produzcan ofrecerán resistencia contra algunas de las principales plagas del continente. En Colombia se inició un programa de fitomejoramiento de papa en 1948 bajo la dirección de J.B. Hawkes y Nelson Estrada R., el que ha sido continuado hasta la actualidad por el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). La variedad Mosserrate (M), identificada por primera vez en 1954, tenía un elevado nivel de resistencia general a *P. infestans*, y 24 años después todavía es muy resistente; se la cultiva principalmente en el Departamento de Ariariquía donde existen condiciones severas de tizón (N. Estrada, comunicación personal). Los programas peruanos de fitomejoramiento dirigidos por Carlos Ochoa, Jorge Christiansen y, más recientemente, por Fermín de la Fuente han introducido muchas variedades nuevas. Ecuador también cuenta con un programa de fitomejoramiento fuerte. El programa de fitomejoramiento del CIP se está concentrando en resistencia a tizón tardío (*P. infestans*), marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*), verruga (*Synchytrium endobioticum*), nemátodo dorado de la papa (*Globodera pallida* y *G. rostochiensis*), además de resistencia a otros patógenos foliares, virus y nemátodos (8).

Desde que INIA y la Fundación Rockefeller iniciaron sus trabajos en México a principios de la década 1950, México ha contado con un amplio programa de fitomejoramiento de papa. Su contribución más notable ha sido producir variedades con altos niveles de resistencia horizontal a *P. infestans*. Muchas de las variedades mexicanas se ha encontrado que son producidas en Centro América.

Probablemente la enfermedad más importante de la papa en América Latina (y en todo el mundo) es el tizón tardío causado por *Phytophthora infestans*. La hambruna de la papa ocurrida en Irlanda en 1849 fue causada por *P. infestans* aunque casi en todo el mundo el tizón tardío es controlado con fungicidas y no por medio del empleo de variedades resistentes, se continúan realizando esfuerzos para desarrollar resistencia.

Se reconocen dos tipos de resistencia a *P. infestans*. Estos son resistencia específica (también llamada específica a razas, vertical, oligogénica, o resistencia monogénica, y resistencia general (también llamada resistencia no específica a razas, monogénica y horizontal)(42). Antes del descubrimiento de la resistencia específica en la especie silvestre *Solanum demissum*, que pudo ser incorporada a *S. tuberosum*, la resistencia general era el único tipo de resistencia disponible y se observaban niveles bastantes elevados. Durante varias décadas después del descubrimiento de resistencia específica en *S. demissum*, los fitomejoradores incorporan uno o varios genes de *S. demissum* a las nuevas variedades de papa. Debido a que *P. infestans* es un organismo altamente variable, el uso de resistencia específica contribuyó poco a controlar el añublo tardío porque el patógeno vencía rápidamente esta resistencia. La esperanza de obtener resistencia específica duradera es poca, ya que se encontró que, todos los cultivares de papa y todas las especies de *Solanum* que producen tubérculos, eran susceptibles a tizón tardío en el Valle de Toluca en México, donde se encuentra la etapa sexual de *P. infestans* (26). Dondequiera que el tizón tardío sea un problema, no existen en el momento cultivares de papa, ya sea en Europa o en América, que puedan ser cultivadas comercialmente sin emplear fungicidas.

Algunas variedades comerciales como Sebago presentan un nivel moderado de resistencia general y pueden cultivarse con menos fungicida, según se ha reportado en New York por Fry (12), y también en las Islas Príncipe Eduardo, Canadá (20).

Se han desarrollado varios sistemas para aplicar fungicidas en el momento adecuado en el control de *P. infestans*, empleando temperatura, precipitación y/o humedad relativa (23). En el noreste de los Estados Unidos se usaron estos sistemas durante más de 13 años, pero no fueron muy aceptados por los agricultores porque no estaban disponibles a tiempo, y de forma continua y localizada (24). En Pennsylvania se desarrolló un sistema modelo conocido como Blitecast (24) basado en los sistemas probados. En este caso se elaboró un programa para computadora para predecir la ocurrencia de tizón tardío y para producir una guía de aplicaciones de fungicida. El sistema se ha ensayado en Pennsylvania (24) y en New York (13) y se ha demostrado que predice correctamente la ocurrencia de tizón tardío y reduce el número de aplicaciones al mínimo necesario para controlar la enfermedad. Los cultivadores de papa en Pennsylvania están usando el sistema Blitecast y en Maine existe una versión modificada del mismo que está siendo empleado por agricultores de esta zona.

Fry (12, 13) ha estudiado el efecto de la resistencia general a *P. infestans* en diferentes variedades de papa en relación con la reducción de aplicaciones de fungicida. En primer lugar, él investigó un método para cuantificar la resistencia poligénica. En el caso de tizón

tardío, la resistencia poligénica redujo el índice de desarrollo epidémico tal como lo hacen las aplicaciones periódicas de un fungicida protector. El enfoque consistió en preparar una curva estandar del índice de desarrollo epidémico versus dosis de fungicida. El índice de desarrollo epidémico para cultivares que presentan resistencia poligénica era menor que para aquellos cultivares con menor resistencia poligénica.

El efecto de la resistencia poligénica podría ser igualado a una dosis dada de fungicida. Así, la investigación revela que se necesita mucho menos fungicida y que la dosis puede ser reducida con seguridad en cultivares con resistencia poligénica.

Basándose en la reducción en el índice aparente de infección (r), el efecto de la resistencia poligénica en Sebago fue equivalente a aproximadamente 0.5 libras de fungicida/ha aplicado semanalmente a Russet Rural, el clon susceptible (12).

En segundo lugar Fry (13) también ha demostrado que el uso de cultivares con resistencia poligénica puede ser combinado con procedimientos de pronóstico para reducir el empleo de fungicidas.

Existen solamente unas pocas áreas extensas y contiguas en América Latina donde se podrían emplear los sistemas para pronosticar el tizón tardío.

Las comunicaciones a menudo se dificultan y con frecuencia se carece del personal de extensión debidamente capacitado para advertir con tiempo a los agricultores. Algunos trabajos efectuados en Colombia con un sistema para aplicar fungicidas para *P. infestans* después de cada 1.25 cm de lluvia (6) no necesitan amplios datos climáticos ni el uso de computadoras como en Blitecast. El único instrumento que necesita el agricultor es un pluviómetro.

Sería conveniente efectuar más trabajos de este tipo para desarrollar sistemas simples para determinar las aplicaciones de fungicidas con el fin de reducir el empleo de fungicida mientras que se controla eficientemente el tizón. En varios continentes se están realizando esfuerzos en el sentido de obtener cultivares con altos niveles de resistencia generalizada que puedan ser usados con cantidades reducidas de fungicidas o aún sin fungicidas en zonas más secas.

Existen oportunidades para incorporar resistencia a plagas de la papa en variedades mejoradas. Además, de altos niveles de resistencia generalizada a *P. infestans*, también se dispone de resistencia que puede ser utilizada para enfermedades y nemátodos tales como sarna y marchitez por *Verticillium*, tizón temprano (*Alternaria solani*), *Helminthosporium solani*, PVX, PVA, PVY o PLRV, marchitez bacteriana del sur (*Pseudomonas solanacearum*), cuatro especies de nemátodos del nudo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) y *Pratylenchus penetrans*.

Algunos estudios extensivos han conducido a la identificación de numerosas fuentes de resistencia a insectos (14, 16, 31, 32, 35, 36, 39, 40, 43), pero poca de esta resistencia está incorporada a las variedades cultivadas actualmente. En el germoplasma de variedades silvestres de solanáceas que producen tubérculos, tetraploides, existen fuentes promisorias de resistencia a varias especies de áfidos, saltahojas y otros insectos importantes que afectan a la papa.

BIBLIOGRAFIA

1. ACCATINO, P. AND D. HORTON. 1978. Maximizing Potato productivity in developing countries. CIP. Lima 18 p.
2. AKELEY R.V. 1966. Current status of potato breeding in the United States. Proc. 2nd Triennial Conf. Europ. Assoc. Potato Res. p. 113-126.
3. ANDRILENAS, P. A. 1974. Farmers' use of pesticides in 1971. -Quantities. Agric. Econ. Rep. 252, Econ. Res. Serv., U.S. Dept. Agric., Washington, D.C. 56 pp.
4. ANDRILENAS, P.A. 1975 Farmers' use of pesticides in 1971. -Extent of crop use. Agric. Econ. Rept, 268, Econ. Res. Serv. U.S. Dept. Agric., Washington, D.C. 25 pp.
5. ANON. 1975. Entered acreage of certified seed potatoes by varieties 1975. United States and Canadá. Certification Sect. of Potato Assoc. Am. Am. Potato J. 52:365-372.
6. BARRIGA, O.R., H. D. THURSTON AND L. E. HEDRICK. 1961. Ciclos de aspersión para el control de la "gota" de la papa. Agric. Tropical 17:617-622.
7. BRUSH, S.B. 1977. Farming the edge of the Andes. Natural History 85 (5): 32-40.
8. CENTRO INTERNACIONAL DE PAPA. 1976. Annual report. C.I.P. Lima, Perú. 129 pp.
9. CONSULT. GROUP IN INT. AGRIC. RES. 1974. International Research in Agriculture. Consult. Group in Int. Agric. Res. New York. 70 pp.

10. ESTRADA R., N.E. PEREZ M. Y L. HEIDRICH. 1959. Diacol Monserrate, una nueva variedad de papa. D.I.A. Bol. de Divulgacion N° 6. Bogotá. 23 pp.
- X 11. FALCON, L.A. & R.F. SMITH. 1973. Guidelines for integrated control of cotton insect pest. FAO. Rome AGPP: Misc/9. 92 pp.
12. FRY, W.E. 1975. Integrated effects of polygenic resistance and a protective fungicide on development of potato late blight. *Phytopathology* 65:908-911.
13. FRY, W.E. 1977. Integrated control of potato late blight--effects of polygenic resistance and techniques of timing fungicide applications. *Phytopathology* 67:415-420.
14. GIBSON, R.W. 1971. Glandular hairs providing resistance to aphids in certain wild potato species. *Ann. Applied Biol.* 68:113-119.
15. GOODRICH, C.E. 1863. The Potato, its diseases, with incidental remarks on its soils and culture. N.Y. State Agr. Soc. Trans. 23:103-134.
- X 16. GRANOVSKY, A.A. AND A.G. PETERSON. 1954. Evaluation of potato leaf injury caused by leafhopper, flea beetles, and early blight. *Journ. Econ. Ent.* 47:894-902.
17. HARLAN, J.R. 1976. The plants and animals that nourish man. *Sci. Am.* 235(3):88-97.
18. HAWKES, J.G. 1945. The story of the potato. *Discovery.* Feb.p.35-46.
19. HAWKES, J.G. 1945. The indigenous American potatoes and their value in plant breeding. Part I. Resistance to disease. Part II Physiological properties, chemical composition and breeding capabilities. *Empire Jour. Exp. Agric.* 13:11-40.
20. JAMES, W.C., C.S. SHITH, AND L.C. CALLBECK. 1973. Survey of fungicide spraying practice for potato late blight in Prince Edward Island. 1972. *Can. Pl. Dis. Surv.* 53:161-166.
21. JOHANSEN, R.H., J.T. SCHULTZ AND J. E. HUGUELET. 1969. Norchip, a new early maturing chipping variety with high total solids. *Am. Potato J.* 46:254-258.
22. JOHANSEN, R.H., J.T. SCHULTZ AND J.E. HUGUELET. 1969. Norchief, a new smooth type, high total solids, red-skinned potato variety, *Am. Potato J.* 46:298-301.
23. KRAUSE, R.A. AND L.B. MASSIE. 1975. Predictive systems: modern approaches to disease control. *Annu. Rev. Phytopath.* 13:31-47.

24. KRAUSE, R.A., L.B. MASSIE AND R.A. HYRE. 1975. Blitecast: computerized forecast of potato late blight. Plant Dis. Rept. 59:95-98.
25. LAPWOOD, D.H. 1966. The effects of soil moisture at the time potato tubers are forming on the incidence of common scab (*Streptomyces scabies*). Ann. Applied Biol. 58:447-456.
26. NIEDERHAUSER, J.S. 1968. Resistance to *Phytophthora infestans* in Mexico. First Int. Congress of Plant Pathology. Imperial College, London. p.138 (abstr.).
27. OCHOA, C. 1976. The collection and classification of potato germplasm. C.I.P. Circular 5(1):1.
28. PLAISTED, R.L. 1966. Methods of breeding potatoes for factors affecting processing quality. In Proceedings: Plant Science Symposium. Campbell Instit. for Agric. Res. Camden, N.J. p.103-123
29. PLAISTED, R.L. 1971. 400 years of potato evolution. New York's Food and Life Sci. 4(2 and 3): 24-26
30. PLAISTED, R.L., H.D. THURSTON AND W.M. TINGEY. 1975. Five cycles of selection within a population of *S. tuberosum* spp. *andigena*. Amer. Potato J. 52:280 (Abstr.).
31. RADCLIFFE, E.B. AND F.I. LAUER. 1970. Further studies in resistance to green peach aphid and potato aphid in the wild tuber-bearing *Solanum* species. J. Econ. Ent. 63:110-114.
32. RADCLIFFE, E.B. AND F.I. LAUER. 1971. Resistance to green peach aphid and potato aphid in introductions of wild tuber-bearing *Solanum* species. J. Econ. Ent. 64:1260-1266.
33. SALAMAN, R.N. 1938. The origin of the potato and its influence on man's early settlement in South America. Proc. Royal Inst. 30(141):1-26.
34. SALAMAN, R.N. 1949. The history and social influence of the potato, Cambridge Univ. Press. London.
35. SANFORD, L.L. AND J.P. SLEESMAN. 1970. Genetic variation in a population of tetraploid potatoes; response to the potato leafhopper and the potato flea beetle. Am Potato J. 47:19-34.
36. SHALK, J.M., R.L. PLAISTED, AND L.L. SANFORD. 1975. Progress report: resistance to the Colorado potato beetle and potato leafhopper in *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*. Am. Potato J. 52:175-177.
37. SIMMONDS, N.W. 1964. Studies of the tetraploid potatoes. II Factors in the evolution of the *Tuberosum* group. J. Linn. Soc. London (Bot.) 59:43-56.

38. SIMMONDS, N.W. 1966. Studies of the tetraploid potatoes, III Progress in the experimental re-creation of the tuberosum group. J. Linn. Soc. (Bot.) 59:279-288.
39. SLEESMAN, J.P. 1940. Resistance in wild potatoes to attack by the potato leafhopper and the potato flea beetle. Am. Potato J. 17:9-12.
40. SLEESMAN, J.P. AND F.J. STEVENSON. 1941. Breeding a potato resistant to the potato leafhopper. Am Potato J. 18:280-298.
41. THURSTON, H.D. 1963. Bacterial wilt of potatoes in Colombia. Amer. Potato Jour. 40:381-390.
42. THURSTON, H.D. 1971. Relationship of general resistance: late blight of potato. Phytopathology 61:620-626.
43. TINGEY, W.M. AND R.L. PLAISTED. 1976. Tetraploid sources of resistance to *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae* and *Empoasca fabae*. J. Econ. Entom. 69:673-676.
44. UGENT, D. 1970. The potato. Science 170:1161-1166.
45. U.S.D.A. 1960. Index of Plant Disease in the United States. Agric. Handbook No 165. U.S. Dept. Agric., Washington. 531 pp.
46. WEBB, R.E. 1976. Notice to potato seed growers of the release of Atlantic, a new potato variety combining high quality, pest resistance, and wide adaptati.n. Am. Potato J. 53:428-430.
47. WERGE, R.W. 1977. Socio-economic aspects of the production and utilization of potatoes in Peru: A bibliography. Centro Intl. de Papa. Lima 71 pp.

MANEJO DE PLAGAS EN CULTIVOS HORTICOLAS, CON CONSIDERACION ESPECIAL DE LA PRODUCCION DE TOMATE EN ZONAS NO TOMATERAS

Andrew King *

Primeramente se debe distinguir entre la horticultura y la agricultura; la forma en que se producen los cultivos hortícolas es caracterizada por varios factores, generalmente esos son:

1. Más insumos por unidad de área,
2. Alto valor del producto,
3. Sistemas de producción más críticos y
4. Area de producción más pequeña.

Estos factores definen un sistema intensivo de producción de productos de alto valor para el mercado.

Hay dos clases de producción de hortalizas en Centro América:

1. Hortalizas de clima templado; sólo productos de zonas altas, como zanahoria, remolacha, papa.
2. Hortalizas básicamente del trópico o de variedades tropicales; sólo en zonas bajas, con o sin agua de riego; por ejemplo, chile dulce, tomate, cebolla, etc.

Aunque en la actualidad no son completamente distintos, ya que se encuentran ciertas clases de cultivos que se siembran en ambas zonas, por ejemplo, repollo, o en lugares en niveles intermedios como arvejas.

Principales Plagas

Ambas clases de producción de hortalizas presentan su propio complejo de plagas. Muchas de estas plagas no son restringidas a América Central. En las zonas altas hay muchas veces menos plagas en total, pero existen ciertas clases de plagas específicas con distribución mundial, las cuales tienen alta importancia, por ejemplo:

* Entomólogo. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

1. Plutella maculipennis en repollo
2. Phthoromaea pecullela o polilla de la papa. y
3. Myzus persicae. Muy importante en la transmisión de Tobacco Mosaic, virus en tomate.

En zonas bajas, especialmente con riego, existe un complejo amplio de plagas de varios grados de importancia. Entre ellos hay plagas generales como cortadores (Agrothis spp) y (Spodoptera spp) Heliothis zea, y Diabrotica balteata y plagas más específicas como Anthonomus engenii en chile dulce.

Entre ellas hay plagas primarias, las cuales tienen otras plantas hospederas y que siempre se encuentran en el ambiente, y plagas secundarias, las cuales son importantes sólo como consecuencia de la producción intensiva del mismo cultivo bajo condiciones de alto uso de insecticidas.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

En países templados se han desarrollado , en ciertos casos, sistemas de manejo integrado de plagas; por ejemplo, en Inglaterra, por varios años, se ha usado la introducción de ciertos predadores y parásitos de araña roja y mosca blanca para su control en el pepino producido en invernaderos. Este sistema también hace uso de insecticidas específicos para el control de áfidos. Los insecticidas fueron escogidos para no afectar los predadores y parásitos. Este sistema incluye la introducción de niveles bajos de las plagas para mantener las poblaciones de predadores y parásitos.

Recientemente en los Estados Unidos se han desarrollado sistemas de recuento de plagas en cultivos, por empresas particulares. El agricultor puede alquilar los servicios de esas empresas que ya tienen información de los niveles críticos y del estado del mercado para cada cultivo. Este servicio puede calcular cuando el horticultor tiene que aplicar plaguicidas y cuales productos. Este tipo de servicio puede reducir el número de aplicaciones de insecticidas sin perder ingreso.

Además, por otro lado, se han desarrollado sistemas de producción de hortalizas muy sofisticados en países del Oriente como Taiwan, Filipinas y también en Colombia. Muchas veces, esos son sistemas muy antiguos, utilizando cultivos intensivamente intercalados y escogidos para una interacción de mutuo beneficio, así como para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades. En el Oriente, estos sistemas muchas veces están basados en la mano de obra familiar, la cual es usada en casi todas las operaciones necesarias.

En la producción de hortalizas en Centro América, los agricultores utilizan grandes cantidades de insecticidas y hongicidas en casi todos los cultivos. Las razones de su uso son lógicas, ya que se ha invertido

capital en la preparación del terreno, la siembra o producción de plantas y en otros insumos necesarios. Además, el producto es siempre de alto valor en comparación con los granos básicos; entonces el agricultor se preocupa de asegurarse de que sólo se perderá un mínimo posible y al mismo tiempo de asegurarse que el producto es de alta calidad para obtener un mejor precio de mercado. Sin embargo, el uso de insecticidas y honguicidas, rara vez incluye algún análisis de costo/beneficio, es decir, de la productividad de sus insumos, sin darse cuenta que muchas veces se utilizan más plaguicidas de lo que es necesario en la actualidad.

Otra consecuencia y problema que existe está en la clase de insecticida escogido, que no siempre es lo mejor para una plaga específica. La decisión de comprar algún producto es más afectada por su disponibilidad, recomendaciones de amigos o de las casas distribuidoras y el precio, los que actúan sobre la necesidad actual.

Además, la consecuencia del uso de ciertos plaguicidas por un largo tiempo en una zona distinta son bien conocidos: resistencia de la plaga contra plaguicidas, aumento de plagas menores y la destrucción de enemigos naturales; ya que se utilizan dosis más altas y productos más fuertes, con su peligro asociado, a veces hasta que no es económico producir más en una zona. En ciertos casos, por ejemplo en algodón, como consecuencia se ha tenido que cambiar la manera del control de plagas por medidas de manejo de control integrado. Datos de esos casos están revisados por Wood.

Uno de los problemas de esta situación es que el mercado demanda productos de alta calidad, y prefiere la presencia de residuos de insecticidas sobre la presencia de daños o de gusanos. Este es un caso de mantener un aspecto "cosmético" al producto y es un factor sociológico. Bajo condiciones de manejo integrado, con el menor uso de plaguicidas, es frecuentemente necesario tolerar una calidad un poco baja, sin embargo el tener un precio más bajo para el consumidor se compensa con el costo de producción, el que suele ser también más bajo.

La adopción de sistemas de manejo integrado de plagas en hortalizas es muy importante, primeramente para mantener la producción en zonas favorables para hortalizas específicas.

Hablando generalmente porqué no es posible especificar algún cultivo en este caso, hay varios factores que son necesarios examinar para el desarrollo de un sistema de manejo integrado de plagas:

1. Conocer las épocas más susceptibles al daño; para la regulación cronológica de las siembras,
2. Determinación de niveles de daño tolerables o económicos,
3. Conocer las plagas específicas y cuáles insecticidas son los más efectivos para su control;

4. Evitar el uso de plaguicidas no específicos,
5. Hacer aplicaciones sólo en relación con niveles dañinos de insectos y la época cuando son más susceptibles.
6. Examinar las ventajas de rotaciones de cultivos y/o producción de cultivos intercalados para reducir los niveles de insectos dañinos.
7. Medidas culturales, como por ejemplo arreglamiento espacial, uso de tutores, etc.
8. Uso de variedades tolerantes o resistentes,
9. Manejo de malezas y/o de plantas silvestres hospederas.

El factor que podemos iniciar primero es enseñar a los agricultores, para que escojan productos aptos para una plaga específica; luego el uso de variedades tolerantes o resistentes y ciertas prácticas culturales que no cuestan tanto hacer. Para introducir otros componentes de manejo será necesario hacer experimentos a nivel de estación experimental para determinar cuáles medidas son las más aptas para cada cultivo en su propio ambiente.

Situación en zonas no tomateras

Son zonas, en su mayor parte, marginales, porque hay factores limitantes afectando la producción. En la zona tropical húmeda baja, por la cantidad de lluvias el problema más serio es de enfermedades; por una buena parte es Phytophthora infestans, pero existen varias enfermedades que hacen más serios los daños ocasionados por insectos. Sin aplicaciones frecuentes de honguicidas dos o más veces por semana se puede perder fácilmente el tomatal entero. En las variedades no resistentes o tolerantes, las Pseudomonas pueden causar un gran daño. Aunque la zona de Turrialba no es conveniente para la producción de tomate; existen dos áreas donde se encuentran tomatales, pero en escala pequeña, ambas están desde 1000 hasta 1400 metros sobre el nivel del mar y en suelos básicamente volcánicos negros, con buen drenaje.

Estas zonas producen tomates para los mercados principalmente de Turrialba y Cartago, sin embargo, la zona tomatera principal, que produce para el Mercado Central de San José, es más al Norte, en la Provincia de Alajuela, cerca del camino principal; en esta zona el clima es más seco y favorable para la producción de tomates y también se encuentra una gran parte de la producción de hortalizas como camote, chile dulce, vainicas, arvejas, repollo y cebolla. Las hortalizas que necesitan un clima más templado se encuentran principalmente a 1500 m.s.n.m., al lado Sur del Volcán Irazú, Norte de Cartago; allí se produce papa, zanahoria, remolacha, coliflor, etc.

Además de la importancia de zonas favorables climáticas, es también necesario que zonas tomateras estén cerca de los caminos principales o donde exista la facilidad de transporte mínimo. Además de aspectos económicos de transporte, el fruto de tomate maduro especialmente como lo quiere el mercado, es muy delicado y sufriría mucho daño debido al transporte sobre caminos malos; entonces la distancia y el estado de los caminos entre el tomatal y el mercado son muy importantes. En un cálculo realizado en Honduras, indica que se pierde hasta un 40% de las frutas debido a la contusión de las maduras; también se notaron que el tamaño y la forma de las cajas que se utilizan regularmente para el transporte de tomates, contribuyen al daño, particularmente en los estratos más bajos de las cajas llenas; este cálculo incluyó daños que aparecieron después de unos días de almacenaje en el mercado.

En las zonas, donde los agricultores siembran tomatales que usan altas cantidades de honguicidas y de insecticidas tienen razón, en el uso de honguicidas como se explicó antes, por el factor más limitante de la producción el Phytophthora; sin embargo, es necesario examinar en más detalle la necesidad actual del uso de insecticidas.

Debido a que los agricultores utilizan insecticidas de varias clases como aplicaciones preventivas, no es posible seguir las infestaciones de las plagas, ni saber cuáles son los más importantes, de manera que ellos afectan la producción en fincas actuales; por esta razón se tiene que examinar la dinámica de las plagas y su efecto en el rendimiento en parcelas de tomates sembrados sin uso de insecticidas. Este tipo de parcelas se sembró en Turrialba al final del año anterior; en la actualidad sembramos en noviembre para establecer las plantulas durante la época lluviosa y para que la maduración de las frutas sea en la época seca. Con suerte las lluvias durante diciembre fueron livianas, y en consecuencia no hubo tantos problemas con enfermedades; sin embargo, se tuvo que aplicar "maneb" como preventivo cada semana y Zineu con fentin acetato (Polyram y Brestan) para controlar Phytophthora infestans ya establecida en ciertas parcelas antes de la llegada del verano.

Se sembró la variedad Kewalo, que tiene tolerancia contra Pseudomonas y se comenzó la cosecha de tomates maduros a mitad de enero; se tuvieron cuatro parcelas de 5 x 10 metros consistiendo de cuatro surcos a 1.6 metros, de largo 10 metros; al ser las parcelas pequeñas fue posible examinar todas las plantas para seguir las poblaciones de las plagas, en donde no encontramos ningún Keiferia lycopersicella, ni Bemisia tabaci, ni Epitrix cucumeris y muy poco de Liriomiza sp. No hubo problemas con nemátodos.

Se tomaron los siguientes datos:

1. No. de Pseudo-plusia, larvas grandes de pupas y larvas ya parasitadas en capullos,
2. No. total de frutas dañadas por Pseudoplusia;

3. No. total de larvas de Heliothis en frutas (ambos H. zea y H. virescens, conjuntos);
4. No. de frutas dañadas por Heliothis spp;
5. No. de Manduca sp, larvas grandes;
6. No. de larvas grandes de Spodoptera latifascia y de S. eridania y el número de frutas dañadas por Manduca y Spodoptera y Agrotis subterranea;
7. El número total de frutas afectadas por los hongos Phytophthora infestans, por otros hongos, y debido a causas fisiológicas.
8. Finalmente se apuntó el número de frutas afectadas por insectos no conocidos. En su mayoría fueron frutas ya bien podridas por organismos secundarios y tan viejos que no fue posible asociar el daño con algún insecto específico.

Se botaron todas las frutas dañadas para que no se confundieran en cada cuenta. Estas se realizaron en forma semanal durante nueve semanas y se recogieron todas las larvas encontradas en el último estado, para su creación en el laboratorio, de tal forma que permitan determinar la incidencia e identidad de parásitos.

LA DINAMICA DE POBLACIONES EN RELACION CON LA PRODUCCION DE FRUTAS

Apuntamos en forma gráfica cambios en las poblaciones de Pseudoplusia, Heliothis, Manduca y también los números de frutas dañadas semanalmente por esos insectos en relación con el número de tomates cosechados. (Figura 1).

La plaga más común fue Pseudoplusia includens; las larvas hicieron poco daño al follaje; sin embargo, las larvas en sus últimos estadios hicieron bastante daño a las frutas pequeñas, especialmente cuando la población fue lo más alta, lo que ocurrió al inicio de la cosecha. Las frutas más cerca de la parte superior de la planta fueron las más atacadas. (Figura 2).

Aproximadamente el 95% de las larvas fueron parasitadas por la avispa polyembrionica Litomastix (L. copidosoma), truncatella (Dalman), la segunda generación fue mucho más baja, probablemente como consecuencia de parasitismo. (70%).

Al mismo tiempo que se bajó la población de Pseudoplusia se aumentó la población de Heliothis zea y de H. virescens. Se encontró las dos especies en cantidades aproximadamente iguales, pero que hicieron un daño muy similar; muchas veces no se encontró la larva pero si el daño, por lo que se les consideró juntas.

Respecto a Heliothis sólo se les encontró alimentándose de las frutas; las poblaciones y el número de frutas dañadas por Heliothis coinciden con la cosecha máxima de las frutas maduras; sin embargo, se encontró a las larvas comiendo frutas en todo estado de desarrollo. El parásito de Heliothis virescens se estimó como 35% por el Tachinido Eucelatoria sp. y no se encontró ningún parásito de H. zea.

Se notaron dos generaciones de Manduca sp, pero el número fue bajo; muchas veces no se vió las larvas antes que se haya defoliado casi la planta entera, debido a su coloración críptica; sin embargo, no hubo suficiente daño en total para la preocupación del agricultor, una larva fue parasitada por el Tachinido Zygosturmia sp

Las larvas de Spodoptera (Prodenia) latifascia, de S. eridania y de Agrotis subterranea también atacaron las frutas. En este caso se encontraron daños sólo en frutas en follaje muy denso o en frutas tocando el suelo. Todas esas plagas se alimentan principalmente de las hojas inferiores de las plantas.

Daños hechos por hemípteros chupando de las frutas fueron bajos, así como las poblaciones. Sólo las frutas maduras picadas por Nezara viridula a veces se pudrieron más tarde.

DAÑOS POR HONGOS

En la zona de Turrialba, las enfermedades son importantes, especialmente la Phytophthora; a pesar de las aplicaciones regulares de "maneb" hay bastante pérdida de frutas debido a Phytophthora, por lo menos hasta que comenzó la época seca y después de aplicaciones localizadas de Zineu con fentín acetato (Brestan con Poliram); al final de la época de cosecha se perdieron frutas debido a Alternaria y por causas probablemente fisiológicas asociadas con la sequía y falta de agua y nutrientes.

En el Cuadro 2 se puede ver como se perdieron las frutas debido a las causas mencionadas. Los datos de peso de frutas perdidas fueron calculados de los números de frutas dañadas, presumiendo que cada fruta con toda contribuiría al peso total de frutas cosechables y que las frutas maduras pesarían por promedio 90.4 gramos cada una, aproximadamente.

La pérdida total debida a insectos fue 20%; si se cuenta que las frutas perdidas, por insectos no determinados, sean igualmente distribuidas entre los insectos encontrados, es evidente que Pseudoplusia y Heliothis hicieron la misma cantidad de daño; sin embargo, también es claro que debido al efecto de Pseudoplusia en la cosecha temprana y Heliothis en la cosecha más tarde, los valores de los daños respectivos pueden estar afectados por cambios del precio de frutas en el mercado durante la época de cosecha.

CONTROL INTEGRADO

Observando las gráficas de la Figura 1, se pueden calcular las épocas más aptas para las aplicaciones de insecticidas para bajar el número necesario al mínimo, en esta situación.

Como propósito, una aplicación de Bacillus thuringiensis cuando están madurando las primeras frutas, contra Pseudoplusia. Para Heliothis, hay que aplicar más tarde, cuando se vean las primeras frutas dañadas, de 15 a 20 días después de la primera cosecha. El Bacillus thuringiensis no es muy efectivo contra Heliothis, es mejor emplear productos más específicos por larvas de lepidoptera como los piretroides sintéticos, por ejemplo Ambush, Belmark o Decis. Esos productos tienen también la ventaja de no ser peligrosos para la salud humana. Eso es una cosa muy importante, cuando se está cosechando y al mismo tiempo aplicando plaguicidas. Como alternativa se puede emplear contra las especies de Heliothis un virus nuclear polyhedrosis si se encuentra disponible. Eso es totalmente específico contra las especies de Heliothis, y no afecta ni a los enemigos naturales ni a la salud humana.

Es posible tolerar daños pequeños en las zonas tomateras secas, en cambio en las zonas húmedas, cuando la piel de la fruta tenga cualquier ruptura o picadura, entrarán organismos secundarios que afectarán en la pudrición de la fruta; entonces el control de plagas en estas zonas es más importante.

Además, el amarre de las plantas con estacas para darles la mejor aereación y facilitar el alcance de cualquier insecticida u honguicida a las frutas y hojas es claramente importante; también así todas las frutas están elevadas fuera del nivel del suelo y eso disminuye los ataques de cortadores y Spodoptera que viven en el suelo.

Cuadro 1. Parasitismo de P. includens por Litomastix

	a	b	c	d	e	%
Fecha (1979)	No. total de larvas grandes recolectadas	Larvas ya para sitadas en capullo	No. larvas para sitadas	No. de pupas en la planta	No. de larvas pupadas	
4-23 de Enero	310	229	213	18	10	94
7-21 de Febrero	108	67	62	34	23	73.6

CU

Cuadro 2. Sumario de frutas perdidas debido a varias causas

	No. frutas destruidas	Peso estima* do de las frutas	% del peso to tal de las frutas
<u>Insectos:</u>			
<u>P. includens</u>	644	58.2	6.3
<u>Heliothis</u> spp	651	58.8	6.4
<u>Manduca</u> sp	51	4.6	0.5
<u>Spodoptera latisfascia</u>	72	6.5	0.7
<u>S. eridania</u>	72	6.5	0.7
<u>Agrotis subterranea</u>	72	6.5	0.7
No. determinado	665	60.1	6.5
Total	2083	188.3	20.5
<u>Enfermedades:</u>			
<u>Phytophthora infestans</u>	731	66.1	7.2
Alternaria y causas fisiológicas	1264	114.3	12.4
	1995	180.3	19.6
Frutas cosechadas buenas		549.9	59.9

* Basado sobre el asumo de todas las frutas atacadas con un peso promedio de 90.4 gramos.

Figura 1. Peso de frutas cosechadas semanalmente y pesos promedios por fruta

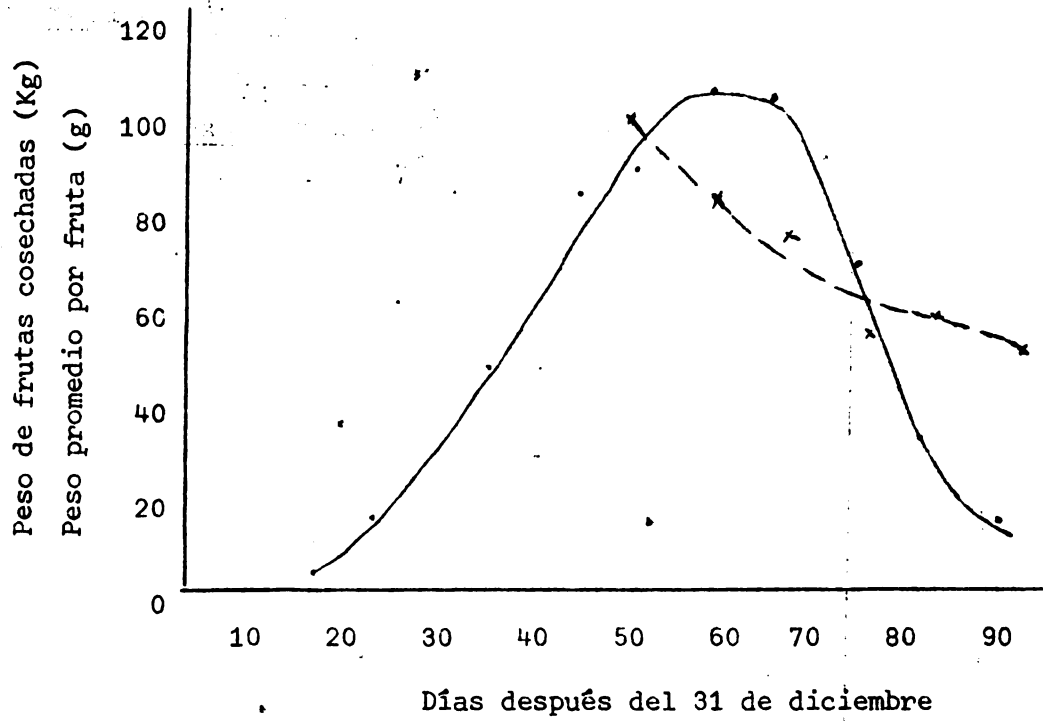


Figura 2. Poblaciones de P. includens, Heliothis spp, Manduca sp y Spodoptera spp., en parcelas de tomates de variedad Kewalo, Turrialba.

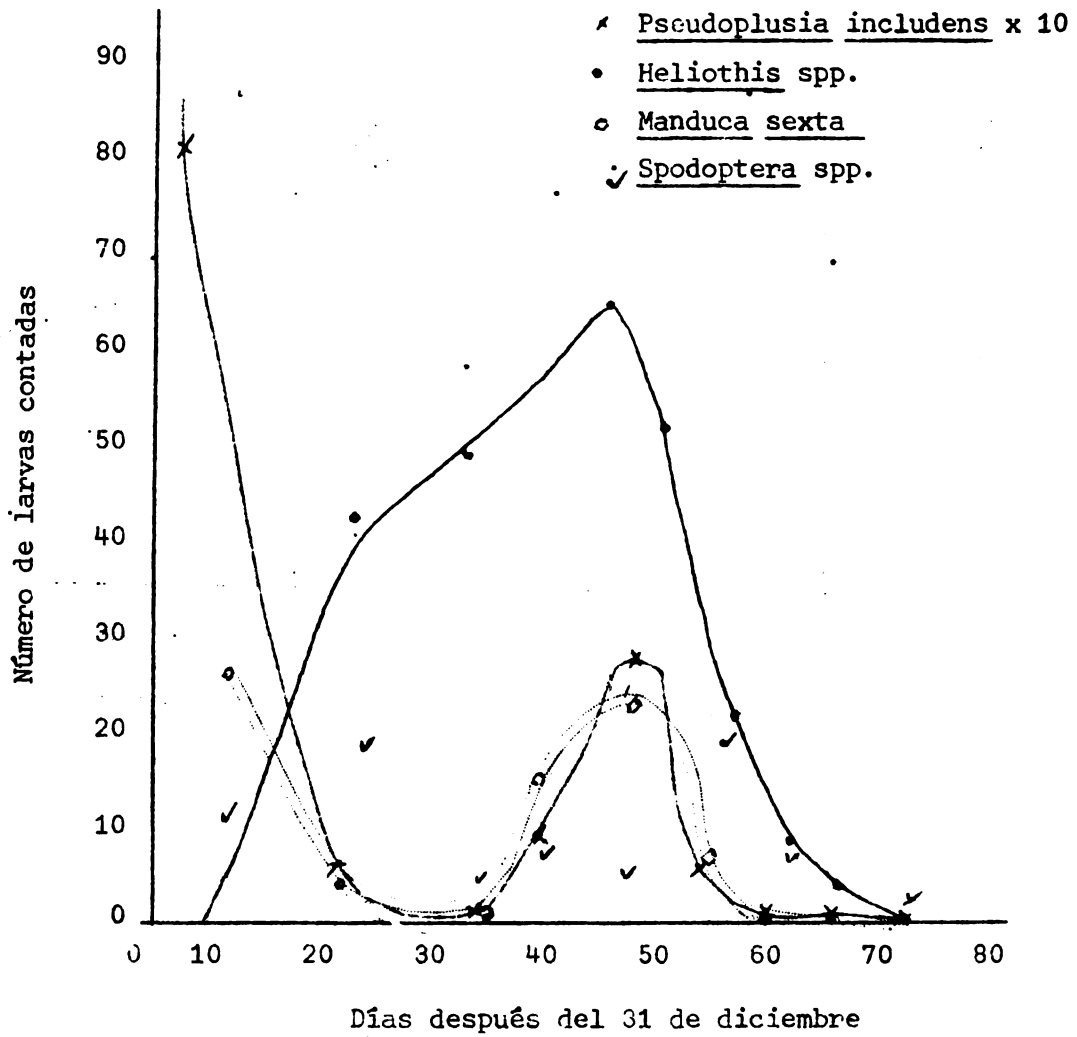
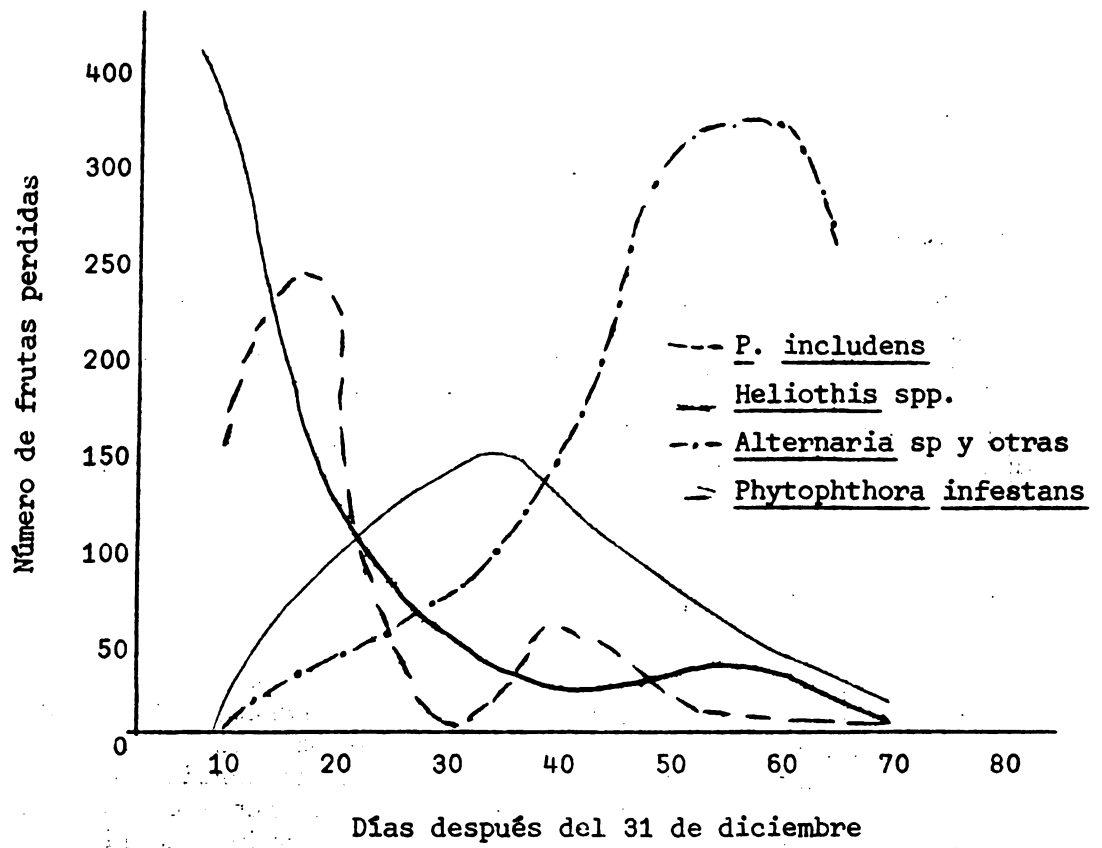


Figura 3. Pérdida de frutas debido a varias causas específicas



EL AGROECOSISTEMA DE LA YUCA

Raúl A. Moreno *

INTRODUCCION

En la Figura 1 se representan algunos de los componentes de un agroecosistema de la yuca.

En este documento, sólo se mencionan las principales interacciones del cultivo con otros componentes, mientras permanece en el campo. No se cubren aquellos aspectos posteriores a la cosecha, tales como almacenamiento del producto, faenas de post-cosecha y uso de los productos. También se supone que el proceso de producción se lleva a cabo en forma manual, pues no se representan entradas al sistema por el uso de maquinaria.

GENERALIDADES DEL CULTIVO

Dentro del grupo de plantas usadas como alimento en agricultura de pequeña escala en países tropicales, la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) --- ocupa un lugar tan importante como el arroz o el maíz. A pesar de esfuerzos recientes de investigación, todavía la cantidad de información que existe acerca de este cultivo es comparativamente escasa. La falta de información puede estar relacionada a la relativa facilidad con que se cultiva, ya que entre las plantas cultivadas por el hombre, la yuca produce más calorías por unidad de área que cualquier otra planta alimenticia y a muy bajo costo.

Se estima que más de 300 millones de personas se alimentan de ella en áreas tropicales del mundo, por lo tanto, cualquier incremento en la producción, tendría un enorme impacto en el bienestar de buena parte de la humanidad. Debe considerarse que no sólo se consume su parte subterránea, sino que el follaje, posee un contenido aceptable de proteína de alta calidad (30%, base a peso seco) y de vitamina A y D. Por estas razones es que el consumo de brotes y hojas jóvenes es frecuente en África y en grandes extensiones del Noreste del Brasil. Además, se está generalizando su empleo como alimentación animal en forma de heno, de ensilaje o harinas. La reciente crisis energética que afecta a las economías

* CATIE, Turrialba, Costa Rica.

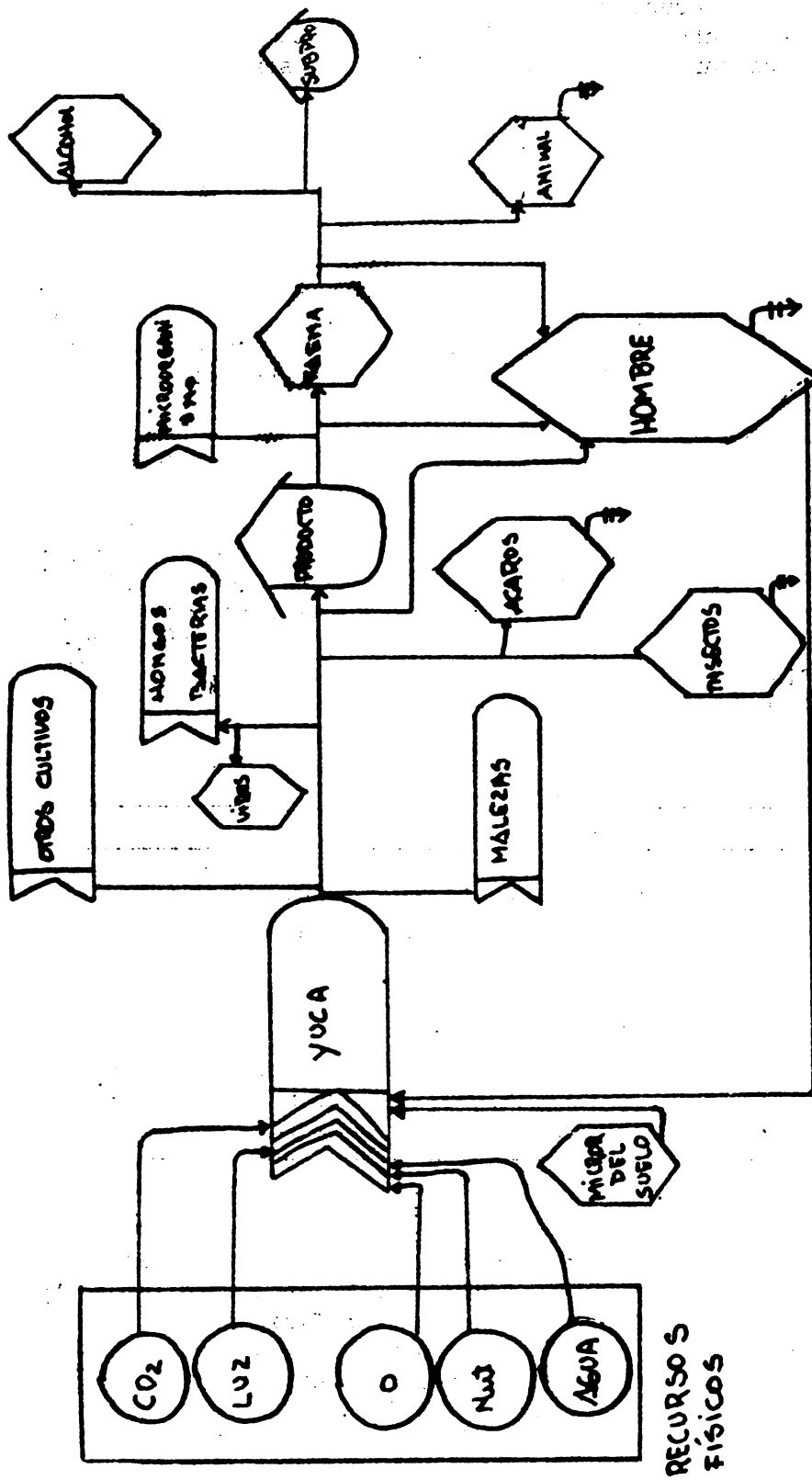


Figura 1. Representación de un agroecosistema de la yuca. Los recursos se transforman en productos y los productos se faenan para obtener productos elaborados. Algunos flujos se han suprimido por simplicidad.

de los países cuya base productiva reside en el consumo de fósiles derivados del petróleo, ha hecho que se considere a la yuca como una posible fuente de carbohidratos para transformar en alcohol y ser finalmente usado como combustible.

CARACTERISTICAS GENERALES DEL AMBIENTE FÍSICO EN QUE CRECE LA YUCA

En el Cuadro 1 se resumen algunos requisitos ecológicos generales de la yuca. De su examen se concluye fácilmente que tiene un ámbito amplio de condiciones bajo las cuales puede prosperar. Las condiciones referidas en el Cuadro 1 pueden encontrarse en el espacio comprendido entre los 30° de Latitud Norte y 30° de Latitud Sur, mientras la altura no supere los 1200 m,s.n.m.

En cuanto a temperatura, el cultivo se adapta mejor a regímenes que fluctúan entre los 25 - 30°C. No soporta exposición a las heladas y su crecimiento se detiene totalmente bajo los 10°C. En general, puede decirse que es preferible que la diferencia estacional en temperaturas mensuales no supere los 4 - 5°C. No existe, aparentemente, información acerca de la importancia que tiene la diferencia entre temperatura del día y de la noche; sin embargo, es probable que al igual que otros tubérculos, si las temperaturas de la noche son más bajas, la respiración se reduce y se aumenta la formación de tubérculos.

Cuadro 1. Requisitos ecológicos de la yuca

Variable	Descripción
Clima:	Tropical bajo, seco y húmedo
Temperatura:	18-35° (24° en promedio)
Precipitación:	700-3000 mm
Altitud:	0-1000 m.s.n.m.
Suelos:	Franco arenosos, arenoso, franco aluvioso, sueltos, bien drenados que faciliten el desarrollo y cosecha.

Con respecto a la precipitación, puede decirse que se adapta tanto al trópico semi-árido como al trópico húmedo y al amplio rango existente entre estos extremos. En el Cuadro 2 se puede apreciar que no parece recomendable cultivar la yuca en lugares en que las deficiencias de agua son mayores a 1000 mm para 0 mm de exceso, o donde los excesos son mayores que 300 mm para 0 mm de deficiencia. Aparentemente la condición subhúmeda es la más indicada. La yuca tiene su origen en un lugar con un período seco bien marcado y evolucionó hacia una forma que resiste bastante bien la sequía. En áreas con período seco, la yuca pierde su fo-

llaje y no forma nuevas hojas entrando en una especie de dormancia. Al reiniciarse el período lluvioso, la planta utiliza sus reservas de carbohidratos en el tallo y las raíces, para formar nuevas hojas y seguir creciendo, se ha mostrado que las raíces pierden almidón durante el período del rebrote. Con respecto al exceso de lluvias, puede decirse que la yuca, al igual que otros cultivos, no tolera inundaciones. Por ello, en zonas de alta precipitación, se cultiva la yuca en suelos bien drenados.

Con respecto a los suelos, la yuca puede crecer en una amplia gama de tipos de suelos, sin embargo, en suelos fértiles, ricos en materia orgánica, profundos y con buena fertilidad, se obtienen los mejores rendimientos. La yuca generalmente es el último cultivo en la serie de especies que se emplean en agricultura migratoria, después de clarear el bosque. Esto significa que puede tolerar condiciones de baja fertilidad, pero de ningún modo significa que agote el suelo, como se afirma frecuentemente. Realmente es evidente que cualquier cultivo que produce bien en suelos de baja fertilidad va, en cierto sentido, a bajar más aún la fertilidad existente, pero entonces debe considerarse a la yuca como una especie que crece bien en suelos pobres y no como una especie que agota el suelo. Es conocido que suelos de textura pesada no son favorables para el cultivo de la yuca, debido al impedimento mecánico que significa para el engrosamiento de las raíces. Aparte de razones puramente edafológicas, la cosecha es muy laboriosa en estos suelos pesados. En cuanto a valores de pH, la yuca crece bien entre valores de 5.0 hasta 7.5 aunque su rango se estima entre 3.5 y 8.5.

Cuadro 2. Indices agroclimáticos que corresponden a la intensidad de la humedad (excesos) y de la sequedad (deficiencias) en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*). (Montaldo, A. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales)

Deficiencias de agua (mm)	Excesos de agua (mm)	Denominación
1000	0	Muy seco
700-1000	0-100	Seco
400 - 700	100-200	Subhúmedo
100 - 400	200-300	Subhúmedo-húmedo
0	300	Muy húmedo

Hay muy pocos datos con respecto al efecto del fotoperíodo en el comportamiento del cultivo de la yuca. Se conoce que días largos inhiben la formación de raíces gruesas y por lo tanto el índice de cosecha. Se afirma que es una planta típica de días cortos, aparentemente entre 10 y 12 horas de luz se ubica el óptimo. El efecto de los días largos parece más importante en los primeros estadios de crecimiento de la yuca. Una vez que los tubérculos se han formado, este proceso continúa aún en regímenes de días largos.

Hasta el momento, los datos indican que la yuca es un cultivo de amplia distribución y tolerancia a diferentes factores ambientales, sin embargo, es conveniente anotar que existe una gran variabilidad entre los rendimientos que se obtienen en diferentes condiciones y por lo tanto se hace necesario determinar algunos índices agroclimáticos que permitan comparar situaciones de diferentes lugares. Al mismo tiempo se hace necesario evaluar la respuesta diferente que se consigue con diferentes cultivos en diferentes ambientes y uniformizar el tipo de información que se provee. En el Cuadro 3 se resumen algunas de las áreas en América Central en que se cultiva la yuca.

Cuadro 3. Regiones en América Central aptas para el cultivo de la yuca

PAIS	REGION
GUATEMALA	Suchitepéquez, Escuintla, El Progreso, Santa Rosa, Zacapa, Izabal, Retalhuleu, parte baja de San Marcos, Quezaltenango y Jutiapa.
EL SALVADOR	Sonsonate, San Salvador, La Libertad, La Paz y toda la faja algodonera arenosa.
HONDURAS	Colón, Comayagua, Atlántica, Choluteca.
NICARAGUA	Zelaya, Masaya, Jinotega, Rivas, León, Carazo, Managua, Granada, Boaco, Chinandega, Madriz, (el 25% de la zona algodonera).
COSTA RICA	Alajuela Norte, Heredia Norte, Puntarenas, San José (parte baja), Cartago (parte baja), Limón, Guanacaste.

LA YUCA COMO UN CULTIVO DENTRO DE LA FINCA

Debido al tipo de producción indeterminado de la yuca, su duración en el campo está determinada principalmente por los caracteres climáticos del lugar en que se cultive y por las prácticas de manejo. De los caracteres climáticos, la precipitación y su distribución es la principal determinante de su forma de cultivo y entre los caracteres de manejo, es el lugar que ocupa en la rotación o en el intercultivo. El período de crecimiento del cultivo varía desde 180 días a más de un año. A menudo, la calidad culinaria de las raíces baja después de los 12 - 14 meses. En donde se cultiva para secado, la cosecha debe coincidir con el período seco. A veces, el comienzo de la siembra del próximo cultivo, reduce el período de la yuca a 10 - 11 meses, como en algunos lugares de Asia.

Rendimientos entre 20 - 25 ton/ha se consideran buenos en condiciones de agricultores que usan bajo nivel de tecnología. Rendimientos mayores se pueden obtener siempre que se usen insumos y mejor manejo.

La yuca se cultiva sola o en asocio con otras especies. En agricultura de subsistencia, generalmente se incluye la yuca en el solar para cosecharse paulatinamente, a medida que se consume. En explotaciones de menor tamaño se intercultiva con el propósito de aumentar el uso equivalente de tierra. Entre las especies anuales que acompañan a la yuca en intercultivo, puede citarse al frijol y al maíz, principalmente. Entre las especies perennes se citan palma aceitera, hule, cocoteros, café, cacao, bananos y plátanos, entre otros. Por lo general, cuando existe mercado cerca del centro de producción y los precios son aceptables, la yuca se cultiva individualmente y no en asocio. En estos casos se emplea tecnología relativamente más sofisticada y se revela el alto potencial productivo de este cultivo (40 - 50 ton/ha en raíces frescas) que puede alcanzar hasta 60 - 70 ton/ha en raíces frescas.

En la Figura 2 se representa el desarrollo de la planta en un ciclo y en dos ciclos.

BREVE ANALISIS DEL CRECIMIENTO DE LA YUCA

La yuca es una planta del tipo C-3 de fotosíntesis y que además posee una división fásica de fotosíntatos, es decir, los productos de la fotosíntesis no se distribuyen uniformemente a través de la planta durante su ciclo de vida.

Bajo buenas condiciones de manejo y en un buen ambiente, se puede esperar una tasa de crecimiento diario de 30 - 40 gr/m²/día. El flujo de productos de la fotosíntesis a las raíces es proporcionalmente mayor hacia el final del ciclo de vida de la yuca. La materia seca en los tubérculos, varía desde cero durante los primeros estadios de desarrollo hasta el 80% de la materia seca total cerca del 14^{vo} mes de edad del cultivo. La tasa de crecimiento que se mencionó permite obtener una produc

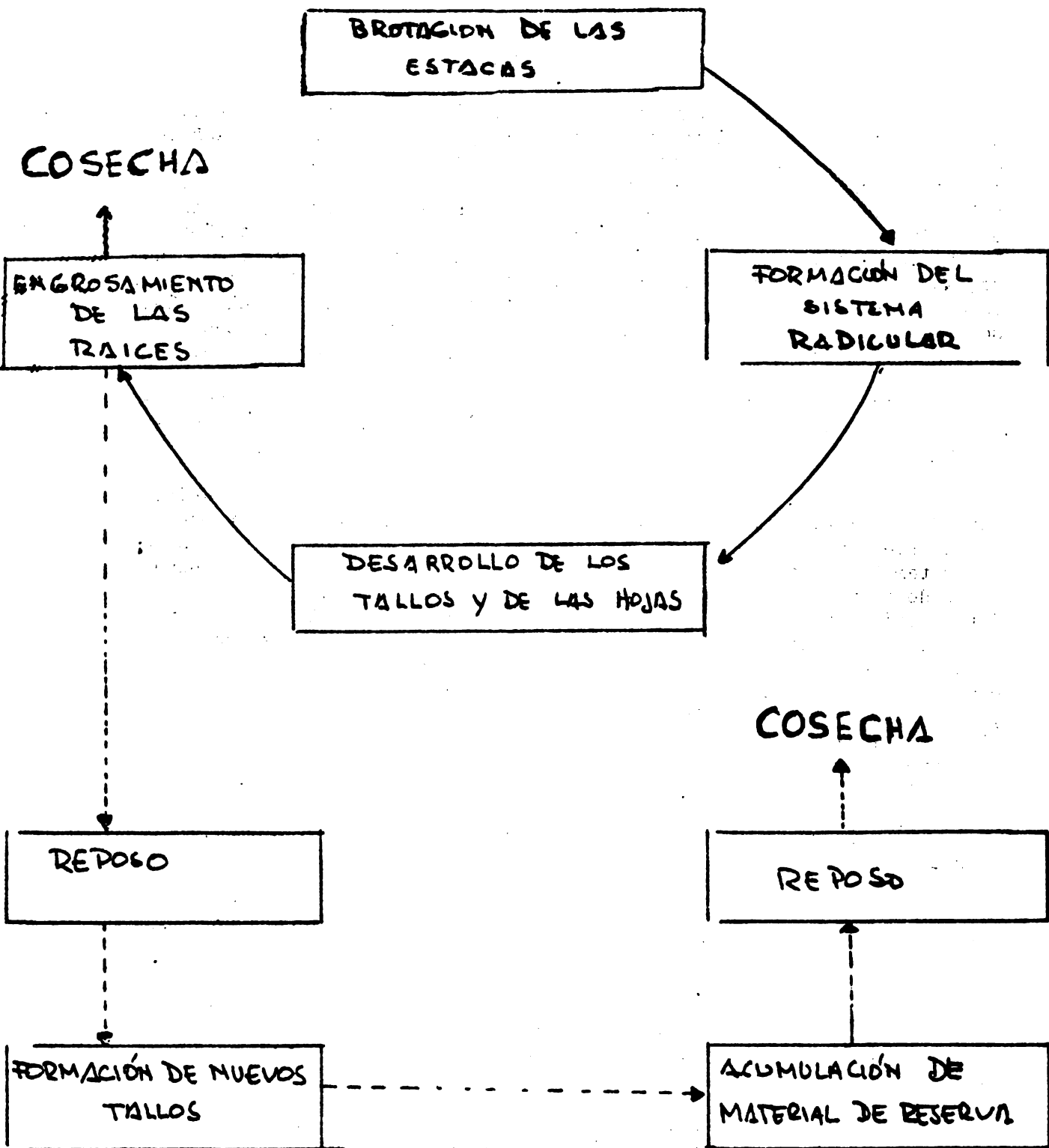
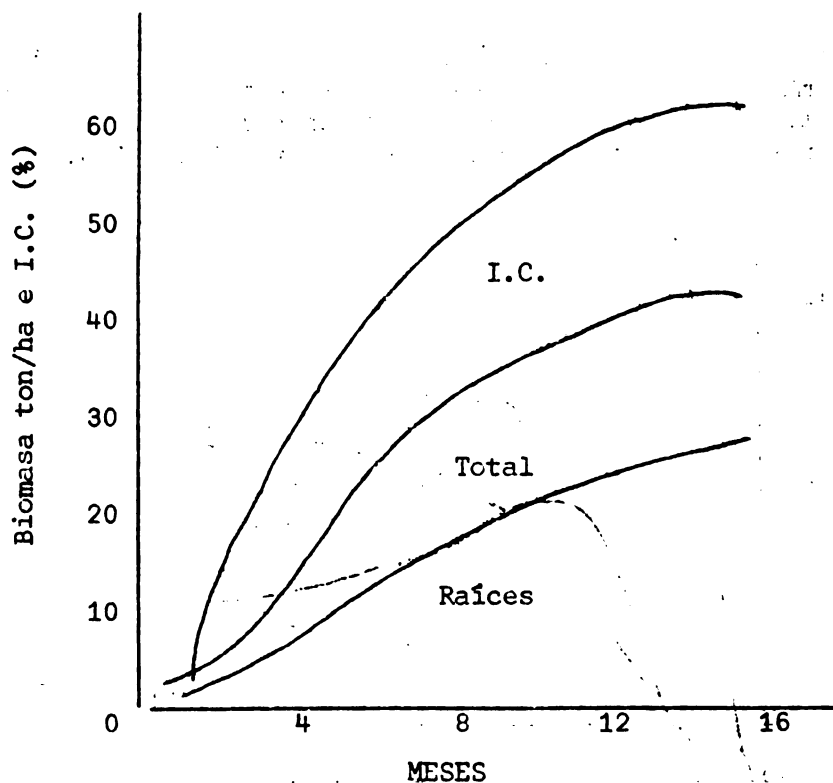


Figura 2. Algunos estados del desarrollo de una planta de yuca. Si no existe época seca marcada, después del engrosamiento de las raíces, ocurre la cosecha. En caso de un período seco marcado, la planta entra en un estado de reposo, del cual sale al reinicio de las lluvias.

ción de 200 kg/ha/día de materia seca en las raíces, lo que está muy por encima de los mejores rendimientos que pueden obtenerse, aún en condiciones experimentales.

En la Figura 3, cuyos datos se basan en diferentes autores, se representa la producción total de biomasa y la producción de biomasa de las raíces, de un cultivo realizado bajo manejo intenso. Para ello, se estima el uso de 40 - 35 - 70 kg/ha de N, P₂O, un control intermedio de malas hierbas y suficiente agua disponible. Bajo estas condiciones la biomasa total sería de 31 y 38 ton/ha, al cabo de 12 y 16 meses de cultivo, respectivamente. La biomasa de raíces es de 15,5 y 21.0 ton/ha para estos períodos de cultivo. El índice de cosecha (el % de biomasa de raíces en relación a la biomasa total) aumentó de 25% al cabo de 4 meses hasta 40%, 48% y casi 58% al cabo de 8, 12 y 18 meses, respectivamente. La producción de raíces se inició a los 50 días después de la siembra.

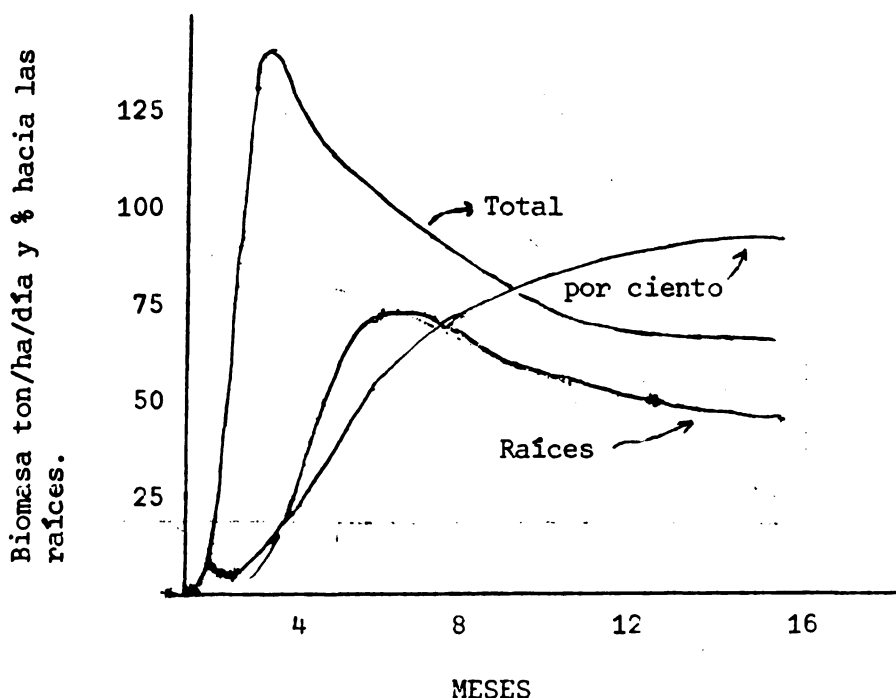
Figura 3. Producción acumulada de biomasa total y biomasa de raíces y el Índice de cosecha de un cultivo de yuca bajo buen manejo a diferentes épocas de su crecimiento (Zandstra, H., 1978).



En la Figura 4, se representa la tasa de producción de la biomasa total (TBT) y la tasa de producción de la biomasa de las raíces (TBR) en diferentes estados del crecimiento de la yuca. El Valor más alto de TBT ocurre al cabo de 4 meses y está cerca de los 150 kg/ha/día, después de lo cual se reduce a 55 kg/ha/día a los 18 meses. Los valores máximos de TBR ocurren después de los 6 meses. Es decir, 2 meses después que el máximo en TBT. Los valores de TBR no cambian mucho después de un valor de 43 kg/ha que se alcanza al cabo de 16 meses.

Este análisis del crecimiento, muestra que la producción de raíces no alcanza un nivel significativo sino al cabo de los 3 meses de edad del cultivo porque no se movilizan productos de la fotosíntesis hacia la raíz sino hasta entonces. Por otra parte, la tasa de producción de biomasa de raíces realmente no disminuye después de los 10 meses, en otras palabras, la cosecha que se realiza normalmente antes de los 16 - 18 meses, se justifica sólo por disminución de la calidad culinaria o porque el terreno va a ser ocupado por otro cultivo, tal como se indicó anteriormente. Es necesario recalcar que este análisis del crecimiento no incluye la variabilidad natural que se encuentra al usar cultivares de diferentes orígenes.

Figura 4. Tasa de producción de biomasa total y biomasa de raíces además de relación porcentual entre estas tasas en diferentes estados de crecimiento de un cultivo de yuca bajo buenas condiciones de manejo (Zandstra, H., 1978).



La relación entre la parte aérea de la yuca y las raíces es de gran importancia. En diferentes ensayos para reducir la radiación no se nota un efecto grande sobre el crecimiento del tallo, pero sí sobre el aumento en peso de las raíces que se redujo en un 35% en promedio. Estos datos sugieren la hipótesis de que el crecimiento de los tallos es independiente del crecimiento de las raíces y tiene preferencia sobre él, en otras palabras, las raíces sólo engrosan cuando se producen carbohidratos y éstos no son necesarios para la parte aérea.

La producción total de carbohidratos por una planta de yuca está determinada, en cualquier condición ambiental, por su índice de área foliar (IAF) y su índice de duración de área foliar (IDAF). Se ha demostrado una relación estrecha entre la tasa de crecimiento y el IAF. En la Figura 5 se representa esta relación. En la Figura 6 se representa la relación entre longevidad foliar y rendimiento. A medida que aumenta el IAF, la longevidad de las hojas disminuye (Figura 7) porque tal como se demuestra en la Figura 8, al aumentar la densidad de siembra, el número de hojas por nudo (%) disminuye (el aumento en la densidad de siembra trae consigo un aumento en el IAF). A su vez, en el transcurso del ciclo de vida de la yuca, el IAF va cambiando, tal como se representa en la Figura 9. Para rendimientos óptimos sería necesario mantener el IAF en valores cercanos a 3 especialmente durante el período entre los 4 y los 9 meses de edad de la yuca. Cualquier incremento en IAF sobre 3 a 3.5 resulta en baja producción de raíces.

Figura 5. Aumento en el peso de las raíces como función del Índice de Area Foliar (Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1975).

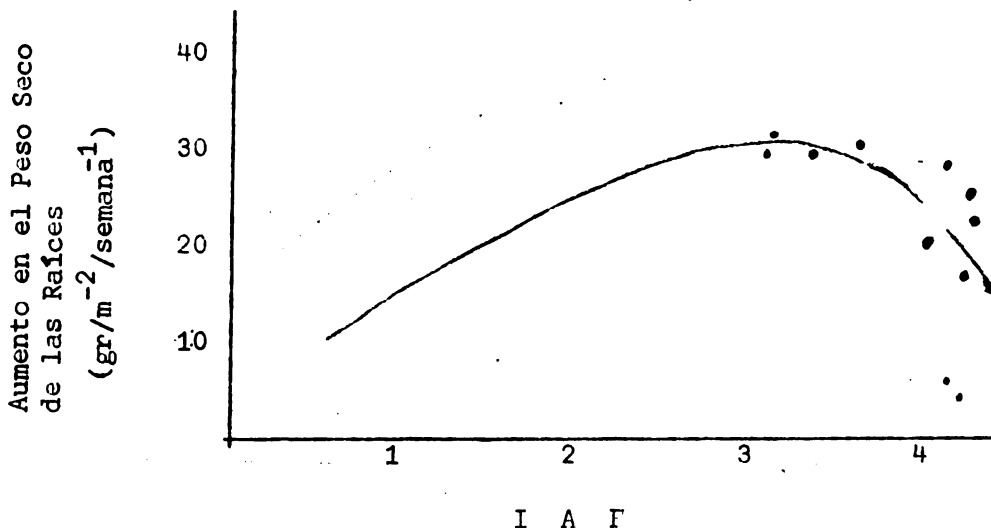


Figura 6. Influencia de la longevidad foliar en el rendimiento de las plantas de yuca en peso fresco de raíces a los nueve meses después de la siembra (Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1977).

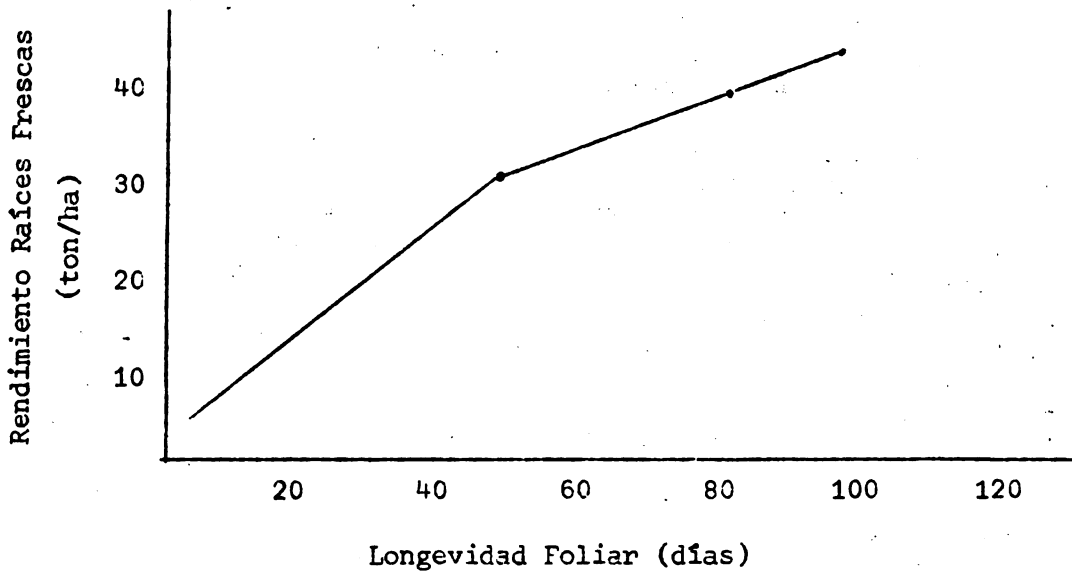


Figura 7. Vida foliar (días) de hojas de yuca en relación con el promedio de su Índice de Área Foliar durante las seis semanas que siguieron a la siembra (Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1975).

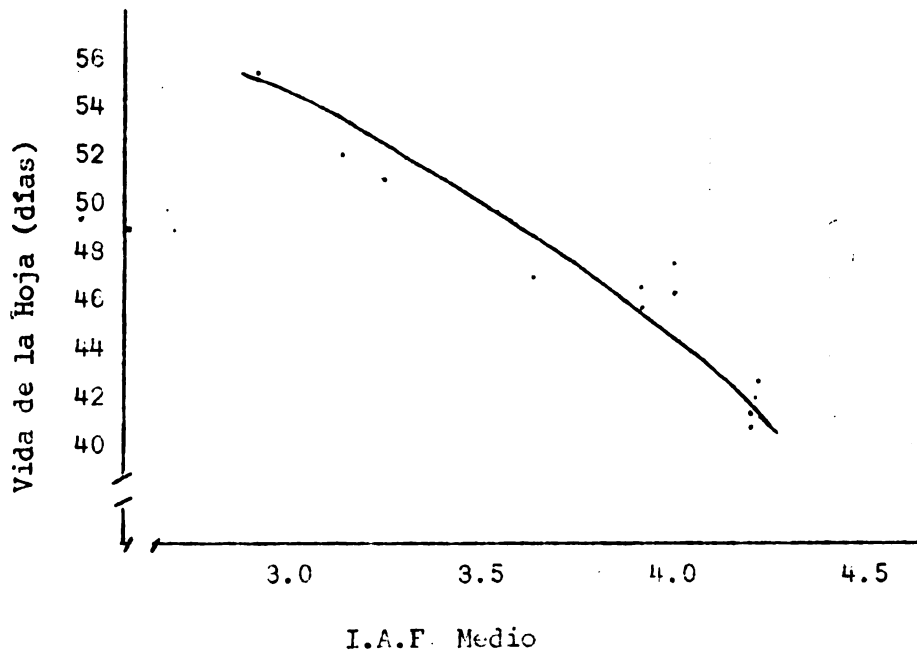


Figura 8. Relación entre el número de hojas por nudo y la densidad de siembra. Caída de hojas al cabo de tres meses de la siembra. (Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1974).

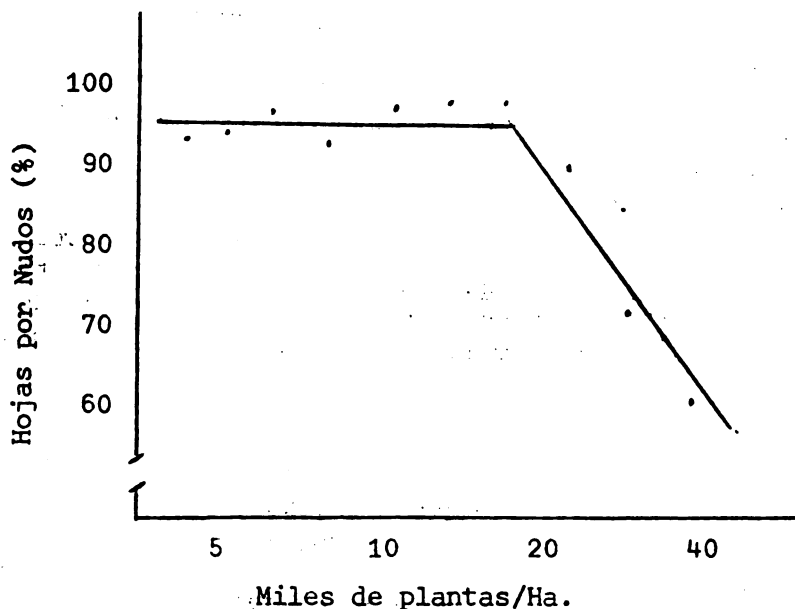
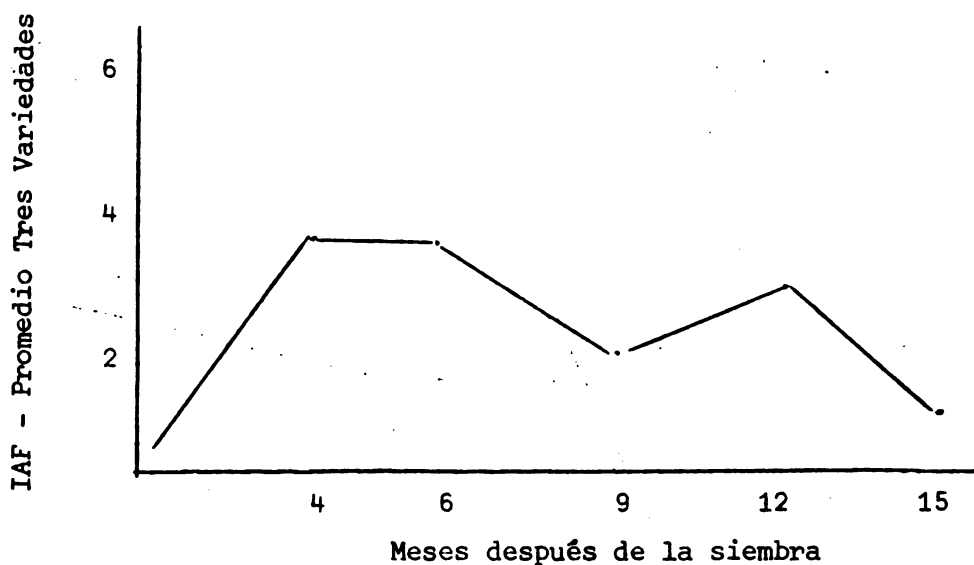


Figura 9. Variación en el tiempo del Índice de Area Foliar. Promedio de tres variedades (Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1976).



COMPONENTES DEL AGROECOSISTEMA DE LA YUCA

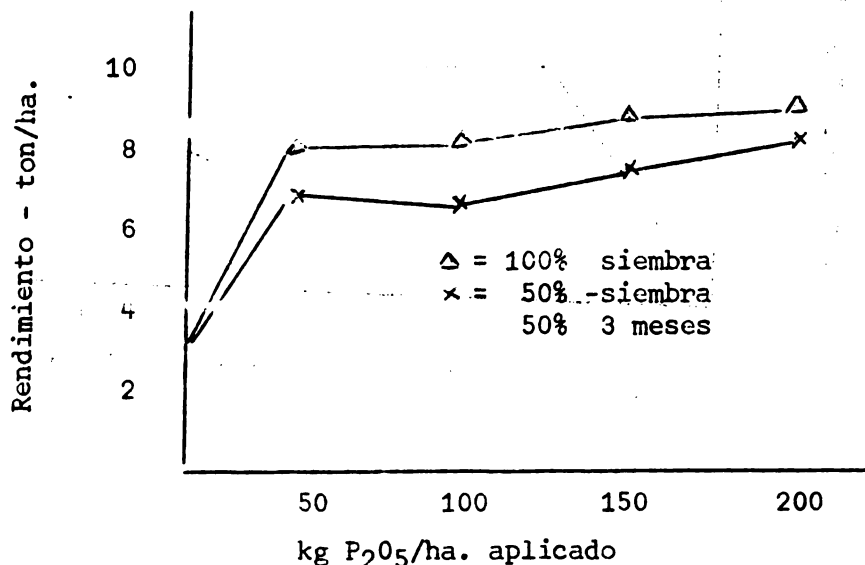
1) Componente Suelo

Nutrientes: Como en la mayoría de las plantas, la aplicación de N aumenta el área foliar (disminuye IAF) y disminuyen los rendimientos en raíces. Se ha demostrado que el Índice de cosecha bajó de 0.64 con 100 kg/ha de N a 0.56 con 200 kg/ha de N. Es decir, se produce un crecimiento excesivo de la parte aérea en desmedro de la raíz. Además el contenido de almidón también disminuye a alta dosis de N, aunque el contenido de proteína aumenta levemente.

Se estima que altos niveles de K se necesitan para obtener buenos rendimientos. Se ha calculado que para rendimientos de 40 ton/ha, se produce una extracción de 280 kg de K₂O. En suelos ácidos de Colombia, existe respuesta al K hasta niveles de 240 kg K₂O/ha. Al contrario del N, cuyas dosis altas disminuyen el índice de cosecha, las dosis altas de K hacen aumentar este índice.

Con la excepción de la papa, la yuca tiene los más altos requisitos de P que se conocen. Se han registrado respuestas positivas a la aplicación de P₂O₅ hasta 400 kg/ha. Sin embargo, los incrementos más acentuados se observan entre los niveles de 0 a 50 kg P₂O₅/ha (Figura 10). El incremento en la cantidad de P₂O₅ aplicado favorece paulatinamente la formación de parte aérea, en desmedro de las raíces, o sea, se registra una disminución en el índice de cosecha. A niveles relativamente más bajos de P₂O₅ aplicado (100 kg/ha) se hace un uso más eficiente del P₂O₅ en términos de raíces producidas.

Figura 10. Efecto de varios niveles de P₂O₅ aplicados en dos formas en el rendimiento de la yuca en Colombia (Cock y Howeber ASA, 1978).



pH: En suelos muy ácidos como los Oxisoles e incluso Ultisoles, la yuca crece, aunque otros cultivos no lo hagan. En la Figura 11 se puede apreciar la respuesta a las aplicaciones de cal en suelos ácidos de Colombia.

Flora microbiana del suelo: Comparada con otras especies, la yuca alcanza sus rendimientos más altos a los mismos niveles de P₂₀₅, pero la concentración de P en la solución del suelo es siempre más alta en la cercanía a la yuca, que en la solución del suelo de otras especies. Esto indica que la yuca posee un mecanismo, ya sea a través de exudados de las raíces o por asociación con microorganismos de la flora natural del suelo, que le permite solubilizar en forma eficiente fuentes de P que normalmente no pueden utilizar otras especies.

Agua: Existe poca información acerca del efecto del déficit hídrico en el rendimiento de la yuca. Se conoce que la yuca requiere suelo húmedo para germinación y establecimiento. Si ocurre una sequía después de estos 2 primeros meses, se detiene el crecimiento y se entra en un estado similar a dormancia. Con el advenimiento de las lluvias, se reinicia el crecimiento nuevamente, esto indica que la yuca es un cultivo adecuado a zonas de incertidumbre de precipitación.

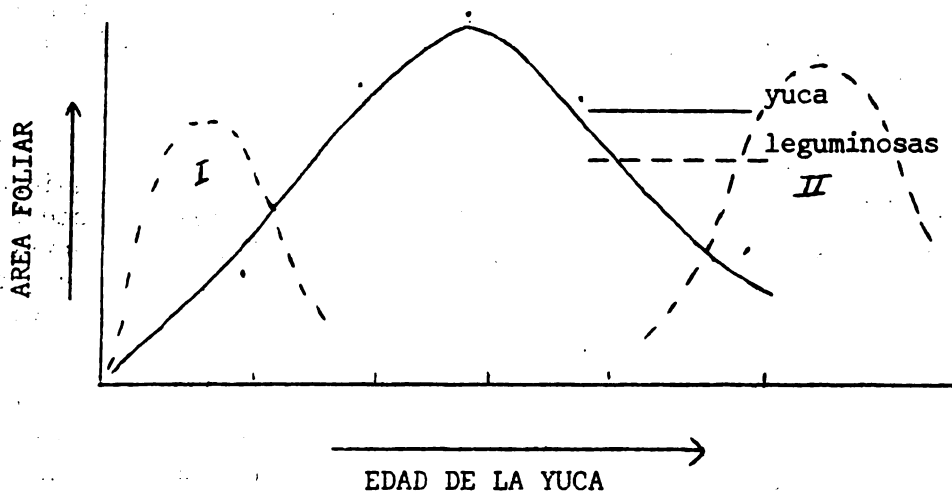
Se ha calculado empíricamente que los requisitos son de 75 mm/mes de precipitación para los 2 primeros meses y de 105 mm/mes para el tercer mes. Después del tercer mes es suficiente (en un suelo normal) con 150 mm/mes durante el ciclo. En base a estos requisitos, se ha calculado que se espera una reducción de entre 10 - 15 ton/ha si se produce déficit hídrico durante el ciclo de vida de la yuca.

2) Otros cultivos

Tal como se mencionó anteriormente, la yuca se intercultiva por varias razones, la principal parece ser obtener un índice de uso equivalente de tierra (UET) más alto. El incremento del área foliar no es tan pronunciado al comienzo del ciclo de vida de la yuca y el espacio entre plantas puede usarse para intercultivar una especie de ciclo más corto como el frijol. Por otra parte, algunas variedades disminuyen su área foliar después de 7-9 meses de la siembra y nuevamente puede intercalarse alguna especie que bien pudiera ser alguna leguminosa trepadora. En la Figura 12 se representa esta posibilidad.

En general, el intercultivo disminuye la biomasa total y la biomasa de las raíces de yuca que se producen, aunque la producción total, considerando el conjunto de especies que se intercultivan, puede ser mayor que la del cultivo individual de la yuca. En el Cuadro 4 se puede apreciar el efecto que tiene la competencia con otros cultivos en los rendimientos de la yuca y el efecto que la yuca ejerce sobre el rendimiento de los otros cultivos. Es necesario recalcar que se obtienen resultados muy diferentes según las variedades que se usen, el manejo que se les da y el ambiente en que se desarrollan.

Figura 12. Incremento del área foliar de la yuca (cv. Valencia) y de dos cultivos teóricos de leguminosas. Leguminosa I intercalada para usar la luminosidad y el terreno antes que el área foliar de la yuca impida su crecimiento por excesiva sombra. La leguminosa II, se intercala para provechar la luz que penetra a través de la canopia de la yuca, cuyas hojas comienzan a desprenderse a partir de los 184 días.



3) Fitopatógenos

La planta de yuca es atacada por varios fitopatógenos (bacterias, virus, micoplasmas y hongos). Existe poca información acerca de la importancia que cada enfermedad causada por estos agentes tiene en el rendimiento, pero según la literatura, en América del Sur el llamado Añublo Bacterial de la yuca reviste gran importancia. En Africa, el Mosaico de la Yuca es una de las enfermedades más importantes. La siguiente, es una lista de fitopatógenos más importantes de la yuca:

Bacterias

Xanthomonas manihotis

Agrobacterium sp.

Erwinia cassavae

Virus

Mosaico Africano

Mosaico Común

Estriado Marrón

Mosaico de las Nervaduras

Superbrotamiento (micoplasma)

Hongos

Cercospora spp.
Phyllosticta sp.
Oidium manihotis
Sphaceloma sp.
Colletotrichum sp.
Phytophthora sp.

4) Insectos y Acaros

Los ácaros pueden ser en conjunto, el grupo más importante entre las plagas que afectan a la yuca. Un complejo de ellos, todos pertenecientes a la familia Tetranychidae y a los géneros *Tetranychus Manonychellus* y *Oligonychus* son los que causan mayor daño en América Latina, África y Asia. A nivel mundial, las dos especies más importantes parecen ser *T. tanajoa* y *T. urticae*. A veces las pérdidas provocadas por ácaros pueden llegar hasta el 46% de la producción.

Los insectos más importantes se anotan en la siguiente lista:

Follaje

Trips *Frankliniella* spp, *Corynothrips* sp., *Eurothrips* sp., etc.
Gusano cachón *Erinnyis ello* principalmente
Mosca blanca *Bemisia tabaci*, *Leurotrachelus* sp. *Trialeurodes* sp. etc.
Hormigas *Atta Acromyrmex*

Tallos

Perforador *Anastrepha* sp., *Silba* sp.
Escamas *Aonidomytilus* sp. *Saissetia* sp.

Raíces

Gallina ciega *Phyllophaga* sp.

5) Malas hierbas

Como cualquier cultivo, la yuca sufre la competencia por luz, nutrientes y agua que ejercen las malas hierbas. La época crítica de competencia ocurre durante las primeras semanas de su desarrollo. En general, puede decirse que las labores de control de malezas deben comenzar entre los 15 - 30 días después de la siembra y continuarlas hasta la formación total del follaje lo que ocurre aproximadamente a los 100 días. La falta de control de las malezas en este período, puede reducir los rendimientos en un 50%.

En general, puede decirse que las malezas más importantes son: *Eleusine indica*, *Echinochloa* sp., *Cyperus rotundus* y *Sorghum halepense*. Entre las de hoja ancha pueden citarse *Amaranthus* spp, *Portulaca oleracea*, *Sclerocarpus* sp. e *Ipomoea* spp.

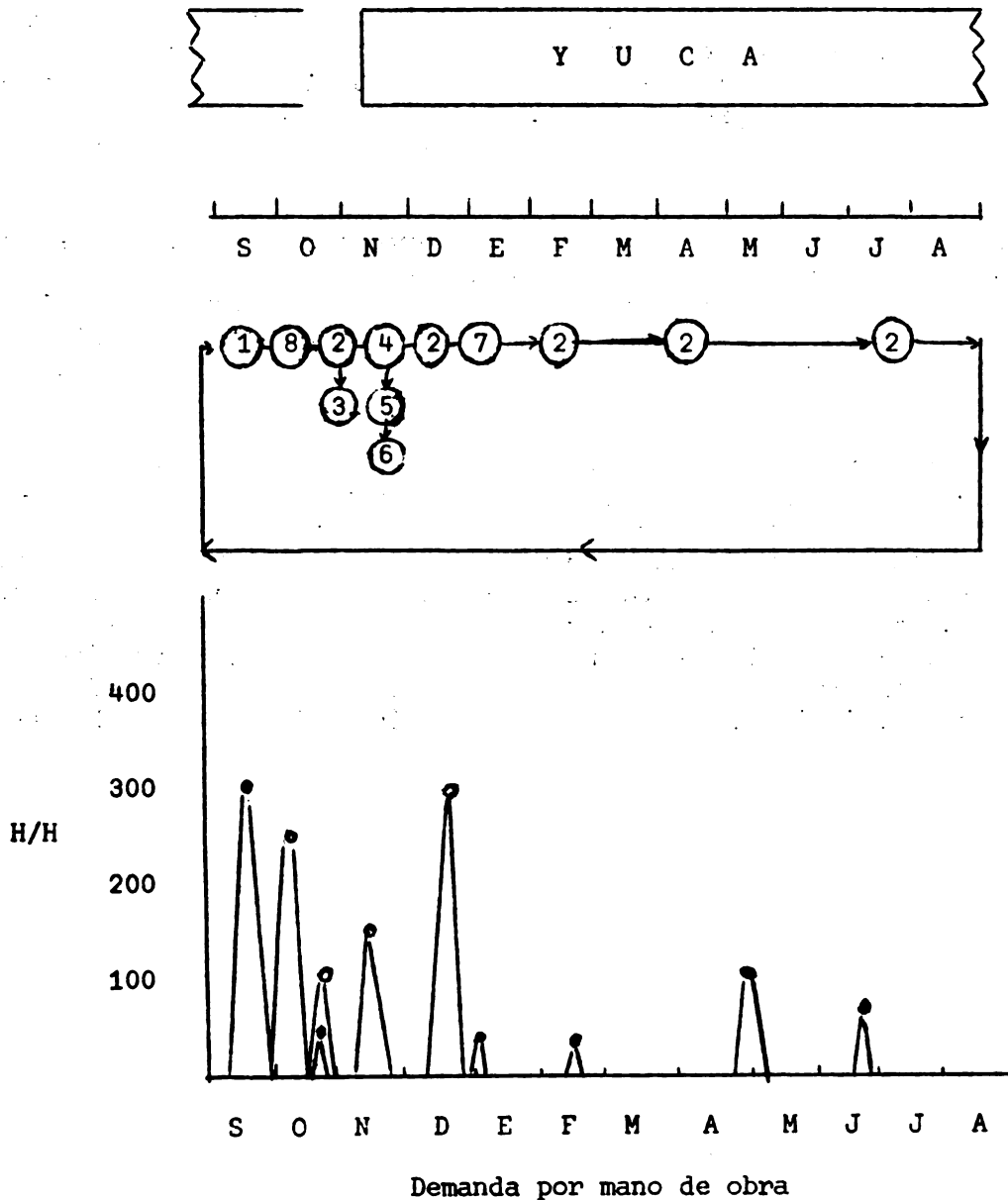
6) Manejo por el hombre

La sucesión de labores necesarias para producir yuca puede resumirse como: 1) Preparación de terreno; 2) Selección de estacas; 3) Siembra; 4) Deshierba; 5) Aporque; 6) Poda; 7) Cosecha; 8) Acarreo. Las labores 5 y 6 no son siempre imprescindibles. El número de horas-hombre que se usan aproximadamente en cada una de estas labores, se presenta en la Figura 12.

Existen muchas formas de preparar el terreno que van desde una simple quema y apertura de un hueco en que se deposita la estaca, hasta el uso de arado, rastra y formación de camellones para mantener las raíces fuera del peligro de inundaciones e incluso intentar cosechar a máquina. El primer tipo de preparación es típico de agricultura de subsistencia o del tipo migratorio.

La selección de estacas es un proceso importante que reviste gran importancia, especialmente por la cantidad de material de reserva que se selecciona indirectamente y por aspectos sanitarios. La distancia de siembra siempre depende de la arquitectura de la planta y de los propósitos de la plantación. Para cultivares vigorosos se usan distancias de 1.5 x 1.5 m y para otros menos vigorosos 0.7 x 0.5 m. Otro factor importante en la decisión de la densidad de siembra es la fertilidad del suelo. Otro factor importante es la cosecha. A menor densidad, mayor crecimiento individual de las plantas y más difícil su cosecha manual.

Figura 12. Meses del año, con siembra de yuca en noviembre y cosecha a mediados de octubre. Se vuelve a sembrar yuca en el mismo terreno, en condiciones experimentales. Se representa la demanda por mano de obra para las diferentes labores. Las tres últimas deshierbas no son necesarias en producción.



1. Preparación para sembrar; 2. Limpia; 3. Preparación de semilla de yuca; 4. Siembra; 5. Insecticida al suelo; 6. Primera fertilización; 7. Segunda fertilización y 8. Cosecha.

REFERENCIAS

1. AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. Crop tolerance to suboptimal land conditions. 343 p. 1978.
2. BELLOTI, A. Y SCHOONHOVEN, A. Mite and Insect Pests of Cassava. Annual Review of Entomology. 23:39-67. 1978.
3. CIAT. Informe Anual, 1974, 1975, 1976, 1977 y 1978.
4. DOS SANTOS, M. Evaluación Biológica de Agrosistemas basados en el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) y su rentabilidad económica. Tesis Mg. Sc. UCR/CATIE, 1979. 172 p.
5. GALLEGOS, R. Evaluación de la producción agronómica y biomasa en sistemas de producción que incluyen yuca (Manihot esculenta Crantz). Tesis Mg. Sc. UCR/CATIE, 1976. 123 p.
6. MONTALDO, A. Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales, IICA. 284 p. 1972.
7. MORENO, R. y HART, R. Cassava Intercropping in Central America. Proceedings of a Workshop in Cassava Intercropping. Trivandrum, India. Diciembre, 1978. (En prensa).
8. MORENO, R. Crop Protection implication of cassava intercropping. Proceedings of a Workshop in Cassava Intercropping. Trivandrum, India. Diciembre, 1978. (En prensa).
9. WEVER, E., COCK, J. y CHOUINARD, A. Eds. Cassava harvesting and processing. Proceedings of a Workshop at CIAT. Abril, 1978. Ottawa, IDRC, 1978. 84 p.
10. ZANDSTRA, H. Cassava Intercropping Research. Agroclimatic and Biological Interactions. Proceedings of a Workshop in Cassava Intercropping. Trivandrum, India. Diciembre, 1978. (En prensa).

MANEJO DE PLAGAS EN CULTIVOS PERENNES

José Rutilio Quezada

El manejo de plagas en cultivos perennes ofrece mayores oportunidades de llevarse a cabo con éxito si se compara con lo que ocurre en cultivos anuales. La mayor parte de ecólogos y entomólogos están de acuerdo con el concepto de que la estabilidad de un ecosistema está en razón directa con la complejidad del mismo, o sea, que cuanto mayor sea la diversidad de especies animales y vegetales que pueblan un bosque o una plantación, mayor será la estabilidad existente, ya que tanto los materiales como la energía circulan por intrincadas redes alimenticias, con el consiguiente resultado que las poblaciones se mantienen equilibradas a niveles bajos.

En los países centroamericanos es notable la estabilidad observada en plantaciones perennes como el café a la sombra y los cítricos. En estos agroecosistemas los problemas de plagas son manejables de manera relativamente fácil, lo que contrasta con lo que ocurre en el cultivo del algodón.

En el presente trabajo se discuten experiencias del autor con el cultivo de los cítricos para ilustrar los principios de manejo de plagas en cultivo perenne.

Cítricos

Introducción

Durante los últimos quince años la citricultura de El Salvador se ha ido aumentando gradualmente, existiendo ya en el país huertos dedicados exclusivamente a los cítricos, aunque persisten muchos en los que se plantan otros frutales junto a ellos. Además de los naranjos (*Citrus sinensis*), se cultivan también mandarinas (*C. reticulata*), toronjos (*C. grandis*) y limones (*C. limon*). Las variedades de naranjo más cultivadas son la Valencia y la Haffa, tanto por el mayor contenido y dulzura de su jugo como por su capacidad de resistir más la sequía. Es también popular la naranja Washington. Todavía existen huertos de naranjos "criollos" en varias localidades. El cultivo del limón, sobre todo el llamado "persico" está incrementándose mucho con lo que la superficie cultivada de cítricos excede las 2000 hectáreas (Montenegro y Barba, 1976). Los cítricos

* Coordinador de Entomología del Departamento de Sanidad Vegetal, OIRSA

producidos en el país son consumidos en su totalidad por su creciente población, e incluso se importa fruta de otros países centroamericanos.

En el presente trabajo deseamos ofrecer a los agricultores y técnicos salvadoreños un resumen de nuestras observaciones sobre los insectos asociados a los cultivos de cítricos, llevadas a cabo durante tres años (1969 a 1972) en el Departamento de Biología de la Universidad de El Salvador. Muchas de las especies aquí tratadas han sido citadas en los trabajos de Berry y Salazar Vaquero (1957) y Berry (1959). La posibilidad de controlar algunas plagas en forma biológica ha sido sugerida por Quezada (1972).

No quisimos limitarnos a hacer un listado de "plagas", sino presentar un panorama general de la entomofauna asociada a los cítricos, en los que pocas especies pueden adquirir el carácter de verdadera plaga, y donde existen muchas formas de insectos benéficos que mantienen bajo control a aquéllos potencialmente dañinos.

Métodos de Muestreo

Para conocer la abundancia relativa y la distribución de las especies de insectos se visitaron en forma regular, durante tres años (1969 a 1972) varios naranjales, en las zonas de cultivo más representativas del país. La plantación era inspeccionada en su totalidad, tomándose muestras de follaje, o frutos cuando tenían insectos asociados a ellos. En unas tarjetas especiales se anotaban los datos pertinentes que incluían la jurisdicción, extensión del naranjal, variedades, especies de insectos encontradas, enemigos naturales presentes, etc. Las muestras se colocaban en bolsas de papel o de plástico y se llevaban al laboratorio para su examen al microscopio estereoscópico. Luego las muestras eran colocadas en cajas de plástico especialmente diseñadas para confinarlas. Estas "cajas de recuperación" medían aproximadamente 40 x 20 x 10 centímetros y estaban pintadas de negro en 3/4 de superficie exterior. La parte transparente se separaba con un tabique de "durapex" para dejar la muestra en la parte oscura más amplia. El fondo se cubría con papel toalla que absorbía el exceso de humedad de la muestra. La tapa de la caja, con rebordes de "esponja" plástica, se sostenía con bandas de hule para cerrarla herméticamente. De este modo, después de unos días, podían verse, en el lado transparente de la caja, los insectos que emergía de la muestra: parásitos, depredadores, formas juveniles de los insectos chupadores, etc.

Resultados

Se trabajó regularmente en un total de 58 sitios de muestreo, que cubrían aproximadamente unas 600 manzanas, en diez departamentos del país

y en 42 propiedades. Las muestras se tomaban a veces en árboles de patios de residencias, o localizados a lo largo de los caminos. Muchos de estos árboles tienen el papel de reservorios de valiosos enemigos naturales.

Para estudiar la biología de algunas especies se usaron plantitas de naranjo colocadas en macetas infestadas con el insecto que era objeto de estudio.

Ciertos insectos benéficos eran colectados en frascos o tubos para trasladarlos a otras plantaciones y ayudar a su dispersión.

Se encontró que en general las mismas especies se hallan distribuidas en todo el país, con ciertas variaciones locales. Esto puede deberse a la poca extensión de las áreas de cítricos, así como a la relativa uniformidad climática de los sitios en que son cultivados. Seis órdenes de los insectos se encontraron con mayor frecuencia. Se considera que algunas de estas especies son "plagas reales", o sea que constituyen una amenaza para los cítricos, en contraste con otras especies que son sólo "plagas potenciales". Estas son aquéllas que sólo alcanzan el nivel de plaga debido a perturbaciones de diversa naturaleza, aunque normalmente se encuentran en equilibrio biológico debido a la acción de sus enemigos naturales. En el Cuadro 1 se presenta un resumen de las especies registradas.

A. ORDEN HOMOPTERA

a. Familia Coccidae

Escama nieve, *Unaspis citri* Comstock

Esta es una de las plagas que más daños causa a los árboles de cualquier edad, atacando sus troncos, ramas, follaje y frutos.

Su nombre alude al aspecto blanco que presentan los troncos de los árboles infestados. Esto se debe a los numerosos cuerpos de los machos que son blancos. Los escudos de las hembras son oscuros y se confunden con el color de los troncos. Las infestaciones de la escama nieve pueden ser muy severas, al grado que los árboles pierden ramas enteras o mueren gradualmente por completo. Estas infestaciones ocurren generalmente al final de la época seca.

Enemigos naturales

La escama nieve no parece tener enemigos naturales efectivos en el país. Sin embargo, hay varios organismos que actúan sobre ella. Se ha observado la acción, a veces fuerte, del parásito *Aspidiotiphagus citrinus* Craw., una minúscula avispa que desarrolla en los cuerpos de hembras y

machos. Algunos depredadores como el coccinélido *Chilocorus cacti* L. también atacan a la escama así como el hongo patógeno *Aschersonia aleyrodís* Weber. Se han hecho intentos, sin éxito, de introducir el predator coccinélido *Telsemia* sp. desde la isla de Fiji, de parte del autor.

Escama verde, *Coccus viridis* Green.

Generalmente más importante como plaga ocasional del cafeto, la escama verde puede atacar cítricos jóvenes o terminales tiernos de los árboles. Siempre que alcanza densidades considerables se debe a su asociación con hormigas.

b. Familia Pseudococcidae

Piojo de los cítricos, *Planococcus citri* Risso

El piojo de los cítricos no es una plaga real en los cítricos del país, aunque sólo es en otros como Israel y Líbano. Forma colonias en los gajos de frutas verdes, o en los puntos de contacto entre fruto y fruto, o de los frutos con las hojas, por la protección que le ofrecen esos microclimas. Sus colonias se forman también en las depresiones de las naranjas Washington.

Las larvas del neuróptero *Symphorobius* sp. destruyen las colonias rápidamente. En Costa Rica se han liberado coccinélidos predadores, *Cryptolaemus montrouzieri*, de gran capacidad de control, y ha habido intentos de introducirlos en otros países.

Otro piojo similar a *P. citri*, encontrado con menos frecuencia, es *Ferrisia virgata* Coq.

c. Familia Aleyrodidae

Esta familia contiene especies importantes que pueden constituir plagas peligrosas para nuestros cultivos de cítricos. Incluye a las llamadas "moscas blancas" y a la recientemente introducida mosca prieta. Los adultos poseen un par de alas funcionales, lo cual facilita grandemente su dispersión. Las hembras depositan muchos huevos, de los que resultan ninfas que se adhieren a chupar savia en el enfés de las hojas. Casi siempre tienen otras plantas hospederas alternas. Las ninfas producen abundante mielecilla, que lleva a la formación de densas películas de "fumagina", con lo que los árboles adquieren un color carbón en su follaje; el proceso fotosintético se obstaculiza severamente y las plantaciones pueden sufrir fuertes pérdidas en sus cosechas. Los tratamientos químicos se hacen necesarios a menudo. En general, todos los aleyrodidos tienen enemigos naturales de importancia. Común a todos ellos es el ataque del hongo patógeno *Aschersonia aleyrodís* Webber, que a veces puede producir

elevadas cifras de mortalidad entre las ninfas.

Moscas blancas, *Dialeurodes citrifolii* Morgan y *D. citri* Ashm.

Dos especies de "moscas blancas" son conocidas en los cítricos del país: *Dialeurodes citrifolii* Morgan y *Dialeurodes citri* Ashm. Se distinguen poco en su apariencia, pero sí en el aspecto de sus oviposiciones. La primera deposita sus huevos en una espiral y los rodea de finas hebras de cera, dando al conjunto un aspecto de "nido". La segunda los deposita sin cubrirles de cera. El único enemigo natural detectado de estas plagas fue el hongo patógeno ya mencionado. Estas dos especies a menudo requieren aplicaciones de insecticidas para su control.

Mosca blanca lanuda, *Aleurothrixus floccosus* Masl.

Normalmente esta especie no constituye una plaga. Los adultos se semejan a las moscas blancas anteriormente discutidas, pero sus ninfas están en grupos recubiertos por una abundante capa de hilos blanquecinos que les dan aspecto de copos de algodón. Siempre se encuentran asociadas con hormigas. La mosca blanca lanuda es una plaga potencial que puede alcanzar densidades altas en situaciones de perturbación biológica.

Entre los enemigos naturales de *A. floccosus* se han recobrado parásitos como *Amitus spiniferus*, y otros de los géneros *Aneristus*, *Encarsia*, *Eretmocerus* y *Signiphora*.

Mosca prieta de los cítricos *Aleurocanthus woglumi* Ashby

Esta plaga es nativa del sudeste de Asia, de donde fue accidentalmente introducida en Costa Rica, Panamá, Ecuador, Colombia e islas del Caribe. También invadió México y los Estados Unidos. En El Salvador fue introducida alrededor de 1965.

Las hembras depositan sus huevos en el envés de las hojas jóvenes, haciéndolo de una manera espiral típica. Las ninfas después de salir de los huevos, se pegan en el envés de las hojas a chupar la savia, siendo su color negruzco. Los otros dos estadios ninfales y las pupas adquieren un color gradualmente más negro y les aparecen pelos rígidos. El aspecto del envés de las hojas atacadas es como de una capa de carbón. Cuando las infestaciones son densas la producción de mielecilla, con sus consecuencias conocidas, es exagerada.

El ciclo biológico de la mosca prieta oscila entre los 60 y 72 días, dependiendo de los factores climáticos, con los que pueden producirse unas 5 ó 6 generaciones al año. La hembra adulta presenta una coloración oscura y mide 2 cm. El macho, de tamaño más pequeño, tiene una coloración más azulada. Ambos son alados y se les ve agruparse en grandes

números en los brotes jóvenes de los árboles. Otras plantas hospederas ocasionalmente infestadas son el "mamón", *Melicocca bijuga* Jacq. y el mango *Mangifera indica* L.

Como enemigos naturales de la mosca prieta en el país se han encontrado las largas de *Chrysopa* sp., un neuróptero y el coccinélido *Delphastus* sp. El hongo patógeno *Aschersonia alcyrodis* Webber, junto a los demás organismos mencionados, produce un buen porcentaje de mortalidad de la plaga. Todos estos factores biológicos no eran suficientes para controlar a la mosca prieta, por lo que en 1971 se importó de México el parásito *Prospaltella opulenta* Silvestri, liberándose en una plantación de Quezal-tepeque. El parásito se estableció bien y la plaga se controló biológicamente. Sucesivas introducciones del parásito hicieron posible su establecimiento en la ENA, hacienda La Argentina y otros naranjales. Al reproducirse por millares en esos sitios, los parásitos eran llevados a otros lugares para lograr su dispersión. Un buen programa de control integrado, que incluya aplicaciones de insecticidas y la manipulación adecuada de los enemigos naturales de la plaga, la podrá mantener a niveles de densidad que no representen ningún peligro para los cítricos del país.

Se estima que *P. opulenta* ha mantenido un control biológico perfecto en unas 2.000 manzanas de cítricos en el interior del país desde 1972, lo que representa un ahorro de más de 300.000 colones (US\$120.000) en aplicaciones de plaguicidas.

d. Familia Aphidae

Esta familia comprende a los pulgones o áfidos, insectos chupadores que atacan las hojas tiernas en los cogollos de las plantas, y en los que causan un encarrujamiento típico. Hay tres especies de pulgones que atacan a los cítricos:

El pulgón negro, *Toxoptera aurantii* Fonseca

El pulgón verde, *Aphis spiracola* Patch.

El pulgón del algodón, *Aphis gossypii* Clov.

Los pulgones tienen un buen número de depredadores y parásitos que han sido observados destruyendo sus colonias. Entre los primeros se destacan las larvas de *Chrysopa*, de sírfidos, así como los coccinélidos *Hippodamia* sp. y otros. Entre los parásitos es notable la acción de *Aphidius (Lysiphlebus) testaceipes* Cress. Algunos hongos patógenos no determinados también contribuyen a la mortalidad de estos insectos.

Ante la posible amenaza de una creciente población de pulgones, y antes de querer hacer aplicaciones de insecticidas, se debe tomar en cuenta la acción de los enemigos naturales presentes al momento. Muchas veces basta dejar pasar unas dos o tres semanas para ver su efecto benéfico.

B. ORDEN DIPTERA

Moscas de las frutas

Las moscas de las frutas que existen en el país pertenecen a la familia Tephritidae, en el género *Anastrepha*. En nuestros muestreos se colectaron *A. ludens* Lw., *A. striata* Schiner, y *A. serpentine* Wied., aunque es sabido que hay otras especies más (Berry, 1959). Cuando las hembras depositan sus huevos en los frutos lo hacen por medio de un largo ovipositor. Las larvas desarrollan dentro del fruto, el cual por lo general cae al suelo mostrando una lesión necrótica típica.

La mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* Wied., está ya presente en todos los países centroamericanos, en los que afecta la citricultura en forma severa. El Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) mantiene un laboratorio en San José, Costa Rica, para la producción masiva de moscas estériles, con una producción semanal de 60 millones, y las cuales se liberan en Guatemala. Además, se producen parásitos como *Biosteres longicaudatus* y *B. concolor*, así como *Pachycrepoides vendimia*, que se liberan en Costa Rica con el objeto de aumentar la mortalidad por medio del método biológico.

C. ORDEN HYMENOPTERA

Zompopos, *Atta mexicana* F. sm.

Están incluidos en la familia de las hormigas (Formicidae), siendo serias plagas de las hortalizas y plantas ornamentales, atacando también a los cítricos. Son insectos sociales, de los cuales las castas de las obreras salen del nido a cortar hojas para abonar con ellas sus cultivos de hongos, de los que se alimenta la colonia. En una noche pueden defoliar completamente un arbolito de naranjo, por lo que resultan una importante plaga.

Abeja negra, *Trigona* sp.

Es una pequeña abeja que causa preocupación por sus hábitos de cortar los pétalos de los azahares. No hay un estudio que revele la intensidad del daño que pueden causar estos insectos.

Abeja común, *Apis mellifera* L.

Es otro insecto que frecuenta los naranjales en floración, y cuya acción como polinizante de los cítricos no es muy clara. Sin embargo, es un agente polinizador valioso para otros cultivos. Los residuos químicos en el follaje y flores de las plantas afectan a las abejas, cuya presencia en las plantaciones se debe tomar en cuenta al decidir hacer tratamientos con insecticidas.

D. ORDEN LÉPIDOPTERA

a. Familia Papilionidae

Mariposa amarilla, o Perro de la naranja, *Papilio cresphontes* Cramer.

Se les ve volar en jardines y también en plantaciones de cítricos. Sus larvas se alimentan de las hojas tiernas, pudiendo causar defoliaciones completas en árboles jóvenes.

Como enemigos naturales de esta especie se han registrado parásitos de los huevos, *Oencyrtus* sp. y *Telenomus* sp. El parásito de las pupas *Pteromalus puparum* L. fue encontrado con alguna frecuencia y se le vió parasitar a otra especie de *Papilio*.

b. Familia Saturniidae

Mariposa del jocote, *Rothschildia aroma* Schaus

Las larvas de la mariposa del jocote ocasionalmente se alimentan del follaje de los naranjos, encontrándose sus capullos pendientes de ramas delgadas. Esta especie, sin embargo, está sometida a un control biológico natural efectivo (Quezada, 1967) por medio de dos especies de moscas de la familia Tachinidae, *Belvosia nigrifrons* Aldrich. y *Lespesia* sp. y una avispa de la familia Ichneumonidae, *Enicospilus americanus* Christ., también contribuye a la mortalidad de las pupas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: EL MANEJO DE PLAGAS

Potencial económico del cultivo de los cítricos

El Salvador debiera hacer esfuerzos para incrementar sus cultivos de cítricos en vistas a proveer el mercado interno, de modo que nuestra población mejore su dieta vitamínica, con su consumo. La importación de frutas cítricas podrá así disminuirse o incluso terminarse y la población tener más acceso a una fuente alimenticia tan necesaria. Son muy pocas las posibilidades de desarrollar un cultivo que abra mercados fuera del área centroamericana, ya que la competencia con otros países productores sería difícil de afrontar. Sin embargo, el cultivo de los cítricos en el país es necesario y debe ser estimulado con una política favorable al productor y al consumidor, impulsando los proyectos de diversificación agrícola.

Cuadro 1. Algunos insectos de los cítricos y sus enemigos naturales.

INSECTOS	ENEMIGOS NATURALES	CALIDAD	OBSERVACIONES
ORDEN HOMOPTERA			
<i>Unaspis citri</i>	<i>Aspidiotiphagus citrinus</i>	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	<i>Chilocorus cacti</i>	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	<i>Aschersonia aleyrodis</i>	Patógeno	Hongo
	<i>Chrysopa</i> sp.	Predator	(Neurop:Chrysopidae)
<i>Selenaspilus articulatus</i>	<i>Aphytis chrysocephali</i>	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	<i>Chilocorus cacti</i>	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	<i>Scymnus</i> sp.	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	<i>Aschersonia aleyrodis</i>	Patógeno	Hongo
<i>Lepidosaphes beckii</i>	<i>Aphytis lepidosaphes</i>	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
<i>Lepidosaphes gloveri</i>			
<i>Chrysomphalus ficus</i>	<i>Aphytis holoxanthus</i>	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
<i>Chrysomphalus dictiospermi</i>	<i>Aphytis holoxanthus</i>	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
<i>Saissetia oleae</i>	<i>Scutellista cyanea</i>	Parásito	
<i>Saissetia nigra</i>	<i>Azya luteipes</i>	Predator	(Coleop:Coccinel.)
<i>Saissetia hemisferica</i>	<i>Salpinogaster</i> sp.	Predator	(Dip:Syrphidae)
	<i>Bacha</i> sp.	Predator	(Dip:Syrphidae)
	<i>Azya luteipes</i>	Predator	(Coleop:Coccinel.)
<i>Coccus viridis</i>			
<i>Coccus hasperidum</i>	<i>Coccophagus gurneyi</i>	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
<i>Icerya purchasi</i>	<i>Rodolia</i> sp.	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	<i>Syneura cocciphila</i>	Parásito	(Dip:Phoridae)
<i>Icerya similis</i>	<i>Rodolia</i> sp.	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	<i>Syneura cocciphila</i>	Parásito	(Dip:Phoridae)
<i>Planococcus citri</i>	<i>Sympherobius</i> sp.	Predator	(Neurop:Sympherobiidae)
<i>Ferrisia virgata</i>	<i>Sympherobius</i> sp.	Predator	(Neurop:Sympherobiidae)

Continúa.....

Cuadro 1. Algunos insectos de los cítricos....(Continuación)

INSECTOS	ENEMIGOS NATURALES	CALIDAD	OBSERVACIONES
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	<i>Amitus spiniferus</i>	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	<i>Aneristus</i> sp.	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	<i>Encarsia</i> sp.	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	<i>Eretmocerus</i> sp.	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	<i>Signiphora</i> sp.	Parásito	(Hym:Signiphoridae)
<i>Aleurocanthus woglumi</i>	<i>Delphastus</i> sp.	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	<i>Chrysopa</i> sp.	Predator	(Neurop:Chrysopidae)
	<i>Prospaltella opulenta</i>	Parásito	(Hym:Aphelinidae, introducido de México en 1971)
	<i>Aschersonia aleyrodis</i>	Patógeno	
<i>Toxoptera aurantii</i>	<i>Chisopa</i> sp.	Predator	(Neurop:Chrysopidae)
<i>Aphis spiraecola</i>	<i>Hippodarnia</i>	Predator	(Coleop:Coccinel.)
<i>Aphis gossypii</i>	<i>Aphidus (Lysiphlebus) testaceipes</i>	Parásito	(Hym: Braconidae)
ORDEN LEPIDOPTERA			
<i>Papilio cresfontes</i>	<i>Oencyrtus</i> sp.	Parásito	(Hym:Encyrtida)
	<i>Telenomus</i> sp.	Parásito	(Hym:Scelionidae)
	<i>Pteromalus puparum</i>	Parásito	(Hym:Pteromalidae)
<i>Torhshchildia aroma</i> q	<i>Belvosia nigrifrons</i>	Parásito	(Dip:Tachinidae)
	<i>Lespesia</i> sp.	Parásito	(Dip:Tachinidae)
	<i>Enicospilus americanus</i>	Parásito	(Hym:Ichneumonidae)

Recomendaciones generales para el control de las plagas

Cuando aparecen infestaciones de las plagas anteriormente citadas, casi siempre se hace necesario su control por medio de insecticidas. Sin embargo, es preciso considerar la mejor manera de hacer esas aplicaciones que a menudo conducen a brotes de otras especies en forma repentina.

Por lo general, en la época seca, de febrero a mayo, las poblaciones de enemigos naturales disminuyen, con lo cual las plagas aumentan su densidad. La mosca prieta, por ejemplo, aumenta mucho en esa época. Es hasta que avanza la estación lluviosa que los insectos benéficos y los hongos patógenos comienzan a producir mortalidad en las especies nocivas. Un tratamiento químico durante la estación seca, previa inspección cuidadosa del naranjal para determinar si en verdad se hace necesario, puede controlar bien las plagas. Es necesario evitar los llamados "tratamientos preventivos", que por lo general no están basados en una inspección del cultivo. Por ejemplo, quizá convenga tratar sólo unos cuantos árboles, o sólo una parte del naranjal. Así se evita el tratamiento masivo, con lo que el agricultor se ahorra dinero, a la vez que se mantiene en el naranjal refugios libres de residuos químicos para la multiplicación de los enemigos naturales. Un tratamiento con oleofolidol es de lo más indicado para destruir las poblaciones de escamas, moscas blancas y áfidos; el aceite "Triona" o el dimetoato son efectivos para el combate de la mosca prieta, añadiéndole un compuesto de cobre para el control de la fumagina. Las moscas de las frutas pueden ser controladas con proteína hidrolizada a la que se agrega Malation y recogiendo los frutos caídos y enterrándolos. Para los zompopos con bromuro de metilo o bisulfuro de carbono así como aplicaciones de clordano. Ultimamente se ha aplicado con éxito el producto "Mirex 450" (un cebo envenenado) que las obreras llevan al nido. El uso de barreras y el control cultural (destrucción de colonias) puede ser evaluado e implementado también.

Vigilancia de la plantación después de los tratamientos

Es muy importante inspeccionar la plantación unas dos semanas después de un tratamiento, y continuar vigilándola a intervalos regulares. Este es un modo de asegurarse de haber logrado un buen control de la plaga o plagas contra las que se hizo la aplicación, así como detectar los posibles brotes de otras especies contra las que el tratamiento no iba dirigido. Por ejemplo, la escama roja de Florida, que no es una plaga real, puede brotar súbita y severamente después de una aplicación de oleofolidol. Lo mismo ocurre a menudo con la escama roja de las Indias, ejemplos que ya se han discutido en el texto. Al detectar a tiempo esos brotes pueden corregirse pronto restableciendo la fauna benéfica, trayendo parásitos y depredadores de otros naranjales o de las plantas ornamentales en donde se estén reproduciendo.

Manipulación de enemigos naturales

Lo anterior nos lleva a la práctica de manipulación de enemigos naturales. Estos pueden encontrarse en los naranjales o en diversas especies ornamentales. El agricultor o técnico interesado podrá detectar colonias de insectos benéficos después de familiarizarse con ellos. Este es uno de los fines del resumen presentado aquí. Plantas ornamentales como los clavelones, *Hibiscus rosa-sinensis* L., se infestan de áfidos y escamas. De ellos puede recogerse depredadores como *Azyaluteipes*, *Hippodamia* sp., así como parásitos. El laurel de la india, *Ficus benjaminica* L., a menudo se infesta con escama roja de las Indias, con lo cual se reproducen en él los valiosos depredadores *Scymnus* sp. Las plantas ornamentales son así verdaderos "insectos naturales". Basta liberar unas cuantas parejas en un naranjal para que se establezcan y multipliquen. En el caso de la mosca prieta, que ha sido controlado biológicamente por el parásito *Prospaltella opulenta* Silvestri, importado de México el procedimiento para diseminarlos en otras plantaciones es el siguiente: se toman muestras de follaje infestado en donde el parásito esté establecido, colocándose en frascos de vidrio con una malla fina en su abertura. A los pocos días se pueden obtener cientos de avispidas y liberarlas en el naranjal. Una modificación de este método consiste en contar los renuevos o "chupones" de naranjos infestados con mosca (a la vez parasitada por la avispa) y atarlos entre el follaje de plantas infestadas en donde se desee establecer a los parásitos.

Importancia de las prácticas culturales

Con el advenimiento de los insecticidas sintéticos, y ante sus poderosos efectos, las prácticas culturales han sido a menudo olvidadas o descuidadas. Sin embargo, en un programa de manejo de plagas, es de gran importancia tenerlas en cuenta. Los naranjales deben ser apropiadamente podados, limpios de ramas muertas y ventilados. Las frutas cálidas, sobre todo por el ataque de plagas, deben ser enterradas, por lo menos 20 cm. En el caso de las moscas de las frutas, ese procedimiento es indispensable. Una modificación valiosa consiste en abrir zanjas de unos 50 cm. de profundidad por 50 cm. de lado, colocar la fruta dañada dentro de ellas, cubriendo la zanja con un marco provisto de malla fina, suficientemente capaz de retener a las moscas que emerjan, pero que a la vez deje salir a los parásitos que las han atacado, para que éstos continúen su acción benéfica.

El control de las hormigas

Ya se ha mencionado como varias especies de insectos (escamas, áfidos, cochinillas, moscas blancas) reciben la atención de varias especies de hormigas. Las hormigas son insectos sociales que han desarrollado en su evolución hábitos de frecuentar y cuidar insectos que producen mielecilla.

Cuando en un árbol de naranjo se ven hormigas subir y bajar, es señal segura de que hay ahí una colonia de insectos chupadores. Las hormigas son agresivas y protegen a los insectos del ataque de sus enemigos. Por lo general interfieren mucho con ellos, de modo que los parásitos y depredadores son ahuyentados y no pueden depositar sus huevos o alimentarse de sus presas. Experimentos llevados a cabo en varios países y con distintos insectos han demostrado que el control biológico se reduce mucho o se puede volver inefectivo cuando hay hormigas asociadas a las plagas. Las hormigas cuidan también de la reproducción de sus protegidos, ya que esconden y cuidan de sus huevos y crías cuando las condiciones del clima son desfavorables. Es indispensable, entonces, incluir entre las prácticas de control de destrucción de los hormigueros, o la colocación de barreras que impidan a estos insectos todo acceso a los árboles. La limpieza de hierbas en el área basal del árbol, así como la eliminación de sus ramas muy bajas contribuye a mantener alejadas a las hormigas. Esto afirma la idea de que las prácticas culturales van de la mano con las otras medidas de control.

El programa de manejo de plagas

Todo el conocimiento que pueda adquirirse sobre las plagas y sus enemigos naturales debe ser dirigido a encontrar las mejores medidas de control, y que en último término éstas sean factibles y económicamente ventajosas para el agricultor. El mejor programa de control puede ser muy caro y no dejar rendimiento económico; entonces, ése no es un programa bueno. Es importante establecer los llamados niveles económicos, o sea, determinar aquellas densidades de las plagas que pueden ser toleradas por un naranjal sin que éste sufra en su cosecha. Así se evitará hacer un tratamiento químico cuando todavía no es necesario, con lo que el agricultor ahorrará dinero y se conservarán también los insectos benéficos. Para determinar el nivel económico de una plaga hay que hacer observaciones detalladas de sus poblaciones en parcelas diseñadas a propósito, desarrollando un método de muestreo estadísticamente aceptable. Todo esto lleva tiempo, y requiere el esfuerzo y dedicación de varias personas, pero puede dejar una base firme para echar a andar un buen programa de manejo de plagas.

Por lo menos las plagas principales deberían ser objeto de ese estudio, de modo que en unos años se acumule la información suficiente, se hayan desarrollado ya los mejores métodos de control y quede así establecido un programa dinámico para mantener nuestras plantaciones de cítricos a un nivel de producción elevado, con costos mínimos para el agricultor, y contribuyendo a mantener el ecosistema salvadoreño libre de contaminación.

Un buen programa de manejo de plagas puede ser mantenido y fortalecido con las siguientes prácticas:

1. Pruebas y selección de los mejores insecticidas en el control químico. El uso de insecticidas selectivos, que destruyen a las plagas sin afectar mucho, o no afectar nada, a la fauna benéfica, es de una necesidad urgente.
2. Conservación e incremento de la fauna benéfica nativa. En esto es importante no sólo el uso de insecticidas selectivos, sino su adecuada aplicación. Las inspecciones de la plantación, la certeza de la necesidad de hacer las aplicaciones, los tratamientos por parcelas, etc., pueden ayudar a conservar los enemigos naturales; además, éstos pueden ser estimulados a criarse, ya sea en plantas ornamentales o bien en insectarios especialmente construidos y diseñados.
3. Importación de enemigos naturales. Cuando una plaga como la escama nieve no tiene enemigos naturales nativos suficientemente efectivos, se necesita importar otros del extranjero. La cooperación internacional es en este sentido necesaria y está disponible. En la importación de enemigos naturales se hace necesario establecer facilidades como un laboratorio de cuarentena, ya que puede estar no asociado al insectario.
4. Prácticas culturales. La limpieza y poda de los naranjales es necesaria para mantener una buena producción y contribuye a disminuir los problemas de las plagas. Ya se ha mencionado otras prácticas como enterrar los frutos infestados y la importancia de controlar los hormigueros.
5. Fertilización adecuada. El naranjal debe ser objeto de una fertilización que esté acorde a la variedad sembrada y al tipo de suelos y los más recientemente usados análisis de hojas, son valiosos para establecer un programa de fertilización correcto.
6. Educación. Los programas de extensión agrícola se deben orientar a dar al agricultor los instrumentos más apropiados para que desarrolle y extienda su cultivo. Esto requiere que en los programas de formación de peritos agrónomos y de ingenieros agrónomos se incorporen materias y prácticas que hagan de ellos individuos capacitados para cumplir su valiosa misión en el agro salvadoreño.

LITERATURA CITADA

1. BERRY, P. Entomología Económica de El Salvador. Bol. Téc. No. 24, Pub. del Serv. Coop. Agric. Salv. Americano, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Santa Tecla. 255 p. 1959.
2. _____. Segunda lista de insectos clasificados de El Salvador. Boletín Técnico No. 23. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Servicio Cooperativo Agrícola Salv. Americano. Santa Tecla. 70 p. 1959.

3. BERRY, P. y SALAZAR VAQUERO. Lista de insectos clasificados de El Salvador, Publ. del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Servicio Cooperativo Agrícola Salv. Americano. Santa Tecla. 134 p. 1959.
4. MERRIL, G. A revision of the scale of Florida. State Plant Board of Florida, Bulletin, 143 p., 1953.
5. QUEZADA, J. R. Notes on the biology of *Rothschildia aroma* (Lepidoptera: Saturniidae), with special reference to its control by pupa parasites in El Salvador. Annals. Entomological Society of America. Vol. 60. No. 3, pp. 595-599. 1967.
6. _____ *et al.* Principales especies de insectos asociados a los cultivos de cítricos en El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (MAG), Santa Tecla. 49 p. 1974.
7. _____ . Algunas especies de artrópodos y sus enemigos naturales en El Salvador. Comunicaciones. 2a. época, Vol. 1, No. 1. pp. 19-28. 1972.

ENFERMEDADES DEL CACAO

Gustavo A. Enriquez*

Por lo general las enfermedades del cacao causan muchas pérdidas al agricultor. Algunas de ellas pueden destruir todas las mazorcas de una plantación en algún momento; otra enfermedad puede matar las plantas susceptibles. En general, los mayores problemas del agricultor están ligados a las enfermedades y a su combate.

Las enfermedades más importantes en esta zona de Centro América son:

La Podredumbre Negra

Esta es la enfermedad más importante del cacao en todas las áreas caoeteras, causada por el hongo *Phytophthora palmivora* y es responsable de más pérdidas en las cosechas que cualquier otra enfermedad existente en la región. Por ejemplo, un promedio de 22% o más de las mazorcas producidas anualmente por algunos de los cultivares más susceptibles de La Lola (Finca Experimental de cacao del CATIE) están infectadas. En algunos años ciertos cultivares presentan infecciones de las mazorcas que pueden llegar a 80% o más. Estas estimaciones no incluyen las pérdidas debidas a infecciones de cherelles, cojines florales y hojas.

Aunque el hongo puede atacar diferentes partes del árbol de cacao (cojines florales, chupones, brotes, hojas, ramas, tronco y raíces), el principal daño lo sufren las mazorcas. En ellas, la infección aparece como manchas pardas, oscuras, aproximadamente circulares, que rápidamente se agrandan y extienden por toda la superficie y a través de la mazorca. Las almendras se infectan y resultan inservibles y en un plazo de 10 a 15 días la mazorca está totalmente podrida.

La precipitación, humedad relativa (o déficit de presión de vapor) y temperatura son los factores climáticos que inciden en la severidad de la enfermedad. La precipitación favorece la enfermedad ya que la presencia de humedad en los árboles de cacao es esencial para la reproducción del hongo y la infección. La incidencia de la enfermedad es más o menos proporcional a la precipitación y, dentro de ciertos límites, cuanto mayor sea la precipitación tanto mayor será la incidencia de la podredumbre negra, aunque la situación se complica también por las interacciones con la temperatura. La cantidad total de precipitación es menos importante que su frecuencia o duración. El número de días lluviosos y el número de horas de lluvia por día son importantes por cuanto determinan el tiempo que los árboles de cacao permanecen mojados. Una alta humedad relativa también favorece la enfermedad porque retarda la evaporación de humedad en la superficie del árbol producida por

* Ph. D., Jefe del Programa de Plantas Perennes, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

lluvia o rocío. La podredumbre negra también se ve favorecida por temperaturas bajas, ya que el hongo alcanza su máxima reproducción a 18 - 20°C. Por consiguiente, las condiciones ideales para la infección y diseminación de la podredumbre negra tienen lugar cuando el clima es fresco y lluvioso. Sin embargo, a temperaturas más altas (27 - 32°C), las lesiones de las mazorcas se desarrollan rápido y la pudrición se acelera.

La enfermedad puede ser combatida por la combinación de tres enfoques: control cultural, uso de fungicidas y uso de cultivares resistentes. Las prácticas culturales solas no combaten totalmente la enfermedad pero son importantes para reducir la cantidad de enfermedad presente en un cacaotal, de manera que otras medidas de combate sean más eficaces. La disminución de la cantidad de sombra en una plantación puede ser eficaz para mermar la incidencia de la podredumbre negra en algunas áreas. La reducción de la densidad de sombra mejora la ventilación entre los árboles de cacao y baja la humedad. En Brasil, la reducción del número de árboles de sombra a 30 - 35 árboles por hectárea redujo la incidencia de la enfermedad hasta en un 40% en algunas parcelas. La recolección frecuente puede disminuir las pérdidas al aprovecharse mazorcas parcialmente infectadas antes de que las almendras se enfermen. Lo ideal sería la recolección semanal. Se debe cosechar no solamente las mazorcas maduras y sanas, sino también las enfermas. Después de la cosecha es importante destruir las mazorcas negras ya que constituyen una fuente de infección para las mazorcas que todavía se encuentran en el árbol. Las cáscaras viejas y mazorcas negras deben ser enterradas, apiladas y quemadas o rociadas con un fungicida, o ser retiradas totalmente de la plantación.

Mal de Machete

Otra grave enfermedad del cacao es el "Mal de Machete" causada por el hongo *Ceratocystis fimbriata*. Como esta enfermedad destruye árboles enteros, las pérdidas pueden ser muy altas. Por ejemplo, en La Lola nueve cultivares muy susceptibles sufrieron una mortalidad del 57 al 73% durante los 12 años comprendidos entre 1960 y 1971.

El hongo siempre infecta al cacao por medio de lesiones en los troncos y ramas principales y puede matar a un árbol rápidamente. Los primeros síntomas visibles son marchitez y amarillamiento de las hojas, momento en que el árbol en realidad ya está muerto. En un plazo de dos a cuatro semanas la copa entera muere, permaneciendo las hojas muertas adheridas al árbol.

Las lesiones por medio de las cuales penetra el hongo pueden ser causadas en forma natural, tales como las que producen ramas de árboles de sombra al caer; también pueden ser hechas por el hombre con instrumentos cortantes como machetes al podar, cosechar y deshierbar.

En Costa Rica la enfermedad casi siempre está asociada con ataque de *Xyleborus* spp. Estos insectos perforadores de corteza no causan la enfermedad, pues no transmiten el hongo activamente, pero sí ayudan a diseminarlo. Cuando estos insectos penetran la corteza de los árboles enfermos, las esporas de *C. fimbriata* se desarrollan en el aserrín producido por los insectos

en las galerías. Como este aserrín, llevando las esporas, es forzado afuera de las galerías y dispersado por el viento, las esporas llevadas por el aire se encuentran en disponibilidad de infectar otros árboles a través de heridas. Los escarabajos *Xyleborus* muestran una preferencia definida a atacar los árboles de cacao ya infectados por *C. fimbriata*; por ende, frecuentemente se observa una asociación estrecha entre estos insectos y la enfermedad.

El "Mal de Machete" se disemina con facilidad por medio de herramientas contaminadas, durante la poda y la recolección, de manera que cuando se realizan estas operaciones en zonas donde existe la enfermedad, todas las herramientas deben desinfectarse después de ser usadas en cada árbol. Esto se logra fácilmente limpiando las herramientas con una solución de formalina al 10%. Es también importante evitar daño innecesario a los árboles durante las labores de limpieza, poda y remoción de chupónes. Las ramas infectadas o los árboles enteros, muertos por la enfermedad, deben retirarse y quemarse.

Las Bubas

Las bubas, que consisten en abultamiento y crecimiento anormal de los cojines florales, posiblemente ocasionan pérdidas significativas de cacao en Costa Rica. Aunque se han identificado cinco tipos diferentes de bubas, solamente dos son de importancia: la buba de puntos verdes, causada por el hongo *Calonectria (Fusarium) rigidiuscula* y la buba floral cuya causa se desconoce.

Las pérdidas ocasionadas por las bubas son difíciles de evaluar, aunque pueden ser extensas debido a que en los cojines florales atacados por la enfermedad no se forman mazorcas. Las bubas pueden ser responsables de la lenta pero persistente declinación en producción de mazorcas experimentada en muchas regiones.

La única forma de control conocida es por medio del uso de cultivares resistentes. Por lo menos tres cultivares con alta resistencia a la buba de puntos verdes e inmunes a la buba floral se conocen: UF-29, UF-242 y UF-273.

Pudrición Acuosa Causada por *Monilia rozeri*

La primera noticia, aunque incierta, que se tiene de la enfermedad data del año 1895 en la hacienda Maravilla, Provincia de los Ríos, Ecuador, en donde el dueño, Sr. González describe en su diario que en su plantación cosecharon mazorcas con el mismo síntoma de *Monilia* y que la enfermedad pronto desapareció y no causó mucho estrago. Solamente años más tarde esta enfermedad, junto con la "Escoba de Bruja" decrecieron totalmente la producción al punto de que plantaciones que en 1916 tenían altos rendimientos, en 1918 fueron reducidas a un 30% y para 1920, las plantaciones fueron reemplazadas con banana porque no había suficiente producción.

La enfermedad, conocida con los nombres de *Monilia*, Pudrición Acuosa, Helada, Mancha Ceniza o Enfermedad de Quevedo, es causada por el hongo

Monilia royeri Cif. y Par. Se cree que esta enfermedad se originó en Ecuador y que de ahí pasó a Colombia, Perú y a algunos lugares de Venezuela. En Panamá se le ha encontrado recientemente al sur del Canal. El primero en informar de la enfermedad fue Rorer en 1915. Por lo tanto, en un período poco mayor de 40 años se área de ocurrencia ha crecido considerablemente y es probable que en el futuro se extienda a nuevas áreas.

En diciembre de 1978 llegó al CATIE una mazorca infectada con síntomas y signos similares a la Moniliasis. Inmediatamente se efectuaron aislamientos en el laboratorio y se visitó la finca de donde provenía la mazorca enferma, encontrándose muchas más con los mismos signos de miceliación y esporulación característicos de la Moniliasis.

Para eliminar posibles dudas se solicitó ayuda al INIAP, Ecuador, donde se ha realizado la mayoría de las investigaciones relacionadas con esta enfermedad. Un examen visual y macroscópico de los cultivos efectuados por los técnicos del CATIE y de INIAP, así como síntomas y especialmente signos en las mazorcas halladas en visitas al campo, permitieron determinar que se trata de la misma enfermedad. Sin embargo, se enviaron cultivos del hongo a organismos especializados para su identificación específica. El área afectada conocida hasta ahora parece estar restringida a un triángulo que une la desembocadura del Río La Estrella, la población de Cahuita y el puente de entrada a la población de Pandora, a 9°45' latitud norte y 83° de longitud oeste, en la región atlántica de Costa Rica.

Importancia Económica: La enfermedad ataca solamente los frutos del cacao. Sin embargo, su ataque es a menudo tan severo que se considera que la enfermedad constituye uno de los factores limitantes de mayor importancia en la producción de cacao. De Ecuador y Colombia se ha informado de pérdidas que van desde el 16 hasta el 80% y más. Su efecto dañino en la producción es por lo tanto comparable al de la Mazorca Negra.

La severidad en el ataque de la Monilia varía de lugar a lugar y de año a año de acuerdo con las condiciones del clima. El hecho de que en Ecuador la Monilia sea una de las enfermedades más severas del cacao, mientras que la Phytophthora es relativamente de poca importancia, sugiere que las condiciones de clima que favorecen a una y a otra son diferentes. Apparently las temperaturas altas favorecen más la diseminación de la Monilia.

Síntomas: La evidencia indica que la infección de Monilia ocurre principalmente en las primeras etapas del crecimiento de las mazorcas y que éstas se vuelven progresivamente más resistentes conforme avanza su desarrollo.

Cuando logra entrar en las etapas iniciales del crecimiento, el hongo parece capaz de invadir el interior de la mazorca mientras ésta continúa su crecimiento sin que en su exterior aparezca ningún síntoma de la enfermedad. A menudo hay mazorcas con esas infecciones ocultas que casi alcanzan su desarrollo completo, dando la impresión de estar sanas, pero repentinamente

aparecen en su superficie las manchas características de la enfermedad. La primera señal de infección oculta es la aparición de puntos o pequeñas manchas de un color que sugiere una maduración prematura en mazorcas que aún no han alcanzado su desarrollo completo, como por ejemplo manchas amarillas en mazorcas verdes y manchas anaranjadas en mazorcas rojas. A menudo las mazorcas con infecciones ocultas presentan tumefacciones similares a las producidas algunas veces por la Escoba de Bruja. Cuando tales mazorcas se abren se encuentran más o menos podridas en su interior y parecen más pesadas que las mazorcas sanas de igual tamaño. Con el tiempo aparece en la superficie de la mazorca una mancha parda rodeada por una zona de transición de color amarillento. Tal mancha puede crecer hasta llegar a cubrir una parte considerable, y hasta la totalidad de la superficie de la mazorca. Bajo condiciones húmedas crece sobre la superficie de la mancha una especie de felpa dura y blanca de micelios de *Monilia*, pudiendo llegar a cubrir la totalidad de la mancha, y sobre la cual el hongo produce gran cantidad de esporas que dan a la masa micélica un color crema o café claro. Las esporas se desprenden y diseminan fácilmente con el viento o al mover la mazorca. También son transportadas por los insectos. Las semillas se destruyen dentro de la mazorca infestada, produciéndose una podredumbre que se caracteriza por la acumulación de una apreciable cantidad de líquido en el interior de las mazorcas.

La enfermedad no ha sido reportada fuera del área que se describió antes. No se han encontrado huéspedes alternos. Tampoco se conoce que el organismo ataque otros órganos dentro de la planta de cacao; sin embargo, poco se conoce de los lugares donde pueden sobrevivir las esporas por períodos más o menos largos y que pueden ser causantes de un nuevo brote de la enfermedad.

Ciclo de Vida del Patógeno. El patógeno permanece en el estado de conidia en las mazorcas infestadas entre las estaciones del año. Las esporas son diseminadas por el viento, los insectos o el agua de lluvia. No se conoce muy bien el papel que juega cada uno de éstos factores. De muchos trabajos efectuados en Colombia, varios autores afirman que algunos insectos juegan un papel muy importante, tanto en la diseminación de la enfermedad como en la contaminación o inoculación de las mazorcas. En Ecuador y otros países afectados se cree que el viento es el principal agente de diseminación del organismo.

La mejor temperatura para la germinación de las esporas es a los 22°C, temperatura a la cual se desarrolla más rápido que a 35°C. La spora germina sobre la mazorca y penetra vía intercelular directamente a través de la epidermis, a cualquier edad de la mazorca. El hongo, después de la penetración, invade el tejido de la corteza de la mazorca, intercelularmente mediante esporas producidas por conidióforos ramificados, posteriormente el patógeno se torna intracelular, momento en el cual comienzan a asomar los síntomas de la enfermedad en forma de marchitez, necrosamientos y deformaciones en mazorcas tiernas, o como hidrosis, madurez irregular y prematura en mazorcas más desarrolladas, las cuales terminan con tejidos macerados y podridos. Finalmente, a través de los estomas asoma micelio, que produce abundante cantidad de esporas a partir de conidióforos simples.

El estado sexual del organismo no ha sido encontrado en el campo o producido *in vitro*, sólo se lo conoce al estado de conidia, que es como infecta las mazorcas de cacao.

Muerte Regresiva

La enfermedad conocida como muerte regresiva o "die-back" puede causar algunos problemas en Costa Rica. La condición es ocasionada por una compleja interacción entre sombra inadecuada, baja fertilidad del suelo y malos drenajes y ataques de cápsidos de *Monalonium*, trips y los hongos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Botryodiplodia theobromae* y *Calonectria rigidiuscula*. Siempre que el árbol de cacao se debilita debido a un ambiente desfavorable, se expone al ataque de estos insectos u hongos. En Costa Rica, cuando el cacao se debilita por razones de ambiente desfavorable, los síntomas de muerte regresiva a menudo son asociados con ataques severos de *Monalonium braconoides*. Cuando la situación es grave, los árboles pueden verse severamente defoliados.

El combate de este problema radica básicamente en buenas prácticas de manejo, por medio del mantenimiento de sombra adecuada, fertilización del suelo y drenajes.

Enfermedades Menores

La enfermedad conocida como "Mal de Cuatro Años", causada por los hongos *Rosellinia pepo* y *R. brunodes*, ocasiona pérdidas considerables en cacao en otros países pero no es muy común en Centro América. El combate se ejerce por medio de la erradicación y destrucción de los árboles infectados y sus raíces, mediante aplicaciones al suelo en el sitio infectado de fungicidas como PCNB y, cuando sea necesario, por mejoramiento de drenajes y aplicación de cal.

La Antrachosis, ocasionada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* rara vez causa mucho daño en Costa Rica. Cuando es grave, la enfermedad puede ocasionar la total caída de las hojas jóvenes. Se combate por medio de la remoción de brotes infectados y aspersion con los fungicidas usados contra la podredumbre negra. Este hongo también puede dañar plántulas y estacas en los viveros.

La koleroga o "Mal de Hilachas", causada por el hongo *Pellicularia koleroga*, y el mal rosado, cuya causa es el hongo *Corticium salmonicolor*, se presentan esporádicamente en el cacao de Costa Rica. El mayor daño que causan es la muerte de una rama individual. La enfermedad se combate por medio de la poda y destrucción de las ramas infectadas y la reducción de la humedad por medio de la disminución de sombra o mejoramiento del drenaje.

Dos tipos de pudrición de la mazorca de cacao son causados por los hongos *Botryodiplodia theobromae* (pudrición parda) y *Thielaviopsis paradoxa* (pudrición de la mazorca por *Thielaviopsis*) pero ninguno causa daños apreciables y rara vez justifican medidas de combate.

Afortunadamente, una enfermedad muy seria encontrada en otras partes de América, la "Escoba de Bruja" (*Crinipellis perniciososa*), aún no existe en Costa Rica o en el resto de la América Central y México. Por ahora la devastante enfermedad virosa "la hinchazón de los retoños" se restringe al Africa Occidental.

Combate de las Enfermedades de Cacao

Debido a la enorme cantidad de enfermedades que afectan al cacao, su variable distribución geográfica y la diferente patogenicidad de cada una de ellas, sería muy difícil describir en cada una detalles y recomendaciones precisas, por esta razón, se hará un resumen sistemático a través de ejemplos que se pueden generalizar.

Exclusión

La mayoría de las enfermedades de cacao están restringidas a zonas geográficas bastante bien delimitadas; por lo tanto, es de importancia vital que se excluya de un lugar la posibilidad de que otra enfermedad penetre en esa zona. Los métodos cuarentenarios deben tener una importancia muy relevante para cada área.

La enfermedad conocida como Moniliasis de la mazorca de cacao, estaba restringida a algunas áreas de la parte occidental de Sur América; lamentablemente en diciembre de 1978 fue descubierta afectando ya seriamente en algunas plantaciones en Cahuita, Costa Rica. Con la aparición de esta enfermedad aquí, están amenazados los otros países productores del área, pues la barrera natural que había con el Canal de Panamá ya no existe y como estas áreas tienen continuidad tanto para el norte como para el sur, va a ser muy difícil que se pueda evitar su expansión.

La enfermedad denominada Escoba de Bruja causada por el hongo *Crinipellis perniciosus* también está restringida a algunas áreas de América del Sur, los países de otras zonas productoras de cacao que no estén afectados por esta enfermedad deberían hacer un gran esfuerzo por mantenerse libres de ella. Al combinarse con otras enfermedades debilitan tanto al árbol, que éste se vuelve casi improductivo.

Lo mismo podemos decir de las enfermedades virosas que atacan los cacaotales de Africa; en esta región el problema causado por estos virus ha obligado a algunos finqueros a abandonar sus plantaciones.

Erradicación

Cuando una enfermedad hace su aparición en un área donde no ha existido antes, penetrando por cualquier medio, no analizable en esta ocasión, se hace necesario e indispensable pensar en una inmediata erradicación, es decir, la eliminación del patógeno del área por cualquier medio y a costa de cualquier sacrificio.

Los métodos de sanitación, es decir, eliminación física del organismo, junto con la ayuda de productos químicos esterilizantes y protectores, además de otros métodos de combatirlo, deben ser coordinados y cuidadosamente planeados, de tal suerte que resulta en la eliminación total y absoluta del patógeno. En algunas ocasiones la destrucción de una cosecha completa y de algunos árboles se hace necesaria y debe ser realizada a cualquier costo.

Protección

Cuando una enfermedad llega a establecerse en un lugar o ha estado establecida por mucho tiempo, entonces la protección del cultivo es lo más recomendado. Esta protección puede ser realizada por medio de químicos o acciones físicas como labores culturales que ayuden tanto a disminuir el inóculo como a no permitirle su propagación; en otras palabras, hacerle difícil la vida al patógeno.

Entre las prácticas culturales más recomendadas para el combate de las enfermedades de cacao está la poda, tanto del árbol como de la regulación de la sombra. Esta labor además de mejorar la plantación, cuando ha estado mal llevada puede mejorar el rendimiento al aumentar el trabajo fotosintético del árbol. La eliminación sistemática y periódica de las partes afectadas por las enfermedades es de los mejores métodos de no permitir el aumento del inóculo, en el ambiente.

La búsqueda de variedades que por medio de adaptaciones especiales escapan a la infección, como el adelanto o atraso de la cosecha, pueden ayudar a la solución de muchos problemas; si a esta característica se le complementa con un poco de protectantes químicos, el combate de la enfermedad puede ser eficiente.

Inmunización

No cabe duda de que la presencia de resistencia genética en las variedades seleccionadas es una de las mejores maneras de combatir las enfermedades de cacao. Tanto en Escoba de Bruja como en Mal de Machete se ha encontrado líneas resistentes o inmunes al ataque del patógeno. Para otras enfermedades, aunque no se ha trabajado mucho, el material hasta ahora seleccionado sólo alcanza niveles de modesta tolerancia. Un caso interesante es el de la podredumbre negra o *Phytophthora palmivora*, enfermedad en la cual, debido a la presencia de una serie de razas y biotipos, no es posible generalizar el uso de cultivares resistentes, o incorporarla a las descendencias híbridas, pues su resistencia o tolerancia deja de ser efectiva, dependiendo del lugar donde se prueba el material.

El caso de la resistencia a Escoba de Bruja, del clon 'SCA-6', desarrollado en Trinidad, de un material proveniente de semillas de Ecuador, es de singular importancia. De las pruebas realizadas se observó que estos árboles eran inmunes a la enfermedad y estudios genéticos posteriores en la descendencia indicaron que las proles de los cruces con este clon, todas

presentaron inmunidad. No se pudo usar el clon en plantaciones debido a que sus características comerciales no eran aceptables, por tener la semilla muy pequeña. Este material fue reintroducido al Ecuador, en varias ocasiones. Desde el año 1960 se descubrió que no era inmune a la Escoba de Bruja en Ecuador y que sus descendencias eran también atacadas por el hongo, aunque los árboles mostraban cierta tolerancia por varios años. Esto terminó con todo el programa de mejoramiento que había sido realizado en Ecuador por varios años. Este es un ejemplo de los muchos que se pueden encontrar en la literatura sobre algunos cultivos en diferentes zonas, donde la resistencia ha sido perdida por el árbol o el organismo ha evolucionado y puede atacar al hospedero, causando graves perjuicios.

Una revisión sobre materiales resistentes se está presentando en otra parte de este curso, dando mayor importancia a cinco de las principales enfermedades.

PLAGAS DEL CACAO

J. L. Saunders*
G. A. Enríquez**

Muchas de las plagas de cacao en América Central aparentemente no constituyen problemas económicos. En otros casos no hay suficiente información para conocer qué tan graves son. En general, los insectos y ácaros son más importantes cuando atacan plantas de vivero o que están recién sembradas en el campo. Un descuido en su combate durante estos períodos críticos puede ocasionar que lleguen a constituir un problema desastroso. Las mismas plagas, que normalmente causan daños insignificantes en plantaciones ya establecidas por unos años, a menudo son económicamente importantes durante los primeros meses. Entre estas plagas se incluye: ácaros, áridos, cortadores, gusanos defoliadores y barrenadores de tallitos.

El manejo de las plagas en las plantaciones que estén en producción, involucra consideraciones diferentes a los del período de establecimiento. Las plagas más dañinas que generalmente se encuentran en las plantaciones en producción son: Monilión, gusanos defoliadores, hormigas defoliadoras y thrips.

Existen también insectos que transmiten enfermedades; tal es el caso de los pequeños abejones (*Xyleborus*) que pueden transmitir o propagar la enfermedad llamada Mal de Machete. En Africa algunos de los chinches harinosos (*Pseudococcus*) o cochinillas, transmiten algunos tipos de virus que afortunadamente todavía no los hay en América Central. En algunos lugares se considera que los chinches pueden transmitir la monilia.

La siguiente lista de plagas, agrupadas de acuerdo al daño que causan representa los considerados como más importantes. La información presentada se basa en varias fuentes, que se enumeran al final. Cabe mencionar que la mayoría de estos trabajos no son recientes y es probable que existan errores, especialmente en la taxonomía. La necesidad de hacer revisiones y renovar la investigación que trate con plagas de cacao es eminente.

I. Los que comen hojas y retoños

A. Masticadores

1. Coleoptera

- a. Chrysomelidae: Los crisomélidos son pequeños escarabajos de varios géneros incluyendo *Diabrotica*, *Nodonata*, *Colaspis* y otros.

Son de muchos colores, a menudo brillantes o con patrones de manchas o rayas en la elitra. La mayoría son plagas nocturnas de las hojas tiernas, haciendo unos pequeños huecos. También pueden causar daño en las frutas

* Ph. D., Entomólogo, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

**Ph. D., Jefe del Programa de Plantas Perennes, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

formando lesiones superficiales, que en todo caso pueden ser puertas de entrada a enfermedades, pero por sí mismos no causan pérdidas de mazorcas.

b. Curculionidae: Los picudos son fácilmente identificados por tener sus mandíbulas pequeñas al final de un "pico" alargado de la cabeza. Los adultos comen los bordes de las hojas tiernas, a las cuales generalmente causan pocos daños; también se comen la superficie de los frutos y algunos se comen el pecíolo, lo cual puede ocasionar la muerte y caída de la hoja. Por lo general no se sabe dónde viven ni qué comen las larvas.

c. Scarabaeiada: Los abejones son escarabajos, usualmente de color café, de tamaño mediano a grande. Los adultos de los géneros más comunes *Phyllophaga* y *Anomala*, son plagas nocturnas y causan pocos daños. Las larvas serán discutidas más en detalle, posteriormente bajo la categoría de plagas de las raíces.

2. Lepidoptera

a. Phaloniidae: Las larvas de *Catephoides zuelana* se encuentran entre las orugas más comunes del cacao y causan algunos daños. El color varía con la edad de la larva y la ecología, pero siempre son con patrones de rayas alternas negras, amarillas, anaranjadas y blancas. Las larvas se alimentan de hojas tiernas por unos 20 días y llegan a un largo de 3 cm, después empupan en el suelo. Aparecen por épocas, siendo más abundantes durante las épocas de grandes emisiones de hojas nuevas. Las pequeñas hacen huecos y las grandes devoran toda la hoja.

b. Noctuidae: Las orugas defoliadoras y cortadoras de esta familia son principalmente plagas pequeñas en el vivero o recién trasplantadas. Varias especies de los géneros *Agrotis* y *Spodoptera* se esconden en el suelo y causan daños severos antes de que se sospeche que existen en el área. Usualmente son nocturnos y muy esporádicas.

b. Pyralidae: Las larvas de los enrolladores de hojas son de color verde a rojizo claro y de forma alargada. Se identifican fácilmente en el campo por su tendencia a enrollar las hojas, a veces pegando unas hojas con otras, formando un refugio desde el cual se alimentan de las mismas hojas. Una de las más comunes es *Bacchoropsis paraxalis*.

d. Stenomidae: Las larvas son esqueletinizadoras de hojas, generalmente maduras o viejas, pegan las hojas una con la otra. Fabrican galerías y viven en colonias. Comen toda la hoja menos las venas.

Existen muchas otras especies de lepidoptera que devoran el follaje de cacao, pero, a pesar del gran número de ellas, es raro que alcancen niveles económicamente dañinos, excepto en el caso de almácigos o de plantaciones jóvenes.

3. Hymenoptera

a. Formicidae: Las hormigas que se alimentan, o que están asociadas con el cacao en otras formas, son extremadamente numerosas. Las que son más conocidas por sus daños directos son las hormigas cortahojas, principalmente en el género *Atta*. Son polífagas y aparecen de pronto, a veces destruyendo un área considerable de follaje. Ciertamente no comen las hojas, sino que las amontonan en sus nidos, para cultivar hongos que son el verdadero alimento de estas hormigas. También cortan las flores y mazorcas muy pequeñas y se las llevan al nido.

La mayoría de las otras especies de hormigas asociadas con el cacao, viven en simbiosis con varios Homópteros o son depredadoras.

b. Apidae: Varias abejas pequeñas, usualmente negras o café oscuras, cortan pedazos pequeños de los bordes de las hojas pero no llegan a causar daños económicos. Algunos pertenecen al género *Trigona*.

B. Chupadores

1. Homóptera

a. Aphidae: El áfido más común que afecta el cacao es la especie *Toxoptera aurantii*; vive principalmente en la cara inferior de las hojas tiernas, pero a veces también infesta las flores y frutas tiernas. Causa enroscamiento de las hojas y, a menudo, suspende el desarrollo de las hojas y flores. Produce sustancias azucaradas (excrementos) que sirven de alimento para varias especies de hormigas que viven de manera simbiótica con los áfidos. Este áfido también ataca cítricos, café y otros hospederos.

b. Cicadellidae: Muchas especies de chicharritas, saltahojas (tales como las de los géneros *Polana*, *Gypona*, *Tettigella*, *Agallia*, *Colpoptera* y otros) abundan en el cacao. La mayoría se encuentra en las hojas tiernas, especialmente de los chupones, algunos también afectan flores y frutas pequeñas. Son delgadas y puntiagudas hacia atrás con un tamaño promedio de 0,6 cm, pero variable, dependiendo de la especie. Los colores son variados, verde, rojo, azul, amarillo, café, etc. de varios tonos y están dispuestos en patrones de rayas, manchas y bandas. Son muy activos y usualmente saltan cuando son perturbados. Su importancia en las plantaciones de cacao es poco entendida, pero aparentemente de importancia económica mínima.

c. Pseudococcidae: Varias especies de cochinillas atacan el envés de las hojas tiernas y pecíolos. Otras, como el *Pseudococcus* ataca la fruta. La especie *Pseudococcus citri* es cosmopolita y entre las más comunes en el cacao. Son de forma oval, de 2,5 a 5 mm de largo, según las especies. Están recubiertas de un polvo harinoso blancuzco, llevan alrededor del cuerpo una franja de filamentos éreos. En colonias grandes pueden debilitar la planta por extracción de savia, pero su amenaza principal es su capacidad para transmitir enfermedades virosas del cacao, las cuales afortunadamente todavía no hay en América Central.

d. Membracidae: Los membrácidos o "periquitos de los árboles" que atacan el cacao, pertenecen a numerosos géneros tales como: *Horiola*,

Bolbonota, *Amastris*, *Vestistilus*, *Spongophorus* y *Boethoos*. La mayoría son grotescos, de formas raras y variables con el protórax alargado, inflado y prolongado en formas inverosímiles. Aunque los adultos de unas especies (p. e. *Amastris obtegens*) atacan las frutas, la mayoría afecta las hojas tiernas o cojines florales, debilitando estas partes de la planta. Hay muchas especies de periquitos sin identificar. Son atendidos por hormigas de varios géneros tales como *Ectatoma*, *Monacis*, *Crematogaster* y otros.

La hembra de la especie *Horiola aruata* pone los huevos en las hojas y sus ninfas se sitúan en el envés de las hojas y en los cojines florales. Las ninfas y adultos son de color café oscuro con franjas blancas. Son más comunes en la zona atlántica de Costa Rica en mayo y la población baja en noviembre.

Las ninfas de la especie *Bolbonata insignis* son blancas con los espiráculos negros, cambiando a negro en el estado adulto. Se colocan sobre la nervadura central al envés de hojas tiernas.

2. Thysanoptera

a. Thripidae: El thrips de banda roja *Selenothrips rubrocinctus*, es casi cosmopolita y su ataque al cacao parece estar ligado a años de fuerte sequía; pero hay reportes contradictorios en algunos lugares. El adulto es negro y las ninfas son amarillento pálido y poseen una banda roja que rodea la base del abdomen. Los huevos los pone debajo de la cutícula de las mazorcas y del envés de las hojas. Los insectos inmaduros gregarios y las numerosas picaduras que forman manchas necróticas, pueden llegar a matar las hojas y causar defoliación severa, especialmente en el caso de plantaciones mal sombreadas. Debido a la forma de alimentación en las mazorcas, hay la formación de manchas irregulares, de color pardo grisáceo que dificultan la estimación de su estado de madurez.

El thrips *Frankliniella* sp. también ataca el envés de las hojas tiernas y causa enroscamientos parecidos a los causados por los áfidos. La descripción de este insecto se incluye en la parte dedicada a flores.

3. Acarina

Tetranychidae: Las arañas rojas o arañuelas ciertamente son arácnidos y no insectos, pero se incluye aquí por lo parecido en el daño causado. Son diminutos, de color café a rojizo, y se localizan en el envés de la hoja, donde su alimentación causa manchas amarillas o café. Atacan los brotes, especialmente en el vivero y producen atrofia, malformación y defoliación de los brotes terminales, lo cual puede terminar como una muerte regresiva.

II. Los que comen flores y frutos sanos

A. Masticadores

1. Hymenoptera

a. Formicidae: Las hormigas deshojadoras fueron discutidas anteriormente bajo los masticadores de follaje, también cortan y acarrear las flores y botones florales.

2. Coleopteros

a. Chrysomelidae: Discutidos anteriormente bajo los masticadores de follaje.

b. Curculionidae: Discutidos anteriormente bajo los masticadores de follaje.

3. Lepidoptera

a. Gracillariidae: Las larvas de *Marmara* spp. son minadoras en la epidermis de los frutos. El daño generalmente es benigno. La hembra, una microlepidoptera, pone sus huevos en la corteza de los frutos inmaduros.

B. Chupadores

1. Hemiptera

a. Miridae: Varias especies de chinches (Míridos = cápsidos) del género *Monalonion*, constituyen plagas de importancia primaria en América Central. Son ágiles, de apariencia delicada y unos 10 mm de longitud cuando adultos. Generalmente, la cabeza, alas y a veces las patas son oscuras, con el tórax y abdomen de varios tonos de rojo a amarillo mezclados con negro. La especie *M. braconioides* parece ser la más común en Costa Rica.

Las ninfas y adultos prefieren las mazorcas tiernas o maduras, pero también afectan las ramas tiernas causando muchos daños. Cuando se alimentan inyectan saliva tóxica que causa la formación de ampollitas alrededor del punto de succión, que después se transforman en unas lesiones necróticas. Si el ataque es intenso, las ramitas se secan y las hojas se caen resultando en la condición conocida con el nombre de "muerte descendiente". Pueden provocar el marchitamiento de mazorcas pequeñas, o la deformación de las mazorcas que alcanzan la madurez. El ataque a frutas grandes, por lo general, parece no afectar el rendimiento.

La población aparentemente fluctúa durante períodos de varios años y los brotes locales son afectados por el clima y la sombra. Bajo buenas condiciones de sombra hay menos peligro de ataques fuertes.

b. Pentatomidae: Los chinches apestosos tienen cuerpos en forma de escudo, son planos, anchos y de muchos colores. Uno de los más comunes en

Costa Rica es el *Mecistorhinus* sp., que ataca la base de los frutos. Existe el peligro que puedan transmitir esporas de *Monilia* de una planta enferma e introducirlas en tejidos sanos de otra. Las hembras son de color café y los machos negros; tienen un tamaño promedio de 12 mm. La hembra pone los huevos en las hojas o frutas, ordenados en filas y los protege hasta la salida de las ninfas. A veces también se alimentan de los retoños y hojas tiernas.

2. Homoptera.

a. Membracidae: Aunque los periquitos fueron discutidos en la sección correspondiente a los chupadores de hojas, cabe mencionar que muchos atacan ocasionalmente, especialmente en la forma adulta, a los frutos. Una especie que se encuentra con mayor frecuencia en las frutas es la *Amastrius obtegens*, de color verde en forma adulta y con el pronoto grandemente desarrollado hasta tapar el abdomen.

b. Cercopidae: El salivazo, *Clastopera globosa* es tan prevalente que casi todas las plantas de cacao sufren ataques. Las ninfas, de color blanco con pronoto café, se alimentan de los jugos de las plantas en la zona en que nace la flor. En casos de ataque intenso, las bases de casi todas las flores en una rama tienen las formaciones espumosas o salivazo, lo cual protege la ninfa que se encuentra en sus bases. Las flores atacadas se secan y caen.

c. Aphidae: El *Aphis gossypii*, una especie cosmopolita, ataca principalmente a los pedúnculos de las flores, lo cual puede causar el aborto de estos órganos.

3. Thysanoptera

a. Thripidae: Trips del género *Frankliniella* se alimentan de las partes florales. Son muy pequeños, 0,75 mm de largo por 0,125 mm de ancho, de color negro y muy activos. Su importancia como plaga o de posible agente de polinización es poco entendido. A veces dañan las hojas como se discutió anteriormente.

III. Los que comen troncos y ramas

A. Masticadores

1. Coleoptera

a. Cerambycidae: La mayoría del gran número de cerambycidos, o cornilargos, que ocurren en el cacao, son secundarios, atacando ramas o troncos enfermos o muertos. Los adultos, largos y cilíndricos, son coloreados, rayados, o manchados. Las antenas frecuentemente miden varias veces la longitud del cuerpo. Las larvas, blancas y redondas, barrenan en

la madera sólida.

El ataque de una especie puede matar a las plantas jóvenes, usualmente menores de un año de edad, pero también puede atacar tallitos de plantas maduras. La hembra raspa la corteza tierna de la parte terminal en forma helicoidal y ahí ponen los huevos. La larva penetra y barrena en el tallito matándolo.

b. Scolytidae: Los escolitidos o abejones de ambrosía, son muy pequeños, cilíndricos, con antenas cortas. Son de colores café, rojizo y negro. Hay varias docenas de especies que atacan al cacao, pero la mayoría son secundarias, atacando plantas enfermas o muertas. La especie *Xyleborus ferrugineus* ataca la base del tronco de árboles sanos y puede servir de agente transmisor de *Ceratocystis fimbriata*. Las hembras hacen túneles ramificados por todas partes del tronco y ahí ponen sus huevos. Las larvas comen hongos, "ambrosía", que crecen en los túneles. Estos insectos abundan todo el año y pueden tener un ciclo de vida en un mes.

Una especie de escolitido diminuto frecuentemente ataca y mata las plantas jóvenes, especialmente en el vivero. La hembra oviposita en los tallitos, después de haber hecho sus galerías de cría, entonces se seca la parte apical del tallito de las plantas muy grandes, o toda la planta si es pequeña.

2. Isoptera

a. Termitidae: Las termitas destruyen la corteza de los árboles de cacao y sombra. Sus nidos, usualmente encontrados en las horquetas, alcanzan un diámetro de hasta 50 cm. Los túneles se extienden por todas partes del árbol. Son muy frecuentes en el cacaotal y pueden ser muy perjudiciales.

IV. Los que comen raíces

A. Masticadores

1. Coleoptera

a. Scarabacidae: Las larvas del abejón de mayo, llamado también gallina ciega o joboto, en algunos lugares pueden ser problema económico, especialmente cuando se hace un vivero en el suelo y este lugar fue previamente cultivado con gramíneas. Las larvas son voraces y pueden destruir el sistema radicular de las plantas jóvenes. También atacan los árboles grandes, pero en éstos se conoce poco de la severidad de consecuencias del daño. Los más comunes son de los géneros *Phyllophaga* y *Anomala*.

Combate de las Plagas

El combate de los insectos estrictamente se debe hacer en el semillero y en el vivero, pues en estos lugares tienen poca importancia los insectos beneficiosos y como el área de aplicación es restringida, no afecta las zonas de producción. Las plantitas deben salir al campo libres de insectos o daños ocasionados por ellos. Para combatir las plagas en el vivero es recomendable establecer un programa preventivo de sanidad. Quizás lo más práctico es hacer tratamientos semanales, o si no hay problemas severos, pueden distanciarse los tratamientos a dos o tres semanas. Los problemas con defoliadores, escolitides, áfidos y trips se pueden combatir aplicando químicos de amplio espectro, tales como methomyl (Lannate), endosulfan (Thiodan), oxydemeton-methyl (Metasystox-R), malathion u otros productos. Se debe tomar la precaución de alternar productos de vez en cuando, para no favorecer el aumento de una plaga, menos susceptible a uno de los productos y para bajar la posibilidad de crear resistencia. Si aparecen problemas con arañitas, es recomendable incluir un acaricida como dicofol (Kelthane), tetradifon (Tedion) u otro producto específico para Tetranychidae.

Igual, si aparecen problemas graves de cortadores y otras plagas en el suelo, hay que aplicar insecticida al suelo alrededor de las plantas. Los productos utilizados para combatir cortadores son: aldrin, phoxim, (Volaton), carbofuran (Furadan), methomyl (Lannate) y otros insecticidas usados para combatir este tipo de plagas.

Las mismas plagas pueden atacar plantas jóvenes en el campo y a veces es necesario combatirlas, especialmente durante las primeras etapas de establecimiento. Los mismos productos y métodos anteriormente descritos pueden ser utilizados.

Normalmente en las plantaciones en producción no es recomendable aplicar insecticidas. Todavía falta el suficiente entendimiento de los factores biológicos y ecológicos, sobre los cuales se base un buen programa de manejo de plagas. Aún así, hay casos, especialmente en las plagas que dependen del clima, en los cuales sí amerita el combate con sustancias químicas, como por ejemplo algunas especies de *Monolonion*, trips (*Selenothrips rubrocinctus*) y ocasionalmente otros. Los productos BHC, malathion, lindano y Metasystox-R han sido tradicionalmente utilizados para combatir estos insectos. Existen otros productos que podrían efectuar un combate adecuado.

LITERATURA CONSULTADA

1. DRESNER, E. El control de insectos en cacao. *Cacaotero (Costa Rica)* 2(3):3-5. 1959.
2. KNOKE, J. K. Insectos que atacan al cacao en América y su combate. *Cacao (Costa Rica)* 10(2):1-8. 1965.
3. LARA EDUARTE, F. Estudio preliminar sobre la entomología económica del cacao en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 1957. 172 p.
4. LESTON, D. Entomology of the cocoa farm. *Annual Review of Entomology* 15:273-294. 1970.
5. MATARRITA, A. y VARGAS P, O. Estudio de la relación entre la densidad de las poblaciones de varias especies de insectos del cacao y la época del año en que aparecen en la zona atlántica durante los años 1960-1962. *Cacaotero (Costa Rica)* 4(3):7-9. 1961; (4):10-13; (5):10-13. 1962.
6. SAUNDERS, J. L. Scolytidae and Platypodidae associated with *Ceratocystis* wild of *Theobroma cacao* L. in Costa Rica. Ph. D. Thesis. Wisconsin, University, 1963. 67 p.
7. _____ . El complejo *Xyleborus Ceratocystis* de cacao. *Cacao (Costa Rica)* 10(2):8-14. 1965.
8. SEPULVEDA LOZANO, R. Biología del *Mecistorhinus tripterus* F. (Hom. Pentatomidae) y su posible influencia en la transmisión de la moniliasis del cacao. *Cacao en Colombia* 4:15-42. 1955.
9. SORIA V., J. y SAUNDERS, J. L. Observations of resistance to insects by some cacao varieties. *Cacao (Costa Rica)* 11(1):1-3. 1966.
10. TORRES STEVENS, D. Investigación de los efectos de un insecto sobre el marchitamiento de los frutos jóvenes del cacao, y estudio del ciclo biológico del mismo. Tesis Esp. en Cacao. Turrialba, Costa Rica IICA, 1950. 42 p.
11. WEBER, N. Costa Rican cacao insects. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Comunicaciones de Turrialba No. 58. 1957. 28 p.
12. WILLIAMS, C. B. A frogopper damaging cacao in Panama. *Bulletin of Entomological Research* 13(3):271-274. 1923.

ALGUNOS ASPECTOS AGRONOMICOS DEL CULTIVO
DEL BANANO Y DEL PLATANO

Ramiro Jaramillo C.*

Introducción

Se cree que los bananos cultivados se originaron en el sureste de Asia, India, Indochina, Malasia y Filipinas. Parece que la dispersión se efectuó a través de Malasia hacia el área del Pacífico occidental; la subsecuente distribución en las Islas del Pacífico tuvo lugar como resultado de las migraciones de los polinesios. Se ha especulado de cómo el banano llegó al Africa; se cree que fueron los indonesios, quienes colonizaron Madagascar. Del Africa oriental, el banano se dispersó a través del continente hasta la costa oeste; los portugueses llevaron la planta hacia las islas Canarias en el siglo quince y después lo llevaron al nuevo mundo. Existe la posibilidad de que el banano fuera conocido en América en tiempos precolombinos, pero no se ha encontrado suficiente evidencia para confirmar esto (27).

Producción mundial

El banano es la más importante de las frutas tropicales; se sabe que, en la producción mundial de frutas, el banano ocupa un segundo lugar después de las uvas. Las exportaciones de banano, que a finales de la Segunda Guerra Mundial llegaban a 200.000 toneladas, sobrepasó, en 1978 los 7.3 millones de toneladas.

Aunque la información presentada por Tai (27) no podría considerarse como precisa, da una idea aproximada de la importancia del cultivo del banano; se supone que el área mundial cultivada alcanza a más de 4 millones de hectáreas de las cuales alrededor de un 40% corresponden a la zona tropical del continente americano; la producción total se estima en alrededor de los 50 millones de toneladas de las cuales cerca de un 60% corresponde a la zona tropical de Centro y Sur América y el Caribe; esta misma área contribuye con un 78% de las exportaciones de la fruta; es notorio que algunos de los mayores productores (Brasil por ejemplo), tienen exportaciones reducidas; además del volumen total de producción en la zona tropical del continente americano, sólo alrededor de una quinta parte se exporta, lo cual hace suponer un activo consumo interno.

Las estadísticas en cuanto al área cultivada y de producción del plátano, son difíciles de obtener debido a las diversas formas de cultivo (asociado con café y cacao principalmente, y en monocultivo en pequeñas parcelas); así Rincón (22), informa que el área sembrada en Colombia (en 1975) sobrepasaba las

* ASBANA, Departamento de Investigaciones Agrícolas.
Apartado 6504, San José, Costa Rica.

300.000 hectáreas, de las cuales un 30% se encontraba asociado con café y cacao.

Las exportaciones de plátano, hacia Norteamérica principalmente, se han incrementado durante el último decenio. Sin embargo, su importancia reside en su contribución a la nutrición humana en los países de Centroamérica, Suramérica y del Caribe.

Clasificación botánica

El banano y el plátano pertenecen al orden Escitamineas, familia Musáceas, género *Musa* (16).

Las Musáceas cultivadas pertenecen a dos secciones: *Eumusa* y *Australimusa*; la primera tiene 11 como número básico de cromosomas y pertenecen a esta sección la mayoría de los clones cultivados.

La *Australimusa* tiene 10 como número básico de cromosomas; pertenece a esta sección el abacá (*Musa textilis* NEE).

Las especies más importantes de la sección *Eumusa* son *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla, por cuanto han contribuido por diversos procesos genéticos, a la aparición de los plátanos y bananos cultivados.

Simmonds y Sheperd, citados por Simmonds (24) propusieron un método de indicar la contribución relativa de estas dos especies a la constitución de cualquier cultivar. Se escogieron quince características para establecer las diferencias entre *M. acuminata* y *M. balbisiana*, mostrando como sus contribuciones podrán ser identificadas; la ploidia fue tomada en consideración. Por medio de este procedimiento los bananos o plátanos comestibles se encontraban en seis grupos: dos diploides, AA y AB; tres triploides, AAA, AAB y ABB, y un tetraploide, ABBB. El grupo principal es el AAA, porque contiene los clones comerciales más difundidos, como Gros Michel y Cavendish; le siguen en importancia los triploides híbridos AAB y ABB; en el primero se distinguen dos tipos: los clones con racimos de frutos numerosos y de tamaño mediano (French plantain, Dominico, Maqueño) y en el segundo los de racimos formados por frutos grandes y escasos (Horn plantain, Curraré).

En el grupo ABB se conoce el clon denominado "cuadrado", "cachaco", "cuatro filos"; es fácilmente distinguible por sus manos espaciadas de frutos grandes angulares, colocados en forma abierta; también pertenece a este grupo el Pelipita, el cual es resistente a la enfermedad del Moko (*Pseudomonas solanacearum*).

De algún interés son los diploides AA, que es el único diploide comestible del tipo *acuminata*, el cual es conocido como banano dátil; el AB se le conoce como banano Rosa o Daly's finger. De la fórmula ABBB sólo hay un clon, denominado Tiparot, el cual es el único tetraploide natural conocido.

Mejoramiento genético del banano

Según Shepherd (23), en el mercado internacional sólo han habido dos tipos importantes de banano dulce y de éstos se descarta generalmente el Gros Michel por su susceptibilidad. Las perspectivas para el tipo Cavendish son también inquietantes en vista del aumento de sus enfermedades. Se requiere con urgencia una mayor diversificación en las variedades dulces para salvar el futuro de la industria bananera.

Entre los procedimientos disponibles para la selección, el más factible es la polinización de tipos triploides aceptados para producir tetraploides. Esto es imposible de hacer con el Cavendish, pero es posible con el Gros Michel, cuyo mutante semienano Highgate ha sido el prototipo actual en Jamaica. Junto con este procedimiento, la reproducción y selección de fuentes de polen diploide superior cobra vital importancia.

En la práctica los tetraploides con resistencia a determinada enfermedad o raza, pueden ser producidos con buena frecuencia. La escala necesaria para un proyecto efectivo de tetraploides estaría determinada por el número requerido de distintas resistencias, la baja frecuencia de tetraploides con buen potencial agronómico y por la baja frecuencia de tetraploides con sabor y comportamiento postcosecha adecuados.

Distribución geográfica

Los bananos son esencialmente plantas de los trópicos húmedos y no prosperan en áreas donde la temperatura es menor a 15°C, o donde la precipitación anual es menor de 2000 mm. Las condiciones adecuadas para la planta se presentan en la región que está entre los 30° N y 30° S del Ecuador; Israel en el hemisferio norte y Nueva Gales del Sur (Australia) en el hemisferio sur, son los límites de la producción comercial del banano. El genoma balbisiana está asociado con mayores condiciones de sequía y resistencia a enfermedades, que en el caso de *M. acuminata*. Los híbridos de constitución de AB, AAB y ABB están mejor adaptados a áreas con una marcada estación seca; estos muestran amplia variabilidad y son cultivados principalmente para consumo local. Los bananos AA y AAA se producen principalmente en áreas donde la precipitación está bien distribuida a lo largo del año, o donde el agua de irrigación se puede conseguir fácilmente; la mayor uniformidad de los tipos AAA, los hace utilizables para producción en gran escala (27).

Anteriormente el cultivar Gros Michel fue el más importante, pero su susceptibilidad a la enfermedad de Panamá, fue responsable de su reemplazo por las clases del subgrupo Cavendish, resistentes a la enfermedad de Panamá. Las selecciones entre este subgrupo se extendieron rápidamente a Centroamérica, Norte de Suramérica y el Caribe con el "Giant Cavendish".

El "Dwarf Cavendish" se ha esparcido a las regiones más frías de la zona bananera (Brasil, Israel, Islas Canarias, Somalia, Suráfrica, Australia).

Ecología

Las condiciones ideales para el crecimiento del banano son: una temperatura media de 25 - 27°C, una precipitación mensual de 180 - 200 mm, la mayor exposición solar (alta cantidad de horas-sol); además, que el área esté protegida de los vientos y tenga suelos profundos de alta fertilidad y con buen drenaje.

Sólo en algunos lugares se cumplen estas condiciones y la producción comercial se efectúa en áreas donde éstas varían ampliamente (27).

Temperatura

El crecimiento de las plantas de banano se reduce a temperaturas inferiores a 16°C; a tal temperatura la emergencia foliar se detiene completamente; si las bajas temperaturas se prolongan, las hojas desarrollan síntomas similares a aquéllos ocasionados por deficiencia hídrica, de tal manera pierden turgencia, se vuelven cloróticas y mueren prematuramente; el cultivar "Dwarf Cavendish" es más resistente a bajas temperaturas que los otros cultivares comerciales. La reducción en el crecimiento vegetativo ocasionado por el frío es acompañada por el alargamiento del período que se extiende desde la siembra a la emisión de la inflorescencia. En áreas con las mejores producciones (Centroamérica y Filipinas) el período de siembra a la cosecha puede alcanzarse en 10-12 meses, mientras en algunas zonas subtropicales (Suráfrica) este período puede extenderse hasta 18 meses (P. Martin).

En los trópicos, la variación en la temperatura debida a diferencias en altitud causa alargamiento en el período siembra-emisión de la inflorescencia; en Jamaica, Lumsden, citado por Tai (27) encontró que este período se incrementaba en aproximadamente un mes por cada 100 metros de elevación sobre el nivel del mar.

Otro de los efectos de las bajas temperaturas es la reducción de la separación de las vainas del seudotallo, de tal manera que la separación de las láminas foliares es casi ausente en la parte superior y la corona foliar toma la apariencia de una roseta (planta "arrepollada" como se la conoce en Costa Rica); el racimo no emerge apropiadamente y las manos aparecen deformadas.

Iluminación

No hay evidencia de respuesta al fotoperíodo en banano, pero la longitud del ciclo vegetativo se extiende a bajas intensidades de luz (19). A la sombra, los seudotallos crecen a mayor altura que a libre exposición; así cuando se ha asociado con cacao, los bananos requieren dos meses más para su cosecha que en el caso del banano en monocultivo (27).

La actividad fotosintética de las hojas de banano fue determinada por Brun (2); ésta se incrementa rápidamente a iluminaciones entre 2000 y 10000 lux y este incremento es lento entre 10000 y 30000 lux.

Uno de los daños comunes en las plantaciones de Centroamérica es la "quema de sol", ocasionada por la exposición de la fruta a la insolación, especialmente cuando ésta es acompañada por altas temperaturas y cuando se ha presentado defoliación severa ocasionada por enfermedades, insectos o mal manejo.

Vientos

A causa de sus largas hojas en forma de velas, la planta de banano es altamente susceptible al daño del viento; la lámina se parte en tiras aun con viento suave y es raro encontrar enteras las hojas de banano o de plátano. Un desgarramiento ligero de la lámina foliar no ocasiona mayores daños a la planta, pero la fragmentación severa causada por vientos de 20 a 30 kilómetros por hora, los cuales se presentan durante algunos meses en el Caribe y Centroamérica, puede reducir la cosecha. Los vientos con velocidades mayores a 40 kilómetros por hora causan, frecuentemente, rompimiento de losseudotallos y aun desraizamiento de las plantas; esto último depende del cultivar, la edad y el estado sanitario de las plantas (27).

Necesidades hídricas

El cultivar Cavendish, en buenas condiciones, tiene alrededor de 12 hojas funcionales, con una superficie media de alrededor de un metro cuadrado por hoja; a las densidades a las cuales se cultiva en Centroamérica, la superficie activa estaría alrededor de los 30000 metros cuadrados; estas cifras permiten comprender que sus necesidades de agua sean elevadas y constantes.

Según Morello, citado por Champion (4), el consumo diario es de 25 litros por planta si el día es soleado, 18 en días semicubiertos y 9.5 en días completamente nublados; así un bananal requerirá alrededor de 6 mm diarios en condiciones de insolación permanente. La resistencia del banano a la sequía es limitada; es así que el cierre de los estomas tiene lugar cuando el limbo padece deficiencia hídrica; esto provoca el repliegue de los semi-limbos hacia la parte inferior.

A causa de la sequedad, disminuye la actividad fotosintética, con las consecuencias a su vez de un retraso en la vegetación, una salida más lenta de las hojas y una disminución del crecimiento de los órganos foliares y florales (4). Por otra parte, largos períodos de alta precipitación causan saturación del suelo y si ésta persiste durante un día, el efecto es la muerte de las raíces y clorosis de las hojas; la alta humedad atmosférica conduce a una mayor dispersión de las enfermedades foliares (27).

Exigencias edafológicas

Los bananos y los plátanos crecen en una amplia variedad de suelos; la buena aireación es común en la mayoría de las áreas más productivas. El drenaje natural es frecuentemente complementado con la construcción de drenajes artificiales para remover el exceso de agua superficial; según Champion (4) las características físicas que ha de tener un suelo apto para el cultivo del banano son las siguientes: ausencia de elementos duros de grandes dimensiones, ausencias de capas impermeables, presencia de tabla de agua a más de 120 cm de profundidad, buena aireación y buena estructura; o sea, son los suelos que ofrecen a las raíces el máximo de posibilidades de penetración en profundidad y de disponer de mayores reservas de agua. La composición mineral de los suelos que se utilizan para el cultivo, no tienen igual importancia que las características físicas mencionadas.

Las necesidades nutricionales para el crecimiento satisfactorio de la planta se asegura mediante la adición de una adecuada fertilización. Con respecto al pH, se sabe que fuera del intervalo de 6.0 a 7.0, la absorción de algunos nutrimentos es afectada; en suelos ácidos se presenta deficiencia de fósforo en las plantas, mientras que en suelos básicos la nutrición potásica es limitada. Las cantidades de elementos "inmovilizados" por las plantas varían, según la densidad de sombra, el cultivar y los suelos en los cuales se desarrollan; las cantidades de elementos exportados o extraídos por tonelada de fruta exportada, se calcula en la siguiente forma (Martín):

Nitrógeno	1	a	2	Kg/ton.
Fósforo	0.18	a	0.22	Kg/ton.
Potasio	4.3	a	4.9	Kg/ton.
Calcio	0.09	a	0.28	Kg/ton.
Magnesio	0.11	a	0.32	Kg/ton.

Se demuestra la gran demanda por el potasio.

Debe tenerse en cuenta que la presencia de un mínimo de elementos minerales en los suelos (elementos mayores y micronutrientes) es una primera condición de fertilidad; pero además estas deben de hallarse en un equilibrio tal, que no aparezcan efectos de toxicidad en la planta. Para un cultivo tan exigente, el cual ocupa el suelo durante un tiempo bastante largo, los fenómenos de deficiencias y excesos relativos, así como los desequilibrios, son bastante comunes (4).

Aspectos fisiológicos y morfológicos sobre el crecimiento del banano y del plátano

Las principales características de la planta y del fruto del banano, han sido objeto de extensas revisiones por parte de especialistas que han enfocado el tema desde diferentes puntos de vista: morfológicos (3) y fisiológicos (24). Las variedades de banano estudiadas con mayor detalle fueron el "Gros Michel" y los clones del grupo "Cavendish".

El banano es una hierba perenne (monocotiledonea) de gran talla, cada uno de cuyos falsos troncos produce un racimo único y luego muere; éste es reemplazado por sus ramificaciones laterales (retoños), los cuales proceden de un rizoma (cormo); el crecimiento horizontal es mínimo y las yemas a través de las cuales se efectúa el crecimiento, tienden a estar ubicadas en las partes media y superior del cormo genitor. La yema en principio se desarrolla lateralmente, casi perpendicularmente a la superficie del cormo; luego en su extremo tiende a enderezarse (en el meristema se presenta una influencia geotrópica negativa) y las escamas foliares muestran un mayor desarrollo basal; cuando la yema alcanza 6 a 8 cm. la parte basal tiende a inflarse y el efecto posterior es un estrechamiento entre el cormo genitor y el renuevo. Las escamas foliares se convierten en triángulos de altura cada vez mayor y con características más parecidas a las de la vaina foliar.

El enderezamiento del retoño es rápido y su parte superior perfora la superficie del suelo y el crecimiento prosigue de la misma forma, es decir, con hojas reducidas a una faja triangular más larga, pero que va tomando la pigmentación clorofílica normal. Se designa esta fase como la del rebrote con hojas estrechas o lanceoladas.

El predominio apical de la planta "madre" inhibe el desarrollo de los limbos del rebrote ("hijos") durante un período que puede llegar hasta el de cosecha de la inflorescencia; esta dominancia parece ser el caso de los clones semigigantes; sin embargo, en las variedades enanas del grupo Cavendish esta inhibición no parece ser tan prolongada (30).

Cuando el rebrote ("hijo") es liberado de esta dominancia (por corte del genitor) aparecen las hojas de limbo de gran tamaño y la planta se vuelve independiente desde el punto de vista fotosintético. Las características del retoño en esta época permiten pronosticar, en cierta medida, el ritmo de su ulterior desarrollo.

Si un retoño muy joven produce pequeñas hojas cortas y anchas, se puede afirmar que hubo alguna interrupción entre el genitor y el rebrote; así una vez que cesa, precozmente, la inhibición, el rebrote deberá sobrevivir por sí solo; estos son los rebrotes ("hijos") de agua, los cuales carecen de valor agronómico, por cuanto vegetan muy lentamente (30).

El cormo y elseudotallo aumentan en tamaño hasta la emergencia de la inflorescencia; el cormo crece a partir de una región semejante a un tejido cambial, localizado por debajo del punto de crecimiento vegetativo.

La producción de hojas en el punto de crecimiento, cesa con su conversión a un ápice floral; el estímulo que produce este efecto no puede ser iniciado por factores ambientales como luz y temperatura.

Las características morfológicas externas no demuestran la presencia de la iniciación floral; así las hojas que permanecen dentro delseudotallo continúan emergiendo, pero a un ritmo reducido (Champion, citado por Turner (30).

El número de hojas se ha utilizado para relacionar la morfología externa con la fisiología reproductiva; algunos autores -Champion (3) y Barker y Steward citados por Turner (30) sugieren que un número de hojas, razonablemente constante, emerge antes de la iniciación floral; otros, Summerville y Barker citados por Turner (30) aseveran que el número de hojas no emitidas al momento de la iniciación floral, es más o menos constante.

La estimación del total de hojas emitidas varía de 23 a 50; algunas de estas variaciones pueden explicarse por factores climáticos nutricionales y genéticos; el número total de hojas emitidas es asimismo menor en la región tropical que en regiones subtropicales.

Al momento de la iniciación floral se presentan cambios importantes en el punto de crecimiento; el tallo principal comienza a alargarse; el crecimiento periférico de las bases de las nuevas hojas se torna menos pronunciado y se forman brácteas en vez de hojas (30). Al principio el alargamiento del tallo es lento pero se acelera después de la emergencia del racimo y luego disminuye; después continúa la diferenciación floral y se produce el fruto.

La inflorescencia del banano es una "espiga" compleja, en la cual los frutos están ordenados en hileras dobles llamadas "manos". Tan pronto como el racimo es emitido, es normalmente empujado hacia un "claro" del sistema foliar; responde a efectos geotrópicos, crece brevemente en forma horizontal y luego se mueve a un plano vertical; las variedades difieren en la respuesta al geotropismo.

La sección proximal de la inflorescencia lleva las flores femeninas distribuidas en las "manos" (6 a 14 en las variedades explotadas comúnmente); estas flores femeninas constituyen el racimo (frutos) de banano o plátano; estos frutos (llamados también "dedos") tienen ovarios inferiores triloculares, un estilo bien desarrollado, estigma y estambre sin polen viable.

En la parte inferior de la inflorescencia (ésta es hermafrodita), se presentan las flores masculinas, las cuales se caracterizan por un ovario corto, un androceo bien desarrollado y un gineceo pobremente desarrollado; se presentan pocas flores hermafroditas, pero se producen más flores masculinas que femeninas.

Después del enderezamiento, el racimo ha adquirido su conformación definitiva, lo cual sucede unas tres semanas después que la inflorescencia haya salido de la parte superior delseudotallo.

Bajo las últimas manos, el tallo continúa alargándose en dirección al suelo; la yema disminuye progresivamente de volumen; casi diariamente se levanta una bráctea y se descubre una mano de flores masculinas; en las variedades gigantes estas brácteas caen pocas horas después, pero en las enanas persisten en estado de desecación durante largo tiempo.

La evolución del racimo prosigue durante 8 a 12 semanas hasta llegar a la fase final de aptitud para la cosecha; los bananos aumentan más en espesor y en compacidad que en longitud. El pericarpio tiene un grosor de 2 a 3 mm.;

la capa epidérmica está cubierta por una fina cutícula y presenta estomas; las células del parénquima subyacente son primero estrechas, ricas en cloroplastos y luego se van agrandando; en el límite de la pulpa este parénquima es alveolar, lo cual permite separar la cáscara de la pulpa cuando el fruto está maduro.

El pericarpio está recorrido por numerosos haces libero-leñosos longitudinales, que se dispersan a partir del pedúnculo, el cual es muy fibroso; paralelamente a los haces conductores y fibrosos se encuentran rosarios de células taníferas, llamadas "tubos de látex".

Las células de la pulpa están llenas de almidón, las cuales al llegar a la maduración van desapareciendo progresivamente. En el centro de la pulpa se distinguen los tres límites de los carpelos y las dobles líneas de óvulos abortados.

La evolución del almidón en azúcares solubles se efectúa en forma deficiente cuando el racimo permanece en la planta; es así como los frutos siguen engrosando y concluyen por agrietarse o hendirse y la pulpa se hace harinosa. Si bien el estado y momento más oportuno para el corte del racimo es toda una técnica en la actividad bananera, ésta se puede definir como el período en que las caras se redondean dejando las aristas perceptibles al tacto.

Conviene anotar que existen diferencias notables entre las diversas clases de bananos y plátanos, aunque las grandes fases de su desarrollo parezcan siempre similares (4).

Plagas y enfermedades

Las plantas de banano y plátano están expuestas al ataque de muchos enemigos naturales, los cuales les causan daño tanto a los órganos aéreos como subterráneos. Es así como insectos, nemátodos, hongos, bacterias y virus restringen el desarrollo del cultivo en diferentes áreas y los daños son lo suficientemente serios como para que cada cierto tiempo se realicen campañas en forma extensiva para efectuar su control.

Insectos

Según Ostmark (21) de 470 especies de insectos y ácaros reconocidos como plagas mayores y menores del banano, 250 atacan las hojas, 10 son barrenadores del seudotallo, 70 atacan las raíces y el rizoma, 130 se alimentan de los frutos y las flores, y 10 (probablemente más) son vectores de enfermedades. Además, se han recolectado 58 especies de hormigas procedentes de plantaciones de América Central.

Defoliadores: Los más destructivos defoliadores del banano en Centroamérica y la parte norte de Suramérica son *Ceramidia butleri*, *Ceramidia viridis* y *Antichloris eriphia*. De éstos *C. butleri* es el más importante

de Guatemala a Ecuador; según Ostmark (21) *Ceramidia muscicola* descrita por Lara (15), en Costa Rica, aunque se usa como nombre válido es en realidad sinónimo de *Ceramidia butleri*; el mismo autor señala que *Ceramidia viridis* es probablemente una forma de *Ceramidia butleri*. La especie *Antichloris eriphia*, encontrada de Colombia a Paraguay, es casi idéntica en apariencia a *Ceramidia* spp. y las larvas de las dos especies se encuentran frecuentemente en la misma hoja; las larvas de *Ceramidia* son blanco-grisáceas mientras que las de *Antichloris* son blanco plateadas, las cuales se tornan amarillentas en el último instar. Ambas larvas ("caterpillars" como se las denomina) viven en el envés de las hojas, donde se observan los característicos daños en forma de huecos estrechos, paralelos a las venas secundarias; aunque el daño sea severo, la porción distal de la hoja en relación con el daño realizado por el insecto, permanece funcional y rara vez hay suficiente tejido destruido para alcanzar el umbral de necesidad de control químico.

Aunque la competencia inter e intraespecífica no son factores que mantengan a las poblaciones de estos defoliadores bajo control, se presenta un complejo de parásitos y predadores que ejercen un efectivo control natural (11), cuando no se usan insecticidas. Así, en las plantaciones del Pacífico de Costa Rica, en las cuales se utilizaba Carbaryl, una vez que se discontinuó el uso de este producto, las poblaciones cayeron a un nivel endémico y raramente, cuando el control natural falla, se aplica algún insecticida.

Además de los defoliadores mencionados anteriormente, algunas plantaciones (desde Costa Rica a Brasil) han sido defoliadas por 14 especies de brasóolidos de los géneros *Caligo* y *Opsiphanes*. Estos "caterpillar" pueden crecer hasta una longitud de 14.5 cm y cada uno consume más de 500 cm² de superficie foliar sólo en el quinto instar (21). Aunque varios parásitos y predadores atacan cada estado y normalmente mantienen la plaga bajo control, durante los dos últimos años se han presentado ataques muy severos en algunas plantaciones cerca de la frontera de Costa Rica y Panamá. Dentro del grupo de defoliadores, se presentan por lo menos cuatro especies del género *Sibine*, llamadas "monturitas" (29). Las larvas comen, en forma gregaria, en los márgenes de las hojas más viejas; cuando las poblaciones son altas, todas las hojas y aun la fruta, son atacadas. Su control se efectúa (en la zona Atlántica de Costa Rica) con aspersiones de *Bacillus thuringiensis*.

Otra especie de insecto denominado "saco" que se ha presentado en las plantaciones de Centroamérica es el *Oiketycus kirbyi* (25). El estado larval de este insecto alcanza hasta más de un año, comiendo dentro de su saco, mientras está colgando en el envés de las hojas. Las epidemias de *Oiketycus* pueden defoliar casi por completo grandes áreas; generalmente los parásitos lo mantienen bajo control; los últimos estadios son difíciles de controlar, posiblemente a causa de que el "caterpillar", al primer contacto con un insecticida, se retira a su bolsa y permanece allí sin comer por varias semanas.

No todos los insectos consumen el tejido foliar; es así que otros insectos raspan o succionan alimento de las hojas tales como escamas, ácaros (de los géneros *Tetranychus* y *Oligonychus*), áfidos, trips y otros hemípteros y homópteros; muchos de estos son plagas menores, pero algunas veces se presentan

epidemias de ácaros los que "queman" las hojas en grandes áreas (Guatemala, por ejemplo); estas epidemias son, generalmente, un efecto secundario de la muerte de predadores ocasionada por el uso de los insecticidas utilizados para controlar otras plagas.

Taladradores del seudotallo: El seudotallo parece que es la parte de la planta menos afectada por insectos; en Centroamérica y Suramérica los lepidópteros taladradores del seudotallo de los géneros *Castniomera* y *Castnia*, ocasionalmente causan severas pérdidas, debido a la disminución de la resistencia de la planta al viento por efecto de los túneles que realiza la larva en el seudotallo. Según Lara (14) las hormigas son los más importantes agentes de control biológico, pues destruyen huevos y larvas; las epidemias de *Castniomera* que se han presentado en Centroamérica fueron el resultado de la muerte de las hormigas predatoras con insecticidas, tal como el dieldrin.

Insectos que atacan las raíces y el rizoma: El "picudo" *Cosmopolites sordidus*, según Cstmark (21) se ha mencionado en más de 475 trabajos y aunque este barrenador se ha encontrado en casi todas las plantaciones de banano en el mundo, su status como plaga del banano y del plátano permanece indeterminada. El daño que ocasiona en los rizomas en estado larval (túneles), puede no sólo eliminar plantas jóvenes sino incrementar la susceptibilidad de las plantas maduras al daño ocasionado por el viento.

La afinidad del "picudo" por cortes frescos del seudotallo o del rizoma, se ha utilizado tanto para el muestreo de los mismos como para su control; las trampas se elaboran con un pedazo de seudotallo sobre un corte ligeramente arriba del rizoma (15 cm) de una planta cosechada. El control consistía en la destrucción de los "picudos" o envenenando partes del seudotallo; el método de trapeo no parece efectuar un buen control y se ha reemplazado por la aplicación de insecticidas a la base de las plantas. Aunque el principio se utilizaron insecticidas organoclorados, la combinación de la resistencia que se indujo y las restricciones para el uso de este tipo de productos, ha incrementado el uso de organofosforados como el Dursban y el Primicid. El "picudo" tiene pocos enemigos naturales; los resultados obtenidos de la introducción de predadores no han sido satisfactorios.

Algunas prácticas culturales tales como el control de malezas, disminuyen la cantidad de "picudos", quizás a causa de la alta susceptibilidad del insecto a la desecación. Con excepción de las pérdidas severas en plantaciones nuevas, las observaciones y experimentos de algunos investigadores (21) coinciden en que el picudo no es tan importante como se supone; el umbral de control económico de las poblaciones de "picudo" todavía no se han determinado; sin embargo, una combinación de un buen método de muestreo y un programa de aplicación de insecticidas dará un buen control práctico del barrenador.

Insectos de la fruta y las flores: Con las actuales normas de calidad, los insectos que manchan la fruta, ya sea que coman la cáscara, la rasguen u ovipositen en ella causan grandes pérdidas.

Los más importantes son los trips, que ocasionan el daño llamado "mancha roja", causada por *Chaetanophotrips orchidii* y *C. signipennis* (21); el primero ataca la fruta y su reproducción es partenogenética y se presenta en Centroamérica y Suramérica; el *C. signipennis* tiene reproducción sexual y ataca tanto la fruta como el seudotallo y se presenta en la zona Atlántica de Panamá y Costa Rica. Actualmente los trips se controlan con insecticidas incorporados a la bolsa plástica, la cual se utiliza como práctica cultural no sólo para el control de trips sino como barrera mecánica para otros insectos y por los efectos fisiológicos que ocasiona el uso de esa bolsa (15). Sin embargo, las especies de trips que atacan el seudotallo, requieren aplicaciones suplementarias de insecticidas.

Otro insecto come-cáscara, para el que no se han encontrado métodos satisfactorios de control es el crisomélido *Colaspis* sp. Las larvas comen zacate y raíces de banano y los adultos comen la cáscara de la fruta joven, ocasionando daños similares a los de la abeja Trigona, con excepción de que el daño de *Colaspis* se extiende a través de la superficie de la piel, mientras que la Trigona muerde los bordes de la misma. Se han identificado *C. gemellata* en Surinam y *C. ostmarki* en Panamá, como plagas del banano (21).

Otro insecto come-cáscara es el caterpillar *Platynota rostrana*, presente en plantaciones de América Central; las epidemias se han presentado cuando se ha aplicado insecticidas para el control de otras plagas.

Vectores de enfermedades: El banano es infestado en todo el mundo por el áfido *Pentalonia nigronervosa*; este es el vector de una enfermedad virosa (bunchy top), la única de este tipo que no se ha encontrado en el hemisferio occidental.

Otra enfermedad en la cual los insectos vectores juegan un papel importante es en algunas razas de Moko (SFR principalmente); la transmisión es mecánica y se efectúa a través de la visita de los insectos (Trigona en particular) a los exudados de las cicatrices de las brácteas (21).

Nemátodos

Principales especies: Los nemátodos más perjudiciales para el banano (Musa AAA, AAB y ABB) en la región americana son el *Radopholus similis* y el *Helicotylenchus multicinctus* (10).

El *R. similis* es considerado generalmente como la plaga principal. Sin embargo, es posible que la presencia y distribución del *H. multicinctus* no se haya notado o fuera subestimada en el pasado. Aunque el *R. similis* está difundido en todo el mundo, está ausente de algunas zonas bananeras, como

Israel y Taiwan (20). Otras especies que podrían presentarse a niveles localmente peligrosos son el *Meloidogyne* spp. y el *Pratylenchus* spp. Webunt y Edwards citados por Gowen (10) presentan una lista de los nemátodos parásitos del banano.

La naturaleza del daño ocasionado por el *R. similis* y el *H. multincinctus* ha sido previamente descrita (1). El amarillamiento de las hojas es a veces la señal de nemátodos, pero no siempre es una indicación confiable. Probablemente sea seguro suponer que cuando el *R. similis* y el *H. multincinctus* están presentes, los síntomas de la raíz serán similares, independientemente de los factores edáficos o climáticos; sin embargo, puede haber desarraigos más frecuentes en lugares expuestos al viento o en tierras de textura suelta. Según algunos informes (13), existe una variación estacional en las poblaciones de *R. similis*, la cual puede influir en la periodicidad de los tratamientos de control.

No parece que *R. similis* sea oriundo del Continente Americano. En gran parte su distribución se relaciona con el cultivo de su hospedero favorito, *Musa*, en el cual probablemente llegó a América.

El *H. multincinctus* es una especie ubicua que se instala en muchos hospederos. Como en el caso de *R. similis*, su distribución ha sido estimulada por el cultivo del banano. Los nemátodos han sido considerados un factor limitante de la producción de banano desde que se cambiaron las variedades de Gros Michel por las Cavendish (9).

Control: 1) Métodos biológicos y de cultivo. No se tienen métodos biológicos para controlar los nemátodos en las raíces del banano.

El barbecho y la rotación adecuada podrían servir de algo, pero no se practican ampliamente tal vez por razones económicas o prácticas.

2. Replante de esquejes libres de nemátodos. A pesar de que este método está bien documentado (10), sólo es adecuado para las áreas donde el replante, el barbecho o la rotación son prácticas establecidas, o para las nuevas zonas de cultivo.

3. Tratamiento de los cultivos de banano establecidos. El control con productos químicos ha sido utilizado en los últimos 15 años en las plantaciones bananeras establecidas. Inicialmente se utilizó el nematicida líquido fumigador volátil DBCP (dibromocloropropano), pero últimamente ha aumentado el desarrollo de productos granulados (no fumigadores) cuya aplicación es mucho más sencilla.

Principales enfermedades del banano y del plátano

La planta de banano es atacada por muchos hongos, bacterias, virus, nemátodos e insectos y pueden sufrir deficiencias nutricionales, desórdenes fisiológicos y otros. Además, el cultivo es propenso a desastres naturales, los

cuales influyen en un gran porcentaje de pérdida de la producción potencial, como en ningún otro cultivo perecedero (3).

Sin embargo, los enemigos más destructores del banano son las enfermedades que atacan la planta y la fruta. Los bananos cultivados para exportación a Norteamérica, Europa y otros países, son muy susceptibles a varias enfermedades. Los avances más importantes en la reducción de la destrucción de las plantas y de la fruta, se han realizado mediante una investigación intensiva en el campo del control de las enfermedades y en el mejoramiento de las prácticas agrícolas (8).

Hasta hace escasamente 20 años, la Sigatoka (*Mycosphaerella musicola*) era generalmente registrada como la segunda enfermedad más importante en el banano en las Antillas, Centro y Suramérica. La principal era la enfermedad de Panamá causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. Sin embargo, en estas regiones la variedad susceptible (Gross Michel) ha sido ampliamente sustituida por miembros resistentes del grupo Cavendish y la enfermedad de Panamá no es ahora un factor limitante en las plantaciones americanas (no obstante, en Taiwán la enfermedad de Panamá se descubrió en 1968 en bananos del grupo Cavendish y ha destruido más del 50% de su industria bananera; igual sucede en las Filipinas en la actualidad). Pero el grupo Cavendish es muy susceptible a la Sigatoka, ligeramente más que el Gross Michel y esta enfermedad permanece entonces como una de las mayores amenazas a la industria. Recientemente, sin embargo, la Raya Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y la Sigatoka Negra de Honduras (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*) representan una amenaza en las áreas donde están presentes (Sureste de Asia, región del Pacífico Honduras, Guatemala y Belice). Además en algunas regiones la enfermedad del Moko causada por *Pseudomonas solanacearum* puede ser igual o de mayor importancia que la Sigatoka. Los miembros del grupo Cavendish son ampliamente sembrados en Australia, Sureste de Asia y Región del Pacífico. En estas regiones además de la Sigatoka otra de las principales enfermedades son las ocasionadas por virus como el denominado Bunchy top.

Las principales enfermedades del banano en Centroamérica se clasifican en la siguiente forma (26):

Enfermedades Fungosas del Follaje

<u>Nombre de la Enfermedad</u>	<u>Organismo Causal</u>
Sigatoka común o amarilla, mancha de la hoja del banano, chamuscado de la hoja, cercosporiosis del banano.	<i>Mycosphaerella fijiensis</i> var. <i>musicola</i> . (<i>M. musicola</i> Leach).
Sigatoka Negra.	<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet var. <i>difformis</i> Mulder & Stover.
Raya Negra.	<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet
Mancha de cordana.	<i>Cordana musae</i> (Zimm) Von Hohn

Moteado de la hoja.	<i>Chloridium musae.</i>
Moteado de la hoja	<i>Cladosporium musae.</i>

Enfermedades Fungosas de la Raíz, Rizoma y el Pseudotallo

<u>Nombre de la Enfermedad</u>	<u>Organismo Causal</u>
Mal de Panamá o marchitez vascular de Fusarium.	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> E.F.S. Sny & Hans.

Enfermedades Bacteriales

Enfermedad del Moko o marchitez bacterial	<i>Pseudomonas solanacearum</i>
Pudrición del rizoma, pudrición del corazón	<i>Erwinia carotovora</i>

Enfermedades Virosas

Mosaico del banano o clorosis infecciosa	Virus del mosaico del pepino
--	------------------------------

Enfermedades Fungosas de la Fruta antes de la Cosecha

Mueca, mancha de Johnston	<i>Pyricularia grisea</i>
Mancha café u ojo rojo	<i>Cercospora hayi</i>
Mancha diamante	<i>Cercospora hayi, Fusarium solani</i>

Principales prácticas culturales del banano

Las prácticas culturales del banano, o como se les denomina actualmente, "tecnología del cultivo", son un conjunto de labores que determinan, en grado variable, la producción y productividad de la actividad.

Se ha publicado muy poco al respecto a causa de que la mayoría de la información la poseen las compañías transnacionales y principalmente, debido a la velocidad con que se efectúan los cambios, propios de la dinámica con que se desarrolla la tecnología del cultivo.

Estas labores conllevan un estudio constante de la eficiencia y disponibilidad de la mano de obra; ello implica una alta dependencia, para su ejecución,

del factor humano. Este es uno de los motivos, si no el principal, de la variabilidad con que se efectúan estas labores, aun dentro de una misma región.

Circunscribiré esta somera revisión a algunas de las labores que se efectúan en Costa Rica y específicamente en la zona Atlántica del país (12).

1. Control de malezas

Son conocidas las consecuencias, en las plantas de banano, ocasionadas por la competencia que ejercen las malezas cuando éstas crecen sin un adecuado control.

Las malas yerbas: El problema de las malas yerbas reside en que:

- a) Las malezas compiten con las plantas por nutrimentos y agua.
- b) Ciertas malezas actúan como hospederos de enfermedades, insectos y nemátodos (*Pseudomonas solanacearum*, *Radopholus similis*, *Colaspis* sp. *Cosmopolites sordidus*).
- c) Las malezas dificultan las operaciones de deshija, protección de la fruta, corta, acarreo, inspecciones fitosanitarias.

Principales especies de malezas: Las principales especies de malezas en la zona son:

Pennisetum purpureum, *Panicum purpurascens*, *Panicum maximum*, *Paspalum fasciculatum*, *Paspalum notatum*, *Paspalum conjugatum*, *Eleusine indica*.

Entre las de hoja ancha predominan:

Urera baccidera, *Pothomorphe peltata*, *Syngonium podophyllum*, *Monstera Pittieri*, *Phylodendron* sp.

Control: Hasta finales de la década del 60 predominaba el uso del machete, lo cual implicaba un alto costo, pobre control, problemas de mano de obra, daños a las plantas y propagación de enfermedades.

En tal época se iniciaron algunos experimentos con herbicidas. Hasta el momento se han aprobado para su uso en banano (Agencia de Protección Ambiental), cuatro herbicidas cuyos nombres comerciales son: Dalapón (o Basfapón, o Gramevín, o Dowpon), Gramoxone (Paraquat), Karmex (o Diurón) y Gesapax.

2. Deshija

Generalidades: La deshija (o deshije o desmache) es la técnica de seleccionar o de regular el número de hijos por unidad de producción, eliminando los demás; los objetivos de esta labor son:

- a) Obtener el máximo rendimiento del hijo seleccionado y así tener una producción uniforme.

- b) Eliminando el exceso de 'hijos' o 'retoños' se mantiene una población adecuada por unidad de superficie.

La deshija es una labor individual en cada unidad de producción, debido al particular comportamiento de cada una de ellas.

Métodos de deshija:

Deshija de formación o de "plantilla" es la que se efectúa en plantaciones nuevas (se lleva a cabo 5 ó 6 meses después de la siembra). Consiste en dejar para producción el hijo más vigoroso, grande y profundo eliminando los demás. Se presentan variaciones de acuerdo con el sistema de siembra.

Deshija de mantenimiento o de producción. Se selecciona un solo hijo para producción, originado de la planta madre y se elimina el resto. En esta operación no sólo es importante la selección del "hijo" por vigor y tamaño (regulación de la población) sino también su colocación espacial.

Otras variantes de la deshija:

Deshija de producción y semilla, en la que se seleccionan un hijo o hijos adicionales para la obtención de semilla; esta labor se realiza principalmente en plantaciones recién establecidas.

Deshija de producción y aumento de población en la cual se dejan generalmente dos hijos (hijos dobles) en áreas de bajas poblaciones.

Sistemas de deshija

Sistema corriente: En el caso del sistema corriente de deshija, además de la selección de los hijos, la operación incluye la labor de cortar hojas colgantes, limpiar los tallos de hojas secas y cortar elseudotallo de la cosecha anterior.

En el último quinquenio se han experimentado variantes al sistema corriente o establecido sistemas nuevos con el fin de disminuir los costos o mejorar la eficiencia de la mano de obra.

Los más importantes son los siguientes:

Control de población cuya idea es la misma de la deshija o sea la selección de los hijos más vigorosos, grandes y mejor colocados; pero no se efectúa ninguna labor de limpieza delseudotallo y no se corta elseudotallo viejo.

Poda: Es una labor combinada de deshija y saneamiento; consiste en visitar la planta cada dos semanas; se efectúa el saneamiento (deshoja principalmente) y se seleccionan los hijos de las plantas que han emitido su inflorescencia).

Deshija cíclica: Su propósito es el de producir "picos" de cosecha (dos por año generalmente), seleccionando hijos para producción dentro de un estrecho rango de altura (0.5 a 1.0 metros de altura).

En un principio sí es posible obtener los picos, pero luego la producción tiende a estabilizarse; además en aras de obtener un tamaño uniforme de hijos, se sacrifican aquéllos de mayor vigor y mejor colocación obteniéndose al final una plantación de baja producción.

3. Protección de la fruta

Con el cambio de la variedad Gross Michel al grupo Cavendish la operación de protección de la fruta se efectúa en una forma colectiva de labores. Estas son:

- Deshoja
- Fumigación de la fruta
- Embolse
- Control de edad (encintado)
- Desmane
- Deschire o desbellote
- Apuntalamiento o soporte

Deshoja: Consiste en doblar o cortar las hojas que interfieran con el desarrollo del racimo y con la fumigación del mismo (donde esta labor se efectúa). Actualmente en la mayoría de las plantaciones esta operación se efectúa semanalmente; se corta la hoja lo más cerca posible de la unión con el seudotallo, para evitar que el látex del corte caiga sobre el racimo y lo manche.

Fumigación: Esta labor se efectúa en áreas donde se presentan ataques de *Pyricularia grisea* (muñeca, Johnson spot).

En la zona Atlántica de Costa Rica, los ataques de este hongo en la actualidad se circunscriben a algunas áreas recién sembradas con la variedad Grande Naine, además se presenta algún grado de infección durante los meses de mayor pluviosidad (julio, noviembre, diciembre, enero).

En la costa del Pacífico los ataques del hongo son más severos y generalmente se efectúa la fumigación del racimo tan pronto quedan expuestas dos o tres manos y se continúa hasta que éste se embolsa. Para tal efecto se utiliza fungicida maneb o mancozeb (Dithane M-45) en dosis de 0.5 a 2 libras bomba de 16 litros, dependiendo de la época del año.

Embolse: Actualmente todo racimo de banano es protegido mediante el uso de bolsas perforadas de polietileno.

Comúnmente la labor se efectúa cuando el racimo presenta la mano falsa y dos de sus manos florales masculinas. Otras variantes son el embolse "temprano" o sea "bellota" o "chira", el cual es muy importante en áreas con severos ataques de thrips, colaspis o en áreas con Moko.

Algunos de los efectos del embolsado son los siguientes (15):

- La fruta embolsada crece más rápido en el diámetro del dedo.
- La fruta embolsada madura a mayor calibración que la fruta no embolsada.
- Se obtiene una mejor calidad de la fruta al disminuir el número de daños por maltrato y asimismo una disminución en la incidencia de *Pyricularia grisea* y daños ocasionados por insectos.

Identificación de la fruta; uso de la cinta plástica de colores.

Es una de las labores comunes que se realizan en combinación con la protección de la fruta; es una ayuda eficaz al momento de la cosecha puesto que se tiene un mejor control de la edad de la fruta evitando el que se presente "fruta vieja" con posibilidades de maduración o que se corte fruta demasiado joven.

Desmane: Consiste en la eliminación de una o varias manos durante la labor de protección de la fruta.

Una de las ventajas del desmane es la siguiente: La fruta desmanada tarda menos en alcanzar cualquier calibración o sea que se reducen los días colgando; esto permite que se corte a mayor calibración, lo cual a su vez tiene efecto en la menor cantidad de fruta madura al momento de empacarse y en el puerto de destino.

Además se obtiene un incremento en la longitud y el diámetro de los dedos, especialmente en las manos superiores.

Desbellote o deschire: Consiste en quebrar la bellota (o "chira" como se le denomina en Costa Rica) unos centímetros abajo de la mano falsa; el corte debe ser limpio para evitar la excesiva pudrición del pedúnculo.

La punta de la bellota se utiliza para el control de la fruta embolsada y obviamente para efectos de pronóstico de cosecha.

Apuntalamiento o soporte: El "hábito" de crecimiento de la variedad Giant Cavendish es inclinado; esto, unido al hecho de la alta infestación de nemátodos, picudos y al alto régimen de precipitación, inducen a un elevado volcamiento o caída de las plantas, lo cual hace necesario el apuntalamiento o sea la forma de proveer a la planta de un adecuado soporte.

Existen fundamentalmente dos sistemas de apuntalamiento y éstos a su vez se subdividen en subsistemas.

Sistema de puntales rígidos: Estos pueden ser doble o sencillos (poste enterrado); se utilizan como puntales la caña brava, el bambú o guadua, pedazos de palmáceas (chonta) o madera aserrada preservada.

Sistema de puntales no rígidos o de amarre: Este amarre puede ser de planta a planta con alambre, de planta a estaca en el suelo con polipropileno, de planta a alambre entre postes (apuntalamiento "aéreo" como vulgarmente se le conoce).

La operación de apuntalamiento se realiza semanalmente a través de toda la finca; generalmente se coloca el puntal en estado de bellota para así disminuir el número de plantas caídas y eliminar el daño a la fruta por el roce con el puntal.

La mayoría de las plantaciones en Costa Rica utilizan puntales rígidos principalmente de bambú; de esta planta se han sembrado 3.000 hectáreas; también desde 1974 se han realizado ensayos con *Eucalyptus deglupta*, el cual alcanza en un año la altura necesaria para ser aprovechado como puntal. Actualmente se está trabajando en la preservación de esta madera utilizando el procedimiento de baño caliente y frío con pentaclorofenol en diesel y el de doble difusión con arseniato de cromo y sulfato de cobre.

4. Cultivo en hileras

Uno de los cambios en manejo más promisorios para la actividad bananera es el cultivo en hileras. Algunos experimentos llevan más de cuatro años y actualmente se están sembrando cerca de 2000 hectáreas bajo este sistema en la zona Atlántica.

Las ventajas que se han observado en este sistema son las siguientes:

- a. Permiten ensayar nuevos métodos de cultivo o modificaciones de las prácticas tales como: 1) mecanización en la aplicación de fertilizantes, herbicidas, cosecha de la fruta. 2) Apuntalamiento mediante el uso de cables entre postes (apuntalamiento aéreo). 3) Posibilidad de experimentar con deshija cíclica. 4) Posibilidades de establecer la cosecha secuencial o sea el corte de manos de un racimo dado en diferente tiempo. 5) Posibilidad de utilizar riego por goteo (donde éste es necesario) con las ventajas adicionales de la aplicación del fertilizante y nematicida.
- b. Las plantas crecen en la mitad del área total de tal forma que es posible una disminución en ciertos materiales y en los costos de algunas labores limitando la atención a esta área.
- c. Es posible encontrar ventajas en las labores de embolse, apuntalamiento, cosecha y deshija en este sistema de cultivo.

Las desventajas del sistema se relacionan principalmente con:

- a. Alto costo en el control de malezas, después de la conversión a siembra en hileras.
- b. Alta cantidad de rechazo ocasionados por quema de sol.
- c. Susceptibilidad a daño ocasionado por el viento.

- d. Los denominados "ranchos" o plantas que se encuentran, aumentan el daño a los racimos de plantas vecinas que están colgando al mismo tiempo y entran en contacto unas con otras dentro de un área reducida.
- e. La objeción de mayor peso a este sistema es la siguiente: la práctica de deshija que especifica que el hijo más vigoroso, de mayor tamaño y mejor colocado debe removerse o desecharse si crece hacia afuera de la hilera; entonces se tiene que seleccionar un hijo secundario el cual puede o no estar presente, o es muy joven; así se retrasaría la secuencia de madre-hijo-nieto, alargando el período de "parición" (emisión de la inflorescencia) o causando una reducción en el número de racimos producidos por unidad de producción/año.

Las alternativas que presenta el sistema todavía están por dilucidarse y merecen una mayor atención en el futuro.

El banano y el plátano como componentes de cultivos asociados o intercalados

Una de las asociaciones tradicionales es la del plátano o banano y café; la finalidad principal es la de darle sombra temporal al café sus ventajas según Alvarado citado por Zaffaroni y Enríquez (31) son las de obtener una sombra relativamente rápida (10 meses), la fácil graduación del follaje, la posibilidad de sembrarlo en cualquier época del año; además la utilización del fruto en la alimentación humana y animal o la posibilidad de venderlo.

Entre las principales desventajas, según el mismo autor, están su escaso crecimiento bajo la sombra de otros árboles, su vida relativamente corta, la poca resistencia al viento, el que requiere una deshija periódica y la competencia que establece con el café.

El plátano forma parte importante de asociaciones con otros cultivos perennes. En algunos países, la asociación con café y cacao tiene especial importancia, como es el caso de Colombia donde el 30% de la superficie cultivada de plátano (100.000 hectáreas) está asociada con tales cultivos (22). En Malasia se intercala con coco, cacao y café (5); en Costa Rica* se está experimentando en la asociación de coco amarillo enano, cacao y plátano (AAB); este último ha pagado la tercera parte de los costos de inversión en los primeros 25 meses de establecido el experimento; sin embargo, se observó desde el inicio un fuerte ataque de picudo y de nemátodos; en algunas ocasiones la caída de algunas plantas dañaba las plántulas de cacao; se observó asimismo que el crecimiento del coco bajo plátano fue menor que en monocultivo.

Los pequeños agricultores intercalan el plátano o el banano con cultivos anuales (principalmente maíz y yuca); es común encontrar estas plantas en las

* GUZMAN, J. A. Comunicación personal. Programa de Diversificación Agrícola, ASbana. 1979.

divisiones entre parcelas o cerca de la casa; se conoce muy poco de su interacción con cultivos anuales; en el CATIE, Toala (28) y González (7) han estudiado el comportamiento fisiológico, la morfología de las plantas y la influencia del microclima en cultivos anuales (frijol común y de costa, maíz y yuca) asociados con plátano.

Uso de subproductos de banano y plátano en la nutrición animal

Según Ruiz*, en una investigación realizada en Costa Rica sobre el uso de subproductos por parte de pequeños agricultores, se dedujo que un porcentaje apreciable de éstos usan rastrojos y entre los más comunes figura el banano (y el plátano) y la caña de azúcar o sus subproductos; así el uso de vástago varía entre un 33 y un 50% de los productores, de acuerdo a la región y dicha práctica se realiza durante todo el año y principalmente durante el verano. De la evaluación nutricional del vástago realizada por Fanola (6), concluye que el seudotallo del banano es un alimento que por su digestibilidad resulta promisorio en el desarrollo de subsistemas de alimentación animal, siempre que se considere la suplementación con fuentes proteicas.

Importancia del plátano y del banano en la nutrición humana

Estas plantas tienen un alto valor nutritivo y en América Latina se les podría ubicar (especialmente al plátano) después del maíz y los frijoles.

La pulpa del plátano está formada por agua, almidón, azúcares y celulosa; hay una pequeña cantidad de gomas, resinas, taninos, dextrinas, albuminoides y sustancias minerales; entre éstas es de notar la presencia de cloruros, sulfatos, fosfatos, silicatos y oxalatos de potasio, sodio, calcio, magnesio, manganeso, hierro, aluminio, zinc y cobre; se ha comprobado la presencia de pequeñas cantidades de yodo; la cantidad de agua varía entre 58% a 71% en plátanos verdes y maduros respectivamente (22). El contenido de almidón del plátano verde es de un 23% y al madurar este desciende a un 3%; la celulosa varía de 11% (verde) a 1% (maduro); la sacarosa de 0.2% (verde) a 4.2% (maduro); la glucosa 4% (verde) a 30% (maduro); el porcentaje de cenizas está alrededor de 0.85%; las proteínas varían de 1 a 2%. El plátano es portador (crudo) de 85 calorías por cada 100 gramos. Posee por cada 100 gramos unos 8 miligramos de calcio, 26 de fósforo y 0.7 de hierro; contiene grandes cantidades de potasio, pues en 100 gramos de plátano se encuentran 370 miligramos.

En cuanto a vitaminas el plátano posee 190 unidades internacionales de la A; 0.05 miligramos de tiamina, 0.06 miligramos de rivotflablina, 0.7 miligramos

* RUIZ, M. Sistemas de producción de leche y carne para pequeños productores, usando residuos de cosecha. Proyecto CIID-CATIE. 1979. Comunicación personal.

de niacina y 10 miligramos de vitamina C.

Se consume cocinado o tostado (verde) y resulta un buen sustituto del pan; maduro es dulce y sabroso.

Conclusiones

Se ha acumulado una vasta información respecto al cultivo del banano; la transferencia de tecnología de este cultivo, la han realizado las compañías transnacionales debido en gran parte a la aislada y escasa investigación que se realiza a nivel regional, a causa de los bajos recursos asignados a los programas de investigación en banano. Actualmente se hacen esfuerzos por establecer un programa coordinado de investigaciones por parte de la Unión de Países Exportadores de Banano.

Respecto al plátano, la información que actualmente se posee sobre su cultivo es relativamente escasa con relación al banano; frecuentemente se extrapolan algunas técnicas con un relativo éxito. Recientemente se fundó la Asociación para la Investigación en Plátanos, cuya sede está en el IITA (Nigeria). Entre sus fines están ayudar al desarrollo de métodos para el mejoramiento de la producción, proceso, almacenamiento y mercadeo del plátano.

La investigación de cultivos asociados en los cuales se incluye el plátano o el banano es escasa, si bien se han empezado a estudiar varios sistemas, principalmente con cultivos perennes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BLAKE, C. D. The histological changes in banana roots caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*. *Nematologica* 12:129-137. 1966.
2. BRUN, W. A. Photosynthesis and transpiration from upper and lower surfaces of intact banana leaves. *Plant Physiology* 36:399-405. 1961.
3. CHAMPION, J. Indications préliminaires sur la croissance du bananier "Poyo". *Fruits* 16:191-194. 1961.
4. _____. El plátano. Editorial Blume. 1968. 147 p.

5. DENAMANY, G., AHMAD, M. S. B., HAMID, N. B. B. Coconut intercropping systems in peninsular Malaysia. *Oléagineux* 34(1):7-15. 1979.
6. FANOLA, A. G. Evaluación nutricional básica del pseudotallo y hojas de diferentes cultivares de banano. Problema especial. Programa de Producción Animal, Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. 1979. 26 p.
7. GONZALEZ, G. R. Relaciones entre la morfología de las plantas y la radiación solar dentro de cultivos de maíz, yuca y plátano. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1976.
8. GONZALEZ, P. M. Enfermedades del banano. Banana Development Corporation. Costa Rica. 1977. 33 p.
9. GOWEN, S. R. Varietal responses and prospects for breeding nematode resistant banana varieties. *Nematropica* 6:45-49. 1976.
10. _____. Los nemátodos y su control. *In* Banano y plátano. Seminario sobre prioridades en la investigación, Unión de Países Exportadores de Banano, CIAT, CIID. Palmira, Colombia. 1977. pp. 50-56.
11. HARRISON, J. O. Factors affecting the abundance of Lepidoptera in banana plantations. *Ecology* 45:508-519. 1964.
12. JARAMILLO, C. R. Estado y alcance de la actividad investigativa en las principales prácticas culturales del banano. *In* Planeamiento y organización del Programa Coordinado de Investigaciones. Memorias de la Primera Reunión Técnica. Palmira, Colombia, Unión de Países Exportadores de Banano. 1978. pp. 117-128.
13. JARAMILLO, R. y FIGUEROA, A. Análisis armónico de la densidad de población de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en la zona bananera de Guápiles. *Turrialba* 24(4):402-407. 1974.
- 14.. LARA, F. The banana stalk borer *Castniomera humboldti* (Boisduval) in La Estrella Valley, Costa Rica. *V-Cultural Control*, Turrialba 16(2):136-138. 1966.
15. _____. Problemas y procedimientos bananeros en la zona Atlántica de Costa Rica. San José, Costa Rica, 1970. 278 p.
16. LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 487 p.
17. MARTIN-PREVEL, P. Les éléments minéraux dans le bananier et dans son régime. *Fruits* 17(3):123-128. 1962.

18. MARTIN-PREVEL, P. Notes sur la production et de la recherche bananières en République Sud-Africaine. *Fruits* 29:637-644. 1947.
19. MURRAY, D. P. Shade and fertilizer relations in the banana. *Tropical Agriculture* 38:2. 1961.
20. O'BANNON, J. H. Worldwide dissemination of *Radopholus similis* and its importance in crop production. *Journal of Nematology* 9:16-25. 1977.
21. OSTMARK, H. E. Economic insect pests of bananas. *Annual Review of Entomology* 19:161-176. 1974.
22. RINCON, S. O. El plátano y su cultivo. Augura, Colombia. 5(1):4-18. 1979.
23. SHEPHERD, K. Mejoramiento genético del banano. In *Banano y plátano. Seminario sobre prioridades en la investigación. Unión de Países Exportadores de Banano, CIAT, CIID. Palmira, Colombia. 1977.* pp. 69-72.
24. SIMMONDS, N. W. Los plátanos. Editorial Blume. 1966. 539 p.
25. STEPHENS, C. S. *Oiketycus kirbyi*, a pest of bananas in Costa Rica. *Journal of Economic Entomology* 55:381-386. 1962,
26. STOVER, R. H. Banana, plantain and abaca diseases. Commonwealth Mycological Institute, England. 1972. 316 p.
27. TAI, E. A. Banana. In ALVIM, P. T. y KOZLOWSKI, T. T. eds. *Eco-physiology of tropical crops.* Academic Press. 1978. pp. 441-460.
28. TOALA, A. O. Influencia del microclima sobre el comportamiento del frijol común y de costa asociados con maíz, yuca y plátano. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 1976. 135 p.
29. TOURNEUR, J. C. y VILARDEBO, A. Lépidopteres défoliateurs du bananier en Equateur III. *Sibine apicalis* Dyar. Deuxieme partie. Dynamique des populations. *Fruits* 25:25-34. 1970.
30. TURNER, D. W. The growth of the banana. *The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 102-110. 1970.
31. ZAFFARONI, E. y ENRIQUEZ, G. A. Asociación de cultivos perennes, una alternativa de diversificación en áreas tropicales para pequeños agricultores. Revisión de literatura. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 17 p.

A N E X O

LISTA DE PARTICIPANTES

EL SALVADOR

MIGUEL ROMAN CORTES SAMAYOA
Depto. de Parasitología Vegetal
CENTA
K 33.1/2 carretera a Santa Ana
San Andrés, Depto. La Libertad
El Salvador

ARELI HUEZO DE MIRA
CENTA
K 33.1/2 carretera a Santa Ana
San Andrés, Depto. La Libertad
El Salvador

MURIEL ALAS DE VELIS
CENTA
K 33.1/2 carretera a Santa Ana
San Andrés, Depto. La Libertad
El Salvador

JOSE ALFONSO ORTIZ BERMUDEZ
CENTA
K 33.1/2 carretera a Santa Ana
San Andrés, Depto. La Libertad
El Salvador

GUATEMALA

MANUEL FRANCISCO CANO A.
Laboratorio Parasitología Vegetal
DIGESA
Guatemala

JORGE A. ESCOBEDO M.
Sanidad Vegetal
DIGESA
Ministerio de Agricultura
Guatemala

RICARDO GAMBOA PANIAGUA
Instituto de Ciencia y Tecnología
Agrícola (ICTA)
5ta. Av. 12-31, Zona 9
Edificio El Cortez
Guatemala

HAITI

JOSEPH SAINT PHARD
P. O. Box 9
Cayes, Haiti, W.I.

EMMANUEL PROPHETE
Service des Recherches
Département d'Agriculture
Damien, Port-au-Prince
Haiti

HENRY TURENNE
Service Recherche Agronomique
Département Agriculture
Damien, Port-au-Prince
Haiti

HONDURAS

JUAN AESCHLIMANN SAUTER
Programa Nacional de
Investigación Agropecuaria
Dirección Agrícola Regional
Centro Oriental
Comayagua, Honduras

LEONEL MARTINEZ VALLECILLO
Ministerio de Recursos
Naturales
Dirección Agrícola Regional Nº4
La Ceiba, Honduras

ELISEO NAVARRO HERNANDEZ
Dirección Agrícola Regional
Nor-Oriental
Juticalpa, Olancho
Honduras

NICARAGUA

RAFAEL OBANDO SOLIS
INTA
Sección Parasitología
Apartado 2648
Managua, Nicaragua

MARIA DEL PILAR RIZO
Sección de Parasitología
Laboratorio Taxonomía de
Insectos
Apartado 2648
Managua, Nicaragua

PANAMA

BERNIN BELL GONZALEZ
MIDA, Región 1
Chiriquí, David
Panamá

ERIC QUIROS RODRIGUEZ
Facultad de Agronomía
Universidad de Panamá
Panamá, República de Panamá

FANWY M. SAAVEDRA
MIDA, Región 8
Las Tablas, Prov. Los Santos
República de Panamá

ALLAN ROURK
Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá
IDIAP
Santiago de Veraguas
República de Panamá

REPUBLICA DOMINICANA

FERNANDO ANTONIO DIAZ CESPEDES
Centro Nacional de Investigación
Agropecuaria (CNIA)
San Cristóbal, República Dominicana

DANILO B. MORETA
Regional Sur-este San Juan
de la Maguana
SEA
República Dominicana

GUILLERMO RODRIGUEZ
CENDA
Secretaría de Estado de Agricultura
Santiago, República Dominicana

COSTA RICA

MELVIN CASERES VILLALOBOS
Estación Experimental Los
Diamantes
Guápiles, Pococí
Limón, Costa Rica

CLAUDIO GAMBOA
Estación Experimental
Agrícola Fabio Baudrit
Universidad de Costa Rica
San Josecito de Alajuela
Costa Rica

JUAN M. HERNANDEZ RAMIREZ
Sección de control Biológico
Depto. de Entomología
Ministerio de Agricultura y
Ganadería
Guadalupe, San José
Costa Rica

CARLOS LUIS RODRIGUEZ
Departamento de Entomología
Ministerio de Agricultura
y Ganadería
Guadalupe, San José
Costa Rica

C O N T E N I D O

Volumen I

		Página
Lista de conferencistas		
EL CONCEPTO AGROECOSISTEMA	Louis A. Falcón	6
AGROECOSISTEMA DEL TROPICO	Robert D. Hart	15
COMPONENTES DE AGROECOSISTEMA DE CULTIVOS DE PLANTAS PERENNES	Eduardo Zafaroni y Gustavo Enríquez	26
CACAO COMO UN EJEMPLO DE CULTIVO PERENNE COMO COMPONENTE DEL AGROECOSISTEMA DE PLANTAS PERENNES	Gustavo Enríquez	32
ALGUNOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS ANUALES DE PEQUEÑOS AGRICULTORES EN EL ISTMO CENTRO-AMERICANO	Raúl Moreno	35
RESTRICCIONES SOCIO-ECONOMICAS REFLEJADAS EN LOS SISTEMAS DE CULTIVOS PRACTICADOS POR PEQUEÑOS AGRICULTORES	Luis Navarro	66
EL PAPEL DE MODELO EN LA INVESTIGACION Y DESARROLLO AGRICOLA	Robert D. Hart	86
PROCESOS DE FORMACION DE LA COSECHA	Oscar Arias	97
CRECIMIENTO Y PRODUCCION	Oscar Arias	119
EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE LOS PARASITOS VEGETALES Y SU IMPORTANCIA EN EL RENDIMIENTO DE LAS COSECHAS	Oscar Arias	133
HISTORIA DEL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS	Donald J. Calvert	141

		Página
POR QUE ALGUNOS ORGANISMOS SE CONVIERTEN EN PLAGAS	Fausto H. Cisneros	151
CONTROL CULTURAL	Fausto H. Cisneros	156
CONCEPTOS DE CONTROL MICROBIOLOGICO	Donald J. Calvert	170
DETERMINACION DE POBLACIONES DE NEMATODOS	Róger López Ch.	178
EVALUACION DE LA DENSIDAD DE POBLACIONES DE INSECTOS Y EL CONCEPTO DE NIVELES DE DAÑO ECONOMICO	Michael E. Irwin	185
MUESTREO - UTILICE LA INFORMACION QUE LE DA LA PLANTA	Andrew Gutiérrez	195
PLAGAS DE VERTEBRADOS Y LA AGRICULTURA EN AMERICA LATINA	G. Clay Mitchell	200
EL USO Y EVALUACION DE DEPREDAADORES Y PARASITOS EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN AGROECOSISTEMAS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES	Keith L. Andrews	207
ALGUNAS PRACTICAS COMUNES PARA COMBATIR INSECTOS EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES	Joseph L. Saunders	228
RESISTENCIA DE LA PLANTA HOSPEDERA A INSECTOS EN SISTEMAS DE CULTIVOS	Frank B. Pears	235
MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A ENFERMEDADES	Gustavo Enríquez y Jorge Soria	245

	Página
TENDENCIAS MODERNAS EN EL FITOMEJORA- MIENTO PARA LA RESISTENCIA DEL HOS- PEDERO Y SUS IMPLICACIONES EN EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS	H. David Thurston 259
CONCEPTOS BASICOS SOBRE EL MANEJO DE GRANOS ALMACENADOS	Theodore A. Granovski 268
EVALUACION DE PERDIDAS POSCOSECHA	Theodore A. Granovski 278
ENSAYO DE METODOLOGIA EFECTUADO EN EL SALVADOR	Theodore A. Granovski 291
DOCUMENTACION DE LA LITERATURA SOBRE ENTOMOLOGIA ECONOMICA	Humberto Jiménez-Saa 295

ANEXO

Lista y direcciones de participantes al curso

Contenido Volumen II

Contenido Volumen III

CONTENIDO VOLUMEN III

Reportes Nacionales

	Página
Lista de participantes	3
PANAMA	4
COSTA RICA	27
NICARAGUA	50
HONDURAS	76
EL SALVADOR	81
GUATEMALA	96
REPUBLICA DOMINICANA	123
HAITI	137