PN-AAP-310
ISN 33454

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL
DE INVESTIGACION 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 I

CATIE – UC/USAID – OIRSA

TURRIALBA, COSTA RICA

27 AGOSTO – 21 SETIEMBRE

1979

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL
DE INVESTIGACION 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 I

CATIE – UC/USAID – OIRSA

TURRIALBA, COSTA RICA

27 AGOSTO – 21 SETIEMBRE

1979

P R O L O G O

El curso regional sobre Control Integrado de Plagas en Sistemas de Producción para Pequeños Agricultores ha sido el resultado de la integración de los esfuerzos de sus patrocinadores. Se conjugaron para su realización la dirección académica de la Universidad de California, la financiación de AID, la participación de OIRSA y la capacidad instalada, tanto técnica como física del CATIE.

Este esfuerzo se concretó en un curso intensivo que, de naturaleza regional permitiera cumplir con los objetivos programados: mejorar y actualizar los conocimientos de técnicos nacionales directamente involucrados en control de plagas.

El enfoque integrado del combate de plagas encaja dentro de los objetivos y filosofía del CATIE puesto que considera la utilización racional de todas las herramientas disponibles: control cultural, biológico, y químico. El control integrado propicia la utilización juiciosa de un arma tan poderosa como los productos químicos con la consecuente racionalización del uso de insumos por parte del agricultor, factor importante para este en general, y vital para el de escasos recursos.

El curso contó con participantes de Centro América y el Caribe, seleccionados por su idoneidad en el campo del control de plagas.

Los conferencistas fueron seleccionados en base a su capacidad y conocimientos de los factores que componen la base conceptual y práctica del control integrado.

Además de la util discusión generada, de la comunicación de ideas, conocimientos y de la definición de metas, el curso ha producido tres volúmenes que incluyen la edición de las conferencias y el análisis de la situación en cada país, los cuales me es grato poner a su disposición en el deseo que sean de provecho para el desarrollo de sistemas de control, cada vez más en acuerdo con las necesidades de preservar el medio ambiente para las generaciones futuras.

Santiago Fonseca Martínez; Ph.D
Director del CATIE

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 Agronomico 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 I

		Página
Lista de Conferencistas		
EL CONCEPTO AGROECOSISTEMA	Louis A. Falcón	6
AGROECOSISTEMA DEL TROPICO	Robert D. Hart	15
COMPONENTES DEL AGROECOSISTEMA DE CULTIVOS DE PLANTAS PERENNES	Eduardo Zafaroni 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 CENTROAMERICANO	Raúl Moreno	35
RESTRICCIONES SOCIO-ECONOMICAS REFLEJADAS EN LOS SISTEMAS DE CULTIVO PRACTICADOS POR PEQUEÑOS AGRICULTORES	Luis A. Navarro	66
EL PAPEL DE MODELOS 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
EFECTOS FISIOLOGICOS 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 DEPREDADORES 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 FITOMEJORAMIENTO PARA LA RESISTENCIA DEL HOSPEDERO 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	275
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	306
Contenido Volumen II	309
Contenido Volumen III	311

Best Available Document

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.
University 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 Nº 2 piso 1
San Salvador, El Salvador

Harold T. Reynolds, Ph.D.
Department of Entomology
Universidad of California
Riverside, CA 92502

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 Enríquez, Ph.D.

EL CONCEPTO AGROECOSISTEMA 1/

Louis A. Falcon 2/

La planta cultivada no crece sola, sino que está rodeada de organismos y de fenómenos, condiciones y eventos naturales y artificiales, las plantas de la misma especie, las malezas, las plagas (insectos y enfermedades), los organismos benéficos que matan las plagas, lluvia, sol, viento y humedad del aire, el suelo, la capa freática, cultivos y otra vegetación adyacente, prácticas agronómicas del hombre y muchos más. Todo ésto forma un sistema de interrelaciones, en el cual los componentes individuales se influyen mutuamente. Tales sistemas naturales complejos se llaman ECOSISTEMAS. Como son sistemas agronómicos, se llaman AGRO-ECOSISTEMAS y es el ambiente en el que se desarrollan los cultivos y se producen las ganancias económicas.

Obviamente, el control de plagas debe considerar las condiciones y requisiciones de este ambiente para su máxima eficiencia. Por ejemplo, una aplicación de insecticida cuando los insectos benéficos son abundantes y mantienen la plaga a un nivel de daño tolerable, sería no solamente antieconómica (aplicación innecesaria), sino perjudicial, porque mata a los benéficos, y la plaga libre de sus enemigos surge a altos niveles donde causa daño. Por consiguiente, el agricultor o técnico debe conocer las interrelaciones de los componentes importantes del agroecosistema durante toda la temporada del cultivo, para poder tomar las medidas correctivas adecuadas. El muestreo es el medio por el cual el agrónomo se informa sobre lo que pasa en su campo, muestreando periódicamente el estado del cultivo y las poblaciones de plagas y benéficos.

Así el agrónomo investiga la ecología de su cultivo, y en realidad, el control integrado de plagas es ECOLOGIA APLICADA aprovechando los conocimientos de esa ciencia para la práctica. En un agroecosistema existen varios cultivos simultáneamente, o se siguen de determinada sucesión. Las características de los diferentes cultivos, así como las prácticas agronómicas ejecutadas en ellos, influyen a los otros cultivos vecinos en espacio y tiempo. Por tanto, el control integrado como ECOLOGIA APLICADA no debe contemplar los cultivos en forma separada. Todos forman parte del agroecosistema, y muchos son atacados por las mismas plagas. Por ejem

---

1/ Parte de la información presentada, en este reporte, fue desarrollada por el personal del Proyecto Control Integrado de Plagas que operó en Nicaragua de 1970 a 1978. Este Proyecto fue un esfuerzo combinado de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Banco Nacional de Nicaragua y varias otras entidades.

2/ Universidad de California, Berkeley, California 94720, Estados Unidos.

plo, en Nicaragua al tiempo de la cosecha de la "Primera" del maíz* el algodón empieza a formar partes frutales, y el elotero se traslada del maíz al algodón. Sembrar sorgo al lado del algodón puede ser beneficioso: áfidos en el sorgo atraen numerosos predatores que luego migran al algodón. Asociar cultivos puede conllevar otros beneficios: sembrar en terrenos inclinados sorgo y maíz en fajas alternas con leguminosas o pastos reduce la erosión del suelo. Las fajas de leguminosas o pastos interceptan la tierra deslavada del maíz y sorgo. Sembrar dos cultivos en un sólo campo (cultivo múltiple: maíz con frijol, yuca con maíz, etc.) aumenta la productividad de la tierra y la diversidad del ecosistema que influye casi siempre favorablemente en la composición de la fauna insectil.

Cogollero, elotero, gusano negro y falso medidor atacan al algodón, maíz, sorgo y frijol. En el algodón nicaraguense cada año se observa que los insectos benéficos desaparecen en los campos durante setiembre-noviembre, incluso en campos no tratados con insecticida, y las plagas aumentan. En la temporada temprana (junio-agosto), sin embargo, los benéficos son abundantes y las plagas relativamente raras. Un fenómeno similar parece afectar también los cultivos de granos básicos: infestaciones severas de plagas ocurren en la "Postrera" (setiembre-noviembre), mientras la "Primera" es menos afectada.

¡Qué beneficioso sería entonces producir la mayoría de los granos básicos en la "Primera"¡ pero en la práctica, la "Primera" de frijoles y sorgo en muchas zonas es limitada por regímenes de lluvias desfavorables. El período de cosecha coincide con periodos lluviosos (agosto-setiembre) que dificultan el secamiento de los granos. Al principio de la "Primera", (mayo-junio) las lluvias son a menudo inseguras. En la "Postrera" hay precipitaciones ideales, y por éso es el período principal de producción de granos, pero tiene graves problemas de plagas.

En el plano Pacífico, el cultivo de algodón es el responsable de problemas en la producción de granos. Los monocultivos extensos, las aplicaciones masivas de insecticidas en algodón y los incendios expansivos en los montes han perturbado el ambiente, suprimiendo también los enemigos naturales de las plagas en cultivos de granos. Además, aplicaciones numerosas inducen resistencia, y las plagas aumentan. La chicharrita del maíz y el achaparramiento limita gravemente la producción de maíz; la mosca blanca inunda los frijoles, y el cogollero ataca más severamente que en otras zonas.

La resistencia se disemina fuera de los campos de tratamiento químico y alcanza otras especies de insectos: el zancudo, Anopheles albimanus, vector del paludismo, es ahora resistente contra todos los insecticidas aplicados en el algodón, y en zonas algodoneras los casos de malaria aumentan.

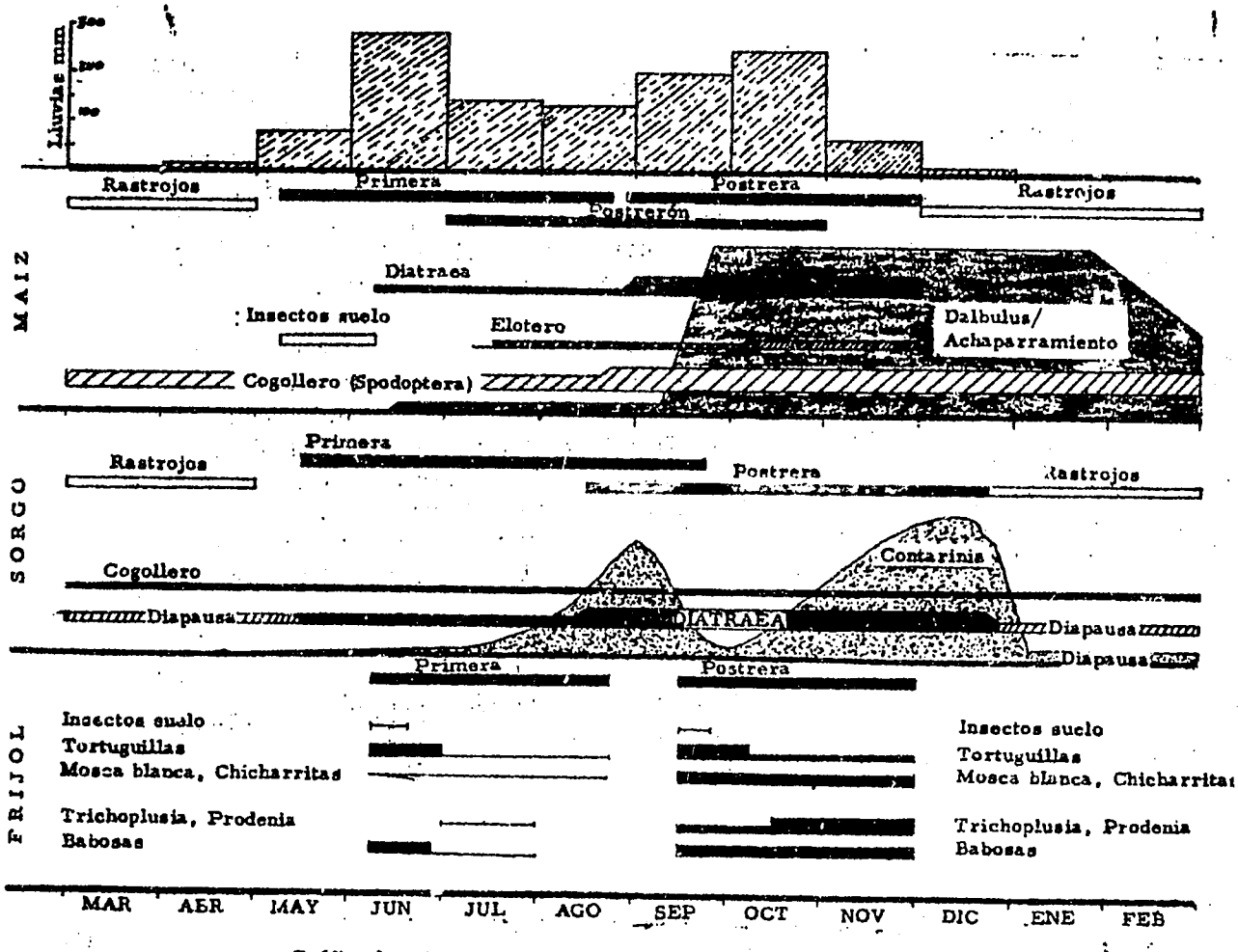
---

* Primera = Primer período de siembra
Postrera = Segundo período de siembra
(Ver gráfica 1)

La fundación del control integrado es basada en un conocimiento detallado del agroecosistema. Esto suena muy complicado y lo es, y probablemente nunca un agroecosistema será comprendido por completo. También lo que se conoce de un agroecosistema en un valle o distrito, será indicativo, pero casi nunca se puede aplicar directamente a otras zonas. Cada zona varía por diferentes grados porque el clima es un poco diferente, y/o las variedades son diferentes, etc. Aún campos vecinos en una misma región pueden ser diferentes.

Un agroecosistema está formado de varios componentes, algunos de los principales se ven en la gráfica. A esta se le puede agregar: 1) temperatura, que son de 26 a 29°C (78-84°F) y 2) la distribución del control biológico. La fauna insectil de parásitos y de predatores está presente en los meses de noviembre a agosto con mayor amplitud en los meses de noviembre a enero. Desaparece en los meses de setiembre y octubre, cuando los hongos entomogenios dominan. Esto se debe a la alta cantidad de lluvia para esta época. Tabla 1.

Gráfica 1. Agroecosistemas de Granos Básicos en Nicaragua.



Gráfica 1.- Agroecosistemas de Granos Básicos en Nicaragua.

Tabla 1. El Desarrollo y Efecto de los Hongos Entomógenos en los Meses de Setiembre y Octubre en el Plano del Pacífico de Centroamérica

1. Las esporas se mantienen en el suelo todo el año.

2. Para Setiembre-Octubre la mucha lluvia resulta en crecimiento de la vegetación y ésta forma una canopia.

3. Abajo de la canopia es oscuro y fresco (27 a 28°C) y 100% de humedad relativa y estas condiciones favorecen la esporulación de las esporas.

4. Las esporas se distribuyen por acción de las lluvias y después por movimiento de los insectos infectados que están distribuídos en las hojas y otras partes de las plantas.

5. Los insectos presentes en esta región son atacados por las esporas, las cuales germinan y entran por el cutículo de los insectos. Adentro del hongo crece matando el insecto, produciendo más esporas y de esta manera manteniendo el ciclo.

6. Los hospederos incluyen todo tipo de insectos porque estas especies de hongos no son específicos. Incluídos están los depredatores y parásitos y también plagas y otros insectos.

7. En poco tiempo la fauna insectil adentro de la canopia desaparece.

8. Hay cierta fauna insectil que está migrando como mariposa de la família Noctuidae. Estas ovipositan en las partes superiores de las plantas donde las condiciones no favorecen los hongos. Sólo después cuando las larvas hayan eclosionado y bajado adentro de la canopia son atacadas por los hongos.

LOS AGROECOSISTEMAS DE GRANOS BASICOS EN NICARAGUA

1. Maíz y Sorgo

En Nicaragua, el maíz se cultivó en 212,000 Ha. en 1977, aproximadamente el 80% en la Primera, principalmente por el pequeño agricultor que usa variedades criollas y técnicas tradicionales. El sorgo ocupó una área de 43.000 Ha. el mismo año, con un 65% sembrado en la Primera, cuya mitad fue sembrada en minifundios usando variedades criollas, la otra en latifundios empleando variedades híbridas y tecnología moderna.

En el maíz la plaga insectil clave es el cogollero Spodoptera frugiperda. Principal causante del uso de insecticidas que ocurre en maíz en Nicaragua y puede disminuír la producción hasta un 50%. En la zona Paci-

fica la chicharrita, Dalbulus maidis, es un vector espiroplasma y de los virus que causan "achaparramiento" y el rayado fino de la hoja del maíz. Fue descubierto en Nicaragua en 1956 y es la plaga clave en la Postrera.

Por esta razón no se recomienda sembrar maíz en esta época en el Pacífico.

La plaga clave del sorgo es la mosquita del sorgo, Contarinia sorghicola. En Nicaragua, la producción se reduce normalmente entre el 10 y 20% por el daño de la mosquita. Incluso se han reportado pérdidas totales de cosecha; pero muchas veces por desconocimiento se atribuye su daño a otras causas: mala fertilización, mal tiempo, variedad o calidad de semilla, actividad genética, etc. Por su reducido tamaño (las mosquitas son difíciles de observar, y su presencia puede ser inadvertida.

El maíz y sorgo son atacados por defoliadores, taladradores, chupadores e insectos del suelo. Como defoliador, el cogollero es el más importante. La langosta medidora, Mocis latipes, ocurre irregularmente, pero si está presente, puede causar mucho daño. En las primeras semanas del crecimiento, tortuguillas (Colaspis, Diabrotica) pueden causar algún daño, pero generalmente no ameritan control. Afidos pueden ocurrir, pero no causan daño; al contrario aumentan la fauna benéfica por servir como alimento para la misma. El taladrador Diatraea lineolata puede alcanzar poblaciones altas en la Postrera. Para este insecto se estableció que un promedio de 4 internudos dañados bajó la producción en un 10%. El daño en la mazorca causado por Heliothis zea y/o S. frugiperda es en general muy ligero y no justifica aplicaciones de insecticidas.

Las plagas del suelo se desarrollan más en campos donde el mismo cultivo se siembra contínuamente. En general, aplicaciones de insecticidas son poco efectivas cuando el cultivo ya se ha establecido. Por éso el agricultor debe determinar la presencia de estas plagas y estimar sus poblaciones antes de la siembra.

Los daños son generalmente más severos en campos mal preparados o preparados tardíamente. Las larvas pueden alimentarse de los restos del cultivo o malezas enterradas antes que la nueva siembra germine. Por éso se recomienda preparar los campos bien y con suficiente anticipación. Deben darse varios pases de rastra con intérvalos de dos semanas, así se eliminan muchas larvas y pupas, las que estando descubiertas son atacadas por pájaros y otros animales.

En esta situación vemos otros componentes del agroecosistema que son los rastrojos del cultivo, malezas, pájaros y otros animales.

La eliminación de vegetación por más de 45 días rompe el ciclo de ciertas plagas del suelo y así, la próxima siembra queda libre del ataque. Por ejemplo, en campos sembrados anteriormente con maíz debe efectuarse esta práctica y evitar que los cogolleros multiplicados en el maíz ataquen después el frijol como cortador. Rotación con cultivos menos favorables para las plagas es una forma de control cultural.

Una buena densidad de plantas permite al agricultor tolerar el ataque de cortadores y el daño de otros insectos en el suelo.

Este ejemplo demuestra como se puede influír un agroecosistema; por esta razón es posible que aún fincas vecinas pueden ser muy diferentes una a la otra.

El cogollero reduce la producción no solamente por defoliación y destrucción de los granos, sino también por eliminar las plantas raleando su densidad. Manteniendo un nivel bajo de daño foliar (20%) por mayor uso de insecticidas atenúa simultáneamente el efecto raleador del cogollero. En cambio, hay mermas en producción bajo niveles elevados por el efecto raleador irrestringido. A causa de ésto se encontró que la producción por planta era igual bajo los niveles de 20 y 50% de plantas dañadas, pero el rendimiento por unidad de superficie fue menor en el 50% donde el cogollero eliminó plantas. En otro experimento se determinó concluyentemente que el umbral del 20% de plantas dañadas es económicamente recomendable. El umbral de 50% requirió en ambos ensayos una aplicación de insecticidas menos que el 20%. 1/.

Mediante la defoliación artificial que simulaba el daño de cogollero se investigó el grado de tolerancia de la planta en el estadío de cogollo lo que se dividió en cuatro períodos iguales. En el primer período, una defoliación del más o menos 80% del peso de las hojas no afectó mucho la producción, la defoliación durante la primera mitad del estadío de cogollo demoró el desarrollo de la planta. En la segunda mitad del estadío, sin embargo, el daño redujo significativamente la producción, especialmente en variedades precóces. Esto significa que el control del cogollero es económicamente indicado 3 semanas después de la germinación. Un daño superficial ligero, como lo causan las larvas pequeñas, afectó relativamente poco en la producción.

Investigando la posibilidad de compensar el daño del cogollero y taladrador por medio de la fertilización y densidad de siembra, se encontró que las plantas fertilizadas fueron más atractivas y sufrieron más daño. Los datos parecen indicar una fuerte interrelación entre la densidad de plantas, fertilización y magnitud de daño por cogollero. La sequía también puede debilitar la tolerancia de las plantas al daño del cogollero.

El control biológico natural del cogollero puede ser muy efectivo, especialmente en el interior del país. Se identificaron 17 especies de parásitos; su incidencia varía en tiempo y espacio. Un nemátodo parasítico (Heyamermis) y una mosca taquínida (Laspyresia) son unos de los parásitos más efectivos.

El conjunto de los parásitos puede eliminar por lo menos el 50% de las larvas. Por éso es importante usar los insecticidas de tal manera

---

1/ Mezcla de Lorsban (chlorpyrifos) aserrín.

que perjudiquen lo menos posible la acción de los enemigos naturales. Por ejemplo, el uso de Furadan, que es también un nematicida, contra insectos del suelo, elimina seguramente los beneficiosos nemátodos Hexamermis, depredadores y patógenos son factores de mortalidad importantes; patógenos sobretodo hongos, causan altas mortalidades cuando las poblaciones insectiles son elevadas.

Diatraea lineolata tiene menos enemigos naturales que el cogollero. Trichogramma spp., un parásito ovífago, puede eliminar un alto porcentaje (más de la mitad) de los huevos, debe considerarse como el enemigo natural más importante del taladrador. Los tres parásitos larvarios encontrados parecen ser muy efectivos. El porcentaje más alto observado fue el 20%. En los rastrojos en verano, se encontraron depredadores (hormigas) y enfermedades (hongos) eliminando parte de las larvas.

En Nicaragua se usan extensivamente docenas de variedades criollas de maíz y sorgo. La variedad Tuza Morada exhibía alta resistencia contra el cogollero y elotero atacando el chilote. Fertilizantes aumentaron esta resistencia, pero la debilitaron en otra variedad, X-105-A.

Un factor que limita la extensión de los cultivos del pequeño agricultor es la mano de obra para el deshierbe. Esta labor a menudo no es disponible por la escasez de trabajadores, o faltan los recursos para pagarla. La agricultura de mínima o cero labranza asume un gran significado en esta situación. En maíz, en la región de Managua, las malezas gramíneas albergaron larvas del cogollero que luego pasaron al cultivo causando un 80% de defoliación. Una fauna benéfica no estaba presente. En otros casos, el cogollero aumentó su ataque al maíz después del deshierbe que le privó de su hospedero silvestre; la fauna benéfica era abundante. En un ensayo que comparaba lotes enmalezados y limpios no hubo diferencias en la incidencia del cogollero, su daño y su parasitismo.

En América Latina el sistema de producción que intercala maíz y frijol es muy común y muy apropiado para el pequeño agricultor considerando riesgos, economía y nutrición. Se encontró que S. frugiperda, bajo ciertas condiciones, infesta menos el maíz intercalado con frijol que el maíz de monocultivo.

2. Frijol

Es difícil determinar una plaga insectil clave en frijol. Las especies varían año tras año y en cada lugar. La siembra de primera es generalmente libre de poblaciones de plagas económicamente relevantes. La Postrera puede sufrir altas pérdidas. La tendencia es de sembrar el frijol en postrera.

El frijol es atacado por defoliadores, plagas de la vaina, chupadores y transmisores de virus, y plagas originadas del suelo. Los defolia

dores incluyen el complejo de Lepidoptera (Spodoptera, Trichoplusia, Estigmene) y las tortuguillas (Cerotoma, Diabrotica, Colaspis, Nodonata). Las larvas lepidópteras pueden también atacar la vaina verde cuando ocurren en temporada avanzada. Las tortuguillas pueden transmitir virus. Las plagas del suelo incluyen gusanos cortadores, "gallina ciega" (Phyllophaga), gusanos alambre, "coralillo" (Elasmopalpus) y babosas (Vaginuluz). Chupadores son la mosca blanca (Bemisia) y la saltahoja (Empoasca).

En 1976 se descubrió el picudo de la vaina, Apion godmani, como una plaga seria en la zona de Nueva Segovia. Su daño había causado una diseminación rápida del uso de insecticidas en esa zona rural.

Varios esfuerzos se hicieron para determinar el nivel económicamente crítico del picudo Apion, pero los ensayos fueron perturbados por sequías, poblaciones y daños de picudo muy bajos, y falta de cooperación de los agricultores. Al fundarse en las agujas la población nociva de larvas, su presencia y magnitud no pueden estimarse debido a su pequeñez. El único criterio para estimar los daños venideros es la densidad de picudos adultos durante el estadío de agujas. Los esfuerzos para determinar niveles críticos de picudos deben por ésso correlacionar sus números con la cantidad de agujas presentes al mismo tiempo, subdividiendo el período de agujas en intervalos cortos. Se comparan las sumas de picudos y agujas en cada intervalo, estimando el área debajo de las respectivas curvas. Ensayos en jaulas serán los más promisorios. Los estudios indicaron que la humedad parece influír en el potencial dañino de Apion; por tanto debe incluírse el factor agua como una covariante.

Se colaboró con el CIAT en un programa de evaluación de una posible resistencia contra Apion en 20 variedades del frijol para su futura incorporación en la variedad Honduras-46. Mientras el CIAT suministraba las semillas y efectuaba las recomendaciones genéticas, se probaba el material en Jalapa, Nueva Segovia. Tres variedades mostraron grados promisorios de resistencia: Negro Brillante D., Negro Brillante 150, Ojo de Cabra A. Los ensayos fueron perjudicados por sequías, ausencia de Apion y descuido por los agricultores co-obrantes.

El potencial de control biológico y control natural es muy alto en el cultivo del frijol como indican los numerosos organismos benéficos encontrados. Especialmente Trichoplusia, susceptible a virus y hongos, y parasitada por 5 himenópteros y 1 taquínido, se controla mejor biológicamente; sus larvas grandes son bastante resistentes contra insecticidas.

Los distintos estadíos del desarrollo de la planta influyen en la fenología de las plagas, e imponen diferentes niveles de susceptibilidad a distintas plagas. Determinar los estadíos entomológicamente importantes y conocer su sucesión cronológica es por tanto una tarea básica del control integrado.

Para fines prácticos los siguientes estadíos en el desarrollo de la planta de frijol son relevantes: plántula, fase vegetativa, floración, llenado de granos, madurez. Estas etapas son significativas para umbrales de daños económicamente permisibles.

Umbrales de daño económico en el follaje se determinaron con más éxito. La planta de frijol pudo tolerar hasta el 50% de defoliación permanente, sin merma significativa en la producción. Sin embargo, más investigación es necesaria para detectar las respuestas específicas de los 4 estadíos de desarrollo a la defoliación.

En resúmen, un agroecosistema representa el ambienta total en donde se desarrolla el cultivo. En este ambiente están todos los organismos y ocurren los fenómenos, condiciones y eventos naturales y artificiales que determinan el destino del cultivo.

Para investigar y desarrollar el uso del control integrado, es necesario conocer bien el agroecosistema. Esto requiere identificación de los componentes principales y conocimiento de su interacción en espacio y tiempo.

Para lograr ésto es necesario sumergirse dentro del agroecosistema, observar, tomar muestras y conducir experimentos. Así el especialista en control integrado investiga la ecología de su cultivo y desarrolla la ecología aplicada que es control integrado.

Los agroecosistemas son los sitios de producción de alimentación humana, y forman así la base de vida de una nación y hasta del mundo entero. Todo esfuerzo debe hacerse para mantenerlos viables y en estado de alta productividad. Deben manejarse cuidadosa y consideradamente para evitar su agotamiento y destrucción irreversible. El control integrado de plagas es una forma para lograr esta meta.

AGROECOSISTEMAS DEL TROPICO

Robert D. Hart*

Un ecosistema es un sistema de organismos vivientes y el medio con el cual intercambian materia y energía (2); este sistema es una de las unidades más estudiadas en Ecología. Existen muchas metodologías y herramientas que los ecólogos han desarrollado durante los últimos años para analizar y entender como funcionan estas unidades.

Un agroecosistema es un ecosistema que cuenta por lo menos con una población con valor agrícola; la población o las poblaciones agrícolas pueden ser cultivos, animales o ambos. Estos cultivos o animales interactúan con otras poblaciones bióticas como malezas, insectos, y enfermedades para formar una comunidad biótica. La comunidad biótica interactúa con el ambiente físico para formar un agroecosistema.

Una importante diferencia entre ecosistemas naturales y agroecosistemas es que el desempeño de un agroecosistema está directamente influído por la intervención del hombre. Esta intervención es programada; el agricultor tiene un propósito para el sistema y maneja el sistema a base de un plan de manejo.

Aunque los agroecosistemas no son ecosistemas naturales, todavía son ecosistemas y muchos de los conceptos ecológicos como flujo de energía, ciclaje de materiales, etc. son aplicables al estudio de agroecosistemas. Como los agroecosistemas contienen poblaciones de plantas y animales que interactúan, los conceptos ecológicos relacionados con la interacción entre poblaciones, como competencia y depredador-presa, también tienen aplicabilidad.

Hay dos tipos de agroecosistemas; los que tienen un subsistema de cultivos (pueden ser anuales, perennes, árboles, etc.) y los que tienen un subsistema pecuario. En la siguiente discusión de la estructura y función de agroecosistemas, se enfatizan los agroecosistemas con cultivos.

Existen muchas similitudes entre agroecosistemas del trópico y agroecosistemas de zonas templadas, pero también existen muchas diferencias importantes. Tienen diferentes características estructurales y a la vez diferencias en funcionamiento. Lo que sigue es un resumen de las características generales de estructura y función de agroecosistemas tropicales. Esta caracterización es seguida por una breve descripción de las

---

* Especialista en Sistemas de Producción. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

diferencias principales entre agroecosistemas del trópico y los de zonas templadas.

ESTRUCTURA

Los componentes de un agroecosistema con cultivos son:

1. Poblaciones de plantas; cultivos y malezas.
2. Poblaciones de animales; herbívoros y carnívoros naturales.
3. Poblaciones de micro-organismos; virus, bacterias y hongos beneficiosos y también micro-organismos dañinos.
4. Nutrientes del suelo.
5. Agua del suelo.

Estos componentes interactúan para formar arreglos con características relacionadas con la estructura de los agroecosistemas. Esta distribución puede ser en el tiempo y en el espacio. Ejemplos hipotéticos de arreglos espaciales y arreglos cronológicos de diferentes componentes de un agroecosistema están resumidos en la Figura 1.

Arreglos de cultivos

Cuando las poblaciones de plantas de un agroecosistema incluyen cultivos, se puede separar estas poblaciones de las otras plantas e identificar un arreglo de cultivos. Un arreglo de cultivos es la distribución de los cultivos en el tiempo y el espacio. Se notará que un arreglo de cultivos no es un sistema de cultivos, porque no incluye el concepto de función. En inglés se refiere a esta unidad como un "cropping pattern"

Arreglos de malezas

Las malezas de un agroecosistema también están distribuídas en el tiempo y el espacio. Durante un período de tiempo es posible describir el cambio en especies de malezas al desarrollarse un agroecosistema. También, en un instante de tiempo dado se puede describir la posición espacial (por ejemplo, en los surcos sembrados con cultivos, o en la calle entre los surcos) de los diferentes tipos de malezas que ocupan el sitio.

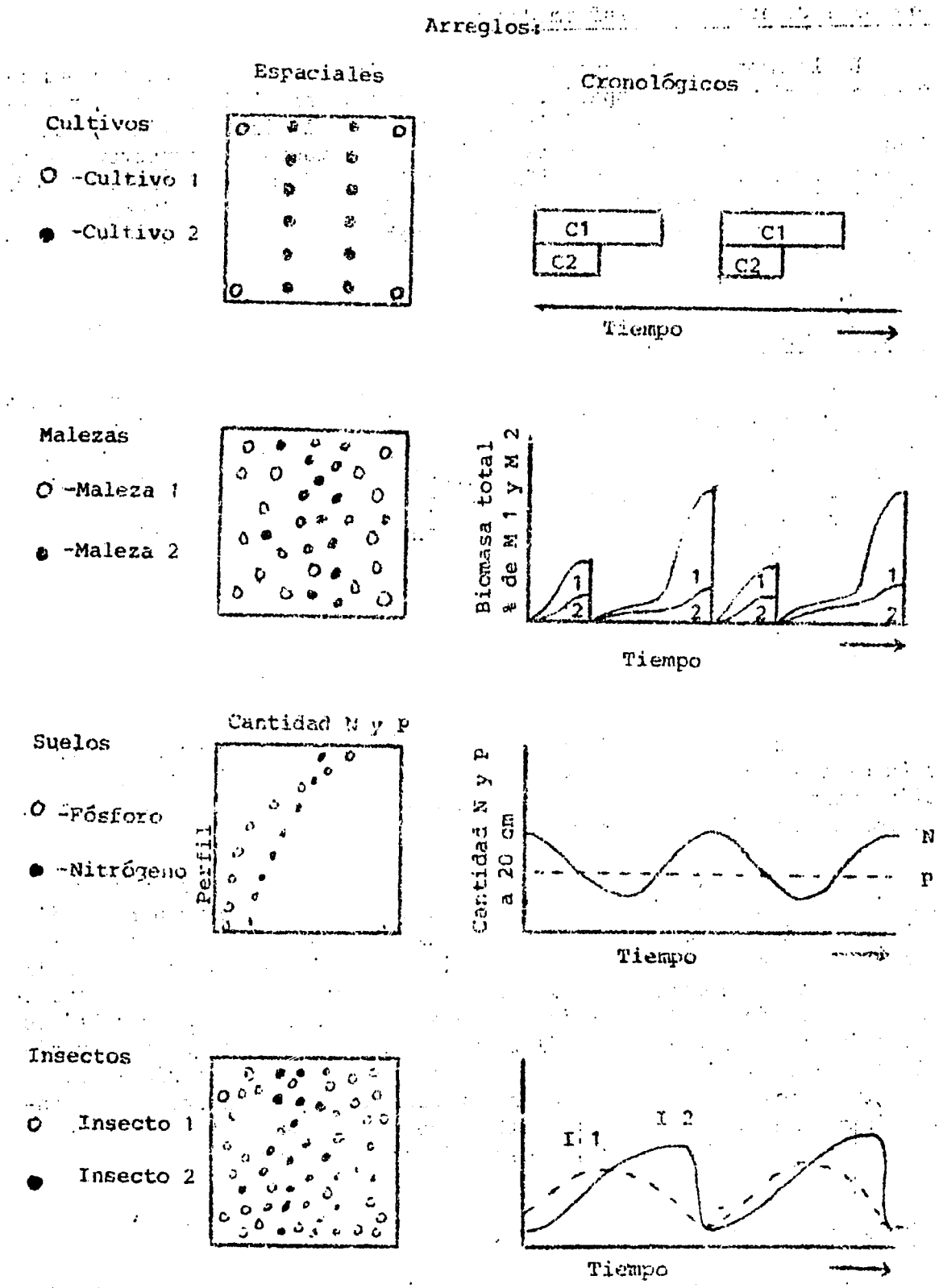


Figura 1. Arreglos espaciales y cronológicos hipotéticos de cultivos malezas, nutrientes de suelo, e insectos de un agroecosistema.

Arreglos de insectos y enfermedades

De la misma manera que se puede describir la distribución de plantas en el tiempo y el espacio, los insectos y enfermedades también pueden tener un arreglo cronológico y espacial. El ciclo de vida de un insecto dañino tiene mucha relevancia en el estudio de estructura de un agroecosistema. La distribución espacial de enfermedades también puede contribuir a la estructura de un agroecosistema. La distribución espacial de enfermedades también puede contribuir a la estructura del agroecosistema.

Arreglos físicos dentro del suelo

Los nutrientes y el agua del suelo dentro del subsistema de suelos de un agroecosistema también tienen una distribución en el tiempo y el espacio. Tal vez la distribución espacial más importante de estos componentes está relacionada con la disponibilidad de nutrientes y agua a diferentes niveles de profundidad en el perfil del suelo. Cambios en esta disponibilidad en el tiempo generan un arreglo cronológico.

FUNCION

Los componentes bióticos y físicos del agroecosistema interactúan y funcionan como un sistema. Flujos de energía, materiales e información entran y salen en los diferentes subsistemas y el resultado es un desempeño dinámico del agroecosistema.

La Figura 2 es un diagrama de un agroecosistema con un sistema de cultivos con dos cultivos. Las fuentes del sistema incluyen radiación solar, precipitación, nutrientes disponibles como resultado de mineralización, herbívoros, enfermedades, micro-organismos del suelo, semillas de cultivos, malezas, energía humana y energía de maquinaria o animales de tracción. Esta energía de manejo, las semillas de los cultivos y los insumos agrícolas (fertilizante, herbicida, insecticida y fungicida) entran al sistema a base de un plan de manejo del agricultor. Las otras entradas como radiación, precipitación, herbívoros, etc. están fuera del control del agricultor, aunque el agricultor sí puede afectar estos flujos cuando ya están dentro del sistema.

Subsistema de suelos

Agua, nutrientes y semilla entran al agroecosistema por medio del subsistema de suelos y este subsistema funciona como un almacenamiento de estas entradas. Estos flujos entran al subsistema de suelos del

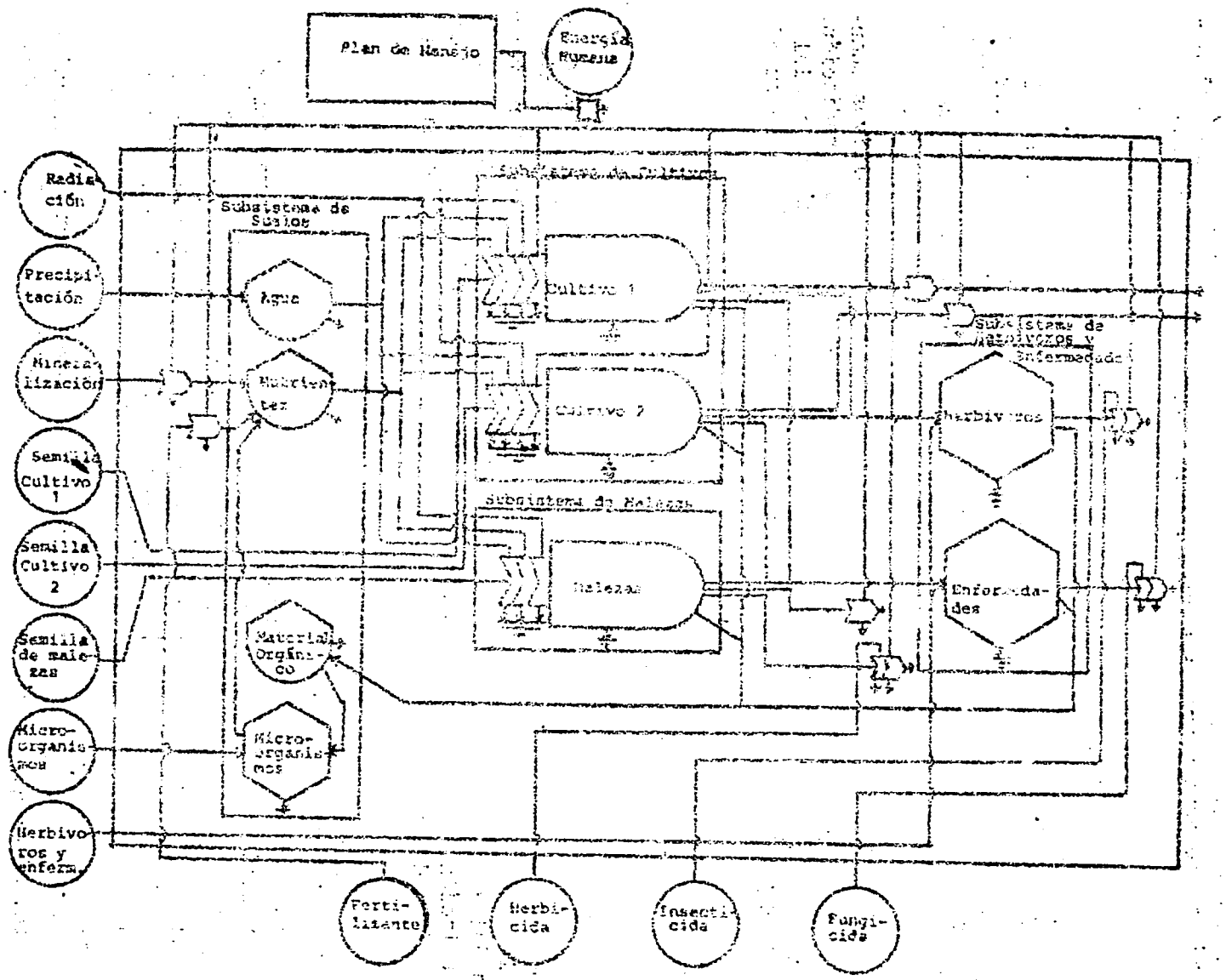


Figura 2 Flujo de materiales, energía información por un agroecosistema con un subsistema de cultivos con dos cultivos

Best Available Document

medio ambiente. La materia orgánica es otra entrada al subsistema de suelos, pero este flujo entra cuando mueren las plantas y animales del agroecosistema. El subsistema de suelos es un sistema muy complejo, contiene procesos bióticos como la actividad de micro-organismos que liberan nutrientes de la materia orgánica, procesos físicos como el movimiento de agua y procesos químicos como fijación de nutrientes, etc.

Subsistema de cultivos y subsistema de malezas

Las poblaciones de cultivos y malezas compiten por el agua, los nutrientes del suelo y por radiación solar. Estos arreglos de cultivos y arreglos de malezas toman estas entradas y por medio de procesos fisiológicos producen biomasa de cultivos y malezas y funcionan como sistemas de cultivos y sistemas de malezas.

Generalmente hay un incremento en las poblaciones de cultivos cuando se incrementa las entradas de semillas, agua, nutrientes y radiación, hay una disminución cuando mueren las plantas (cuando terminan un ciclo de vida o con la aplicación de herbicida en el caso de malezas) y cuando los herbívoros y las enfermedades imponen un efecto negativo.

Subsistema de herbívoros y enfermedades

Los arreglos espaciales y cronológicos de herbívoros y enfermedades también funcionan como un sistema. Las poblaciones aumentan con el consumo de cultivos y malezas y con la migración de más organismos, y disminuyen cuando los organismos mueren (o por causas naturales o por efecto de la aplicación de insecticida y fungicida), cuando los organismos salen del agroecosistema, y cuando hay menos cultivos y malezas para comer. La relación entre las plantas y los insectos de un agroecosistema es de tipo depredador-presa.

Plan de manejo

Los objetivos del agricultor al manejar un agroecosistema siempre están relacionados con el sistema de cultivo (o el sistema de animales en casos cuando el agroecosistema tiene un subsistema pecuario). Pero para conseguir un desempeño del sistema de cultivo consistente con sus necesidades, el agricultor aplica un plan de manejo a nivel de agroecosistema y realiza los siguientes tipos de actividades:

1. Introduce semillas de cultivos, sembrándolas en un arreglo espacial y realiza actividades de manejo de los cultivos como raleo, podas, etc. si es necesario.

2. Aumenta las entradas naturales del sistema, añadiendo nutrientes (fertilizante), preparando el suelo para aumentar la mineralización natural e incorporando materia orgánica.

3. Disminuye la competencia de las malezas, preparando el suelo en una forma para disminuir la propagación de malezas, sacando las malezas a mano, o aplicando herbicida.

Disminuye el efecto negativo de los herbívoros y enfermedades aplicando insecticidas y fungicidas.

5. Cosecha la biomasa de cultivos con valor agrícola.

La decisión de realizar estas actividades es un resultado de un plan de manejo. Antes de tomar una decisión, el agricultor considera la fecha, el ambiente y el estado actual del agroecosistema. La Figura 3 es un bosquejo de un plan de manejo para un agroecosistema con un subsistema de cultivos de maíz y maicillo (sorgo). Se supone que al empezar un ciclo, el agricultor tiene en mente los cultivos que va a sembrar y como va a preparar el terreno, deshierbar, controlar insectos y enfermedades y cosechar los cultivos. También se supone que el agricultor tiene en mente sobre cual base va a tomar la decisión de implementar estas actividades.

En el plan resumido en la Figura 3 el agricultor decide chapear las malezas antes de preparar el suelo, considerando solamente la fecha. Por ejemplo, el agricultor se pregunta: ¿es el mes de marzo?, si la respuesta es no, él espera; si la respuesta es sí, el agricultor implementa su plan de cómo chapear.

Un agricultor puede tomar decisiones a base de las condiciones del agroecosistema sin considerar otros factores. Por ejemplo, pudiera decidir cuando limpiar mirando la cantidad de malezas en el agroecosistema y decidir cuando cosechar usando criterios asociados con la madurez fisiológica de los cultivos. El ambiente también puede ser un factor sobre el cual toma decisiones. Por ejemplo, un agricultor pudiera decidir sembrar a base de la cantidad de lluvia en un período.

En muchos casos las decisiones de manejo se toman con base en una combinación de la fecha, el ambiente y la condición del agroecosistema. Por ejemplo, un agricultor pudiera decidir aplicar fertilizante en el mes de mayo (fecha), cuando ha llovido por lo menos dos veces (ambiente), y cuando el maíz tiene 30 cm de altura (el agroecosistema).

El plan de manejo resumido en la Figura 3 es mucho más simple que un plan real de un agricultor. En muchos casos los planes no son ciclos simples; el agricultor considera opciones. Un diagrama de un plan de manejo con opciones tendría más de una manera para completar el ciclo. Un ejemplo de un plan con opciones sería el caso en el cual un agricultor espera sembrar una rotación de arroz-frijol o una rotación de maíz y frijol intercalado seguido por frijol. El agricultor decide sembrar arroz o maíz + frijol en base a la lluvia; si llueve en mayo, él siembra arroz; si no llueve hasta junio él siembra maíz + frijol. Al terminar la cosecha de arroz o de maíz + arroz, el agricultor prepara el terreno y siembra frijol. Un diagrama de este plan de manejo tendría una línea

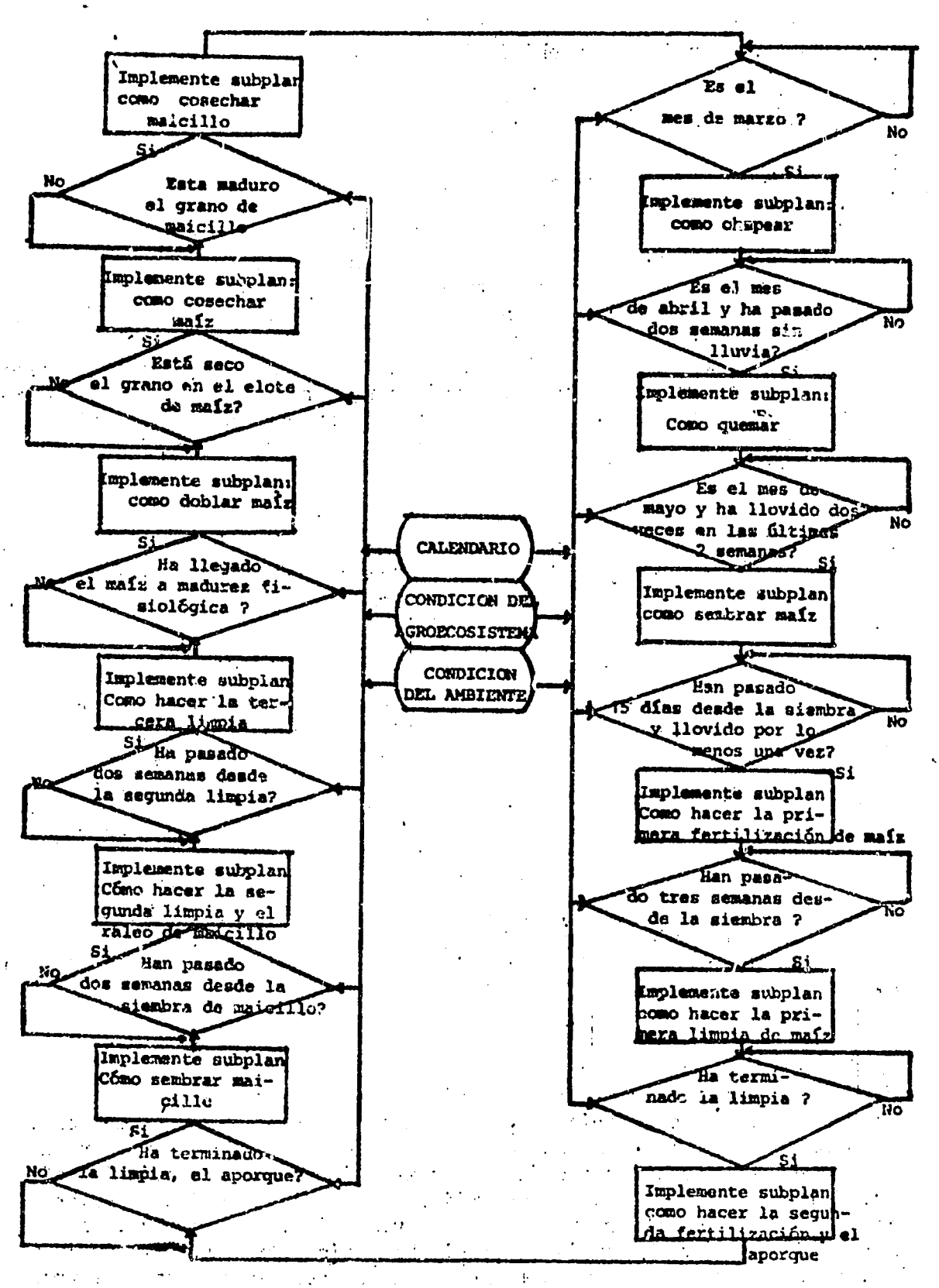


Figura 3 Un plan de manejo hipotético para un agroecosistema con un sistema de cultivos de maíz y maicillo.

describiendo las decisiones en el manejo de arroz y otra línea, describiendo las decisiones en el manejo de maíz + frijol. Las líneas se juntarán con la siembra del frijol.

Comparación con agroecosistemas de zonas templadas

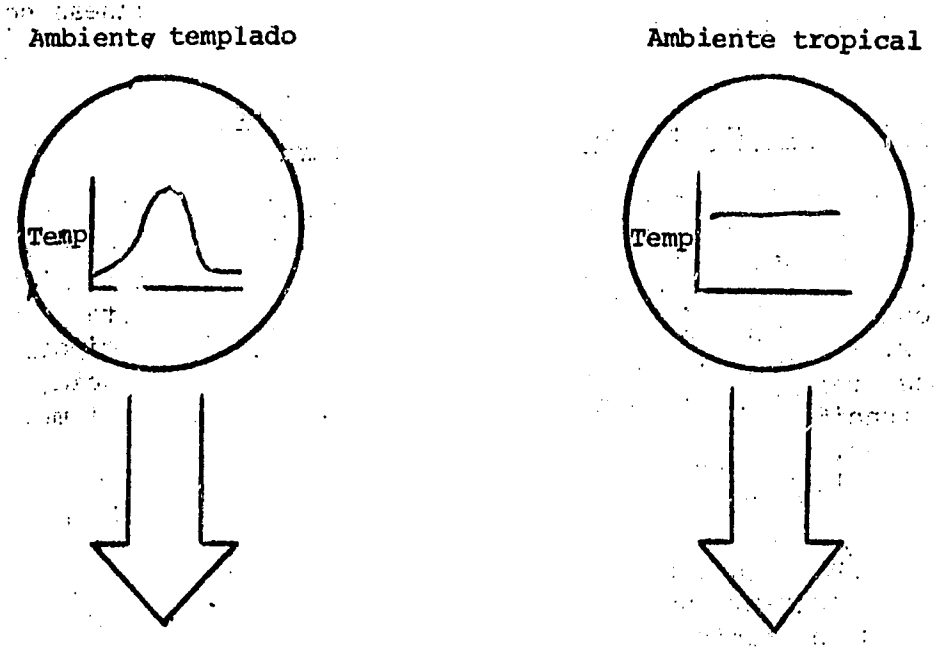
El Cuadro 1 es un resumen de las diferencias principales entre agroecosistemas de zonas templadas y agroecosistemas de zonas tropicales. La diferencia más obvia entre climas templados y climas tropicales es la variabilidad cronológica de la temperatura. Las estructuras de los agroecosistemas en estos dos tipos de climas reflejan estas diferencias. A su vez, las diferencias en las estructuras de los dos tipos de agroecosistemas afectan la función de los sistemas. Las diferencias en estructura y función de agroecosistemas del trópico y de zonas templadas son suficientes, tanto que hay que tener mucho cuidado en la transferencia directa de la tecnología de zonas templadas a zonas tropicales.

El cultivo individual ha sido la unidad de investigación agrícola que tradicionalmente ha recibido mayor atención en zonas templadas. Este enfoque ha tenido éxito porque los sistemas de cultivos de los agroecosistemas en zonas templadas son simples, generalmente con sólo un cultivo. La baja temperatura en el invierno reduce las malezas, insectos y enfermedades a un estado tal, que el cultivo sembrado en la primavera recibe relativamente poca competencia biótica. El resultado es que el cultivo domina el agroecosistema. Es lógico, por lo tanto, que investigación enfocada al cultivo individual sea aplicable a nivel de agroecosistema.

En el trópico la poca variabilidad de la temperatura durante el año produce una comunidad biótica muy diferente a un agroecosistema de zonas templadas. Para aprovechar los recursos físicos disponibles durante el año, y para competir con las malezas, insectos y enfermedades que también se aprovechan del ambiente favorable, los agricultores del trópico tradicionalmente han diseñado sistemas de cultivos con dos o más cultivos. Estos cultivos interactúan en el tiempo (rotaciones, relevos, etc.) y en el espacio (cultivos intercalados, etc.). Los cultivos también interactúan fuertemente con las malezas, insectos y enfermedades. Ecológicamente, un cultivo es solamente un componente más en un agroecosistema tropical y no domina el sistema como en el caso de agroecosistemas en zonas templadas.

Debido a que los agricultores del trópico usan generalmente menos insumos químicos, y porque la competencia biótica es alta, la producción agrícola de agroecosistemas tropicales en muchos casos es menor que agroecosistemas de zonas templadas. Esto sucede a pesar de que la productividad ecológica (cultivos, malezas, etc.) puede ser más alta en el trópico (1). Pero los agroecosistemas del trópico generalmente producen más diversidad de productos y la producción de un producto ocurre más frecuentemente en el año.

Cuadro 1. Una comparación entre la estructura y función de agroecosistemas de ambientes templados y ambientes tropicales.



Estructura de agroecosistemas

Ambiente templado	Ambiente tropical
Un cultivo con cero interacción espacial y poca interacción cronológica.	- Dos o más cultivos con interacción espacial y con interacción cronológica.
Baja diversidad de malezas, insectos y enfermedades; baja interacción entre especies.	- Alta diversidad de malezas, insectos y enfermedades; alta interacción entre especies.

Función de agroecosistemas

Ambiente templado	Ambiente tropical
- Baja eficiencia en la fijación de energía solar y nutrientes.	- Alta eficiencia en la fijación de energía solar y nutrientes.
- Reciclaje de nutrientes, de poca importancia.	- Reciclaje de nutrientes de alta importancia.
- Producción alta, pero solamente una vez al año.	- Producción baja, pero ocurre dos o más veces en el año.
- Producción limitada por aspectos físicos.	- Producción limitada por aspectos físicos (agua) en zonas húmedo-secas y aspectos bióticos en zonas húmedas.

Las diferencias en la estructura y función de agroecosistemas tropicales y agroecosistemas de zonas templadas es tal que las estrategias de manejo de los dos sistemas pueden ser muy diferentes. En zonas templadas, se ha enfatizado el incremento de insumos y la selección de variedades que responden a estos insumos. La complejidad e interacción entre los componentes de agroecosistemas tropicales implica una estrategia compleja que incluye un control integrado de malezas, insectos y enfermedades. La investigación para mejorar los agroecosistemas tropicales tiene que partir de esta realidad.

LITERATURA CITADA

1. JANZEN, D. H. Tropical Agroecosystems. Science 182:1212-1219. 1973.

2. SUTTON, D. B. y HARMON N. P. Fundamentos de ecología. Traducido al español por J. G. Velasco F. México, Editorial Limusa. 1977. 295 p.

COMPONENTES DEL AGROECOSISTEMA DE CULTIVOS DE PLANTAS PERENNES *

Eduardo Zaffaroni**
Gustavo A. Enríquez***

INTRODUCCION

Los cultivos perennes de exportación de los países tropicales, tales como café, banano, cacao, caña de azúcar, algodón y algunos frutales, constituyen las principales fuentes de divisas de dichos países.

En el trópico existe una inecuación entre la abundante y constante cantidad de energía solar disponible y la energía utilizada para la conversión de la primera en productos económicos. El desarrollo de sistemas agrícolas que puedan realizar una más eficiente conversión de esa energía radiante es, sin lugar a dudas, una de las prioridades de la investigación agrícola en los trópicos. Por otra parte, la expansión de la frontera agrícola en el trópico húmedo implica la sustitución del bosque por sistemas de cultivos más económicos, pero con la menor perturbación del climax existente.

LOS CULTIVOS INTERCALADOS COMO UNA FORMA DE DIVERSIFICACION Y PROTECCION

La diversificación, en cuanto se refiere a la agricultura, se define como el sistema dedicado a la producción de una amplia variedad de productos. La asociación o intercalación de dos o más cultivos tiende a diversificar la producción, lo que trae aparejado las siguientes ventajas: 1) determina un uso más eficiente del terreno pues permite que dos o más cultivos crezcan en la misma superficie; 2) ayuda al combate de malezas, al haber mayor cobertura del suelo por los cultivos; 3) un cultivo puede suministrar sombra temporal para plantas jóvenes, por ejemplo, sombra temporal para cacao puede ser dada por *Cajanus cajan*, higuerilla o yuca; 4) inversión más racional de la mano de obra, la mayor parte de las veces, ya que los jornales se distribuyen a través del año al combinarse especies que no compitan por labores; 5) mejor utilización del capital; debido a que los costos de producción se pueden distribuir entre los cultivos; 6) se logra una reducción de los riesgos en los problemas climáticos, pues en la mayoría de los casos hay una protección o defensa de unos a otros; 7) menor posibilidad de ataque de plagas y enfermedades. Existen enfermedades y plagas que no se transmiten de un cultivo a otro ya que uno sirve de barrera para disminuir la propagación; 8) reducción de los riesgos de pérdidas cuantiosas debido a fluctuaciones bruscas

---

* Adaptado de: 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.

** Mag. Sci., Brasil.

*** Ph. D., Jefe Programa de Plantas Perennes, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

de los precios de un producto agrícola. El otro o los otros cultivos sirven de regulador de las entradas para el agricultor; 9) proporciona un mayor ingreso por unidad de área; al haber una reducción en los costos por cultivo, generalmente se tiene un menor rendimiento que en los cultivos puros, pero la suma de los cultivos asociados da un mayor ingreso por unidad de superficie.

Algunas de las desventajas que se pueden anotar son: 1) puede existir competencia por agua y nutrimentos, entre los sistemas radicales de ambas siembras, si bien es posible variar las distancias entre plantas; 2) algunas enfermedades pueden contagiarse de un cultivo a otro; 3) puede ser difícil graduar la cantidad de sombra que el cultivo inferior necesita; 4) debido al uso intensivo del terreno, la fertilidad del suelo puede agotarse rápidamente. Uno de los factores más limitantes puede residir en el mantenimiento de niveles adecuados de fertilidad, sin embargo, algunos de los cultivos produce sombra la cual no se cosecha, las necesidades de fertilizantes van a ser menores debido a la producción de abundante materia orgánica que se incorpora al suelo; 5) es necesario un manejo continuo, para mantener una productividad sostenida.

Cuando se proyecta intercalar especies perennes será importante tomar en cuenta: 1) que los productos deben tener demanda en el mercado y acceso a los centros de consumo; 2) no deben producirse cultivos que compitan por la mano de obra en un mismo momento; 3) los cultivos deben ser apropiados a los suelos y al clima imperante; 4) no seleccionar especies que tengan los mismos problemas agronómicos; por ejemplo, plagas y enfermedades.

COCO Y CACAO

En algunos países una gran proporción de la población depende más o menos directamente de los cocoteros para su subsistencia, como ocurre en algunas islas del Pacífico Oriental. En dichos países, en donde el coco es prácticamente la única fuente de ingreso, cualquier desajuste (climático, de plagas, enfermedades y precios) puede dejar a una gran cantidad de gente sin ningún ingreso en dinero. Como se señaló, la diversificación mediante el cultivo intercalado ayudaría a minimizar los efectos de esas calamidades.

El sistema de asociación de coco con otros cultivos perennes es bastante común en fincas de Malasia, Filipinas y Sri-Lanka. Sin embargo, no existe literatura para el coco asociado en América tropical.

Para las condiciones de Papua Nueva Guinea, el espaciamiento relativamente amplio de 9 m. en triángulo para el coco, el preferido ya que permite interplantar cacao y reducir los riesgos de *Corticium* sp. en los cocos.

En Malaya en suelos considerados arcillosos aluviales, el espaciamiento deseado para cocos enanos es de 6,4 x 6,4 m para interplantar cacao, y de tres densidades probadas para este último cultivo, la mejor resultó 593 plantas/ha. En este experimento se obtuvo un buen rendimiento de cacao a los cinco años de edad, pero el máximo rendimiento puede ser esperado más tarde.

Debe darse mucho énfasis a los distanciamientos en la asociación, si tuviéramos 10 m x 10 m para el coco, en el medio de las dos hileras se pueden tener las plantas de cacao a un distanciamiento de 4 x 2 m, con dos hileras centrales dejando una distancia de 3 m desde el coco al cacao; otra alternativa podría ser plantar dos líneas de cacao separadas a 3 x 3 m, distanciando a 3,5 del coco. Se ha probado dos sistemas de siembra para plantar cacao bajo cocos de 16 años de edad; una y dos hileras de cacao entre las hileras de cocos, a los cuatro años de plantado, la producción fue significativamente mayor en las hileras simples, y el aumento en la producción de cocos fue mayor cuando el cacao se plantó en hileras dobles.

El cacao es un cultivo que no cabe duda debe ser incluído en las áreas de producción de cocos; el cacao crece lujuriosamente y produce frutos normalmente bajo la sombra parcial de cocos totalmente crecidos.

En Filipinas, según la opinión de muchos agricultores el cacao da mejor rendimiento bajo cocos. Además añaden que no hay evidencia que indique que -como se creía antes- se transfieren plagas y enfermedades de un cultivo a otro.

En Sri-Lanka en las zonas bajas semimontañosas, las fincas de cocos de los campesinos son casi invariablemente mixtas. Se cultivan jaca, nuez de areca, kitul, mango, cítricos, bananos, piña, e incluso ñames y verduras, siendo la base los cultivos perennes y entrando los otros en rotación según las estaciones o las necesidades de la familia.

Las experiencias realizadas por MARDI han demostrado que el cacao no ejerce efecto adverso sobre el crecimiento de los cocotales. Hay evidencias que indican que el mejoramiento de los niveles de manejo del cacao, mejor drenaje y aplicación de fertilizantes podrían beneficiar al coco interplantado.

Para cultivos mixtos de cacao y coco se nota un mejoramiento de la actividad microbiana en la rizosfera del coco, la que podría atribuirse a un aumento del contenido de materia orgánica en el suelo debido a la cobertura de las hojas del cacao, de toda la zona. En la parte noreste de Java, el cacao y el coco son a menudo asociados con ceiba (para producción de la fibra "kapok").

HULE Y CACAO

En general ambos cultivos están adaptados a similares condiciones de clima y suelo. *Hevea brasiliensis* es un cultivo de crecimiento elevado y el cacao es de más bajo crecimiento. Teóricamente los dos cultivos serían complementarios en la misma finca, durante el pico de demanda de labores para cacao, el látex no necesita ser extraído.

Asociados hule y cacao no han tenido éxito usando los espaciamientos comunes. El cacao quizás puede ser establecido bajo avenidas de plantas de hule, o raleando la población de hule cerca del final de la vida útil de

éste. Alternativamente el cacao podría ser plantado, para después de algún tiempo introducir un limitado número de tocones grandes de hule. Se realizó un experimento en donde se sembró un híbrido de cacao ("Upper Amazon") interplantado a 3 x 1.8 m entre hilera de hule espaciados a 18 m. El crecimiento del cacao en los primeros 18 meses fue vigoroso.

Generalmente se cometen errores cuando se trata de implantar cultivos mixtos plantando el hule en cuadrado, pues se produce una temprana y densa sombra al cultivo intercalado; tampoco es deseable tratar de obtener una población completa de hule y el cultivo intercalado. Se ha sugerido varios sistemas de siembra los cuales básicamente consisten de dos hileras de hule con 4, 6, ó 7 hileras de cacao o café intercalado. También se ha propuesto dos etapas en la plantación mixta: 1) creación del sistema hule, que comprende el desarrollo de sombra para el cacao y 2) creación del sistema cacaotero bajo la sombra obtenida.

La superioridad del cultivo mixto, basado en ingresos netos, puede deberse al hecho de que estimula una vegetación natural del clímax de fisonomía de dos niveles, en la que los dos pisos se complementan; también hay evidencias de que la cobertura del suelo, que hay en este tipo de plantación asociada, es muy similar a la del bosque clímax.

En una prueba de establecimiento de una serie de variedades de hule, se encontró fases de crecimiento satisfactorio bajo diferentes métodos; intercalando una cubierta de leguminosas, e interplantandas con plátanos, cacao o malanga.

Se ha señalado que árboles como el hule y la palma de aceite no sólo aumentan la ganancia total, sino que también sirven como sombra satisfactoria para el cacao.

PALMA DE ACEITE Y CACAO

En Sumatra se interplantó cacao en una plantación de palma de aceite de 19 años de edad que estaba sembrada a 12 m x 18 m; los árboles de cacao produjeron muy bien, igualmente, la palma de aceite ha sido interplantada con cacao en el Congo y Malaya. Bajo el espaciamiento normal (9 x 9 m) las palmas de aceite maduras proveen una sombra muy cerrada para el cacao. En Malaya el espaciamiento ha sido 12 x 6 m con dos hileras de cacao, el crecimiento fue satisfactorio pero el rendimiento fue bajo, esto pudo depender quizá del material genético.

También en el estado de Bahía, Brasil, se han efectuado comercialmente cultivos intercalados entre hule y palma con cacao.

Los distintos sistemas vistos anterioremnte presentan una característica común: se trata de árboles de porte alto asociados con árboles de baja estatura; esto constituye dos estratos de follaje bien diferenciados los cuales también ocurren en las raíces por debajo de la superficie del suelo.

La sombra de los árboles protege a la materia orgánica del suelo contra una rápida desintegración por los efectos del sol, las raíces de los árboles altos a menudo penetran en las capas más profundas del suelo que no son accesibles al cacao y extraen nutrimentos, depositándolos en la superficie en forma de hojas y ramas. Sin embargo, al estudiar la distribución de las raíces de árboles adultos de café y hule en cultivos intercalados se halló una entremezcla de las raicillas de las dos especies.

CAFE Y BANANO O PLATANO

En general, este tipo de asociación se realiza con la finalidad de que el banano le suministre sombra temporal al café.

Los plátanos parecen crecer en armonía con el cafeto, especialmente cuando éste se cultiva por el sistema de tallos múltiples, de tal manera que los tallos se puedan doblar hacia la luz.

Algunas de las ventajas del plátano son: 1) da sombra a los diez meses de plantado; 2) su follaje se puede graduar a gusto; 3) se pueden sembrar (semilla vegetativa) en cualquier tiempo del año; 4) forma vallas resistentes contra las pérdidas de suelo en laderas; 5) el fruto y las hojas constituyen un magnífico alimento para personas, aves y ganado; 6) la fruta es exportable; 7) el sistema radical es escaso y suave. Entre las desventajas tenemos: 1) poco resistente a los vientos; 2) no bota la hoja; 3) no prospera bien bajo la sombra de otros árboles, 4) tiene vida corta y degenera prematuramente; 5) es bajo y se tiene que sembrar muy junto al café para lograr una sombra adecuada; las flores despiden una secreción dulce que propaga la fumagina en los cafetos; 7) requiere poda periódica y constante para que las plantas no invadan el terreno; 8) por su sistema radicular compite mucho por los nutrientes con el café.

Se debe tener en cuenta la parte económica; en muchas regiones se ha dado el caso de que los cafetaleros financien los gastos del cafetal en principio con sólo el producto del plátano y aún tengan un superavit; en otros lugares no es tanta la importancia debido a la abundancia de plátano o por la distancia a los centros de consumo, pero de todos modos se le puede dar otra utilidad en la finca como ya se anotó.

Se considera generalmente que los bananos no son una buena sombra permanente para el café, aunque bajo ciertas condiciones puede ser satisfactoria como sombra temporal por 4 a 6 años.

Estudiando el efecto de interplantar banano con café en el rendimiento de este último, se concluyó que es bien difícil definir la razón o razones del efecto sobre el café; más particularmente; en ninguno de los ensayos fue posible separar la influencia de la sombra de banano sobre el rendimiento del café, de otros factores.

En México y Panamá un sistema tradicional de manejo de cafetales en fincas pequeñas utiliza una combinación de frutales, cítricos y plátano

principalmente. Los cafetos se plantan generalmente en marco real (3 x 3 m) y el cultivo asociado es plantado entre los surcos del café, con una distancia de 6 - 8 m entre uno y otro y no recibe ningún otro manejo que no sea el de la plantación y su cosecha. Distribuídas en el cafetal también se encuentran especies frutales tales como naranjos, nísperos, mameyes, chicozapotes y zapote blanco.

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE SISTEMAS POLIESTRATADOS

Los cultivos que tienen diferentes alturas y hábitos de enraizamiento pueden ser agrupados para formar combinaciones compatibles, así permitir una interacción y utilización de la luz a diferentes niveles y explotar el suelo a distintos estratos. Ha sido comprobado que cuando se plantan cocos en espaciamiento de 7,5 x 7,5 m hay una ineficiente utilización de suelo, ya que las raíces de los cocoteros sólo cubren 2 m alrededor del tronco, por lo tanto es posible sembrar otras especies entre las plamas. En un sistema de coco + pimienta + cacao (canelo) + piña, el coco estuvo a una distancia de 7,5 x 7,5 m y dentro de este espacio crecieron los otros cultivos. El coco creció a 10 - 30 m de altura, funcionando como el techo de este "edificio de cultivos", el segundo piso lo construyó la pimienta desarrollando un dosel sobre el tronco del coco a una altura de 3 - 8 m; el cacao, el cual creció entre 1,5 - 2,5 m formó el primer piso y la piña, con su sistema radical poco profundo, formó el piso más bajo.

En Costa Rica la adición de *Cordia alliodora* (árbol maderero) en los cafetales, con sombra de *Erythrina poeppigiana* y en menor grado *Inga* spp., produce una comunidad en tres estratos, con posibilidades económicas aparentemente excelentes y todavía no bien investigadas.

Un Sistema Integrado Permanente Estratificado (SIPE) puede evitar la lixiviación, la pérdida de nutrientes y conservar el recirculamiento de nutrimentos en las explotaciones de zonas tropicales húmedas. Esto se puede lograr con la formación de un sistema autosustentado, integrado por: árboles de utilidad especial ya existentes en el bosque, pejibaye, cacao, banano y *Xanthosoma* sp. Se puede establecer tres tipos de SIPE: 1) subsistencia; 2) mixto (de subsistencia y capitalización) y 3) de capitalización ("cash crops").

CONCLUSIONES

Varios de los sistemas expuestos representan una alternativa de diversificación importante para fincas tropicales, algunas de ellas con resultados muy buenos tales como el intercalado de coco y cacao. Sería muy interesante investigar este sistema en América tropical donde existen condiciones apropiadas para ambos cultivos, como la zona atlántica de Costa Rica.

En general, los sistemas descritos presentan ventajas y desventajas que se deberán analizar en cada caso en particular. A pesar de que la investigación con estos cultivos perennes requiere tiempo y dinero, el esfuerzo debe hacerse por ser necesaria mayor información y por lo promisorio que aparecen varias de las alternativas analizadas.

CACAO COMO UN EJEMPLO DE CULTIVO PERENNE COMO COMPONENTE DEL AGROECOSISTEMA DE PLANTAS PERENNES

Gustavo A. Enríquez*

Debido al área de distribución del cacao y a su origen muy antiguo, la planta de cacao presenta una enorme variabilidad en todas las características del árbol.

El cacao es un árbol que en estado silvestre puede crecer muchos metros de altura, pero en estado domesticado alcanza de 5 - 8 m, con una copa también muy variable que puede ir de 7 a 9 m de diámetro. El tronco central tiene un crecimiento ortotrópico hasta formar una roseta denominada horqueta o verticilo que puede tener de 3 a 7 ramas laterales de crecimiento plagiotrópico. Hay mucha variación en la altura a la que se sitúa esta horqueta o primer piso y puede variar de 0,5 a 1,5 m, dependiendo en gran parte de la influencia medio ambiental. Si por alguna razón el verticilo sufre algún daño, entonces un cupón lateral terminal toma más altura y forma otro molinillo, el tronco puede alcanzar alturas de 2 o más metros; como las ramas laterales tienden a desaparecer, da la impresión de ser un solo tronco con el tiempo.

Algunas variedades de árboles tienen un crecimiento hacia arriba, formando árboles erectos y de buena conformación; otros árboles tienen un crecimiento lateral a partir de las ramas laterales del primer molinillo. Este tipo de crecimiento ocasiona un alto crecimiento de chupones, que distorsionan completamente el árbol, haciéndose una mata muy difícil de manejar.

La forma de las hojas también varía considerablemente, desde muy alargadas a redondeadas. El color puede variar de verde blanquecino, con alguna coloración, hasta café o chocolate oscuro, en los primeros días de su crecimiento. Todas ellas más tarde dan una coloración verde que puede variar del blanquecino al verde bien intenso. Las hojas tienen un pulvinus que varía mucho de tamaño dependiendo de la variedad.

Aunque el tamaño de la hoja puede estar en función de la cantidad de luz que recibe, hay mucha variación de acuerdo a las variedades. Hay mucha variabilidad en el ángulo de inserción de la hoja tanto basal como apical.

El color de la flor también es muy variable, desde carente totalmente de pigmentos (albino), con una coloración verde blanquecina, hasta flores bastante pigmentadas con coloraciones casi rojizas. El tamaño también varía mucho entre variedades, pero puede estar bastante afectado por el medio ambiente.

---

* Ph.D., Jefe del Programa de Plantas Perennes, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

La mazorca es quizá el órgano que más varía dentro del árbol, pudiéndose decir prácticamente que no hay dos árboles, provenientes de semilla, que tengan mazorcas iguales.

En lo que respecta a la forma, se considera que hay cuatro formas básicas:

a) Angoleta, mazorcas alargadas, puntiagudas, amplia en la base, sin estrangulación, surcos profundos, superficie muy verrugosa.

b) Cundeamor, mazorca oval, puntiaguda en el extremo, hombro estrecho como cuello de botella. Surcos bastante profundos, superficie muy verrugosa.

c) Amelonado, mazorca generalmente oval, redondeada por el extremo, con o sin contracción en la base, superficie entre muy lisa y suavemente verrugosa, surcos muy poco marcados.

d) Calabacillo, mazorca de forma redondeada, superficie lisa, surcos muy poco marcados, mazorca en general muy pequeña.

Alrededor de estas formas básicas, se puede encontrar todos los tipos intermedios y combinaciones imaginables, sin embargo, la forma de la mazorca es uno de los medios más usados para distinguir variedades o grupos genéticos de cacao.

Los surcos varían de casi imperceptibles hasta surcos profundamente marcados. De pareados hasta notoriamente individuales. Se puede encontrar mazorcas completamente lisas hasta sumamente corrugadas o verrugosas. Los colores, en general, dependen de células de base blanca que se pigmentan con clorofila (verde) y otros pigmentos (rojo) dando todas las tonalidades imaginables. Esta característica también está bastante influenciada por la luz y la temperatura.

El grosor de la cáscara varía mucho también desde muy delgado hasta muy grueso. Se observa también que la cáscara, independientemente del grosor puede variar de suave a muy dura; esta dureza generalmente depende del mesocarpio, capa fina y generalmente dura que se encuentra a la mitad de la cáscara de la mazorca.

El número de semillas por mazorca varía mucho desde 1 a 65, y depende directamente de la polinización y la fecundación. El número de óvulos es una variable típica para caracterizar los clones y puede variar de 40 a 75, repartidos en 5 lóculos. Es una característica genética muy estable.

El color de la semilla varía desde el blanco o sea sin pigmentación o albinos, hasta el morado bien fuerte o púrpura; también existen coloraciones moteadas de diversas tonalidades y es el resultado del proceso denominado Xenia. El tamaño de la semilla varía desde 0,5 a 4,0 cm de largo como semilla seca. El ancho puede variar de 0,4 a 2,5 cm y el espesor de 0,5 a 2,5 cm., pudiéndose encontrar semillas de formas muy variadas, desde triangulares, alargadas, aplanadas hasta redondeadas y muchas otras formas o combinaciones.

La pulpa que recubre las semillas puede tener coloración blanca hasta un poco amarillenta; en algunas ocasiones, puede encontrarse algo pigmentada, seguramente debido al escape del pigmento de los cotiledones.

Algunos tipos de cacao tienen autoincompatibilidad y otros pueden ser autocompatibles. En general, se puede observar varios grados de compatibilidad; esto es 25, 50, 75 y 100%, dependiendo de los factores genéticos envuletos en el fenómeno.

Algunos clones son fáciles de enraizar, otros son sumamente difíciles. Debido a la gran variabilidad que hay en la especie, ha sido posible observar resistencia o inmunidad a algunas enfermedades, pero los estudios son aún muy escasos.

TRABAJOS DE MEJORAMIENTO

Las primeras investigaciones de importancia en cacao fueron realizadas a comienzos del presente siglo en Trinidad; más tarde se desarrolló en Indonesia, Ghana, Nigeria, Ecuador, Costa Rica, Colombia y en los últimos años existe algún tipo de investigación en casi todos los países productores de cacao, pero el proyecto que seguramente está haciendo más contribución en este momento es el de Brasil en Itabuna (CEPLAC).

En general, el mejoramiento de los árboles de cacao ha seguido los mismos lineamientos que el mejoramiento para otras plantas:

a) Estudio y entendimiento de los principales problemas que aquejan al cultivo en un área determinada.

b) Establecimiento de los objetivos del programa y las estrategias para el desarrollo y logro de los mismos.

c) Colección del material promisorio y formación de una colección de germoplasma. Generalmente la selección original debe ser realizada en plantaciones comerciales.

Para esta selección se debe considerar criterios como la autofertilidad, productividad, calidad del grano, resistencia a plagas y enfermedades y otras características que pueden ser deseables dentro del programa para cumplir los objetivos propuestos.

A comienzos de siglo el interés más importante fue la selección de árboles para alto rendimiento, pero luego con la aparición de problemas muy serios respecto a enfermedades y plagas, la atención se ha concentrado en combinar estas características. También se ha puesto mucha atención a la selección de tipos de calidad superior para satisfacer la creciente demanda de alta calidad en el chocolate o producto final del cacao.

5419

ALGUNOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS ANUALES DE PEQUEÑOS AGRICULTORES EN EL ISTMO CENTROAMERICANO

Raúl Moreno*

Introducción

Un Sistema de Producción de cultivos es el conjunto de actividades que se realizan y materiales que se usan para que un cultivo o un conjunto de ellos convierta los recursos de un ambiente dado, en productos para satisfacer una necesidad del agricultor.

La disposición de cultivos en el tiempo y en el espacio, se denomina arreglos de cultivos ("cropping pattern", en inglés). El conjunto de interacciones entre los cultivos (componentes), integrantes de un sistema de producción y entre éstos y el medio físico-geológico (agua, suelo, insectos, malas hierbas, etc.) se denomina sistema de cultivos.

El conjunto de acciones que el hombre realiza por sí mismo o a través de cualquier instrumento o maquinaria, para modificar la tasa de conversión de recursos en productos que realiza el arreglo de cultivos y todo el conjunto de decisiones que ello implica, se denomina manejo.

En otras palabras, un sistema de producción de cultivos está constituído por el arreglo de los cultivos, sus interacciones con el medio físico biológico y el manejo que se le da. También, en el idioma castellano, hablar de sistema de cultivo, usando la palabra "cultivo" como verbo, implica a veces, el concepto de sistemas de producción de cultivos, ver Figuras 1, 2 y 3.

En general, el sistema de producción de cultivos que predomina en una área geográfica dada es la resultante de la interacción entre factores ambientales de tipo físico biológico y de tipo socio-económico, que son característicos de esa área en particular.

En los países subdesarrollados y principalmente entre agricultores de subsistencia, son los factores físico-biológicos los que determinan con mayor importancia el tipo de sistema de producción que predomina en un país, en una región de él, o en un área dentro de la región.

El tema general de esta charla es demasiado extenso y complejo, así es que por razones de espacio, a través de unos pocos ejemplos, se tratará de cubrir la amplia gama de sistemas de producción de cultivos anuales que existen entre agricultores pequeños en el Istmo Centroamericano. Para diferenciar entre sistemas, se usará arbitrariamente la precipitación como variable determinante.

---

* Fitopatólogo, CATIE, Turrialba.

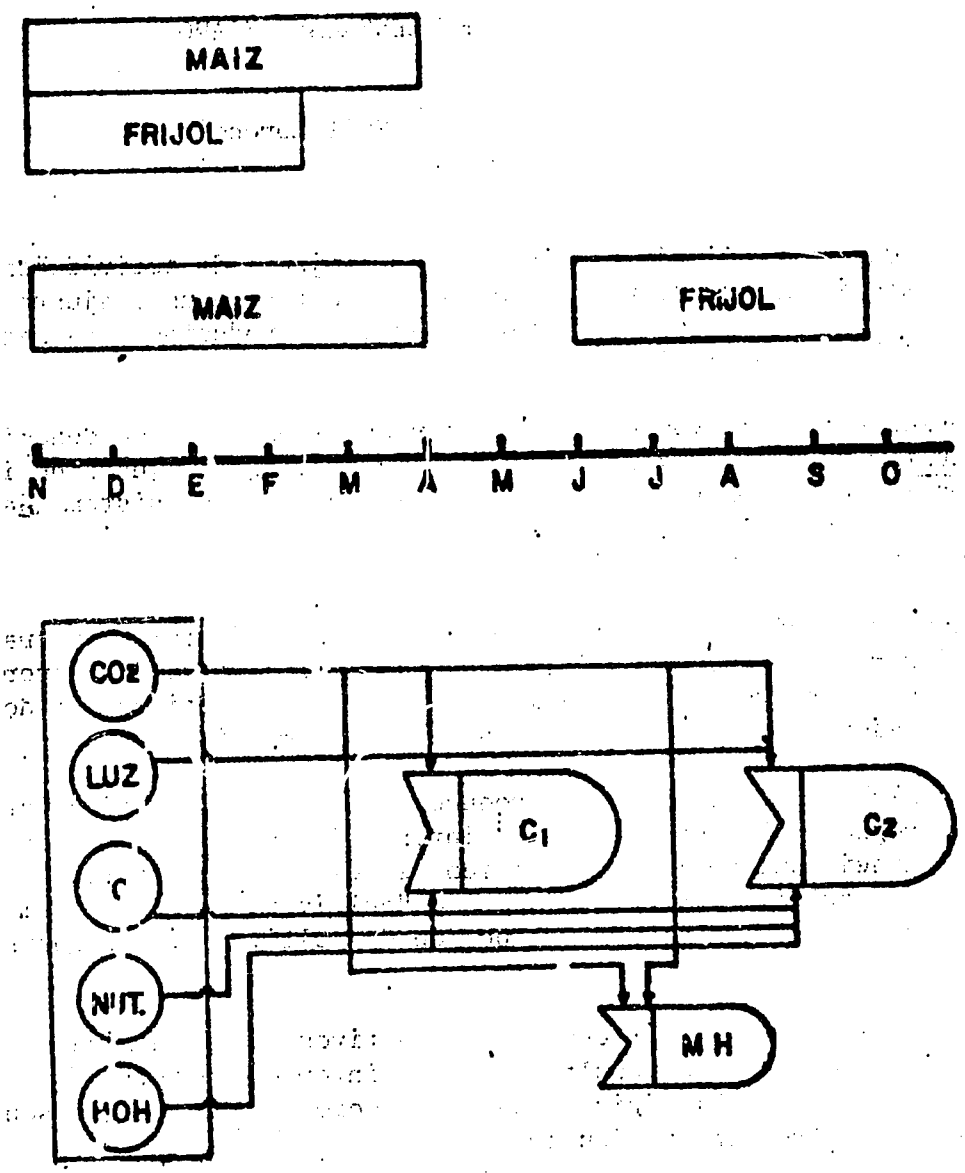


Figura 1. Arreglo de cultivos en el tiempo, en la parte superior una asociación de maíz y frijol y en la parte inferior de la figura, un cultivo doble de estos componentes en el año agrícola.

Figura 2. Uso de factores físicos por el sistema de cultivos e interacción entre los componentes del sistema. C_1 y C_2 = componentes útiles y cultivados; MH = malas hierbas (por simplicidad no se han incluído insectos, enfermedades y algunos flujos).

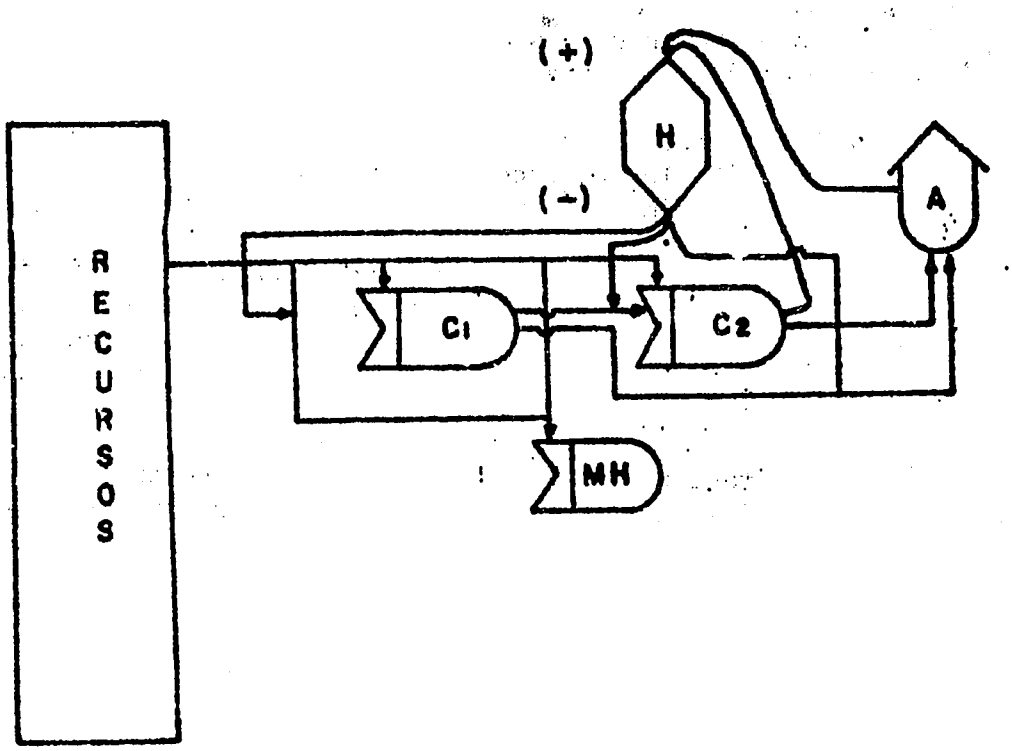


Figura 3. Un sistema de producción de cultivos, incluye los recursos físicos (Agua, CO_2, Luz, Oxígeno, Nutrientes) el sistema de cultivos (C_1, C_2, MH, insectos, etc.,) y el manejo del hombre (H). A = almacenamiento (otra vez por simplicidad no se incluyen varios componentes).

La Precipitación como Determinante de Sistemas de Producción de Cultivos:

Se entiende por variable ambiental determinante aquélla cuyo cambio en el espacio, conlleva paralelamente un cambio en el sistema de producción. Este cambio puede ser en la selección de los cultivos (componentes), en el arreglo entre ellos, en el manejo que se les dé, o en cualquier otra combinación de los factores que se acaban de mencionar. Si pensamos, por ejemplo, en sistemas de producción de cultivos basados en el maíz, tendremos que en América Central en regímenes climáticos con alta precipitación, el maíz se asocia a la yuca; en precipitaciones menores, el maíz se encuentra asociado al frijol común y por último, en precipitaciones más bajas aún, el maíz se asocia al sorgo. En este caso, el término "asociación" debe interpretarse como una relación estrecha entre los componentes; pueden ser cultivados en asocio, en relevo o en doble cultivo, en la misma estación.

En el caso del maíz que se acaba de mencionar, es la cantidad de precipitación y su distribución lo que hace cambiar los componentes del sistema a nivel de regiones con regímenes pluviométricos diferentes.

A veces dentro de una región o en una finca misma, la cantidad de agua disponible en el suelo está determinada por otros factores locales, tales como pendiente. Esta a su vez puede determinar un arreglo espacial diferente entre los cultivos. En las Figuras 4 y 5 se representan estas situaciones en forma muy esquemática.

Usando la precipitación como factor determinante, se tratará de describir entonces algunos sistemas de producción de cultivos anuales de pequeños agricultores.

1. TROPICO HUMEDO

1.a Trópico húmedo sin estación seca:

En estas regiones, la precipitación total anual generalmente excede los 2.000 mm y en cada mes en particular llueve más de 100 mm. Antes que falta de agua, los problemas para la producción agrícola son inundaciones, erosión y lixiviación. No se presentan estaciones de cultivo bien definidas ya que existe una temperatura alta relativamdnte constante durante el año sin un período seco marcado. La cosecha y el secado de los granos es muy difícil. Debido al crecimiento rápido y constante de las malas hierbas, su control se torna vital, principalmente en la producción de cultivos alimenticios.

Desde el punto de vista ecológico, los cultivos perennes se adaptan mejor a estas regiones. Entre éstos, se cultivan preferentemente hule, palma africana, bananos, plátanos, cacao y cocos. Debido a razones de tipo socioeconómico principalmente, entre los sistemas de producción de pequeños agricultores predominan asociaciones o rotaciones de maíz con yuca, ñame, tiquisque, malanga, camote u otra raíz. En términos generales, el secado del maíz constituye el principal problema de este sistema, seguido por pudriciones de la mazorca.

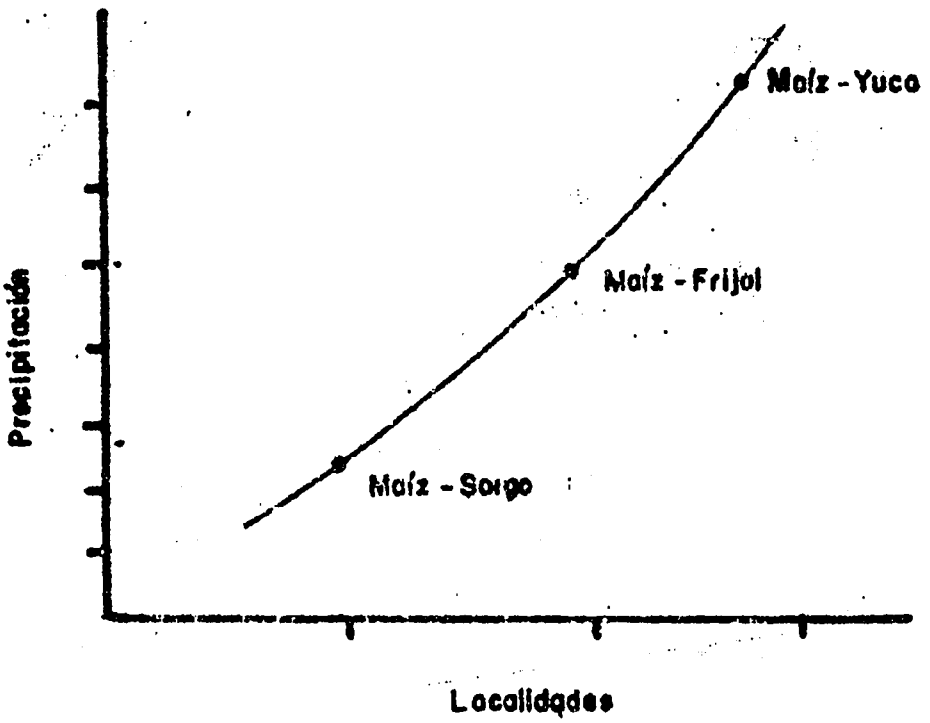


Figura 4. Representación teórica de diferentes arreglos entre cultivos determinados por una macrogradiente de precipitación entre lugares geográficos.

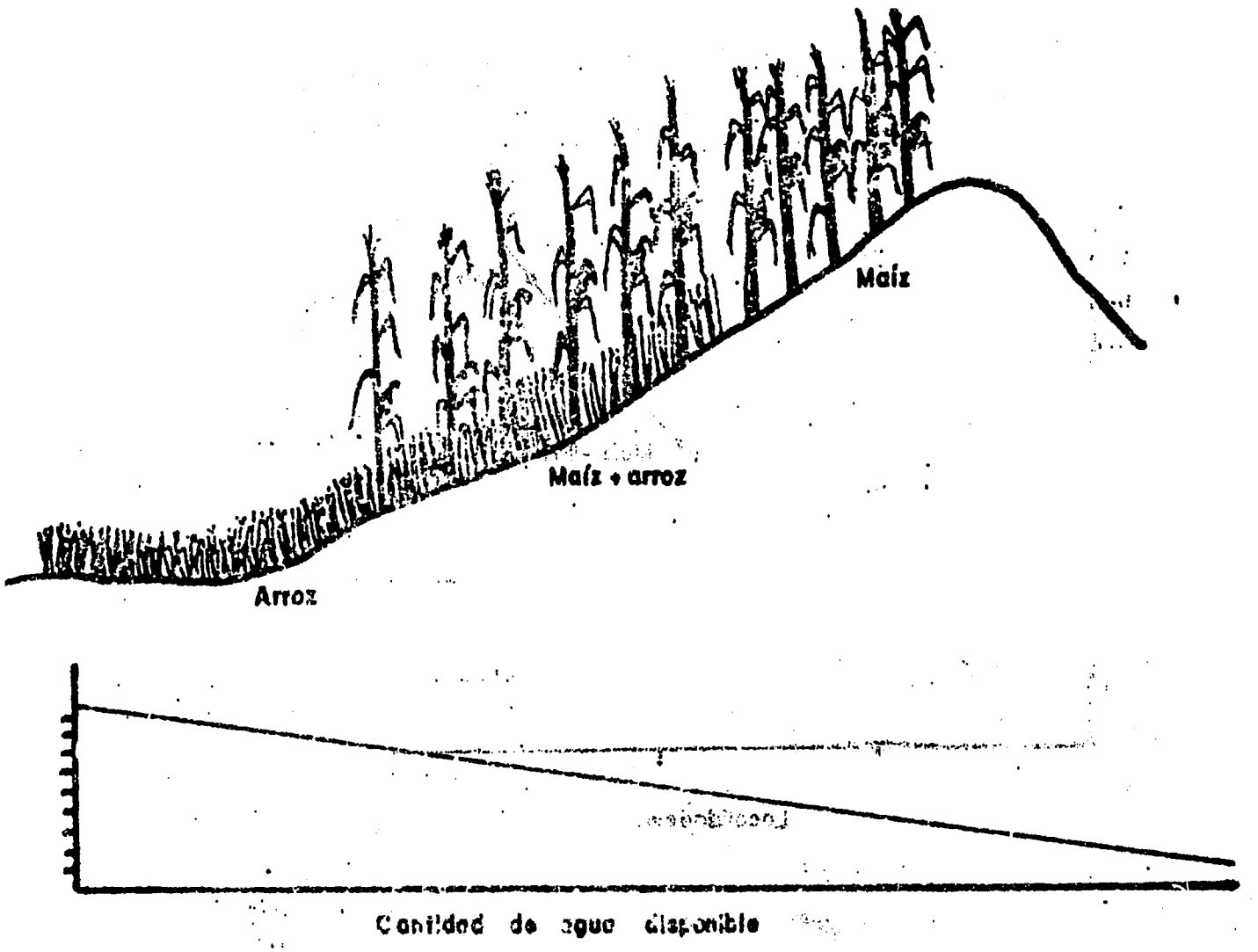


Figura 5. Arreglos de cultivos entre maíz y arroz determinados por una micro-gradiente de disponibilidad de agua debida a la pendiente, dentro de un lugar geográfico.

Cuadro 1. Secuencia de actividades del sistema de producción de maíz asociado con yuca de los agricultores en Cariari y Pococí, Costa Rica.

Semana	Mes	Actividades
2-4	Enero	
3-4		Rastreada I y II
5-8	Febrero	
6-8		Rastreada III (Opcional).
5-6		Siembra de maíz.
5-6		Control de malezas
7-8		Fertilización I maíz.
9-13	Marzo	
11-13		Control de malezas
11-13		Fertilización II maíz.
14-17	Abril	
14.		Siembra de yuca
18-21	Mayo	
18		Dobla de maíz.
22-26	Junio	
22		Cosecha de maíz.
24		Roza de cañas del maíz.
25		Deshije de la yuca.
27-30	Julio	
31-35	Agosto	
36-39	Setiembre	
40-43	Noviembre	
44-48		
49-52	Diciembre	
50-58		Cosecha de yuca

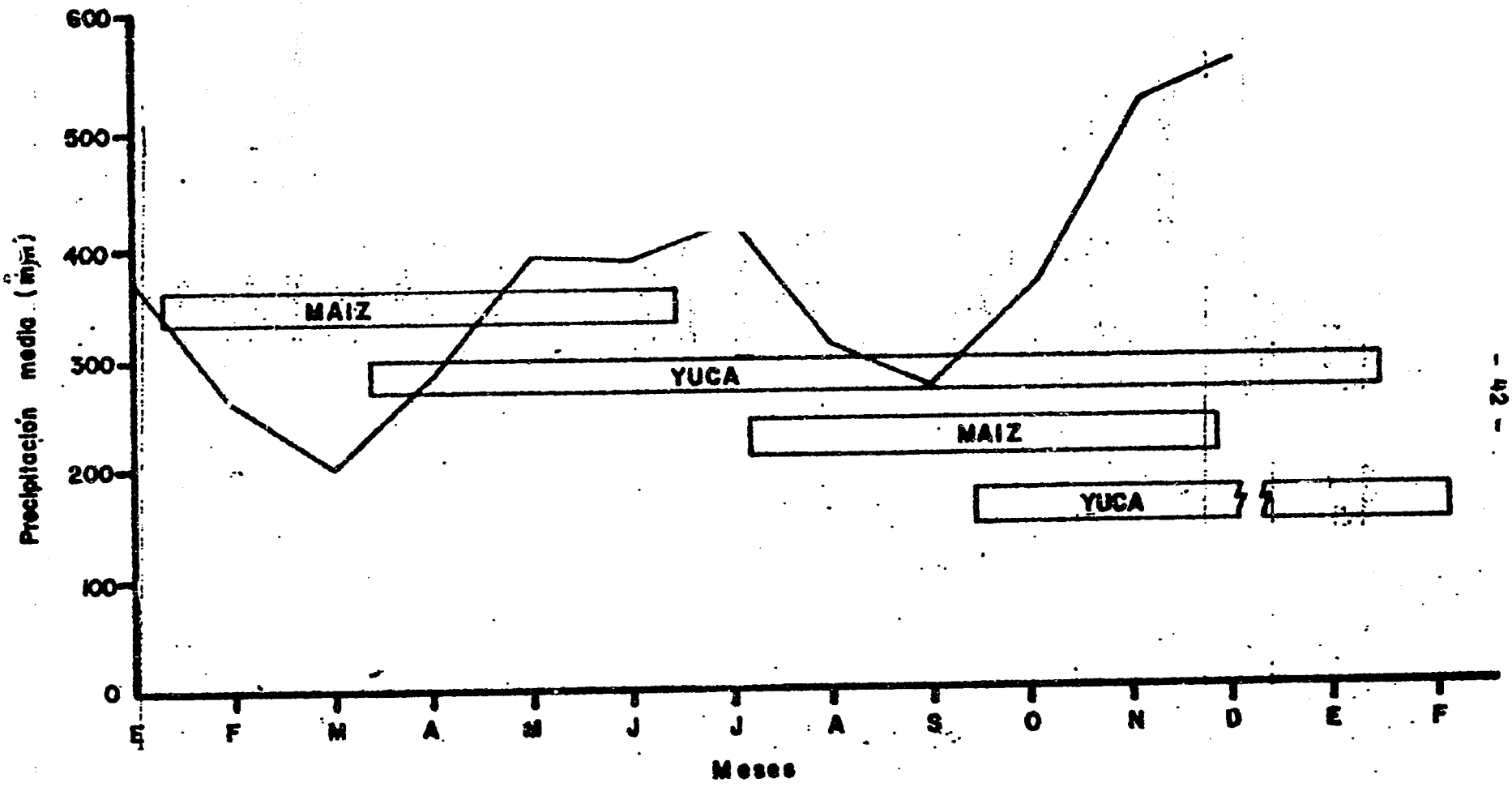


Figura 6. Arreglo cronológico de maíz y yuca en la zona Atlántica de Costa Rica. La yuca se intercala entre el maíz a la floración de éste

Cuadro 2. Secuencia de actividades de un sistema de producción de doble cultivo de maíz y camote en Turrialba, Costa Rica.

Semana	Mes	Actividad
40	Noviembre	Preparación de terreno (arada y rastreada).
41		Aplicación de Aldrín al suelo y siembra de maíz.
42		Fertilización.
43		Insecticida para control de crisomélidos.
44		Deshierba.
45		Tratamiento con insecticida para control de gusano cogollero.
46		Deshierba y segunda fertilización.
48	Diciembre	Deshierba.
9	Marzo	Dobla del maíz.
13	Abril	Cosecha
14-16		Barbecho
17	Mayo	Acanalado de restos del maíz.
18		Preparación de surcos para siembra de camote.
19		Preparación de semilla y desinfección de los bejucos con aldrín.
20		Aplicación de insecticida al suelo y siembra de camote.
21		Fertilización.
24		Deshierba y segunda fertilización.
39	Octubre	Cosecha de camote

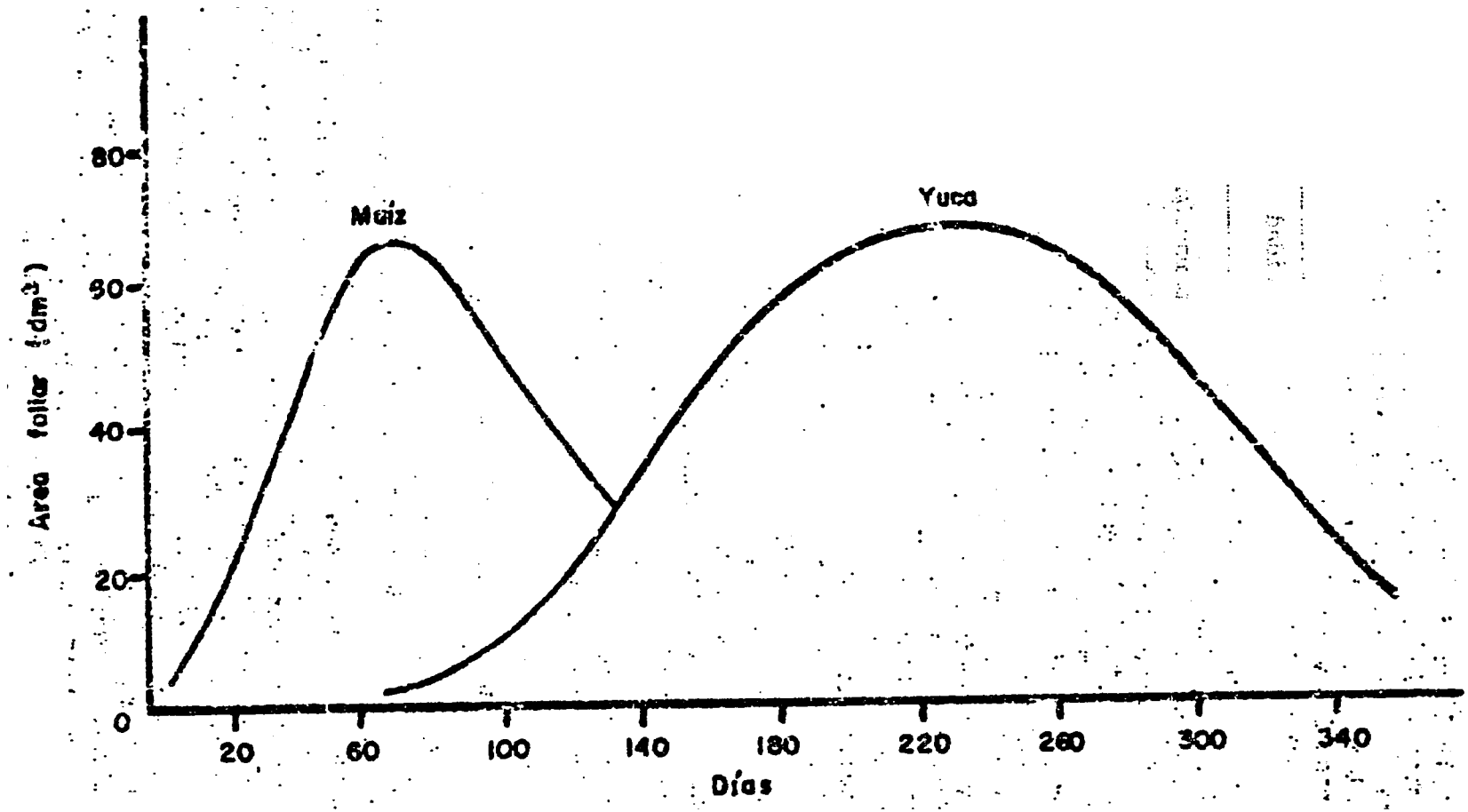


Figura 7. Incremento teórico del area foliar en el tiempo de maíz y yuca intercultivados en la Región Atlántica de Costa Rica.

Como ejemplo de un sistema de producción de cultivos de pequeños agricultores en estas regiones, analizaremos el sistema de maíz - yuca en la zona Atlántica de Costa Rica en donde la precipitación total anual excede los 4.000 mm al año. En la Figura 6 se representa el arreglo de los cultivos y la distribución y cantidad de precipitación y en el Cuadro 1 la secuencia de operaciones necesarias para llevar este sistema de comienzo a fin.

En resumen, el sistema consiste en que una vez que ha ocurrido la floración del maíz, lo que sucede en marzo - abril o setiembre - octubre, dependiendo si se ha sembrado en enero o julio, la yuca se intercala a 1 x 1 m (10.000 plantas/ha) entre las plantas de maíz que se habían sembrado a 0,5 x 1 m (40.000 plantas/ha). La preparación inicial del terreno permite el establecimiento del maíz. Una vez que el maíz está establecido, el crecimiento de las malas hierbas es más lento, lo que permite el intercultivo de la yuca en condiciones de relativa sombra, lo que le evita en parte la competencia por malas hierbas. Una vez que la yuca se ha establecido, el maíz se dobla y la canopia de la yuca domina el espacio aéreo en reemplazo del maíz. En la Figura 7 se representa esta situación en forma muy aproximada. Lo que realmente se consigue con este sistema de producción de cultivos en relevo, es una Duración de Area Foliar mayor de la que se puede obtener con los cultivos individuales, reduciendo el costo de implementación al manejar dos cultivos en el sistema en lugar de uno. La labor de preparación del suelo es común y el incremento de la biomasa de malas hierbas se reduce al mantener en forma constante una canopia que reduce la luz incidente. Además, los agricultores fertilizan sólo el maíz, utilizando la yuca el fertilizante residual. Otra ventaja adicional de este sistema es la protección constante del suelo debido a la presencia de un cultivo en forma permanente.

En condiciones promedios de agricultores de la zona se esperan aproximadamente 2 ton/ha de maíz y 30 ton/ha de yuca.

1.b Trópico húmedo con estación seca poco pronunciada:

Los cultivos de estas regiones, se aproximan a aquellos de la estación anterior y en general los problemas técnicos de la producción se mantienen. La existencia de algunos meses más secos que el resto, hace que se intente el cultivo de algunos granos, aunque ésto constituye de por sí una actividad arriesgada. El arroz constituye el primer grano que se intenta introducir en los sistemas de producción de esta región. En América Central en particular, el maíz constituye nuevamente un cultivo importante en estas condiciones y su cosecha se efectúa durante el período más seco. Durante el tiempo que sigue al período seco, se cultiva una raíz o cualquier especie que no necesite de un período seco para su cosecha. En general, tal como en la región anterior, los agricultores tienden a establecer empresas basadas en los cultivos perennes, tales como cacao, café, caña, plátano, lo que les permite programar mejor sus actividades y proveer un sustento constante y más estable. En la Figura 8 se representan las condiciones climáticas de Turrialba, Costa Rica, y algún arreglo de cultivos alimenticios que pueden producirse ventajosamente. Se presenta este sistema de producción nuevamente como un ejemplo para visualizar la influencia de los facto-

res ambientales, precipitación, principalmente, sobre el arreglo de los componentes de un sistema. En el caso del sistema de producción que se representa en la Figura 8, el camote hace un uso eficiente de la fertilización aplicada al maíz o a la combinación de maíz y frijol, si es que durante el primer período se asociaron estas especies. En el Cuadro 2 se reproduce la secuencia de operaciones que se realizan para llevar este sistema de comienzo a fin y por otra parte, el crecimiento teórico de los cultivos en relación al tiempo, se representa esquemáticamente en la Figura 9.

En las condiciones ambientales de Turrialba y con un nivel intermedio de manejo, pueden esperarse entre 3,5 a 4,0 ton/ha de maíz y 8 - 10 ton/ha de camote. El problema más importante para la práctica de este sistema, es la coincidencia de la cosecha de camote, con la del café, ambas actividades altamente demandantes por el uso de la mano de obra. Desde el punto de vista agronómico, aún el secado del grano de maíz presenta problemas bajo las condiciones de alta precipitación de Turrialba, incluso durante el período seco. Malas hierbas, plagas y enfermedades, en este orden de importancia, siguen en cuanto a problemas técnicos de la producción.

1.c Trópico húmedo con una estación seca marcada:

En estas regiones, debido a su estación seca marcada, se permite, con menor cantidad de riesgos la cosecha de granos, y el arroz entre ellos, juega ahora un papel más importante. También el frijol común comienza aparecer como integrante de varios sistemas de producción en los que el riesgo de una cosecha bajo la lluvia es ya mucho menor.

Como ejemplo de sistemas de producción de cultivos en esta región climática, se incluye un caso de agricultura de cultivos anuales que se presenta en la Figura 10 en un diagrama de las áreas de una finca dedicadas a uno u otro sistemas de producción. Esta finca se encuentra localizada en la región de San Isidro de El General, en Costa Rica, cuyas condiciones de precipitación se representan en la Figura 11. También en esta misma Figura, se resumen implícitamente algunos de los arreglos cronológicos de cultivos que se usan en esa región.

Al comenzar las lluvias, se cultivan maíz y frijol, cuya cosecha es altamente riesgosa, el arroz y el frijol tapado, se cultivan principalmente en la segunda época de siembra, para aprovechar la estación seca en su cosecha. De este tipo de agricultura, de una categoría cercana a la subsistencia, se puede esperar rendimientos para frijol de 0,5 ton/ha y de arroz de 0,7 ton/ha. El maíz se cultiva en franjas y en distintas densidades de plantas a lo largo de la finca y por lo tanto es muy difícil estimar sus rendimientos por unidad de superficie.

Todavía en esta zona, los cultivos perennes constituyen ecológica y económicamente los sistemas de producción más eficientes. Algunos agricultores con medios para implementar estos sistemas, así lo hacen y ésto conduce a una demanda estacional por mano de obra.

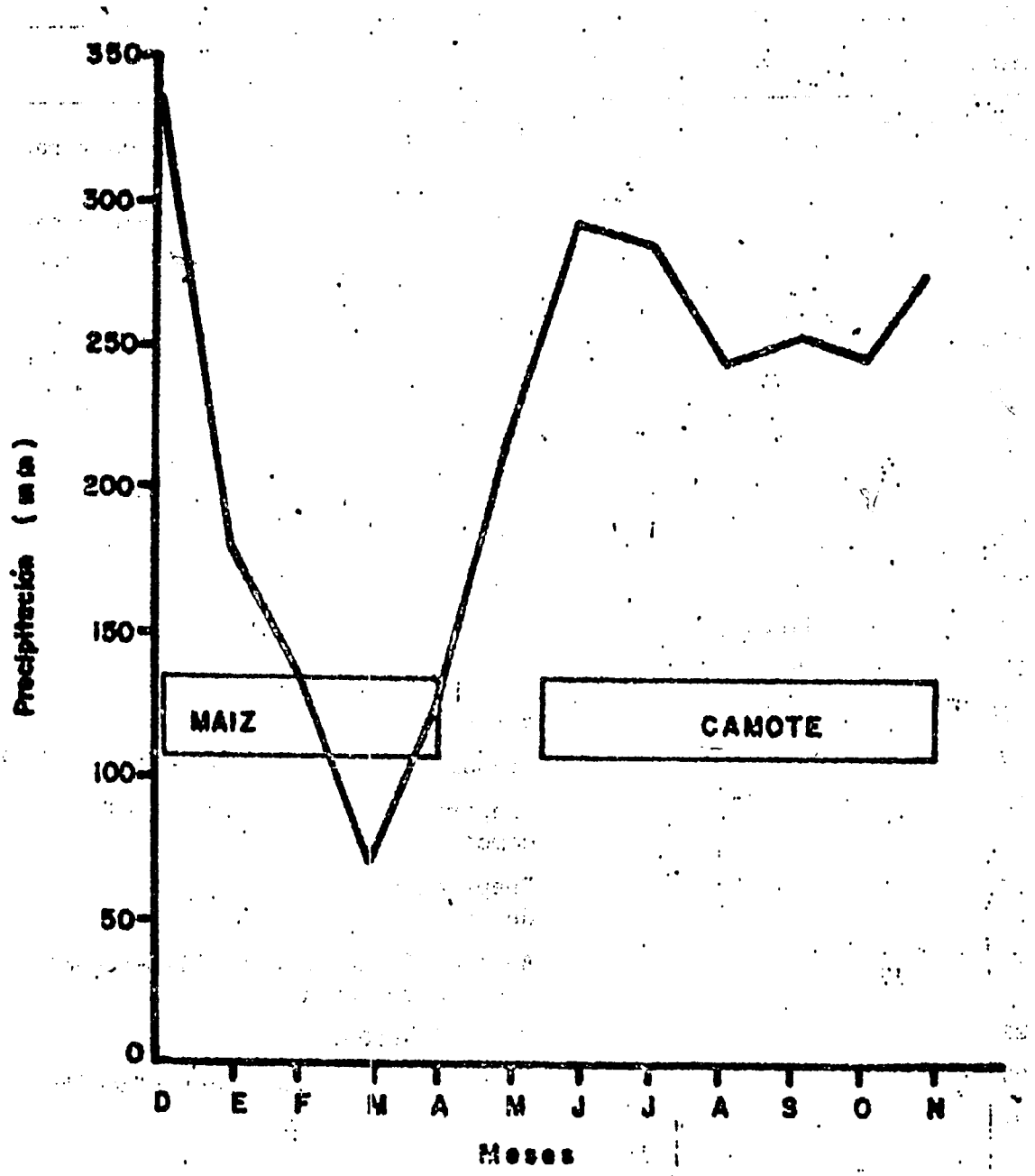


Figura 8. Distribución de la precipitación y un arreglo de cultivos posible para el área de Turrialba, Costa Rica. El breve período relativamente seco se aprovecha en la cosecha de maíz o de maíz y frijol. El camote puede reemplazarse por cualquier otra raíz.

Cuadro 2. Secuencia de actividades de un sistema de producción de doble cultivo de maíz y camote en Turrialba, Costa Rica.

Semana	Mes	Actividad
40	Noviembre	Preparación de terreno (arada y rastreada).
41		Aplicación de Aldrín al suelo y siembra de maíz.
42		Fertilización.
43		Insecticida para control de crisomélidos.
44		Deshierba.
45		Tratamiento con insecticida para control de gusano cogollero.
46		Deshierba y segunda fertilización.
48	Diciembre	Deshierba.
9	Marzo	Doblada del maíz.
13	Abril	Cosecha.
14-16		Barbecho.
17	Mayo	Acanalado de restos del maíz.
18		Preparación de surcos para siembra de camote.
19		Preparación de semilla y desinfección de los bejucos con aldrín.
20		Aplicación de insecticida al suelo y siembra de camote.
21		Fertilización.
24		Deshierba y segunda fertilización.
39	Octubre	Cosecha de camote.

Best Available Document

Cuadro 3. Secuencia de actividades de un sistema de producción de cultivos de maíz y frijol en San Isidro de El General, Costa Rica.

Semana	Actividades del agricultor
2-11	
12-15	Roza (chapia de malezas con pala plana o machete a nivel del suelo.
16 ó 17	Siembra de maíz. En suelo de buena profundidad y fertilidad se siembra "en plano"; en suelos pobres se acostumbra palear y alomillar.
	Epoca de siembra varía con el inicio de las lluvias; podría adelantarse o atrasarse 3 semanas.
	Variedad local se denomina "Maizenon". Grano blanco tipo cristalino, planta alta. Varía según la zona y los agricultores, debido a que la proparación no es controlada.
	Semilla tratada con Aldrin o Clordano, mojando primero la semilla con kerosene (canfín) o agua. La mezcla se hace en el envase en que se lleva al campo para sembrar. La cantidad utilizada es evidentemente muy pequeña para tener efecto protector contra la mayoría de los insectos del suelo; protege contra hormigas y grillos.
	La operación de siembra se realiza con espeque a 5 cm de profundidad, colocando 3 a 4 semillas por postura. La población varía con la distancia entre hileras y posturas (promedio: 35000 por Ha.).
19-21	
	Deshierbe manual con machete.
	Fertilización con urea, puñados al pie de la planta, tapado luego por el aporque con pala.
23	Deshierba manual opcional si la cantidad y tipo de malezas lo hace necesario.
	El maíz se dobla golpeando la caña con un palo debajo de la mazorca. Se despunta si la espiga toca el suelo. La costumbre de doblar el maíz resulta de la conveniencia de "almacenar" en el campo pues en esta época no deja de llover; la mayoría de los agricultores no tienen instalaciones para el secado del grano.

Cuadro 3. Continuación .....

Semana	Actividades del Agricultor
35	Para la cosecha, se arranca la mazorca, se destusa, se limpia y se acumula en el suelo de donde se llena en sacos que se llevan a un lugar protegido de las lluvias. Si necesita secado se extienden en días de sol pero usualmente se prefiere recoger el maíz de la planta, cuando éste está bien seco. El desgrane se hace a mano y se ponen los granos en sacos de hilo de plástico como los utilizados para fertilizantes. El almacenamiento se hace sin ningún aditamento, aunque algunos agricultores mezclan con cal para evitar el daño de gorgojo.
38-39	Los resíduos vegetales que hay en el campo se cortan y se acomodan en bandas. El paleo consiste en la cobertura de las bandas de resíduos con el suelo de ambos lados formando un lomillo. La distancia entre lomillos varía entre 1.3 y 1.8 mts., dependiendo principalmente de dos factores: cantidad de suelo no compactado disponible (en las zonas erosionadas hay obviamente, menos suelo que en las no erosionadas) y comodidad de trabajo con la pala. Esta tiene entre 30 y 50 cms. de ancho. El lomillo se arregla con la pala en tal forma que queda mullido y de buen aspecto físico para la siembra.
40 ó 41	Siembra de frijol en lomillo con espeque a 5 cm. de profundidad colocando 2 ó 3 semillas por postura. La población varía con la distancia entre lomillos, número de hileras sobre lomillo y distancia entre posturas (Promedio 110,00 por ha). La época de siembra está limitada por la disponibilidad de mano de obra. La disponibilidad está fuertemente influenciada por la época de la cosecha de café y prácticamente no se consigue después de la semana 41. La variedad de frijol negro local tiene diferentes denominaciones y es variable de agricultor a agricultor. Planta arbustiva.
1 y 2	Las plantas se arrancan, se dejan secar en el campo 2 ó 3 días se lleva (juntado) hacia un lugar dentro del mismo campo para aporrear. El aporreo (la separación del grano de la planta mediante golpes) se hace sobre una manta colocada en el suelo. El grano mezclado con basura se ventila para separarlos. El almacenamiento del frijol por el agricultor se hace con restos de la planta cosechada especialmente cuando se quiere mantener semilla para el año siguiente..

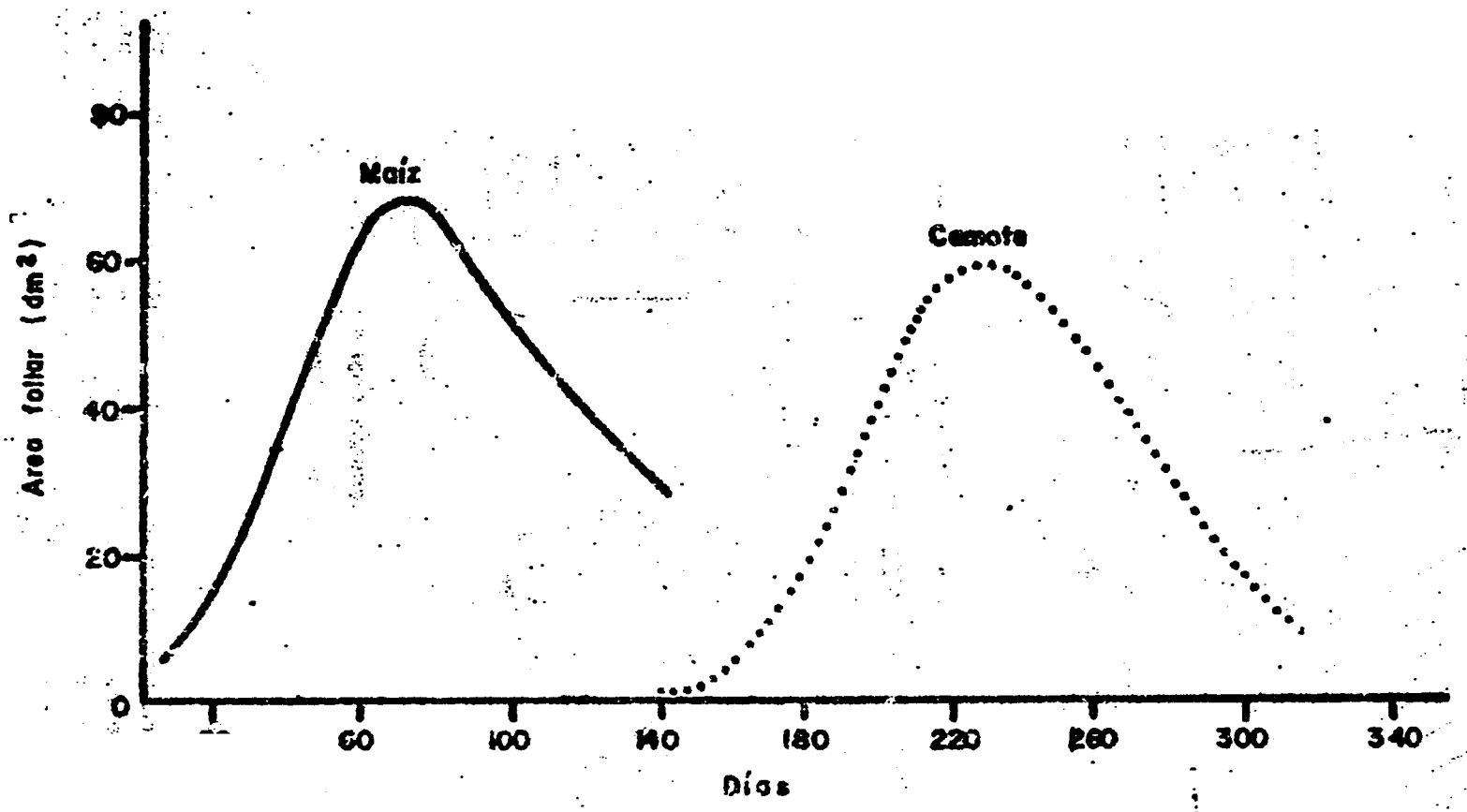


Figura 9. Incremento teórico del área foliar en el tiempo de maíz y camote en cultivo doble, en Turrialba, Costa Rica.

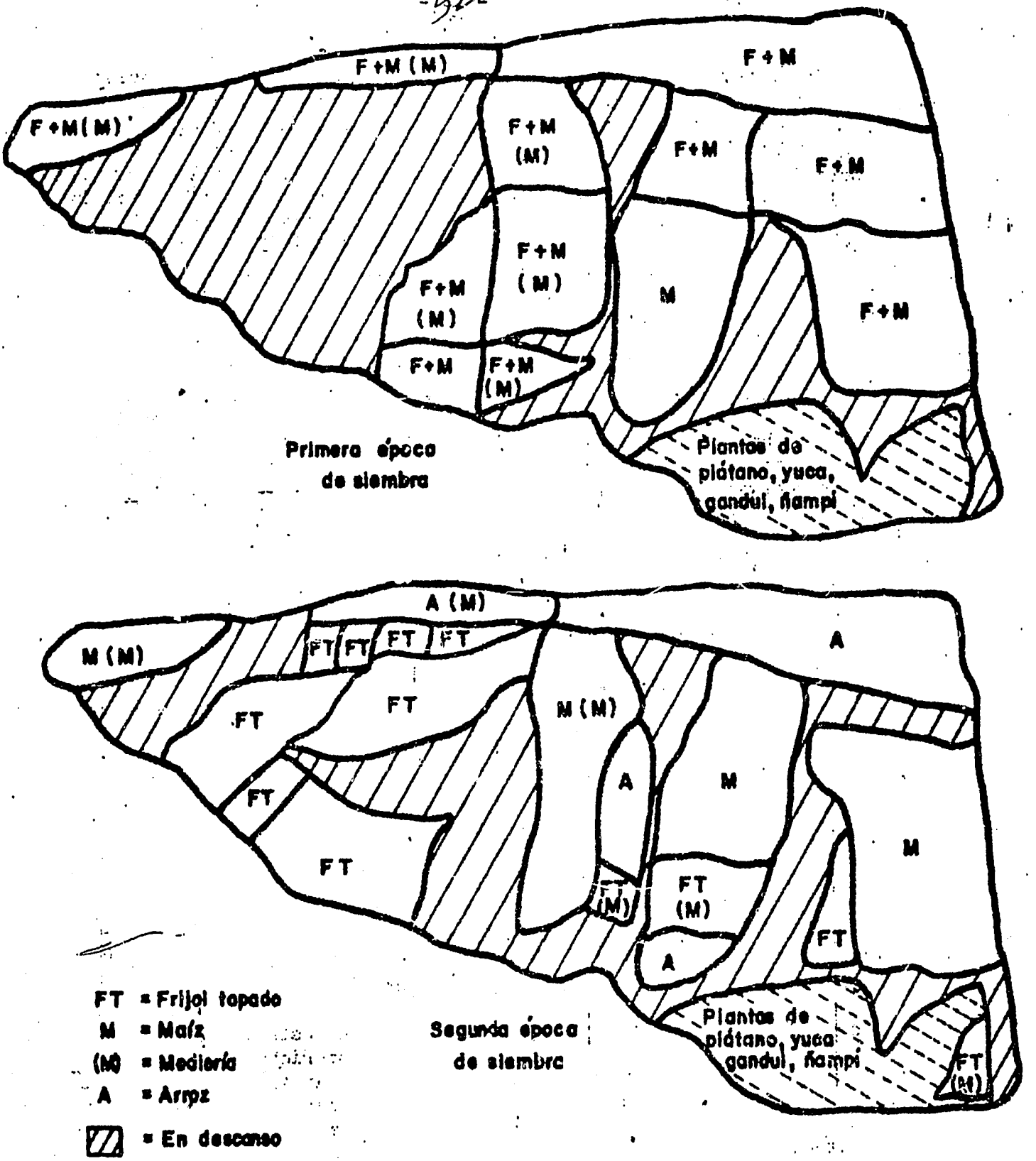


Figura 10. Representación aproximada de una finca de pequeño agricultor en San Isidro de El General, Costa Rica. Se subdivide en lotes tal como estaba en 1976. En la parte superior de la figura se representan los cultivos de la primera época de siembra y en la parte inferior los de la segunda época.

Un sistema muy practicado en la misma región que se comenta, consiste en una cosecha de maíz y dos de frijoles durante el año agrícola, tal como se presenta en la Figura 11 acompañado de las condiciones de precipitación. A pesar de que ecológicamente hablando, la segunda cosecha de frijoles debería proporcionar no sólo los mejores rendimientos, sino también la mejor calidad de la semilla, los agricultores no invierten recursos en el frijol durante este período de cultivo, debido a que las labores de cosecha del café interfieren con las labores de siembra y cuidado del frijol. El cultivo del café proporciona los mayores ingresos relativos dentro de la finca para estos agricultores. Sin embargo, los agricultores siembran frijol también en la primera época con el propósito fundamental de aprovechar el fertilizante aplicado al maíz y el espacio disponible, entre y sobre los surcos del maíz que son producto de una preparación muy laboriosa del terreno y característica del lugar.

Debido al bajo valor de pH de estos terrenos, los agricultores tratan de incorporar materia orgánica al suelo acamalando la mayor parte de los residuos provenientes tanto de las malas hierbas como de los cultivos anteriores y luego cubriéndolos con tierra y sembrando en la superficie de estos camellones, tal como se observa en la Figura 12. En el Cuadro 3 se detallan algunas labores necesarias en este sistema de producción.

En este sistema se pueden esperar entre 1,5 y 2,0 ton/ha de maíz y entre 0,4 y 0,5 ton/ha de frijol.

2. TROPICO HUMEDO SECO

En general, estas regiones son muy variadas en términos de característica de la precipitación. Los sistemas de cultivos que se practican están determinados principalmente por la duración del período seco, la intensidad de la canícula interestival y la confiabilidad entre el inicio y fin de estos períodos. En general, el cultivo de granos (maíz, sorgo, frijol común, caupí, maní) es posible y su cosecha se realiza durante los períodos secos bien definidos, sin mayor riesgo en la cosecha que la lentitud de la faena, pues la siembra y la cosecha se realizan simultáneamente en regiones extensas sobre las cuales se practica el mismo sistema, lo que provoca consecuentemente estacionalidad en la oferta y demanda por mano de obra.

Puede decirse que la cantidad de precipitación en estas áreas va entre 1.000 y 2.000 mm al año, pero tal como se mencionó anteriormente, no es exactamente la cantidad total anual de precipitación el principal factor que determina los sistemas de producción que se practican, sino la presencia y duración de un período seco prolongado y una canícula breve entre dos máximos de precipitación.

2.a Canícula interestival poco pronunciada; aproximadamente 1.500 mm de precipitación anual total:

Como un ejemplo de esta situación climática, se considera el sistema de producción de maíz y frijol en relevo que practican los pequeños agricultores del área de Samulalí en el interior Central de Nicaragua. En la Figura

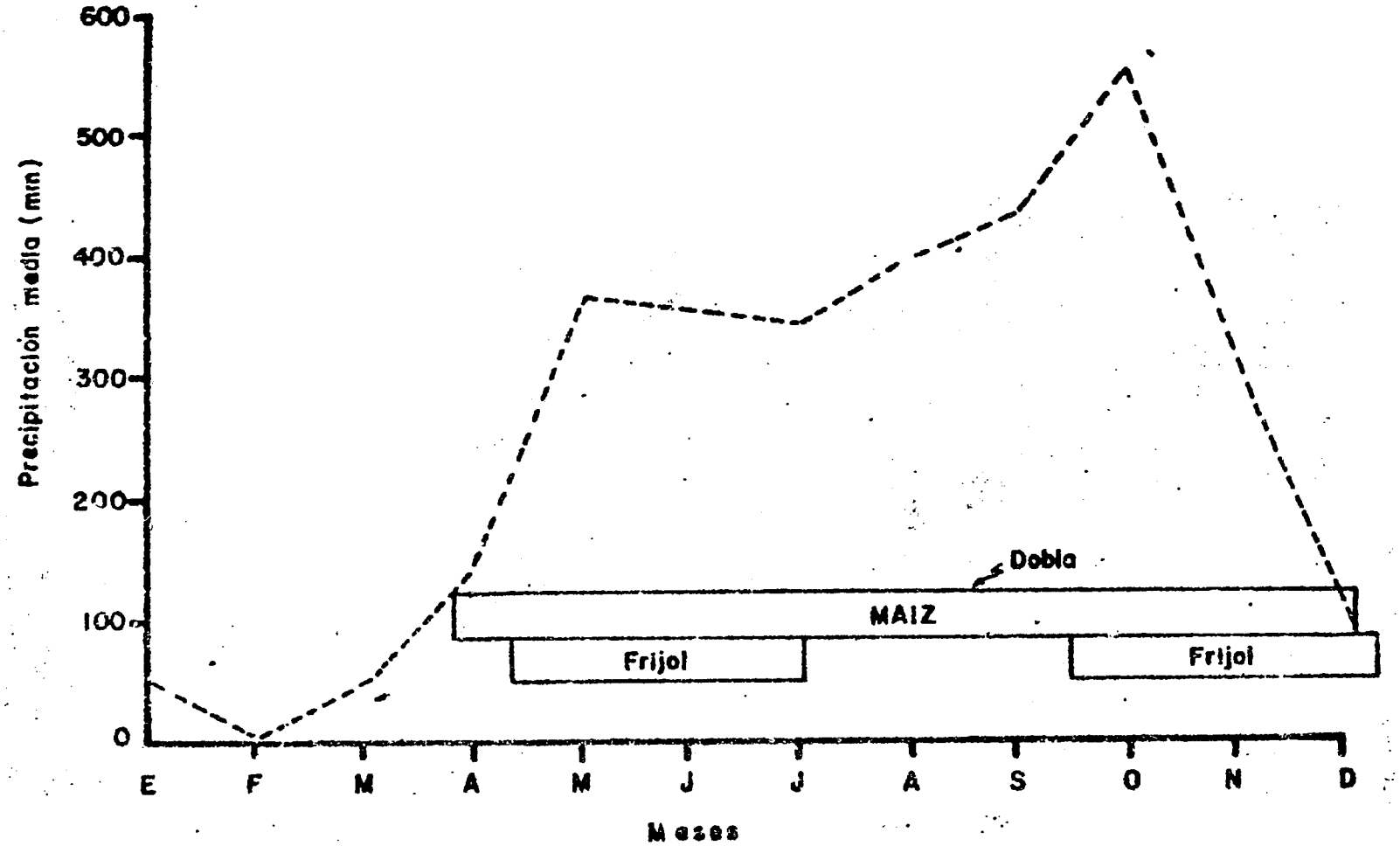


Figura 11. Arreglo de cultivos y distribución de la precipitación en la Región de San Isidro de El General, Costa Rica.

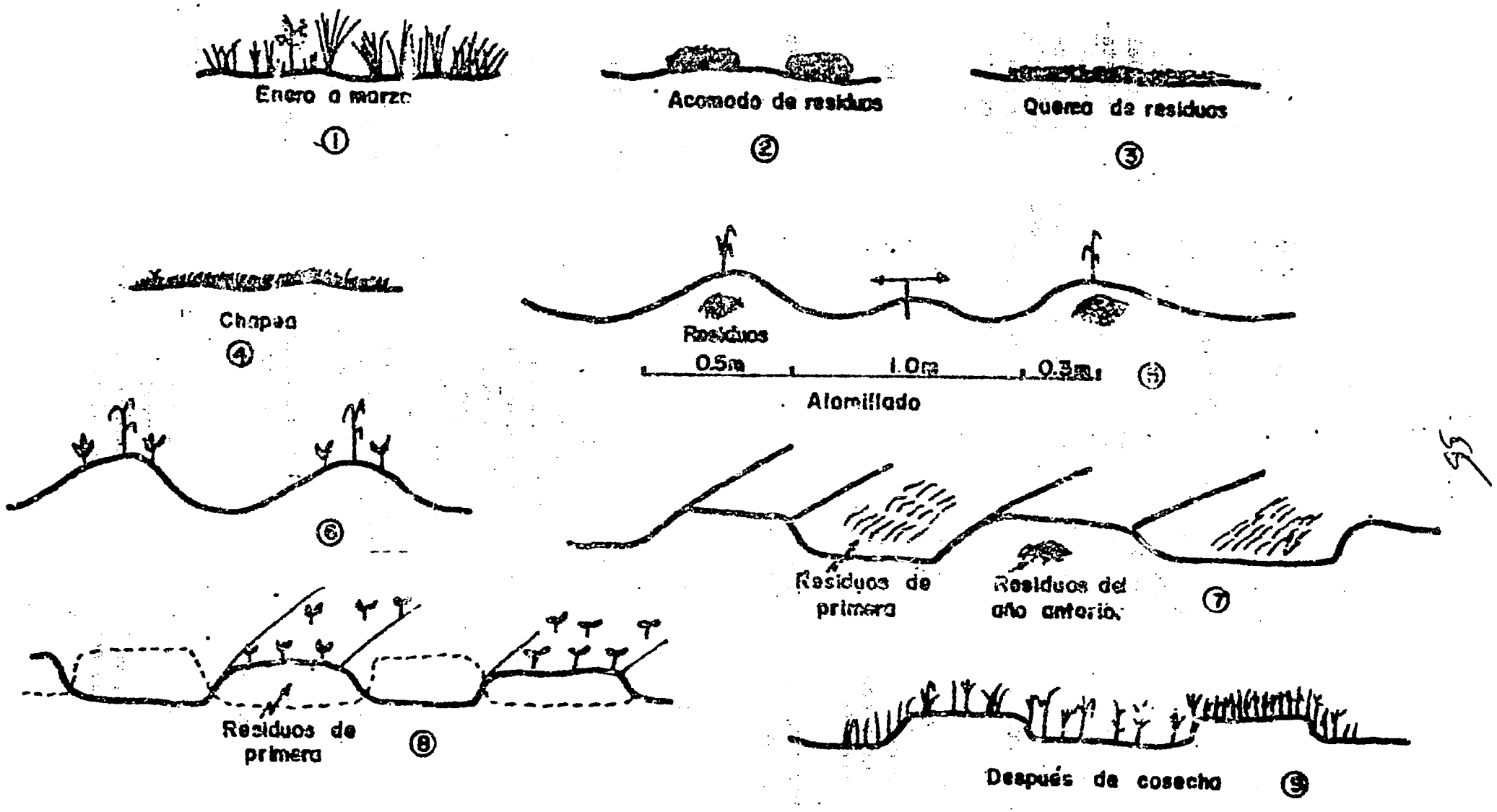


Figura 12. Representación gráfica y resumida de una secuencia de operaciones de manejo de suelos ácidos en San Isidro de El General. Labores realizadas a mano y con una pala ancha característica del área.

13 se presentan las condiciones de precipitación y el arreglo cronológico de los cultivos (maíz y frijol común).

En términos generales, el sistema consiste en la siembra de maíz una vez que el período lluvioso se ha establecido. Al alcanzar el maíz su madurez fisiológica (aproximadamente en setiembre) se efectúa la siembra del frijol entre las calles del maíz. Inmediatamente después de la siembra del frijol, se realiza una defoliación y corte de las cañas del maíz, inmediatamente por encima de la mazorca, para mejorar la condición de luz al frijol y permitir un mejor aireamiento. Los restos del maíz, permanecen en la superficie del terreno, lo que constituye básicamente un proceso de recirculación de nútrimentos, un mecanismo de control de malas hierbas y una forma de conservar la humedad junto con evitar la erosión. El maíz puede cosecharse poco después de sembrado el frijol o se deja en el campo hasta diciembre, en que se cosecha junto con el frijol.

En el Cuadro 4 se detallan las labores necesarias para llevar a cabo este sistema de producción y en la Figura 14 se detallan aspectos de la siembra de este sistema.

En condiciones de agricultores se pueden esperar entre 2,5 y 2,7 ton/ha de maíz y 0,5 ton/ha de frijol común.

2.b Canícula interestival pronunciada; aproximadamente 1.500 mm de precipitación total anual:

Estas regiones se caracterizan agrícolamente por el alto riesgo ecológico involucrado en producir. La incertidumbre con respecto a algunos caracteres de la precipitación influye para que los agricultores que habitan estas áreas seleccionen para su práctica, sistemas de producción de cultivos de bajo riesgo, pero no necesariamente de alta producción. La función-objetivo de los agricultores de estas áreas consiste básicamente en la minimización del riesgo. Agronómicamente, el principal problema consiste en cómo pasar la canícula con los cultivos a salvo.

El sorgo se convierte en un componente importante de los sistemas de producción, particularmente aquellos sorgos sensibles al fotoperíodo, cuya floración se induce al aproximarse las épocas de días más cortos.

La selección de componentes para los sistemas, principalmente del maíz, se ha realizado en base a precocidad, estabilidad, tolerancia a falta de agua, y cualidades culinarias.

Como ejemplo de un sistema de producción en una región con estos caracteres de precipitación se presentan en la Figura 15, la precipitación y el arreglo de los cultivos que producen la mayoría de los agricultores de Tejutla, Chalatenango, en El Salvador. También, el Cuadro 5 resume el conjunto de actividades que son necesarias para llevar este sistema desde el inicio hasta su fin.

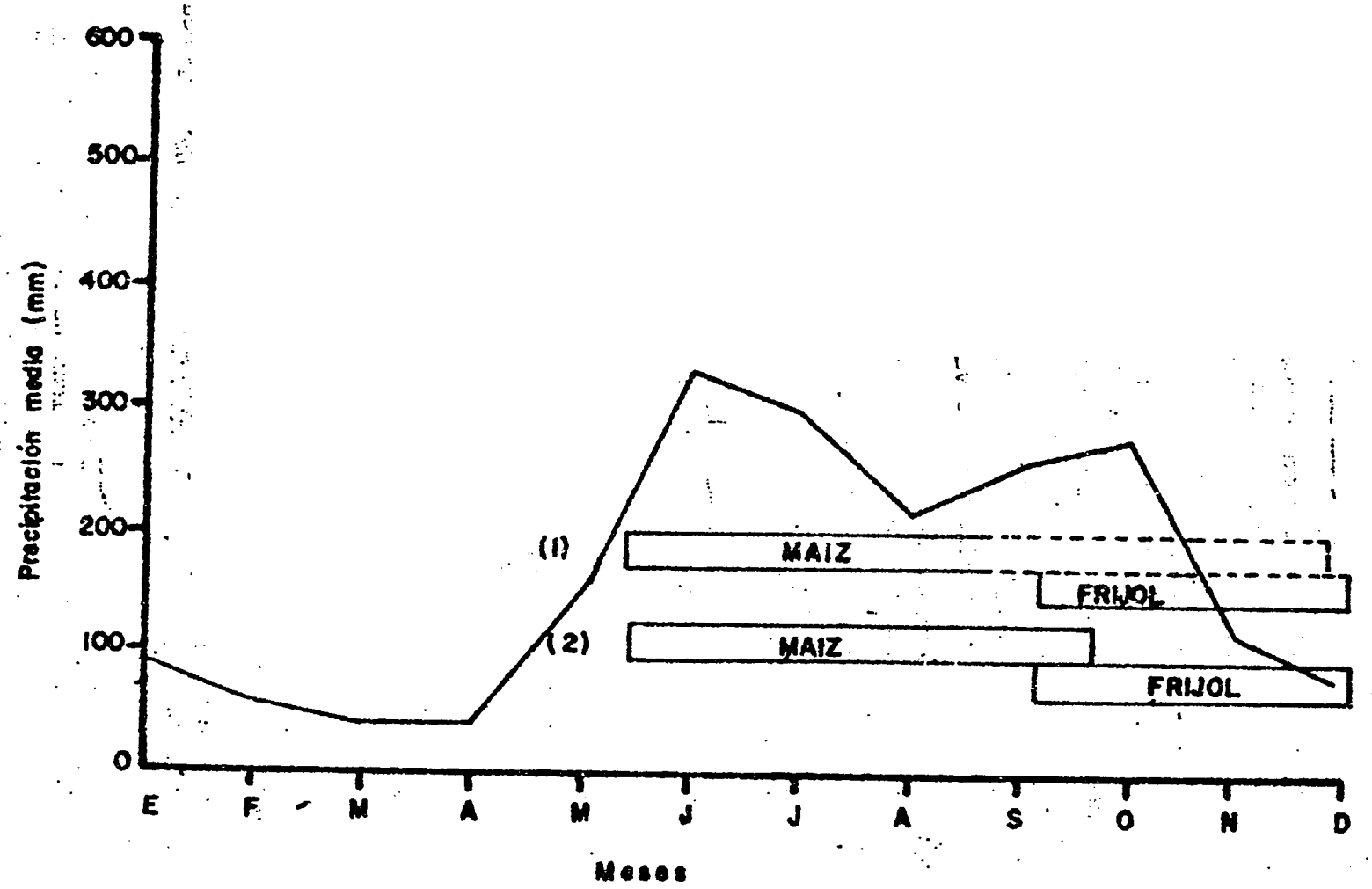


Figura 13. Distribución de la precipitación anual total en la Región de Samulalí, Nicaragua y arreglo de cultivos entre maíz y frijol común. En el primer caso (1) el maíz permanece en el campo hasta fines del año y en el caso (2) el maíz se cosecha poco después de la siembra del frijol. El caso (1) es más frecuente, aunque según las necesidades puede cosecharse parte del maíz en cualquier época.

Cuadro 4. Secuencia de actividades de un sistema de producción de maíz y frijol en relevo en Samulalí, Nicaragua.

Semana	Mes	Actividades del agricultor
15	Abril	Chapoda o roza, o sea la eliminación con machete (cuchillo largo) de malezas y residuos de la cosecha anterior. La maleza se corta a nivel del suelo.
16		Acumulación de material vegetal seco en montones y quema del material.
18	Mayo	Arado del terreno con dos pasadas de arado, una perpendicular a la otra. El arado es de madera con cuchilla de hierro y tirado por dos bueyes. Este implemento opera bien en los terrenos del agricultor que presentan pendientes que varían del 20 - 30%.
20		Surcado con arado de madera tirado con bueyes. Surcos separados a 40 cm. de 10 a 12 cm. de profundidad.
		Aplicación de fertilizante localizado en postura cada 50 cm. al fondo de surcos alternos. Esta práctica considera el cultivo de maíz solamente y no satisface los requerimientos de nitrógeno del frijol
		Siembra de maíz variedad local (tusa morada) o mejorada como H 5, X-105 A o B 660. Población 50,000 plantas por ha. Colocación de dos semillas sobre cada postura de fertilizante previamente recubierto con suelo.
23		Eliminación de malezas por corte del tallo de las raíces utilizando un instrumento plano cortante acoplado a una vara de 2 m de largo (macaná). La hoja cortante es movida en forma alterna hacia el operador y alejándola de él.
24	Junio	Aplicación de insecticida granulado a las plantas que muestran daño del cogollero (Spodoptera frugiperda).
25		Abonamiento complementario nitrogenado localizado en posturas superficialmente al pie de las matas de maíz.
25		Roturación con arado de madera tirado con bueyes del suelo a cada lado de la hilera de maíz (aporque).
35	Agosto	Eliminación con machete de malezas nacidas después de aporcar el maíz.
37 ó 38		Siembra de frijol rojo no voluble 333,000 plantas por ha. Tres semillas colocadas con vara de madera terminada en punta cónica o acoplada a punta cónica de metal (Espeque). El arreglo espacial es en cuadro de 30 cm. de lado tomando como centro la postura (es plantas) de maíz. Variedades criollas o H-46.

Cuadro 4. Continuación .....

Semana	Mes	Actividades del agricultor
37 ó 38	Agosto	Deshojado con machete de la parte superior de plantas de maíz inmediatamente después de siembra del frijol. El material deshojado se deja en el campo como mantillo (Mulch).
40		Limpia liviana. Eliminación de pocas malezas que sobresalen en la primera etapa del crecimiento del frijol.
49	Dic.	Cosecha del maíz cuando éste ha alcanzado su completa madurez. El agricultor separa la mazorca del tallo ("Tapisca") y hace montoncitos. Debido al arreglo espacial del frijol en relación al maíz, al agricultor se le dificulta entrar más temprano a cosechar el maíz.
49		Acarreo del maíz; operación efectuada por el agricultor por varios medios hacia el lugar de almacenamiento en la finca.
		El destusado hecho a mano lo realiza el agricultor a su conveniencia.
		El desgranado de maíz es hecho a mano de acuerdo a las necesidades del agricultor.
50		Cosecha del frijol. Para ésto el agricultor arranca las matas con la mano cuando las vainicas empiezan a secarse, y las agrupa en haces que deja en el campo con las raíces hacia arriba.
51		Juntado del frijol; es decir: cuatro o cinco días después de arrancado, el frijol es llevado (juntado) hacia un lugar dentro del mismo campo para realizar la siguiente práctica (aporreo).
		Aporreo del frijol; es decir: separación del grano de la planta mediante golpes de los haces contra una superficie construída de madera dejando espacios entre las reglas o varillas. Ésta reja se coloca a 75 cm. sobre el suelo. El grano y algo de basura caen sobre una lona que recoge el material que será ventilado. Otros agricultores golpean las plantas, colocadas sobre una lona, con palos. El grano queda al fondo del promontorio del material.
		"Ventilado"del frijol; es decir: el agricultor expone la mezcla de grano y pedazos de hojas, tallos y vainicas a la acción del viento. Esto lo logra dejando caer porciones del material al suelo desde cierta altura.
		Acarreo del frijol. El grano limpio de basura del frijol es envasado en sacos y llevado a la casa para su almacenamiento.

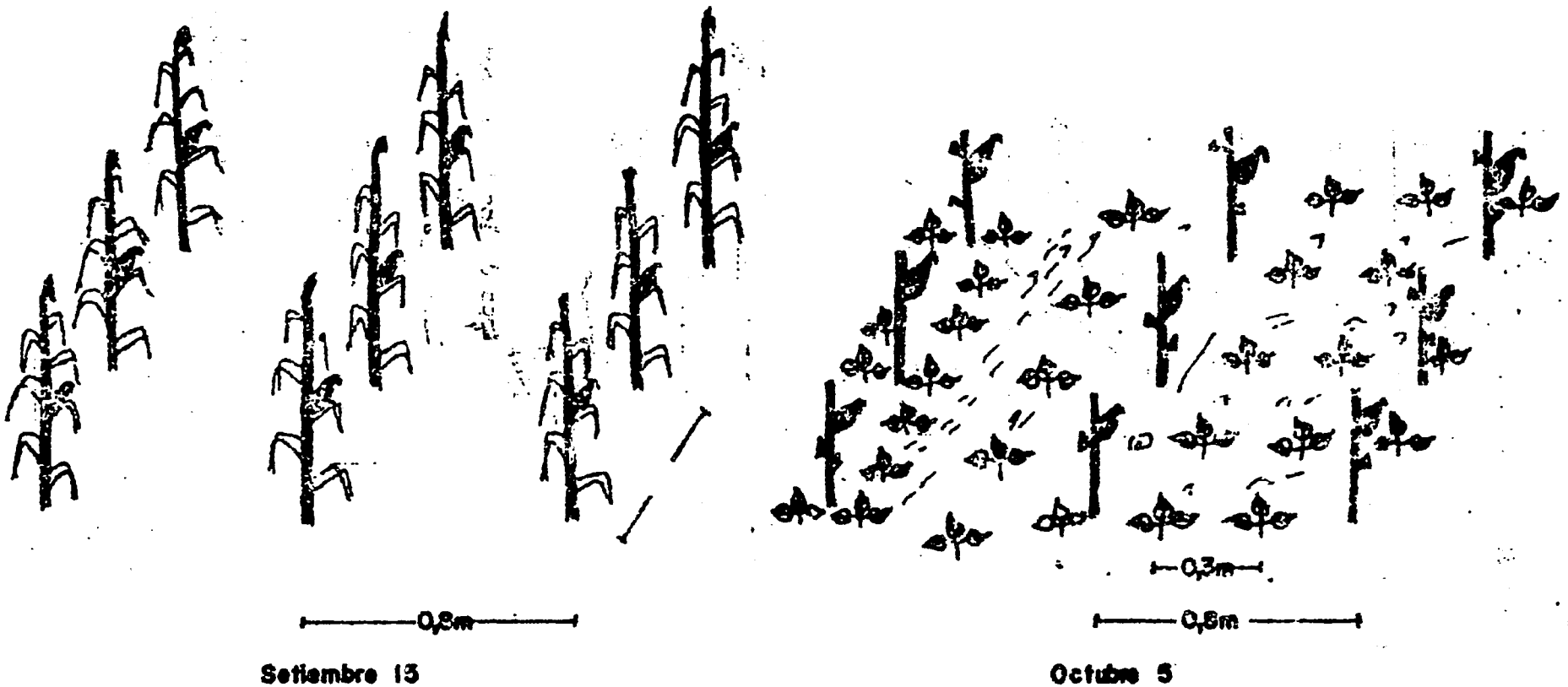


Figura 14. A la izquierda el maíz en madurez fisiológica y a la derecha después del deshoje y despunte al germinar el frijol.

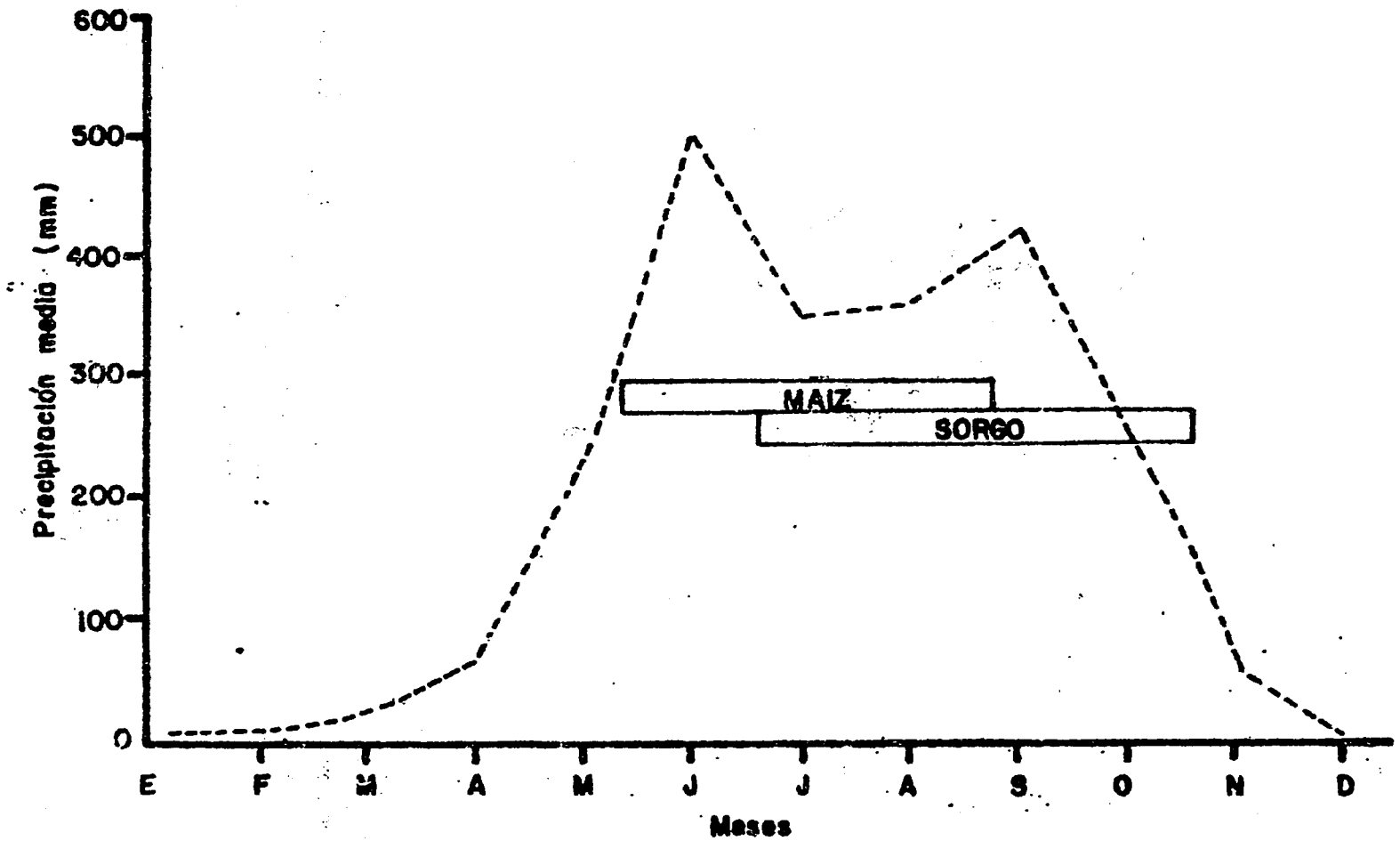


Figura 15. Distribución de la precipitación total anual en Tejutla, El Salvador y arreglo de los cultivos en el tiempo. El sorgo se intercala entre el maíz.

Cuadro 5. Secuencia de actividades en el sistema de producción maíz - sorgo, practicado en Tejutla, El Salvador.

Semana	Mes	Actividades
2-4	Enero	
5-8	Febrero	
9-13	Marzo	Chapoda, desmonte (9-15)
14	Abril	
15		Quema
16		
17		
18	Mayo	Siembra de maíz 1a. fertilización al maíz 1a. limpia al maíz Siembra sorgo
24	Junio	2a. limpia al maíz y sorgo (22-25) 2a. fertilización (22-27)
34	Agosto	Dobla maíz y 1a. limpia maicillo, solamente.
44	Noviembre	Tapisca
49	Diciembre	Cosecha maicillo

Con este sistema de producción, que consiste básicamente en sembrar el maíz y luego intercalar el sorgo entre las hileras, aproximadamente 1,5 - 2 meses después de la siembra del primero, lo que se consigue realmente es una Duración de Area Foliar bastante considerable, dado el período relativamente corto de disponibilidad de agua. En la Figura 16 se representa esta situación en forma teórica. El establecimiento del sorgo entre el maíz durante el período en que aún hay bastante humedad en el suelo, permite al sistema radicular del sorgo crecer en profundidad lo suficiente como para aprovechar la humedad disponible en perfiles profundos del suelo, en caso de que ocurra una canícula muy pronunciada. El próximo período lluvioso, después de la canícula, corresponde al período en que el área foliar del sorgo reemplaza a la del maíz, para conseguir así una superficie fotosintéticamente activa durante largo tiempo.

En términos generales, se esperan aproximadamente 1,2 ton/ha de maíz y 0,7 ton/ha de sorgo en las condiciones en que operan los agricultores. Este sistema de producción está estrechamente ligado a la producción animal, ya que los animales ingresan al terreno una vez que se ha realizado la cosecha del sorgo. En consecuencia, aunque el Indice de Cosecha no sea alto, aún podría considerarse a éste un sistema de producción eficiente.

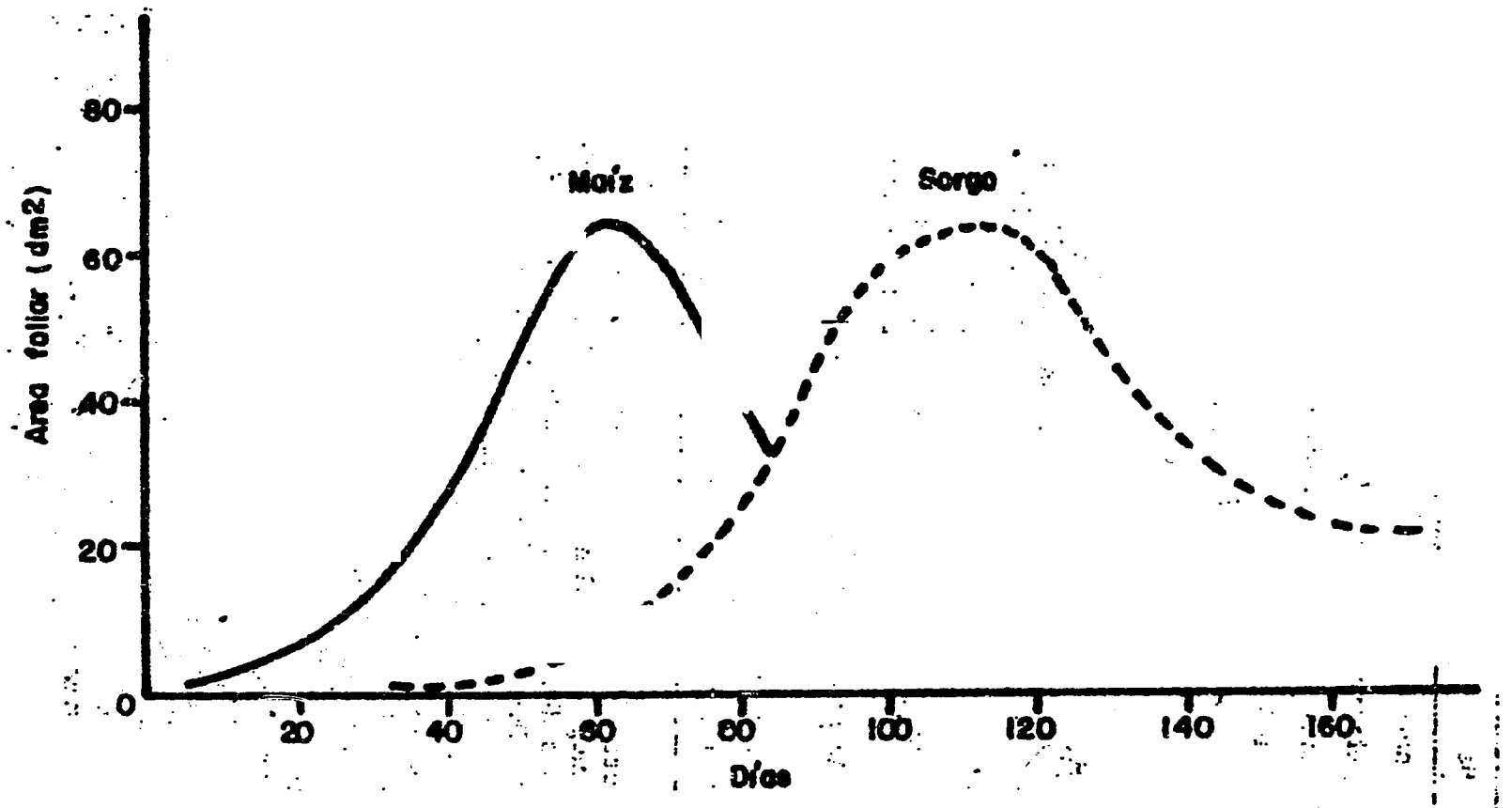


Figura 16. Incremento teórico en el tiempo del área foliar del maíz, del sorgo en un sistema de intercultivo de zonas con precipitación escasa en El Salvador.

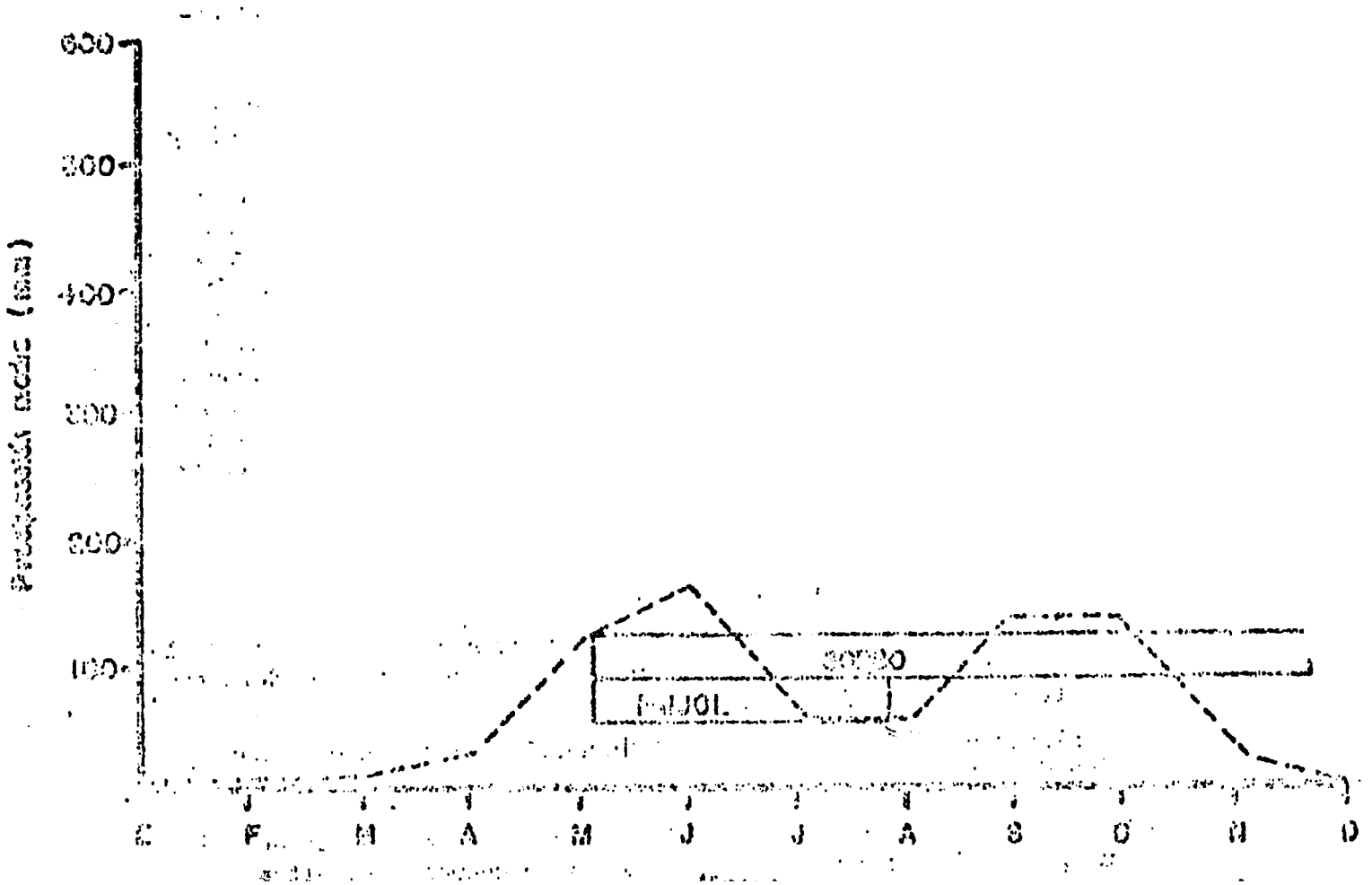


Figura 17. Distribución de la precipitación total anual en el área de Estelí, Nicaragua y arreglo cronológico de los cultivos de sorgo y frijol.

Best Available Document

2.c Canícula interestival pronunciada; menos de 1.000 mm de precipitación total anual:

Los caracteres principales del tipo de agricultura que se practica en estas áreas coinciden en muchos aspectos con la zona anterior. El riesgo ecológico continúa siendo uno de los principales caracteres de este tipo de agricultura. Como un ejemplo de sistemas de producción de cultivos que se practica en estas regiones de América Central, se presentan en la Figura 17 la distribución de la precipitación y el arreglo de los cultivos entre sorgo y frijol que se realizan en ciertas regiones de Estelí, Nicaragua. En ellas, el frijol, por su corto periodo de crecimiento, reemplaza al maíz como cultivo para sembrar en primera. Además, la canícula pronunciada permite la cosecha del frijol durante ella. Al sembrar el frijol, también se siembra el sorgo que permanece en el campo hasta su cosecha a fines del año. A veces, el sorgo se cosecha como forraje a mediados del año y se usa el rebrote para obtener el grano al final de la estación de cultivo. Se usa un sorgo criollo sensible al fotoperiodo y de buenas cualidades culinarias.

REFERENCIAS

Los antecedentes que se discuten en este documento son producto de la experiencia personal del autor, por lo tanto, adolecen de muchos defectos y posiblemente falta de objetividad.

Las publicaciones que se citan a continuación sirvieron como base para la redacción de este documento.

1. CATIE. Descripción de una alternativa para el mejoramiento del sistema maíz - frijol en relevo, practicado por pequeños agricultores en una comunidad agrícola de la región interior central de Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 65 p.

2. _____. Descripción de una alternativa para el sistema de cultivo maíz asociado con yuca, practicado por los agricultores de la zona de Guácimo y Pococí, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 118 p. 34 ref.

3. _____. [illegible] de una alternativa para el sistema de producción maíz asociado con sorgo, practicado por agricultores del Municipio de Tejutla, Chalatenango, El Salvador. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 54 p.

4. _____. Descripción de una alternativa para el sistema maíz en primera y frijol en postrera, practicado por agricultores de la zona de Balmares de Pérez Zeledón, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 169 p. 71 ref.

5. HOLLE, H. Datos del clima en las áreas de trabajo del proyecto de investigaciones en sistemas de cultivo para pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 39 p. (p. inc.).

Best Available Document

RESTRICCIONES SOCIO-ECONOMICAS REFLEJADAS EN LOS SISTEMAS DE CULTIVO PRACTICADOS POR PEQUEÑOS AGRICULTORES

Luis A. Navarro*

Se entiende por sistema de cultivo a la combinación espacial y temporal entre uno o más cultivos con ciertas cantidades de tierra, mano de obra y elementos de capital como implementos e insumos, impuesta por el agricultor para cumplir ciertos propósitos de producción y/o ingreso, bajo las condiciones ambientales y de recursos existentes durante un período dado.

Entendido así, un sistema de cultivo es una manifestación tanto de las posibilidades como restricciones que enfrenta el agricultor en sus recursos y ambiente, como también en su conocimiento para poder utilizarlos según sus metas, propósitos y estímulos sociales.

En general, las restricciones determinantes en los sistemas de cultivo se pueden clasificar de varias maneras. El objetivo de este documento es identificar y analizar aquéllas que se pueden clasificar como restricciones socio-económicas.

La identificación y análisis de las restricciones socio-económicas se hará dividiéndolas en aquéllas que determinan: a) la cantidad y calidad de los recursos a disposición de los pequeños agricultores; b) sus metas, propósitos y estímulos y c) su conocimiento o capacidad de utilizar a para lograr b . En cada grupo se discutirá como la sociedad, ambiente en evolución a través del tiempo y que involucra a los agricultores, y ha producido y puede producir cambios positivos o negativos en los tres tipos de restricciones, lo que a su vez induce cambios evolutivos en el agricultor y sus sistemas de cultivos.

La discusión se centra en experiencias y observaciones hechas en los diferentes países del Istmo Centroamericano.

La mayor parte de los datos que se presentan como ilustración se basan en diversas encuestas y sondeos hechos en las áreas de acción del Proyecto CATIE/ROCAP en Sistemas de Cultivo, entre 1976 y 1978. Estas encuestas y sondeos han sido realizados por personal de las distintas instituciones nacionales individualmente o con colaboración del CATIE.

---

* Economista Agrícola, Proyecto CATIE/ROCAP. Turrialba, Costa Rica.

CANTIDAD Y CALIDAD DE RECURSOS

Los recursos de producción se refieren a la tierra, mano de obra y elementos de capital como implementos agrícolas e insumos, incluyendo semillas.

El concepto de pequeño agricultor indica su poca disponibilidad (cantidad) general de recursos en relación a la capacidad productiva (calidad) de éstos y la producción necesaria para subsistir y mejorarse él y su familia.

Este concepto indica, también, una posición general de los pequeños agricultores en una estratificación agrícola, tanto por ingresos como por ubicación geográfica. En términos de ingresos, generalmente ocupan los estratos más bajos y en términos de ubicación geográfica ocupan áreas marginales. Esta marginalidad está dada por la calidad del suelo o clima y por su ubicación y acceso respecto a los centros de desarrollo nacional. A su vez esta "localización" implica un círculo vicioso del cual estos agricultores difícilmente pueden salir sin ayuda de la sociedad. De hecho ha sido el tipo de desarrollo agrícola económico de las sociedades del Istmo lo que ha moldeado las características de estos pequeños agricultores.

Recurso Tierra

Las ventajas comparativas de los países del Istmo, principalmente por clima y cercanía a los mayores mercados internacionales de carne, frutas y otros productos tropicales, ha inducido una agricultura basada principalmente en estos productos de exportación. Las exigencias en cantidad, calidad y competencia de los mercados internacionales hace que estas explotaciones sean económicas sólo en grandes escalas (economías de escala).

Esto a su vez requiere de una tecnología eficiente y moderna, lo que contribuye aún más a sus exigencias de recursos, especialmente de capital. Aquéllos que disponen de tal capital pueden ser también mucho más concientes de la calidad y ubicación de los recursos necesarios y pueden competir para su adquisición. Esto ha elevado el precio de las tierras de mejor calidad o mejor ubicadas, fuera del alcance de los agricultores de bajos ingresos, contribuyendo al desplazamiento de estos últimos a la situación antes descrita.

La poca disponibilidad y deficiencia en calidad del recurso tierra no permite ni una buena productividad ni diversificación en la producción de los pequeños agricultores. Esto, que se refleja en el comportamiento de sus sistemas de cultivo, los guía también a preferir los cultivos de alimentación básica que son posibles en el área. Estos son de prioridad para su subsistencia, pero debido a su bajo valor unitario, poco rendimiento y a lo pequeño de la escala de operación, no les permiten progresar en términos de ingreso.

El Cuadro 1 resume los resultados de varias encuestas hechas a pequeñas muestras de agricultores en las áreas de trabajo del Proyecto CATIE/ROCAP. Uno de los criterios para seleccionar estas áreas fue la concentración de pequeños agricultores allí existente.

Estudiando la ubicación geográfica de las áreas encuestadas (Figura 1) se pueden hacer varias observaciones adicionales relacionadas con la "calidad" de la tierra como recurso productivo.

Existe una tendencia a una concentración de las fincas más grandes en las encuestas en aquellas áreas estudiadas más alejadas de centros importantes de población (Ej.: Pacífico Sur, Atlántico, Chiriquí Alto) o de más difícil acceso (Ej.: Atlántico, Chiriquí Alto, hasta el momento de las encuestas).

Aunque no existe una relación clara entre el tamaño de la finca del Cuadro 1 y la topografía general de las fincas encuestadas (Cuadro 2), el segundo cuadro muestra que en algunos casos el área no apta para trabajos agrícolas puede llegar hasta un 63% del total. De las áreas que muestran una topografía más adecuada, el Atlántico es todavía de acceso relativamente difícil. La Meseta Central y el Valle del Sula, en cambio, cuentan con buen acceso y cercanía a mercados.

Cuadro 1. Tamaño promedio de finca, número total de agricultores y número de muestras independientes encuestadas en diversas áreas de trabajo, Proyecto CATIE/ROCAP 1976-1978.

País	Región general (ubicación)	ha/finca	No. agric. encuestados	No. de muestras	Referencias bibliográficas
Costa Rica	Meseta Central	8.8	16	8	(3)
	Pacífico Sur	13.6	139	5	(2, 3)
	Atlántico	17.7	163	5	(2, 3)
	Turrialba	10.0	26	1	(3)
El Salvador	Nor-Occidente	4.8	54	1	(7)
Guatemala	Altiplano	1.3	40	1	(6)
Honduras	Valle del Sula	5.8	89	3	(3, 4, 12)
Nicaragua	Central	7.3	209	4	(3, 12, 15)
Panamá	Chiriquí Alto	[illegible].4	39	1	(11)

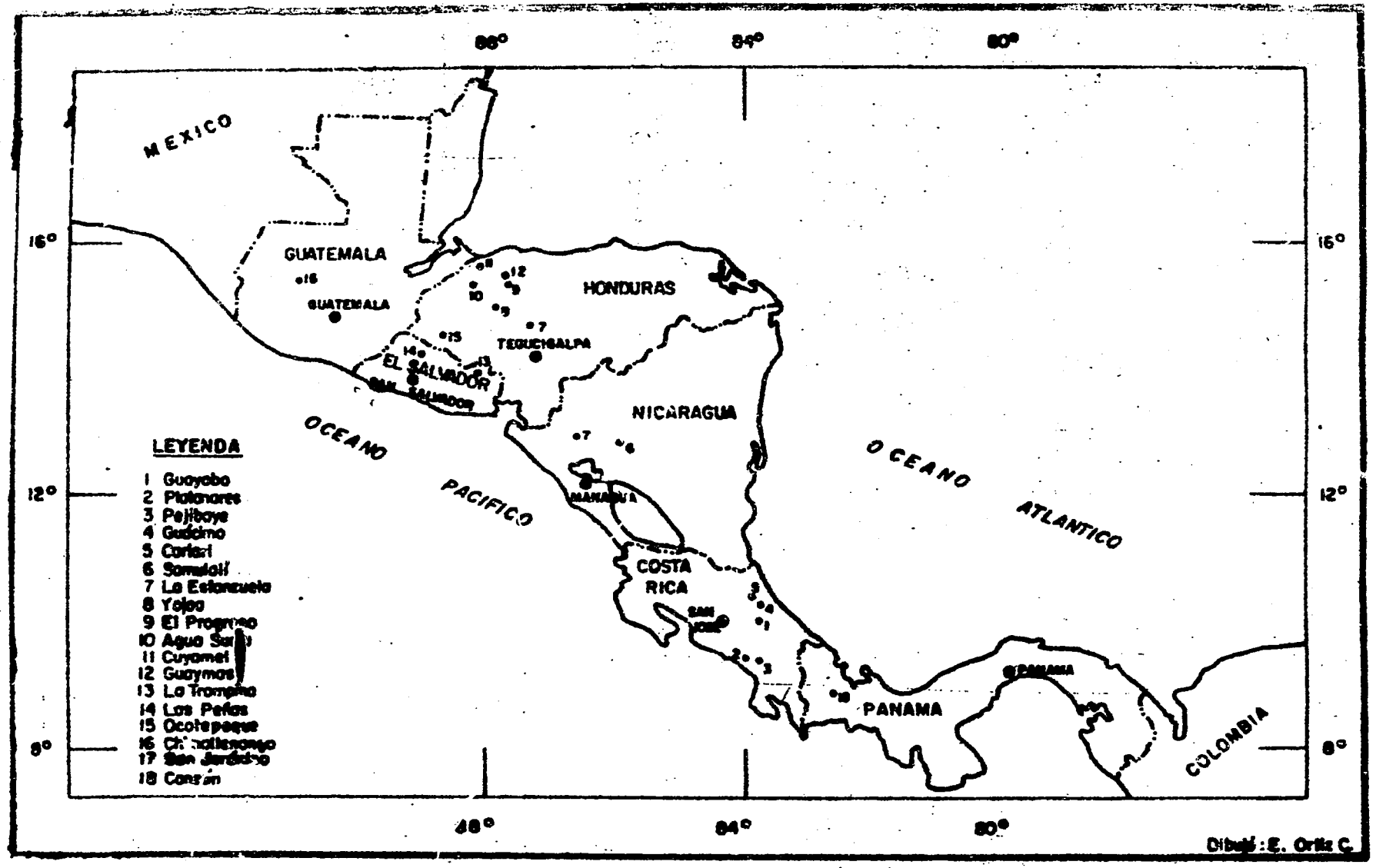


Fig. 1 Ubicación de las áreas de acción del Proyecto en Sistemas de Cultivo para Pequeños Agricultores 1976-1978

Cuadro 2. Topografía general de la tierra explotada por pequeños agricultores, según encuestas realizadas en varias áreas del Istmo Centroamericano. Proyecto CATIE/ROCAP 1976-1978.

País	Región (ubicación)	% área encuestada con topografía:			No. de observ.	No. de muestras	Referencias bibliográficas
		Plana	Ondulada	Quebrada			
Costa Rica	Meseta Central	61	27	11	16	1	(3)
	Pacífico Sur	5	48	43	30	2	(3)
	Atlántico	99	1	-	61	2	(3)
	Turrialba	36	26	11	26	1	(3)
El Salvador	Nor-Occidente	30	7	63	54	1	(7)
Guatemala	Altiplano	46		54	40	1	(6)
Honduras	Valle del Sula	61	38	1	48	2	(3, 12)
Nicaragua	Central	31	38	31	168	3	(3, 15)
Panamá	Chiriquí Alto	33	57	9	59	1	(11)

La mayoría de las áreas encuestadas muestran una alta proporción con topografía inadecuada para trabajos agrícolas. La necesidad de seguir produciendo en esas condiciones por los pequeños agricultores sólo anticipa acelerar el deterioro productivo de esas tierras con consecuencias detrimentes tanto para los agricultores como para la sociedad en general.

La ubicación geográfica a que se han replegado los pequeños agricultores también define el clima, que es, a su vez, una de las principales determinantes de los sistemas de cultivo presentes.

Además de la cantidad y calidad de la tierra disponible, hay otro aspecto o dimensión de ésta que es muy importante para determinar su uso y así los sistemas de producción en general y sistemas de cultivo en particular. Esta tercera dimensión es el período de tiempo en que esta tierra está disponible con seguridad para ser usada por el agricultor. Esto lo determina, principalmente, la tenencia de la tierra.

Los arreglos de tenencia basados en arrendamiento, mediérías u otros de período corto obligan a "sistemas" de ciclo corto utilizando cultivos con esas características. Lo mismo no permite incentivar el uso de insumos y otras prácticas (Ej.: conservación de suelos) que tendrían un efecto residual, o sea, el usuario no podría aprovechar en su totalidad.

Tierras en propiedad u otros arreglos de tenencia con más permanencia, permiten la planificación de sistemas y prácticas también de más permanencia. En general, se amplía el rango de posibilidades permitiendo la selección de sistemas más racionales en términos de beneficios socioeconómicos como el uso de los recursos en el tiempo.

Según los datos colectados en las encuestas, en las diferentes áreas de acción del Proyecto CATIE/ROCAP, la forma de tenencia dominante es la propiedad. Sin embargo, existen también el alquiler, mediérías, colonatos (y asentamientos), así como también otras formas incluyendo el precarismo. El Cuadro 3 contiene algunos datos sobre tenencia de la tierra en las áreas de mayor interés en esta presentación. La mayoría casi absoluta de la propiedad como forma de tenencia, está grandemente influída por el tipo de muestreo utilizado en estos casos, el cual seleccionó áreas de concentración de pequeños agricultores preferentemente individuales y que practican sistemas de cultivo bien definidos. Estadísticas generales muestran que las otras formas de tenencia tienen una proporción mayor que la mostrada en las encuestas, para los pequeños agricultores de todo el Istmo.

Una caracterización general de los sistemas de cultivo en las distintas áreas mencionadas en los Cuadros 1 a 3, muestran que éstos están más definidos y establecidos en el Pacífico Sur, Nor-Occidente, Altiplano y Central. Además éstos están claramente basados en granos alimenticios básicos. Las áreas en que hay influencia de colonización y asentamientos muestran cierta inestabilidad en los sistemas, propia de una situación de transición. El área denominada Meseta Central en Costa Rica es quizás

una de las más dinámicas, especialmente debido a la influencia que recibe de un mercado cercano y que incentiva a los agricultores a intentar cultivos hortícolas de mayor valor. En menor cuantía esto sucede también en Turrialba.

Mano de obra

Por mucho tiempo se sostuvo la tesis que la mano de obra es un recurso abundante e incluso excedente a nivel de pequeños productores agrícolas (teoría de la productividad marginal cero para la mano de obra). Una visión rápida de las estadísticas generales puede dar esa impresión.

El Cuadro 4 muestra algunos datos globales para el Istmo Centroamericano durante 1970, según SIECA (13). Según este cuadro el valor de la producción agrícola aumenta desde el estrato de fincas pequeñas hacia las mayores. A su vez la razón de población rural económicamente activa

Cuadro 4. Superficie bajo cultivos, población rural económicamente activa, valor de la producción agrícola y pecuaria y total por hectárea para diferentes estratos de finca. SIECA 1970*

Estrato de fincas	Sup. en fincas bajo cultivos miles de ha y % total	Poblac. Rur. Econ. Activa miles de personas**	Valor de la prod/ha bajo cultivo (CA$ 1965)	
			Agrícola	Total
I Menores de 4 ha	695.7(73)	1540.1	100.8	190.8
II 4 - 35 ha	1641.9(56)	564.9	182.1	151.4
III Más de 35 ha	1492.0(14)	138.8	496.4	140.2

* Fuente (13, 14)

** Estas cifras corresponden al 31.4 porciento de la población rural por estrato durante el año 1970 y no incluye a los trabajadores sin tierra ni a los administradores.

por ha de finca bajo cultivo es 2.2, .34 y .09 para los estratos I, II y III respectivamente. Esto es mayor valor de la producción con mucho menos mano de obra por ha. El raciocinio puede ser que se está utilizando mano de obra en exceso en aquellas fincas más pequeñas (productividad marginal negativa de la mano de obra).

Sin embargo, las mismas estadísticas de SIECA muestran que el valor de la producción total por ha bajo cultivo, que incluye una producción pecuaria, disminuye con el tamaño de la finca y aumenta con el número de trabajadores por ha/año (última columna Cuadro 4). Esta tendencia y las cifras correspondientes demuestran una productividad marginal decreciente pero positiva de la mano de obra a medida que su uso aumenta y el tamaño de finca disminuye. El valor promedio de la productividad de la mano de obra también decrece hacia las fincas pequeñas lo que confirma que estas fincas están utilizando su mano de obra en una proporción económicamente racional respecto a la tierra.

El trabajo a nivel de pequeños agricultores, como estrato individual también ayuda a revisar la impresión errada que pueden dar las estadísticas globales respecto a la mano de obra como recurso. Incluso se puede argumentar que a los niveles de tierra y capital disponible para estos agricultores, la mano de obra es en general escasa. Entre las razones más obvias se pueden identificar las que siguen.

La limitación de tamaño y producción de la finca hace que el ingreso familiar generado por la finca sea insuficiente. Ello obliga a parte de la mano de obra familiar a buscar el ingreso suplementario fuera de la finca propia.

En otras ocasiones, incluso con un tamaño de finca adecuado y posibilidades de generar suficiente ingreso, existen, fuera de la finca, empleos alternativos que implican un retorno muy atractivo para la mano de obra familiar. Si esos retornos son más altos que el que provee el trabajo dentro de la finca, la mano de obra disminuirá para la finca. Ocasionalmente esos retornos pueden ser comparables a los internos pero la época en que suceden puede ayudar a la familia a mejorar el influjo de dinero en efectivo necesario para consumo u operación. Esto puede ser crítico ya que dada la estacionalidad agrícola, estos trabajos, mejor remunerados, surgen en la misma época en que la mano de obra es necesaria en la finca. Esto impide que los agricultores hagan un buen uso de esos empleos y que tampoco puedan atender bien los trabajos en sus fincas. Por la misma razón hay épocas en que no existe mucho trabajo dentro ni fuera de la finca familiar, lo que acentúa la impresión de un exceso de mano de obra a este nivel de agricultores.

Datos de encuestas realizadas en Nicaragua (87 agricultores) y en Panamá (59 agricultores) muestran que en promedio las familias tenían 7 y 6.7 miembros respectivamente. Sin embargo, la disponibilidad de mano de obra familiar para trabajos en la finca es mucho menor según se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Disponibilidad de mano de obra familiar, sin incluir al agricultor, por año en Caizán (Panamá) y Estelí (Nicaragua).

Tipo de trabajador	Unidades hombre/año por finca	
	Caizán	Estelí
Hombres (eq. 1 hombre)	.69	1.4
Mujeres (eq. .7 hombre)	.47	.3
Niños (eq. .5 hombre)	.89	.5
TOTAL	2.06	2.8

FUENTE: Encuestas realizadas durante 1978, Proyectos CATIE/ROCAP (11), CATIE/CIID (15).

Otra indicación de la limitación existente en mano de obra son los informes sobre mano de obra contratada en diversas encuestas y sondeos realizados entre 1976 y 1978. Para estudio véase el Cuadro 6.

La limitación en mano de obra explica muchas de las características de tamaño de operación de diversos sistemas como también mucho de su manejo (8, 9).

Muchas veces, aunque tengan suficiente terreno y posibilidades de preparación de terreno, incluso utilizando maquinaria y/o bueyes, los agricultores trabajan menos que la superficie apta que poseen. Esta escala la determina la mano de obra que tendrán disponible para el manejo de esa área durante el ciclo agrícola.

A nivel de toda la finca, existe una tendencia a combinar varios sistemas de cultivo que se complementan en el tiempo en cuanto al uso de mano de obra. Esto es, que no compitan entre sí por uso de mano de obra en las mismas épocas.

En otros casos manejan pequeñas porciones de terreno en forma escalonada en el tiempo. Aunque en este caso pueden estar utilizando un sistema muy similar, el escalonamiento en el tiempo le permite utilizar mejor su mano de obra, la cual va pasando de una parcela a otra así como diferentes labores van siendo necesarias en ellas. El tamaño de estas parcelas está de acuerdo, otra vez, a la cantidad de mano de obra disponible.

Cuadro 6. Porcentaje de los agricultores entrevistados que dicen contratar mano de obra no familiar en alguna época del año en diversas áreas del Istmo, 1976-1978.

País	Región general (ubicación)	% que dice contratar	No. de obs.	No. de muestras	Ref. bibl.
Costa Rica	Meseta Central	100	16	1	(3)
	Pacífico Sur	0	30	2	(3)
	Atlántico	57	61	2	(3)
	Turrialba	62	26	1	(3)
El Salvador	Nor-Occidente	75	56	1	(7)
Honduras	Valle del Sula	82	60	2	(3)
Nicaragua	Central	78	80	2	(3)
Panamá	Chiriquí Alto	71	59	1	(11)

Incluso la práctica de multicultivo se puede explicar en parte como un intento de utilizar mejor la mano de obra limitada y no siempre como una limitación en terreno. El hecho de que una "limpia" en un área con dos cultivos tome más tiempo que en una similar con uno solo, pero menos que en el área equivalente que produzca la misma cantidad de ambos como monocultivo, ejemplifica esto. Lo mismo puede repetirse para otras operaciones.

Un argumento final lo da la escogencia, por muchos pequeños agricultores, de herbicidas como el primer insumo "moderno" que introducen en sus prácticas "tradicionales". Indudablemente el atractivo de éste es su claro efecto en sustituir mano de obra.

El aumento de oportunidades de trabajo para la mano de obra y su aumento en productividad por entrenamiento y complemento de capital, la hará cada vez más cara y escasa para el pequeño agricultor. Esto requiere que su uso racional sea una consideración clara en el mejoramiento tecnológico agrícola. De hecho ello no debe ser sólo una consideración económica sino social, como tratar de disminuir la cantidad de trabajo necesario por el agricultor para satisfacer sus necesidades de subsistencia y mejoramiento, tendencia natural en la evolución humana.

Capital

Tanto a nivel global como específico, el capital aparece como el recurso más limitado en su uso a nivel de pequeños agricultores. Por lo menos observado desde la perspectiva del conocimiento agrícola moderno, una mayor proporción de capital aumentaría tanto la producción como productividad de su mano de obra como tierra en uso ahora.

Sin embargo, esto no es tan fácil ya que la limitación en el uso de capital se debe a disponibilidad, costos y conocimiento para utilizarlo adecuadamente. Cual de estos aspectos es más importante dependerá también de la forma de capital que se trate. Indudablemente su introducción en los sistemas de cultivo utilizados por pequeños agricultores deberá ser paulatina. Esto tanto por la limitada capacidad de los agricultores para adoptarlo y utilizarlo.

Tradicionalmente el primer elemento de "capital" utilizado por los agricultores ha sido semilla (insumo). De hecho el uso eficiente de éste es algo que aún proecupa mucho a los pequeños agricultores (10). Es común observar que ellos cuantifican sus siembras y cosechas en términos de volumen de semilla, sembrada o cosechada. El índice volumen cosecha/volumen siembra es más común entre ellos que el tradicional peso cosecha/unidad de superficie, entre técnicos. Esto implica un problema de comunicación que puede reflejarse en las estadísticas agrícolas. Se puede considerar que tradicionalmente la semilla como elemento de capital ha sido el más limitante para ellos. Ello se refleja en los sistemas de los agricultores pequeños, por su apego a incluir variedades "criollas", sus cuidados, formas de almacenamiento, etc. (10).

Los otros elementos de capital, propiamente tal y que empiezan a aparecen en el manejo de los sistemas, son herramientas muy sencillas como espeques, macanas, cuchillos, machetes, etc. Estas herramientas son prácticamente extensiones de su mano y creaciones de ellos por lo que su uso es conocido y natural. Más tarde aún aparece el arado de palo y bueyes.

Así como su preocupación por su semilla determina la gran variedad de cultivares encontrados en estos sistemas, las herramientas de que dispone determinan otras características de sus sistemas.

El tipo de herramientas determina la forma de preparar el terreno. Esta puede ir desde alguna remoción (arados de palo u otro) hasta la quema de residuos y limpia con machete.

Tanto el tamaño del agricultor (longitud de su paso) como el uso de espeques o macanas determinan distanciamientos de siembra o arreglos de cultivos en el terreno. Lo mismo es también influído por la necesidad de espacio para manipular otras herramientas en labores de limpia. Ejemplo de esto es que para utilizar el machete y facilitar el trabajo (uso más eficiente de la mano de obra) en limpias de maíz no pueden sembrarlo a menos de 1.2 m en cuadro; para limpiar frijol utilizando machete curvo no

pueden sembrarlo a menos distancia que 20 cm.; al utilizar cualquier tipo de arado, el ancho de sus surcos determinará también el distanciamiento entre hileras. Estos requisitos se reflejan en densidades de siembra que el técnico rápidamente cataloga de inadecuada.

Además de los elementos de capital ya mencionados, y dependiendo de la influencia del medio tanto ecológico como socio-económico en que se han desenvuelto, los pequeños agricultores han empezado a adoptar muchos otros tipos de elementos de capital.

Esto lo han hecho de una manera consciente, estudiando sus efectos según observan su uso en fincas más capitalizadas, su manejo, maneras de adaptarlo a su finca, así como también la posibilidad de adquirirlo. En este sentido la adaptación y adopción de muchos elementos de tecnología moderna, que los pequeños agricultores combinan con sus técnicas más tradicionales, es un proceso espontáneo y evolutivo.

En muchas áreas los esfuerzos de extensión agrícola o asistencia técnica han contribuído a acelerar este proceso. A veces también estos programas han exagerado su afán por acelerar el cambio hacia la "tecnología moderna" basada generalmente en el monocultivo y alto uso de capital. Ello puede tener efectos contraproducentes tanto en la actitud de los agricultores hacia los técnicos como en su capacidad de desarrollar su propia tecnología. Lo mismo puede llevar a que los agricultores se hagan demasiado dependientes del apoyo institucional que no es fácil de mantener.

Elementos de capital en forma de insumos como herbicidas, insecticidas, fungicidas, fertilizantes o implementos como bombas de aspersión, arados y rastras aparecen en diferente orden en los sistemas de cultivo de diferentes áreas. Este orden está determinado principalmente por la organización productiva de las áreas (ejemplo: efecto demostrativo de fincas con más uso de capital), apoyo institucional (crédito, asistencia técnica), comunicación (programas de extensión o promoción de insumos agrícolas), disponibilidades (venta de insumos agrícolas) y posibilidades de adquisición (dinero de operación disponible versus costo de elementos de capital).

El uso de algunos de estos elementos de capital inducen también otros cambios en los sistemas de cultivo. Por ejemplo la imposibilidad de asociar maíz y frijol cuando se va a usar "Gesaprín" como herbicida especializado.

Un estudio cuidadoso de la ubicación de las áreas de agricultores entrevistados, respecto a centros poblacionales, estructura agrícola de las áreas, comunicación y otros aspectos socio-económicos, puede ayudar a explicar porqué la variación en uso de los diferentes tipos de insumos por esos agricultores. Un bosquejo de esta variación entre áreas se da en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Proporción de los agricultores que informan usar distintos tipos de insumos e implementos agrícolas, como indicador del uso de capital en los sistemas de cultivo de diversas áreas del Istmo Centroamericano 1976-1978.

País	Región general (ubicación)	% de los agricultores entrevistados que informan utilizar:					N° de obs.	N° de muestras	Ref. bibl.
		Semilla comprada	Fertil. químico	Herbicida	Plaguicida	Arado			
Costa Rica	Meseta Central	100	94	88	94	Sí*	16	1	(3)
	Pacífico Sur	19	27	3	7	0	30	2	(3)
	Atlántico	20	43	80	43	Sí*	61	2	(3)
	Turrialba	54	73	73	77	Sí*	26	1	(3)
El Salvador	Nor-Occidente	80	91	43	32	Sí*	56	1	(7)
Honduras	Valle del Sula	52	45	55	53	Sí*	60	2	(3)
Nicaragua	Central	59	44	0	60	74	168	3	(3, 15)
Panamá	Chiriquí Alto	58	63	63	39	Sí*	59	1	(11)

* Se utiliza parcel área pero no se pudo establecer la proporción.

METAS, PROPOSITOS Y ESTIMULOS

Tanto la constitución como el manejo de los sistemas de cultivos reflejan las metas y propósitos del agricultor, así como también los estímulos que reciba. Por lo mismo reflejarán las restricciones existentes en estas metas, propósitos y estímulos.

Propósitos y Metas

El propósito básico reflejado en los sistemas de cultivo es el de sobrevivencia. En este sentido incluirán cultivos que son alimenticios. La meta de subsistencia llevará a determinar la escala mínima necesaria para producir el alimento de consumo familiar.

Una producción mayor que la mínima necesaria para consumo familiar puede ser aún de subsistencia. La cantidad extra puede ser para intercambiarla por aquellos elementos de consumo familiar que no se producen en la finca. Aun la inclusión de un cultivo no alimenticio cuya producción sirva para ese intercambio, también cumple con el propósito de subsistencia.

Desde el punto de vista social la meta de subsistencia del agricultor no es totalmente adecuada ya que no produciría suficiente excedente de alimentos para los no agricultores. En este sentido es una limitación.

Otro propósito aparente en los sistemas de cultivo es la minimización de los riesgos de producción (9). Así muchas de las características de los sistemas tienen como objeto asegurar un cierto nivel de producción frente a la incierta variación ambiental. Para lograr esto el agricultor induce también una variabilidad en sus sistemas.

Pocos agricultores se especializan en la producción de cultivos anuales, generalmente incluyen cultivos perennes y producción animal que son más estables en producción. La tendencia es a diversificar el número y tipo de empresas (sistemas). La proporción y escala relativa de cada uno de ellos depende tanto del tamaño de la finca como de sus ventajas comparativas (según disponibilidad y costo de otros recursos).

Las semillas y cultivos incluídos en los sistemas por los pequeños agricultores han sido seleccionados por su estabilidad frente a las variaciones tanto climáticas como fitosanitarias del área durante el cultivo y almacenamiento. Generalmente esto se explica por la alta variabilidad genética encontrada en esos cultivares (10).

El escalonamiento de fechas de siembra para diversos sistemas y/o diversos cultivos dentro de un sistema tiende también a compensar por la variabilidad ambiental (5, 9). El multicultivo mismo implica una variabilidad que sirve igual propósito.

Otro propósito atribuible a los pequeños agricultores y que reflejan en sus sistemas es el uso racional de sus recursos.

El uso racional de los recursos puede llevar a elegir sistemas que utilizan más de los recursos más abundantes y baratos a nivel del agricultor (tierra y/o mano de obra) y menos de aquél más caro (capital). Esto está de acuerdo con la meta de minimizar costos o maximizar ingresos netos.

La meta de minimizar costos es más clara en agricultura de subsistencia. En estos casos la producción necesaria está más o menos definida. La meta racional entonces es producirla al costo más bajo posible. Esto implica utilizar el mínimo de recursos y en proporciones regidas por sus costos y requisitos técnicos.

La meta de maximizar ingreso neto corresponde más a agricultores con orientación a mercado. Aquí la proporción en que los recursos serán utilizados está regida también por requisitos de la tecnología y sus costos relativos. Sin embargo, el sistema utilizado, en su escala, composición y manejo, no necesariamente es el que minimiza los costos totales. En estos casos la escala de operación tiende a ser mayor, los cultivos incluídos no necesariamente son alimenticios, se puede utilizar más capital en forma de maquinarias e insumos modernos, etc.

En muchas de las áreas de pequeños agricultores, los sistemas reflejan que los propósitos de esos agricultores son parcialmente de participación en el mercado. En la mayoría de los casos estudiados el agricultor vende menos que el 50% de su producción de cultivos anuales.

La importancia de la orientación al mercado en la decisión del agricultor, depende en parte de sus metas de mejoramiento económico como también de los estímulos que recibe de la sociedad.

Estímulos

Los estímulos que la sociedad provee a los agricultores pueden estar dados ya por acción de instituciones como de los consumidores de productos agrícolas.

Uno de los estímulos más claros es el dado por el mercado para los productos agrícolas con sus aspectos de acceso, capacidad y precio. El mercado puede estimular tanto una mayor producción de algún producto ya existente en el área como el de productos nuevos pero con potencial. De la misma manera el estímulo por mayor producción puede incentivar un mejoramiento tecnológico. Esto se refleja también en los sistemas de cultivo practicados en las diferentes áreas de pequeños agricultores. El cuadro general es que no existen estímulos suficientes en cuanto a mercado. El fortalecimiento del mercado por consumidores o instituciones pertinentes estimula a los agricultores especialmente si esto va acompañado por un fortalecimiento tanto de los recursos como conocimiento del agricultor.

El fortalecimiento de los recursos disponibles tanto en cantidad como en calidad es una labor que pueden hacer varias instituciones. Entre ellas se pueden citar crédito agrícola, servicios agrícolas, cooperativas de insumo, etc. La carencia o limitación de estas acciones se refleja también en los sistemas de cultivo de los pequeños agricultores así como en su aislamiento.

CONOCIMIENTO

Las características de los sistemas de cultivo practicados por muchos pequeños agricultores dan la impresión de un conocimiento limitado, susceptible de mejorarse según el nivel de conocimiento existente en la sociedad como un todo. Instituciones como Extensión e Investigación Agrícola tendrían esa responsabilidad.

Sin embargo, las características de esos sistemas reflejan más las limitaciones ya estudiadas en los recursos, metas y propósitos como de su fortalecimiento y estímulo por la sociedad. En este sentido se puede argumentar que el conocimiento del agricultor y que refleja en sus sistemas es muy adecuado para esa situación restrictiva. Por lo mismo, la acción individual y aislada de Extensión y/o Investigación Agrícola no tendrá mucho impacto. De hecho no lo han tenido ya que muchas tecnologías propuestas para los pequeños agricultores no han sido adoptadas básicamente por su inadecuación a las condiciones de recursos y propósitos del agricultor. Esto es que el conocimiento propuesto (tecnología) requería de un conjunto de recursos que el agricultor no poseía o requería tener propósitos extraños o que no eran de estímulo para los agricultores.

La acción de Extensión e Investigación Agrícola será mucho más efectiva cuando complementa o es complementada por la acción de aquellas instituciones encargadas de fortalecer tanto los recursos como el mercado (propósitos) de los pequeños agricultores.

Sólo una acción coordinada de todas estas instituciones podría lograr un mejoramiento tecnológico mantenido como base del desarrollo agrícola que es su responsabilidad conjunta.

Sólo así se podrá transmitir también, parte del conocimiento generado por la sociedad mayor, a los pequeños agricultores permitiéndoles acelerar el mejoramiento de sus sistemas de cultivo para beneficio general.

El Cuadro 8 muestra que el apoyo institucional está presente en las áreas de pequeños agricultores en estudio. Su acción, sin embargo, no aparece como muy efectiva en su conjunto, lo que puede estar influido parcialmente por falta de coordinación.

Cuadro 8. Apoyo institucional presente según la respuesta de algunos agricultores entrevistados en varias áreas del Istmo Centroamericano durante el proyecto CATIE/ROCAP, 1976-1978.

País	Región de estudio (ubicación)	% de los agricultores contactados que				Nº de obs.	Nº de muestras	Ref. bibl.
		Utilizan crédito	Reciben alguna		Pertenecen a alguna organización			
			Inf. de mercado	Asist. técnica				
Costa Rica	Meseta Central	50	31	44	Sí*	15	1	(3)
	Pacífico Sur	66	0	16	Sí*	30	2	(3)
	Atlántico	51	41	11	Sí*			
	Turrialba	62	58	12	Sí*	26	1	(3)
El Salvador	Nor-Occidente	48	34	34	20	56	1	(7)
Honduras	Valle del Sula	88	82	85	Sí*	60	2	(3)
Nicaragua	Central	59	84	50	Sí*	80	2	(3)
Panamá	Chiriquí Alto	56	90	54	44	59	1	(11)

* Existen organizaciones, pero no se averiguó la proporción de agricultores que pertenecen a ellas.

RESUMEN

Muchas de las características de los sistemas de cultivo practicados por pequeños agricultores reflejan las restricciones socio-económicas que esos agricultores enfrentan.

Esas restricciones han sido determinadas por aspectos presentes e historias del desarrollo agrícola y económico de las diversas sociedades.

Las características de los sistemas reflejan restricciones: a) en la cantidad como calidad de los recursos disponibles para los agricultores; b) en sus propósitos, metas, prioridades y estímulos; y c) en su conocimiento y posibilidades de mejoramiento.

Diversas instituciones pueden actuar sobre estos diversos tipos de restricciones con posibilidades de inducir un mejoramiento tecnológico. Lógicamente, sólo la acción coordinada de todas ellas llevará a la meta de un mejoramiento de la situación de esos agricultores como apoyo al desarrollo agrícola nacional.

BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA, L. B. et al. El sector campesino centroamericano; necesidad, potencial y requerimientos para su cambio tecnológico. S. l., s. e., 1977. 122 p. + anexo.

2. AVILA, M. An economic evaluation of alternative annual cropping systems in two regions of Costa Rica. Thesis Ph. D., Columbia, University of Missouri, 1978. 192 p.

3. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Informe resumido de la encuesta preliminar en Costa Rica, Nicaragua y Honduras. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 23 p.

4. _____. Primer informe de la encuesta preliminar a pequeños agricultores efectuada en el área de Agua Sucia, Departamento Santa Bárbara, Honduras. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 17 p.

5. DON VICTOR: Un pequeño agricultor en Costa Rica. Actividades en Turrialba Costa Rica (1):3-8. 1978.

6. DUARTE, M., R., HILDEBRAND, P. E. y RUANO, A., S. R. Tecnología y estructura agrosocioeconómica del minifundio del occidente de Chimaltenango. Guatemala, ICTA, 1977. 79 p.

7. EL SALVADOR. CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. Diagnóstico de sistemas de producción agropecuarios del municipio de Tejutla, departamento de Chalatenango, El Salvador. San Andrés, 1979. 92 p.

8. NAVARRO, L. A. Dealing with risk and uncertainty in crop production, a lesson from small farmers. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1977. 27 p.

9. _____. Víctor Manuel Víquez, estudio de caso en Costa Rica; informe preliminar. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1977. 24 p.

10. _____. Requerimientos de los agricultores involucrados en el Proyecto de Sistemas de Cultivos del CATIE, para variedades de cultivo. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1977. 25 p.

11. _____. Encuesta de reconocimiento y caracterización inicial de 59 fincas de Caizán, Panamá (1978). CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1978. 62 p.

12. _____. Reconocimiento de los sistemas de finca en las áreas de pequeños agricultores en Costa Rica, Nicaragua y Honduras (informe parcial). CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1978. 16 p.

13. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Perspectivas para el desarrollo y la integración de la agricultura en Centroamérica. Guatemala, 1974. V. 1. 281 p.

14. _____. Perspectivas para el desarrollo y la integración de la agricultura en Centroamérica; marco cuantitativo. Guatemala, 1974. V. 2. 287 p.

15. VEGA, M., A. J. y NAVARRO, L. A. Encuesta de caracterización inicial a fincas pequeñas en la sub-región Estelí, Nicaragua. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1979. 60 p.

6. DUARTE M., R., HILDEBRAND, P. E. y RUANO, A., S. R. Tecnología y estructura agrosocioeconómica del minifundio del occidente de Chimaltenango. Guatemala, ICTA, 1977. 79 p.

7. EL SALVADOR. CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. Diagnóstico de sistemas de producción agropecuarios del municipio de Tejutla, departamento de Chalatenango, El Salvador. San Andrés, 1979. 92 p.

8. NAVARRO, L. A. Dealing with risk and uncertainty in crop production, a lesson from small farmers. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 27 p.

9. _____. Víctor Manuel Víquez, estudio de caso en Costa Rica; informe preliminar. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 77 + 24 p.

10. _____. Requerimientos de los agricultores involucrados en el Proyecto de Sistemas de Cultivos del CATIE, para sus variedades de cultivo. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 25 p.

11. _____. Encuesta de reconocimiento y caracterización inicial de 59 fincas de Caizán, Panamá (1978). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 62 p.

12. _____. Reconocimiento de los sistemas de finca en las áreas de pequeños agricultores en Costa Rica, Nicaragua y Honduras (informe parcial). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 16 p.

13. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Perspectivas para el desarrollo y la integración de la agricultura en Centroamérica. Guatemala, 1974. V. 1, 281 p.

14. _____. Perspectivas para el desarrollo y la integración de la agricultura en Centroamérica; marco cuantitativo. Guatemala, 1974. V. 2, 287 p.

15. VEGA, M., A. J. y NAVARRO, L. A. Encuesta de caracterización inicial a fincas pequeñas en la sub-región Estelí, Nicaragua, 1978. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 60 p.

EL PAPEL DE MODELOS EN LA INVESTIGACION Y DESARROLLO AGRICOLA

Robert D. Hart*

Los Modelos son simplificaciones de la realidad; un mapa, una foto, un diagrama de flujos, una ecuación relacionando los factores, son modelos. Los modelos son usados diariamente en todas las actividades y es simplemente una hipótesis o conjunto de hipótesis que sirve como herramienta en la investigación. En la ciencia, los modelos han jugado un papel muy importante; al plantear una hipótesis y evaluarla por medio de experimentos se está elaborando y validando un modelo; al presentar los resultados de un experimento en una forma gráfica (por ejemplo una curva de respuesta de un cultivo a fertilizantes) se está elaborando un modelo.

A veces se confunde la elaboración y uso de modelos con el hacer un análisis matemático con una computadora. No es necesario saber nada de computadoras para usar modelos. Muchos modelos ni siquiera están escritos; quedan en la mente de un técnico. Pero, obviamente, también hay casos en que es útil escribir o dibujar el modelo en un papel y también hay casos en donde hay suficiente información para ser aún más preciso y elaborar un modelo matemático. Si el modelo matemático es muy complejo, en algunos casos, es necesario usar un computador para analizarlo.

En los últimos años, en la investigación agrícola, especialmente en el trópico, se ha reconocido la necesidad de enfocar a unidades más grandes que el cultivo individual. Por ejemplo se ha dirigido atención a unidades como sistemas de cultivos, sistemas de producción de leche, y hasta sistemas de fincas.

Es imposible estudiar sistemas sin usar modelos. Como se menciona arriba, estos modelos pueden ser simplemente conceptos en las mentes de los investigadores. Pero si se espera trabajar por medio de equipos multiciplinarios, va a ser necesario elaborar estos modelos conceptuales en una forma escrita o gráfica. Como primer resultado, esto va a ayudar a integrar el equipo.

Posteriormente los modelos servirán para identificar aspectos donde falta información y donde se debe hacer investigación. Por último,

---

* Especialista en Sistemas de Producción de Cultivos. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

si merece el caso y existe la información, los modelos pueden servir como herramienta de análisis.

Lo que sigue es un resumen de los tipos de modelos que se pueden usar como herramienta en la investigación y desarrollo agrícola.

En este resumen se presenta una descripción de los pasos principales en la elaboración de un modelo; así mismo, se bosquejan algunos usos prácticos que se puedan dar a un modelo.

Tipos de Modelos

Diferentes autores han elaborado esquemas para clasificar modelos; por ejemplo, Innis (1975) divide modelos entre abstractos y físicos, y después subdivide estos tipos entre dinámicos y estáticos, lineal y no lineal, estable y no estable, etc. Al combinar estos tipos de características, se produce un esquema de clasificación; muchos de estos tipos de modelos no serán de utilidad en la investigación con sistemas agrícolas en el futuro próximo, y por lo tanto no serán discutidos en este documento.

Pero si vale la pena revisar algunos aspectos generales asociados con los diferentes tipos de modelos que se pudieran usar en la investigación y desarrollo agrícola.

Abstractos o Físicos

Los modelos físicos son fenómenos reales. Por ejemplo, mucha de la investigación aerodinámica y diseño de aviones se basa en los resultados obtenidos de avioncitos pequeños. Estos son modelos físicos de aviones grandes. En vez de conducir experimentos costosos con aviones grandes los investigadores usan los aviones modelos.

En la investigación agrícola es muy común usar modelos físicos. La parcela experimental es una simplificación (un modelo) de un campo real dentro de una finca. A pesar de que la parcela experimental en muchos sentidos es diferente a un campo real, se supone que es suficientemente similar a la realidad que los resultados obtenidos con el modelo (la parcela experimental) son extrapolables a fincas reales.

Otro ejemplo del uso de modelos físicos en la agricultura es la elaboración de módulos de producción animal. Dentro de un campo experimental se construye complejos físicos con superficies fijas y con un número específico de animales. Después de probar el módulo (un modelo físico) por un tiempo y conseguir resultados satisfactorios, se transmite una descripción del módulo a los productores.

Modelos abstractos son muy diferentes a modelos físicos. La idea de simplificar la realidad y experimentar con el modelo en vez de con fenómenos reales a veces es similar, pero los modelos abstractos son representaciones conceptuales. Pueden ser de tipos dibujos, gráficos, diagramas, ecuaciones yu otros. Como modelos abstractos no tienen características físicas o bióticas,,son mucho más manejables y flexibles que modelos físicos. Las siguientes características de modelos, en general, están relacionadas con modelos abstractos:

Cualitativo o cuantitativo

Modelos son conjunto de hipótesis. Un sistema es un arreglo de componentes que funciona como una unidad; un modelo de un sistema es, por lo tanto, un conjunto de hipótesis sobre la relación entre el arreglo de los componentes y el desempeño del sistema.

Los modelos que describen esta relación pueden ser hipótesis que plantean la existencia o no existencia de una relación entre los componentes (un modelo cuantitativo) o puede ir más allá de la simple existencia o no existencia de una relación, y cuantificar esta relación (un modelo cuantitativo). La diferencia entre estos dos tipos de modelos es más fácil explicar con unos ejemplos.

Si un sistema de cultivos (un arreglo espacial y cronológico de cultivos que funciona como una unidad) incluye dos cultivos (por ejemplo maíz y frijol); se puede elaborar un modelo (una hipótesis) relacionando la fecha de siembra relativa de los dos cultivos y la producción del sistema. Un ejemplo de un modelo cualitativo de esta relación sería: "La producción máxima del sistema máiz y frijol intercalado ocurre cuando los dos cultivos se siembran en la misma fecha; al cambiar este arreglo cronológico, sembrado cualquiera de los cultivos antes o después, reduce la producción del sistema". Esta descripción escrita como está arriba, o descrita con un gráfico o diagrama es un modelo cualitativo porque no cuantifica la relación. Un ejemplo de un modelo cualitativo de esta relación pudiera ser: "Para cada 10 días de diferencia entre la siembra de los dos cultivos, la producción del sistema es reducido por 5%".

Estático o dinámico

Los modelos pueden ser de tipo estático o de tipo dinámico. Modelos estáticos no toman en cuenta el factor tiempo. Modelos estadísticos, como modelos de regresión son ejemplos de este tipo de modelo. Si se elabora una ecuación de regresión relacionando nivel de fertilizante y rendimiento de un cultivo, el modelo producido es un modelo estático porque no toman en cuenta el desempeño del cultivo y uso de fertilizantes en el tiempo.

Un modelo dinámico describe el desempeño de un sistema. Un modelo dinámico de un fenómeno como un sistema de cultivo, describe el crecimiento de los cultivos en el tiempo, no solamente el rendimiento de los cultivos en un instante del tiempo. Matemáticamente, estos modelos son ecuaciones diferenciales.

Elaboración de Modelos

Muchos de los pasos a seguir en la elaboración de un modelo requieren decisiones subjetivas y hasta hay científicos que han expresado la opinión que el modelaje es más un arte que una ciencia. Pero si hay unos pasos obvios que se puedan resumir. Hay que enfatizar que modelos se elaboran por un proceso de evolución en donde el modelo es progresivamente modificado y mejorado. No es necesario terminar los ocho pasos resumidos abajo para producir un modelo con utilidad. El paso donde se pare dependerá del uso que se espera dar al modelo.

Lo siguiente es un resumen general de los pasos que se siguen para elaborar un modelo de un sistema agrícola.

Colección de información

Antes de empezar la elaboración de un modelo de un sistema agrícola es necesario reunir lo que es ya conocido sobre el tema. No es necesario buscar información muy específica antes de tomar decisiones sobre el tipo de modelo que se espera elaborar o el uso que se espera dar al modelo, pero si es útil tener una imagen global del fenómeno bajo estudio.

Definición del uso esperado

Este es un paso muy importante porque el tipo de modelo que se va a elaborar depende principalmente del uso que se espera dar al modelo.

Identificación de componentes, límites, entradas y salidas.

En muchas situaciones este es un paso difícil porque a veces no hay límites obvios que formen unidades claramente separables. Es importante recordar que los límites de un sistema no son puramente arbitrarios. Hay que estar seguro que se ha identificado un complejo de componentes que funciona como una unidad. Antes de seguir al próximo paso se debe tener escrito (o en mente) una lista de los componentes, entradas y salidas del sistema que se espera modelar.

Elaboración de un diagrama cualitativo

Tomando los componentes, entradas y salidas identificadas en el último paso y usando cualquier tipo de simbología (cuadro, círculos, etc.), se elabora un diagrama que claramente identifica los límites del sistema, los componentes que interactúan dentro del sistema, y los flujos que entran y salen del sistema. El próximo paso es conectar los flujos que entran al sistema y los flujos que salen del sistema con uno o más de los componentes dentro del sistema. Por último, hay que conectar los componentes dentro del sistema.

Todo componente tiene que estar conectado con otro componente. Si no hay conección real (por ejemplo competencia para un nutriente o flujo de energía de uno al otro), el componente no conectado no es componente del sistema y se debe eliminar del diagrama.

Elaboración de un diagrama cuantitativo

El diagrama cualitativo dibujado en el último paso es una hipótesis o conjunto de hipótesis sobre la estructura del sistema que se espera modelar. El dibujo incluye los flujos que entran y salen del sistema y los flujos entre los componentes del sistema. El próximo paso es calcular (cuantificar) todos los flujos incluídos en el modelo cualitativo. Generalmente, lo que ocurre es que no existe información para poder cuantificar todos los flujos. Esto requiere la búsqueda de más información y a veces la realización de experimentos específicos para llenar los huecos en la información disponible. Si solo falta poca información, en muchos casos se puede hacer una "adivinanza" de los datos que faltan y seguir con el modelaje.

Descripción matemática

Una manera de describir el modelo en términos matemáticos es de elaborar una ecuación para cada componente del sistema. La variable que describe el componente, (por ejemplo biomasa de un cultivo, milímetros de agua en el suelo) es definido como una variable de estado (Van Dyne y Abramsky, 1975). La ecuación elaborada para cada componente describe el desempeño del componente como una función de los flujos que entran y salen del componente. Estos flujos pueden venir de fuera del sistema (variables determinantes) o de otros componentes. Los flujos que salen también pueden salir del sistema (salidas) o ir de otro componente.

Los flujos entre los componentes y los que entran y salen son procesos de transferencia (de materiales, energía, información, dinero, etc.). Cada transferencia tiene que ser definida como una función de una o más de las variables de estado. Como todos los componentes del sistema están conectados por lo menos con otro componente, las ecuaciones que describen las variables de estado siempre van a tener por lo

menos un término en común con otra ecuación. Como resultado final, es posible combinar las ecuaciones y formar una ecuación grande, pero generalmente se dejan las ecuaciones separadas para facilitar el cálculo de los parámetros (los coeficientes de las ecuaciones del modelo).

Simulación del modelo

Simulación es el proceso de poner a funcionar el modelo. Hacer una distinción entre modelos físicos y modelos abstractos es más difícil cuando se llega a este paso.

Al simular un modelo matemático (abstracto) en un computador, es necesario crear dentro del computador unos procesos electrónicos (un modelo físico) que son análogos a procesos reales. Simular es dar vida al modelo para ver si funciona o no. Si todas las plantas mueren o si el maíz produce 500 toneladas métricas/hectarea es obvio que el modelo no está simulando la realidad y algo está malo. Cuando se ha encontrado el error y el modelo funciona dentro de la realidad, la próxima pregunta es si el modelo es una fiel representación de un sistema específico.

Validación y modificación del modelo

Validación es comparar el desempeño de un modelo con el desempeño de un sistema real. Antes de simular el modelo matemático, se especifica un conjunto de variables determinantes (entradas) en un caso real.

Durante la simulación del modelo se sigue el desempeño de uno o más de los componentes o una salida específica y se compara estos datos del computador con observaciones del sistema real. Un punto muy importante es que la validación tiene que ser con datos no usados para elaborar el modelo.

Si el desempeño del modelo es suficientemente similar al desempeño del sistema real para el uso que se espera dar al modelo, el proceso de elaborar el modelo a terminado.

Si hay diferencias significativas entre el modelo y el sistema real, hay que modificar el modelo hasta llegar a un modelo válido.

Generalmente un elaborador de modelos nunca está completamente satisfecho con un modelo. Al usar el modelo, se aprende más, y se modifica otra vez el modelo. En un sentido nunca se termina el proceso.

El uso de modelos

La elaboración de modelos es una actividad muy interesante, y hasta divertida para mucha gente. Es por esto que es muy fácil caer en la trampa de elaborar modelos y después buscar un uso práctico para el modelo. Los cinco usos de modelos descritos abajo están en un orden relacionado con el nivel de complejidad del modelo necesario. Los usos también están relacionados con los pasos descritos para elaborar un modelo.

Por ejemplo, el primer uso requiere solamente un modelo cualitativo y la necesidad de seguir los pasos hasta el número cuatro, el quinto uso requiere un modelo matemático y la necesidad de seguir los pasos hasta número ocho.

Integración de un equipo multidisciplinario

Un problema que a veces ocurre en la investigación con sistemas agrícolas es que los miembros de un equipo multidisciplinario necesario para hacer este tipo de investigación, todos tienen una diferente conceptualización del fenómeno que están estudiando. Cuando un grupo, que trabajan juntos,elaboran un diagrama cualitativo del sistema bajo investigación, el modelo funciona para mostrar a cada miembro del equipo como su disciplina (componente del sistema) interactúa con las otras disciplinas del equipo. Aunque nunca se llega a cuantificar los flujos del modelo, el modelo ha jugado el papel muy importante de integrar el equipo.

Identificación de información que falta

Si se toma el modelo cualitativo y se empieza a poner números reales dentro del diagrama, inmediatamente se nota cual información no existe. Cuando se planifica experimentos con el sistema real, es lógico preguntarse si los resultados obtenidos ayudarían a llenar estos huecos o si solamente serían una repetición de información que ya se tiene. El modelo cuantitativo es un resumen de lo que se sabe y lo que se haga.

Clasificación de hipótesis específicas

Al elaborar las ecuaciones que describen las variables de estado de un modelo, es necesario plantear hipótesis específicas. Por ejemplo sí se define el desempeño de un cultivo como una función de agua, N.P. radiación solar, insectos y enfermedades, se está planteando hipótesis específicas. El no incluir azufre en la ecuación es una hipótesis que este elemento no es un factor limitante. Si no hay evidencia para

aceptar o rechazar esta hipótesis, lo lógico es conducir un experimento para evaluar la hipótesis. Este uso de un modelo cuantitativo puede ser muy importante, aunque nunca se llega a un nivel matemático para simular el modelo con un computador.

Evaluación de principios generales

Cuando existe suficiente información para elaborar un modelo matemático que funciona más o menos bien, aunque no representa exactamente un sistema real específico, el modelo puede servir para evaluar principios generales. El objetivo principal al hacer simulaciones de este tipo es entendimientos de como funciona el sistema. Este tipo de modelaje es muy común en ecología (E.P. Odum 1972; H.T. Odum, 1971). Se usa modelos generales de competencia, interacción entre poblaciones de tipo depredador - presa, etc. para evaluar relaciones entre características como diversidad y estabilidad. Smith (1974) ha hecho un resumen de este tipo de uso de modelo en ecología. Hay pocos ejemplos de este tipo de modelaje con sistema agrícola.

Predicción de resultados específicos

Este uso de modelos requiere un tipo de modelo sofisticado. Cuando este tipo de modelo existe, es posible conducir un experimento con un modelo en unos minutos que requeriría muchos años para realizar con el sistema real. El problema es, obviamente que la elaboración de un modelo de este tipo requiere mucha información. En general, procesos físicos son más fáciles para modelar que procesos bióticos (procesos sociales son aún más difíciles). Es lógico, por lo tanto, que el mayor éxito que se ha tenido en la investigación agrícola con este tipo de modelaje ha sido con sistemas de riego.

Si el uso principal que se espera dar a un modelo es predicción y no hay mucha necesidad de entender como funciona el sistema, se puede elaborar modelos matemáticos de tipo "caja negra". Bajo este enfoque, no se pone mucha atención a las interacciones que ocurren dentro del sistema. Con suficiente información sobre las entradas y salidas, se puede dejar al computador describir una relación matemática entre estas variables. El enfoque caja negra ha tenido algún éxito como herramienta en las disciplinas de producción nanimal.

Modelos, Investigación y Desarrollo

Los Modelos tienen una relación directa con investigación y también con el proceso de desarrollo agrícola.

La elaboración de modelos es solamente una actividad dentro de un programa de investigación y desarrollo. La Figura 1 describe gráficamente el papel que los modelos pueden jugar dentro de este contexto así como la relación entre modelaje y otras actividades como experimentación y estudios empíricos.

La investigación agrícola es más importante que la experimentación. El objetivo principal de la investigación de sistemas agrícolas es entender como funcionan para poder diseñar alternativas y mejorar los sistemas. En la figura 1 se ha dividido este proceso de investigación en tres ramas; estudios, experimentos y modelos. Los estudios empíricos, como observaciones estructuradas encuestas, registros, etc. generan información para alimentar las ramas de experimentación y modelaje. Después de conducir experimentos exploratorios (si es necesario), el equipo de investigadores elabora un modelo cualitativo para orientar el equipo y servir de base para plantear experimentos analíticos. Estos experimentos en conjunto con diagnósticos específicos sirven para entender mejor como funciona el sistema real. Este entendimiento es resumido en un modelo cuantitativo que es constantemente mejorado al conseguir más información. Este conjunto de información es usado para generar alternativas al sistema real que son evaluados por medio de experimentos.

La investigación puede terminar en este punto o bien puede seguir con más estudios y más experimentos. Si se llega al punto de entender el sistema real suficiente para elaborar un modelo matemático, hay la posibilidad de simular el sistema en una computadora y evaluar un gran número de alternativas sin la necesidad de conducir experimentos. La necesidad de seguir la investigación de un sistema al punto de elaborar un modelo de este tipo depende de los recursos disponibles y los objetivos del programa.

Los modelos son el punto de enlace entre investigación y desarrollo. Muchos técnicos no reconocen esto, pero un folleto de extensión es un modelo. El documento es una simplificación de un fenómeno real y un descripción de una alternativa, sea de manejo, cambio en el sistema mismo (variedades mejoradas, diferente distancia de siembra, etc) o ambas. El autor de un folleto de extensión tiene que usar un modelo del sistema (casi siempre un modelo mental) para escribir recomendaciones. Un modelo cuantitativo sirve no solamente como herramienta en la investigación sino también como vehículo de comunicación entre investigación y los agentes de desarrollo.

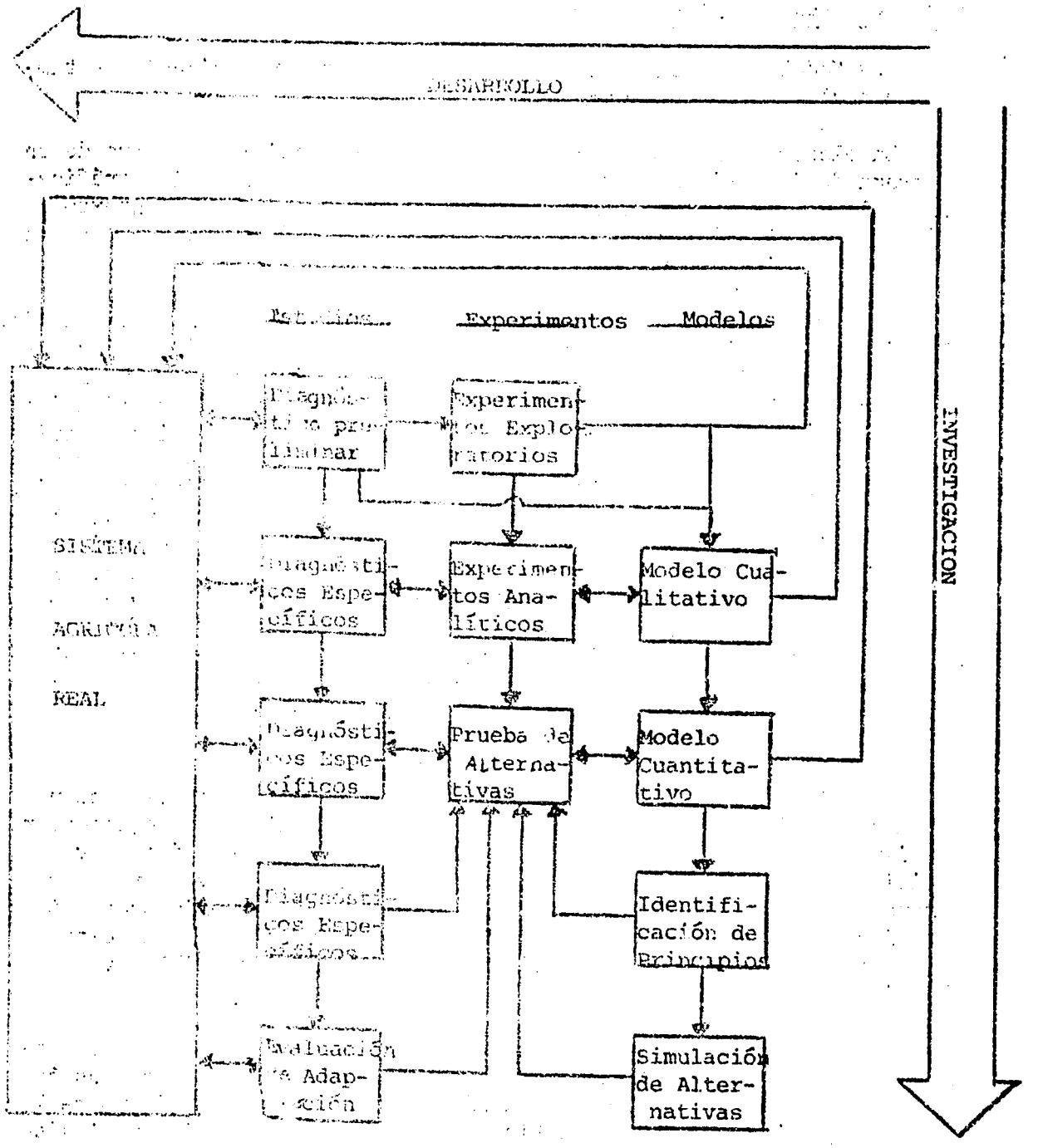


Figura 1: La función de modelos dentro de un programa de investigación y desarrollo.

Best Available Document

LITERATURA CITADA

1. INNIS, G.S., 1975 The use of the systems approach in biological research. G.E. Dalton (ed). The study J. Agricultural systems. 369-392. Applied Science, London.

2. ODUM, E.P., 1972. Ecología, Traducido al español por C.G. Ottenwaelder. Nueva Editorial Interamericana. México 639 p.

3. ODUM, H.T., 1971. Environmente, Power, aid society. Wiley, New York. 331 p.

4. SMITH, J.M. 1974. Models in Ecology. Cambridge University Press. Cambridge. 146 p.

5. VAN DYNE, G.M. y Z. Ambramsky, 1975. Agricultural Systems Models and Modellign: an surview. G.E. Dalton (ed). The study of Agricultural Systems. 23-100. Applied Science. London.

PROCESOS DE FORMACION DE LA COSECHA

Oscar Arias M.*

INTRODUCCION

Los primeros fisiólogos vegetales tuvieron que enfrentarse a la búsqueda de respuestas a preguntas fundamentales, una de ellas, fue, cómo trabajan las plantas?

En la búsqueda de respuestas a esta interrogante se encontró que el fisiólogo vegetal necesitaba de la concurrencia de otras disciplinas que se desarrollaron paralelamente, como son la biología molecular, biología celular, bio-química, biofísica, etc.

Concurrentemente a la explotación del comportamiento de plantas en comunidad y su dependencia asociativa con otros organismos en su medio natural dió el desarrollo de otra rama de la biología que es la ecología, ya que en el estudio de los procesos fisiológicos que intervienen en la formación de rendimiento interesa saber las interrelaciones que existen entre el medio ambiente (ecología), y la regulación de los procesos fisiológicos de la planta cuando ésta está creciendo en una comunidad natural.

Historia

En 1771 Joseph Priestley encontró que las plantas podían regenerar el O_2 en una atmósfera rica en CO_2. Demostró que una planta puede vivir varios meses sin renovación del aire contrario a lo que pasaría con un animal; así como que la planta es capaz de regenerar el aire viciado por la combustión de una candela a tal punto que un ratón puede vivir incluso con una planta dentro de una campana.

Ocho años más tarde (1779) el físico holandés Inger-Housz demostró el papel esencial de la luz en la fotosíntesis que es el proceso central de la formación del rendimiento vegetal. Este autor demostró que el O_2 se produce solo en los órganos verdes expuestos a la luz. Se encontró también que las flores, las raíces o los órganos verdes en la oscuridad contaminan el ambiente.

---

* Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica.

La siguiente figura importante fue De Saussure (1804), quien estableció que las plantas extraen minerales y nitratos del suelo.

Baussingard 1837 encontró algunas modificaciones a lo establecido por De Saussure ya que éste encontró que existían plantas que son capaces de extraer el N_2 del suelo, mientras que hay otras que lo pueden obtener de la atmósfera.

Cincuenta años más tarde Hellriegel y Wilfarth establecieron la naturaleza de la fijación simbiótica en leguminosas.

En 1865 Sachs publicó su libro "Fisiología Vegetal Experimental", en lo que siguió del siglo diecinueve no se hizo ningún aporte sustancial al conocimiento de la fisiología de la producción excepto por algunos conocimientos nuevos en el campo de la nutrición mineral.

Los estudios fisiológicos con el objeto de comprender la dinámica del desarrollo de las cosechas se inició realmente hace poco más de sesenta años con los trabajos de W.L. Balls quien trabajo en algodón en el Valle del Nilo, en Egipto. Este autor publicó una serie de artículos en los que analizó el efecto de los factores del medio ambiente sobre el desarrollo de las cosechas lo que hizo despertar en Inglaterra un rápido desarrollo de los métodos de análisis de crecimiento y fisiología de la producción.

Factores limitantes y conceptos relacionados con la producción de cosechas.

La planta es el producto de su composición genética y del medio, la constitución genética es bastante fija para una planta dada, pero el medio influencia su desarrollo y interactúa con la composición y expresión del potencial genético del vegetal.

La experiencia que se ha acumulado en la búsqueda de variedades de alto rendimiento, de uso correcto del agua, los fertilizantes y la energía luminosa indican que estos factores están íntimamente ligados con el mejoramiento del aparato fotosintético en su fundamento fisiológico y genético.

Lamentablemente, el mejoramiento genético de los vegetales en el pasado, no ha sido orientado hacia el aumento de la eficiencia fotosintética. La selección masal, por ejemplo, se ha conducido hacia la selección de características morfológicas y caracteres agronómicos con mucha atención hacia el tamaño y número de los órganos de almacenamiento.

La eficiencia en la utilización de la energía solar en la mayoría de los cultivos no excede 1%. Cabe indicar que las mejoras en la -

eficiencia de producción se han logrado por incrementos en el área foliar, cambios en la relación de biomasa y los órganos reproductivos y otras propiedades morfo-fisiológicas.

De lo anterior se infiere que la baja eficiencia fotosintética es un cuello de botella para el aumento de la productividad. La búsqueda de plantas que permitan mejorar el aprovechamiento de la energía solar de 3 a 5% es una de las metas más importantes en la investigación conducente a la obtención de altos rendimientos.

Se calcula que un incremento en la utilización de la radicación solar "phtosynthetically activity radioatin" PAR) entre 3 a 5% permitiría los siguientes rendimientos por hectárea; en maíz 15 ton, en trigo de invierno 10 ton y en algodón 8 ton de semilla.

En la figura 1 se presenta un esquema integral de la expresión fenotípica de las reacciones nucleares y citoplasmáticas de la fotosíntesis que tienen repercusión en las cosechas. Se desprende de este esquema que la producción es el resultado de un complejo grupo de reacciones y procesos que ocurren durante la ontogénesis bajo la influencia de condiciones externas.

Partiendo de este esquema se pueden identificar tres vías para aumentar la producción:

1. Establecer un idiotipo de planta

2. Mejoramiento de los mecanismos de asimilación fotosintética

3. Distribución y uso de los asimilados en forma adecuada (Harvest index)

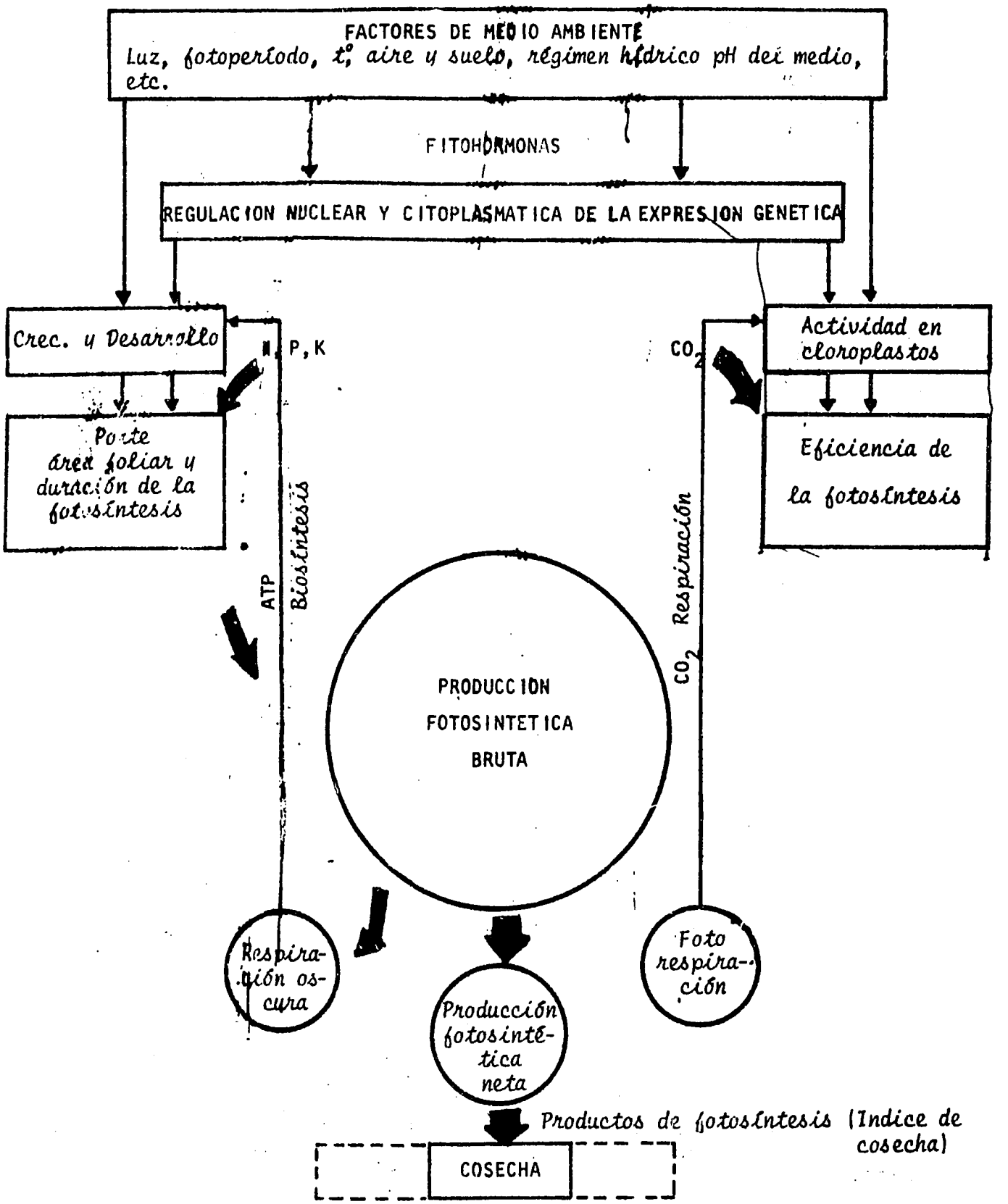
El primer concepto está basado en aspectos de tipo morfológico y ecológico, éstos son ampliamente usados en agronomía. La teoría de este problema y el principio de los idiotipos y su relación con el "leaf area index" (LAI) ha sido estudiada por varios investigadores.

El conocimiento de los mecanismos de asimilación fotosintética, se ha enriquecido en los últimos años con la investigación que ha permitido elucidar los aspectos fundamentales de las diferencias en su capacidad del asimilación y producción de materias seca. Por ser estos conocimientos esenciales en el mejoramiento y la selección de plantas con alta capacidad de producción le dedicarmos más adelante un capítulo aparte.

El sistema de distribución de asimilador es un logro evolutivo de mayor importancia en las plantas superiores. Este sistema tiene suficiente capacidad en muchas plantas superiores para facilitar el almacenamiento de grandes cantidades de asimilados en los órganos de reserva tales como, bulbos, tubérculos, cormos, etc. Representa también un poderoso sistema de correlación del crecimiento y desarrollo de la planta.

Fig.1 Esquema de la expresión fenotípica de la producción vegetal

(Nasyrov, Y.S., Ann. Rev. Plant Physiol. 1978. 29:215-37)



Fisiología de las plantas eficientes (C_4) e ineficientes (C_3)

En la década de los años 60 dos fisiólogos Australianos M.D. Hatch y C.R. Slack encontraron que en algunas gramíneas tropicales, existía un mecanismo de reducción fotosintética del CO_2 diferente del descrito por Calvin y Bassham.

Hatch y Slack encontraron en plantas de caña de azúcar un sistema de fijación de CO_2 por medio de la enzima PEP carboxilasa (fosfoenol piruvato carboxilasa) en lugar de la RUDP carboxilasa (Ribulosa difosfato carboxilasa) y que denominaron mecanismos de reducción de carbono C_4 Figura 2,para distinguirlo del tipo Calvin Bassham o C_3, figura 3.

El maíz, el sorgo y la caña de azúcar son tres cultivos que pertenecen al grupo de las plantas C_4, Cuadro 1. Existen además muchas otras gramíneas especialmente de las tribus Panicoides, Chloridoideae, Eragrostoideae y algunas especies de las familias Cyperaceae, Amaranthaceae, Chenopodiaceae, Euphrhiaceae que efectuan la reducción del carbono por la vía C_4.

Características fisiológicas

1. Respuesta a la luz

Las plantas del grupo C_4 tienen un nivel de saturación a una intensidad luminosa de alrededor de 500 wm^{-2}, mientras que en las plantas de tipo C_3 el punto de saturación está entre 50 y 150 wm^{-2}.

2. Respuesta a la temperatura

Las plantas C_4 tienen un óptimo de velocidad de fijación de CO_2 entre 35 y 40°C, este máximo está alrededor de 20°C en las plantas de tipo C_3.

3. Velocidad de las reacciones de fotosíntesis

La velocidad de las reacciones enzimáticas de la fotosíntesis en plantas C_4 permiten una fijación de 60-100 mg $Co_2dm^{-2}h^{-1}$, mientras que las mediciones hechas con plantas de tipo C_3 establecen valores entre 10 y 35 mg de $CO_2dm^{-2}h^{-1}$.

Experimentalmente se ha comprobado también que cuando las temperaturas son bajas, o las plantas crecen a la sombra, su crecimiento se asemeja al de las plantas C_3 (Ej. *Amaranthus edulis*) lo que indica, que hace falta condiciones de temperatura y luminosidad para que funcionen los sistemas enzimáticos tipo C_4.

Fig. 2 CICLO DE REDUCCION FOTOSINTETICA EN LAS ESPECIES DE TIPO C_4

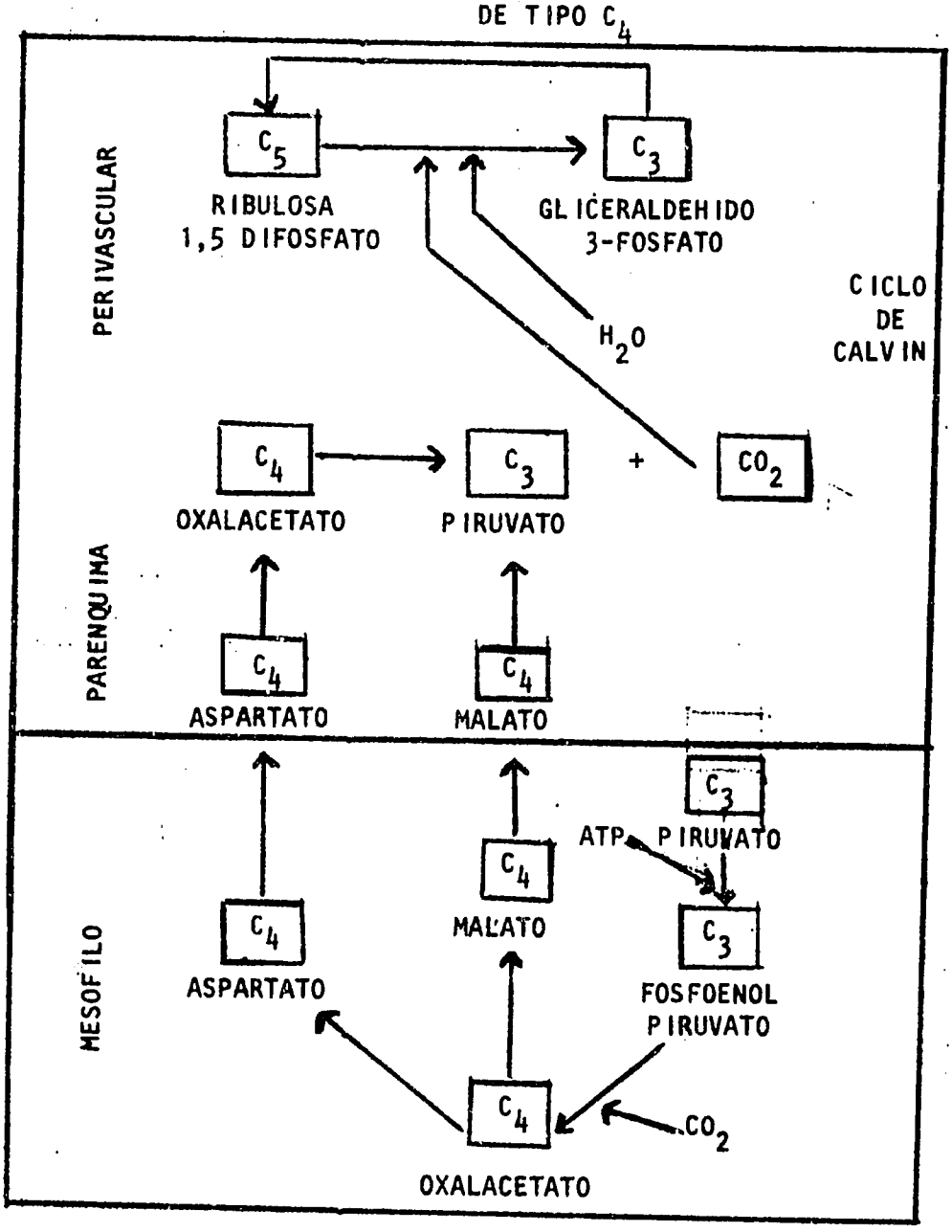


Fig. 3 CICLO DE REDUCCION FOTOSINTETICA DEL CO_2

EN ESPECIES DE TIPO C_3

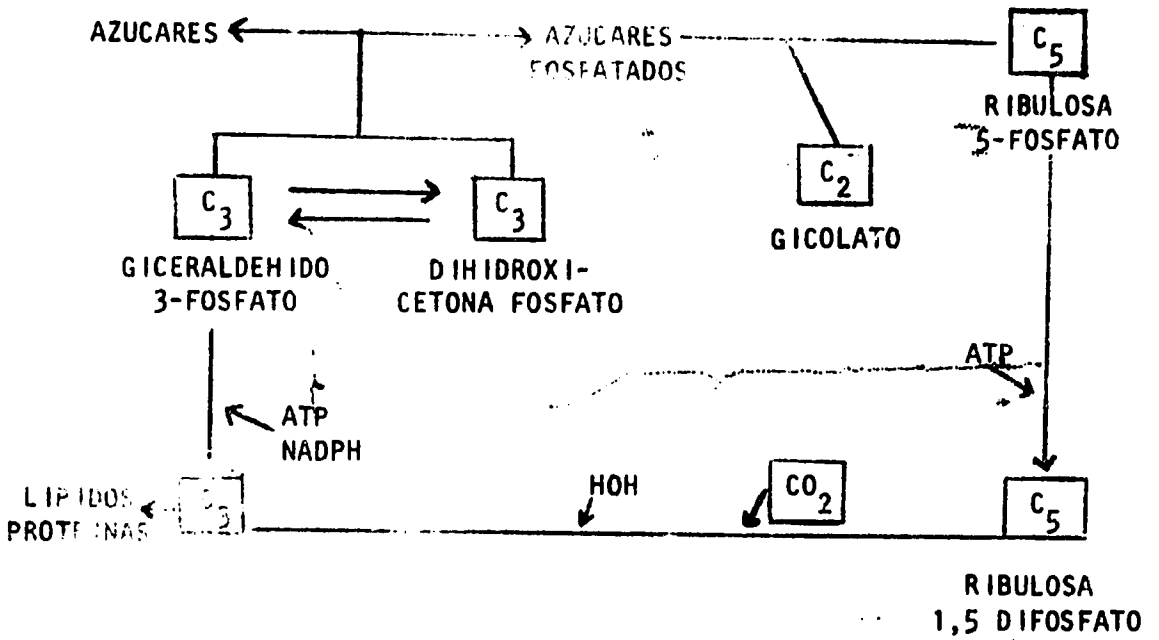
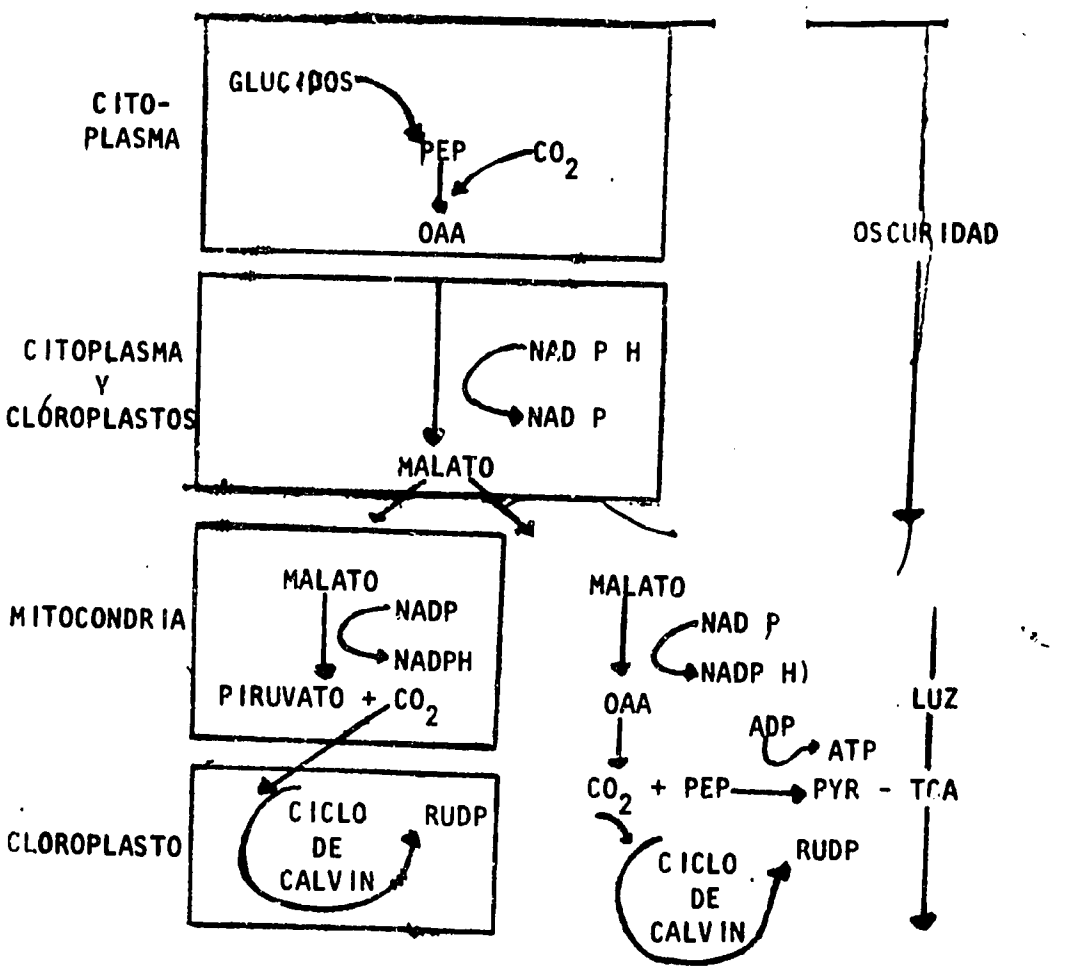


Fig. 4 ESQUEMA DEL METABOLISMO CRASULACEO Y LOCALIZACION PROBABLE DE LAS DIFERENTES REACCIONES



Cuadro 1. Especies que presentan reducción del CO_2 tipo C_4

I. MONOCOTILEDONEAS

Cyperaceae

Cyperus albomarginatus
Cyperus bowmanii
Cyperus eragrostis
Cyperus esculentus
Cyperus polystachyos
Cyperus rotundus

Gramineae

Andropogon gayanus
Andropogon saccharoides
Andropogon scoparius
Andropogon virginicius
Anthephora cristata
Anthephora pubescens
Aristida adscendsionis
Aristida longiseta
Aristida ternipes
Aristida uniplumis
Arundinella hirta
Astrebla pectinata
Axonopus argentinus
Axonopus compresus
Bouteloua curtipendula
Bucholoe sp.
Cenchrus ciliaris
Cenchrus echinatus
Cenchrus mysuroides
Chloris gayana
Coix lacryma-jobi
Cynodon dactylon
Puchlaena mexicana
Heteropogon contortus
Hilaria mutica
Hyparrhenia hirta
Imperata arundinacea
Leptochloa dubia
Leptochloa fusca
Melinis minutiflora
Miscanthus sacchariflorus
Dactyloctenium aegyptium
Dichanthium aristatum
Digitaria argyrograpta
Digitaria sanguinallis
Digitaria smutsii
Digitaria decumbens
Digitaria pentzii
Distichlis spicata
Echinochloa colonum
Echinochloa crus-galli
Fleusine coracana
Echinochloa stagnina
Eleusine indica
Eragrostis brownei
Eragrostis chloromelas
Eragrostis curvula
Eragrostis intermedia
Eragrostis mexicana
Eremochloa ophiuroides
Eragrostis pilosa
Eragrostis rigidior

Continuación cuadro 1.

Gramineae

Erianthus maximus
Paspalum hartwegianum
Paspalum notatum
Pennisetum glaucum
Pennisetum pedicellatum
Pennisetum purpureum
Saccharum officinarum
Saccharum robustum
Saccharum sinense
Saccharum spontaneum
Muhlenbergia racemosa
Panicum anceps
Panicum antidotale
Panicum bulbosum
Panicum capillare
Panicum coloratum
Panicum dichotomiflorum
Panicum filipes
Panicum hallii
Panicum laavifolium
Panicum maximum
Panicum miliacatm
Panicum millioidas
Panicum minus
Panicum obtusum
Panicum plenum
Panicum polygonatum
Panicum prolutum
Panicum stapfianum
Panicum texanum
Panicum turgidum
Panicum virgatum
Pappophorum bicolor
Paspalum dilatatum
Paspalum distichum
Schedonnardus paniculatus
Setaria italica
Setaria lutescens
Setaria viridis
Sorghastrum nutans
Setaria sphacelata
Sorghum almum
Sorghum bicolor
Sorghum halepense
Sorghum propinquum
Sorghum sudanense
Sorghum vulgare
Spartina foliosa
Sporobolus caroli
Sporobolus crytandrus
Sporobolus spicatus
Themeda australis
Tragus australianus
Trichachne californica
Trichachne insularis
Trichloris sp.
Tripsacum dactyloides
Urochloa mosambicensis
Vaseyochloa multinervosa
Zea mayx
Zoysia japonica

Continuación cuadro 1.

II. DICOTILEDONEAS

Aizoaceae

Mollugo cerviana
Trianthema portulacastrum

Amaranthaceae

Amaranthus albus
Amaranthus blitoides
Amaranthus caudatus
Amaranthus edulis
Amaranthus hypochondriacus
Amaranthus nanus
Amaranthus pameri
Amaranthus patulus
Amaranthus retroflexus
Amaranthus melancholicus
Amaranthus ruber
Amaranthus tricolor
Amaranthus viridis
Froelichia gracilis
Gomphrena celosioides
Gomphrena globosa
Gompherena haageana
Tidestromia oblongifolia

Zygophyllaceae

Tribulus hystrix
Tribulus terrestris

Chenopodiaceae

Atriplex angulata
Atriplex canescens
Atriplex halimus
Atriplex holocarpa
Atriplex inflata
Atriplex lentiformis
Atriplex lindleyi
Atriplex nummularia
Atriplex pelycarpa
Atriplex rhagodioides
Atriplex rosea
Atriplex semibaccata
Atriplex sibirica
Atriplex spongiosa
Atriplex suberecta
Atriplex tatarica
Atriplex vesicaria
Bassia hyssopifolia
Kochia childsii
Kochia scoparia
Salsola kali

Compositeae

Pectis leptocephala

Continuación cuadro 1.

Euphorbiaceae

Euphorbia drummondii

Euphorbia glyptosperma

Euphorbia maculata

Euphorbia missurica

Euphorbia serpyllifolia

Euphorbia supina

Euphorbia wheeleri

Nyctaginaceae

Boerhaavia paniculata

Portulacaceae

Portulaca grandiflora

Portulaca oleracea

4. Uso del agua

Las plantas C_4 necesitan dos o tres veces menos agua para producir un gramo de materia seca, o sea que en lugar de 400 a 900g de agua para producir 1 g de materia seca en plantas C_3 en las C_4 basta con 250 a 350g de agua.

5. Translocación de azúcares por el floema

La translocación de azúcar en las plantas C_4 es cerca de dos veces más rápida que en las plantas C_3. Algunos investigadores piensan que el sistema C_4 está ligado para transportar azúcar por el floema más rápido y no disminuir la fijación del CO_2.

Anatomía de las plantas C_3 y C_4

La anatomía de la planta, puede sugerir qué tipo de fisiología ocurre en ella, ya que se ha visto en las plantas tipo C_3 que éstas tienen células en empalizada compactas y verticales y tienen células de mesófilo dispersas debajo de las células en empalizada incluyendo las cámaras subestomáticas.

En las plantas C_4 las células próximas al sistema vascular llamadas células de la cubierta del haz están rodeando los haces vaculares, son compactos y contienen muchas organelas; alrededor de ellas hay mesófilo también rodeado por más mesófilo.

Cada conducto vascular está rodeado por un anillo de células grandes llamadas células perivasculares (o de la vaina); ellas están rodeadas a su vez de tejidos de mesófilo (células del mesófilo). No importa la especie C_4 que sea, estos tejidos tienen cloroplastos semejantes a los de tipo C_3, mientras que los cloroplastos del parenquima perivascular son ricos en almidón y pueden tener cloroplastos normales con gránulos como ocurre en *Amaranthus edulis*, *Atriplex spongiosa* o cloroplastos con gránulos como los que existen en caña de azúcar, maíz y sorgo.

Estos tejidos que se diferencian por su estructura, son también diferentes por su función ya que en el mesófilo se efectúa la fijación primaria del CO_2 y en las células del parenquina perivascular en las especies tipo C_4 se realiza la carboxilación de la ribulosa 1,5 difosfato de igual manera que en las especies C_3, con la única diferencia que esta carboxilación es secundaria ya que utiliza el CO_2 interno liberado por decarboxilación de tres ácidos dicarboxílicos oxalato, malato y aspartato, figura 2. Por lo que se hace necesario un transporte vía plasmodermos de esos ácidos desde las células del mesófilo donde son sintetizados a las células del parenquima perivascular donde son descarboxilados.

Cuadro 2. Algunas características de la actividad fotosintética en plantas de tipo C_3, C_4 y CAM

	C_3	C_4	CAM
Intensidad luminosa en el punto de saturación en W. m^{-2}	50-150	La saturación no se alcanza a 500	Notablemente menor que las plantas de tipo C_4
Temp. óptima para la fotosíntesis	15-25°C	30-47°C	$\simeq$ 35°C
Punto de compensación de CO_2, ppm, en volumen	30-70	0-10	0 a 200 según la hora del día
fotorespiración al aire	20 a 50% de la fotosíntesis neta, según la temperatura puede ser 3 a 5 veces más grandes que la respiración a la oscuridad	10 veces menor que la respiración a la oscuridad	no hay datos
Velocidad de fotosíntesis neta (mg CO_2 dm^{-2} h^{-1}) luminosidad saturante CO_2 = 300 ppm O_2 = 21% T = 25°C	10-35	50-100	1-10
g de H_2O necesarios para producir 1 g de materia seca	400-900	250-350	>200

Reducción del CO_2 vía CAM (crassulacean acid metabolism)

Se ha encontrado alrededor de una docena de familias botáticas: Agavaceae, Aizoaceae, Compositae, Cactaceae, Crassulaceae, Orchidaceae, Liliaceae, Bromeliaceae, Euporbiaceae que se caracterizan por realizar la asimilación de CO_2 en la oscuridad, por acción de la enzima PEP carboxicasa, que conlleva a la síntesis de ácido oxálico que inmediatamente se transforma en ácido málico, éste ácido que muy probablemente es almacenado en la vacuola es decarboxilado en el siguiente período de luz por acción de la enzima NADP-malato y el CO_2 liberado es reducido en el ciclo de Calvin por la acción de la enzima ribulosa difosfato carboxilasa (RUDP carboxilasa).

Este mecanismo de fijación del CO_2 tiene en común con los tipos C_3 y C_4 que la asimilación final del CO_2 se realiza a través de la acción de la enzima RUDP carboxilasa con la diferencia de que tanto en las especies C_4 como en las CAM se trata de una carboxilación secundaria. La intervención de las dos carboxilasas está controlada por la alternancia del día y la noche y probablemente por la cantidad de malato acumulado en la vacuola, figura 6.

Las plantas que realizan el mecanismo de reducción del CO_2 vía el ciclo CAM son vegetales adaptados a las condiciones desérticas y a un régimen hídrico interrumpido, a un nivel de transpiración diurna muy débil a pesar de las elevadas temperaturas en las que estas plantas viven, ya que los estomas de estas especies están cerrados a la luz, lo que hace que el intercambio de gases sea extremadamente reducido.

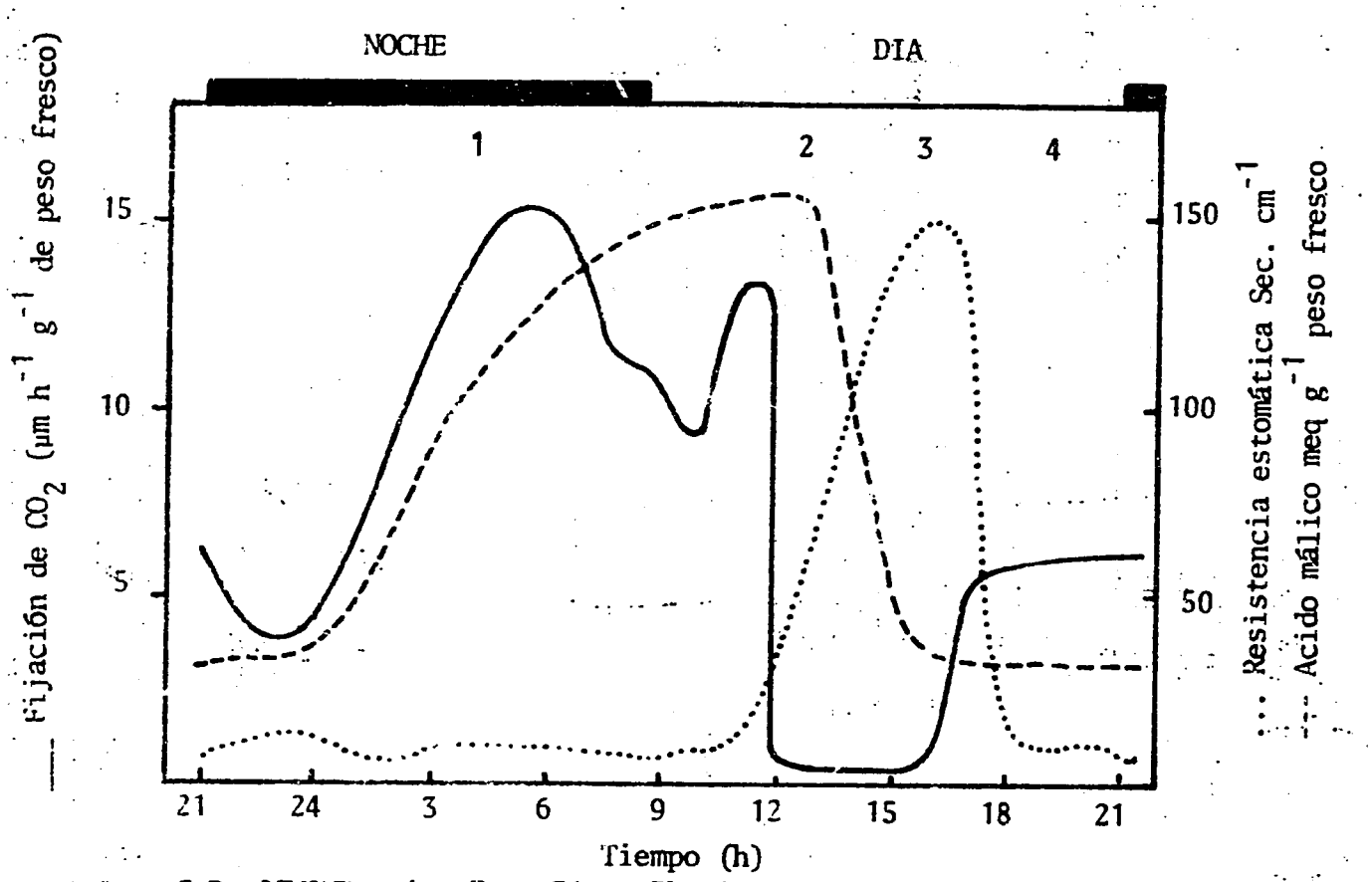
Desde el punto de vista anatómico, en la hoja, hasta el presente no se ha encontrado las diferencias en funcionalidad que se ha encontrado en las células y los cloroplastos de la hoja de las especies tipo C_4. En el Cuadro 2 se resumen mecanismos de algunas de las principales características de los tres tipos de reducción fotosintética que se conocen.

La fotorespiración

Las plantas no solamente capturan el CO_2 para producir nuevos compuestos orgánicos sino que también respiran, ésto es usar el oxígeno para oxidar los azúcares y otros compuestos hasta CO_2 y H_2O. En consecuencia para medir productividad es necesario medir la fotosíntesis neta o sea la diferencia entre el CO_2 asimilado y el que se pierde por respiración.

Hay que recordar que la respiración (oscura) ocurre en las mitocondrias y no requiere luz, ésta es la mayor fuente de energía química para plantas y animales.

La fotorespiración por su parte, es un fenómeno dependiente de la



C.B. OSMOND. Ann Rev. Plant Physiolol 1978: 379-414

Figura 6. Relación entre la tasa de fijación de CO_2, contenido de ácido málico y resistencia estomática durante el día y la noche en una planta tipo CAM, mostrando cuatro fases de intercambio gaseoso.

luz, y la energía no se libera en ninguna forma que pueda ser aprovechada por las plantas por lo que se dice que la fotorespiración es un fenómeno que afecta la productividad vegetal.

Se ha comprobado que el CO_2 fotorespiratorio es mucho mayor en plantas C_3 (ineficientes) que en plantas C_4 (eficientes).

Así por ejemplo Zelitch en "the connecticut Agricultural experiment station, New Haven" trabajando con maíz (C_4) y tabaco (C_3) encontró que ambas especies tienen una tasa de respiración semejante en la oscuridad, pero que la tasa de fotorespiración del tabaco es alrededor del 50% mayor que la del maíz, ésto equivale al mismo equivalente en peso seco, de donde se desprende la importancia del fenómeno de fotorespiración en la disminución de la eficiencia fotosintética en los vegetales.

La fotorespiración se lleva a cabo en unos microcuerpos denominados peroxisomas que en vivo se encuentran probablemente muy cerca de los cloroplastos.

Rol de la enzima RUDP carboxilasa

Esta enzima en plantas C_4 tiene la particularidad de recapturar el CO_2 que ha sido fijado inicialmente y que liberado por fotorespiración puede ser retenido nuevamente en el mesófilo; mientras que en plantas C_3 donde no existe esta enzima el CO_2 se pierde generando una pérdida con un equivalente en peso seco (40-50%).

Este CO_2 fotorespiratorio se produce por efecto de la degradación de un substrato fotosintético; el glicolato. Este es un compuesto de dos átomos de carbono que se forma como un subproducto del ciclo de Calvin, figura 2.

En segundo lugar la enzima RUDP carboxilasa tiene la particularidad de ser bifuncional o sea que puede actuar tanto como carboxilasa que como oxigenasa; así en presencia del CO_2 una molécula de 1,5 difosfato de ribulosa da dos moléculas de ácido 3 fosfoglicérico. En presencia de O_2 se forma solamente una molécula de ácido 3-fosfoglicérico y una molécula de fosfoglicelato que por acción de una fosfatasa se convierte en glicolato, figura 5.

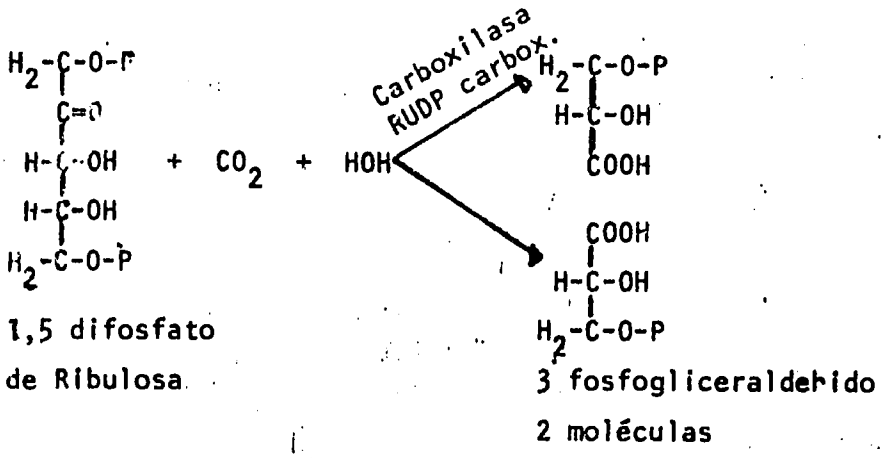
Se ha comprobado también que en las especies C_3 la producción de CO_2 fotorespiratorio corresponde a una disminución de la tasa de asimilación fotosintética neta y se favorece por aumentos de la temperatura, la luz y la concentración de O_2.

En C_3 una disminución del contenido de O_2 en la atmósfera (debajo de 21% contenido normal del aire) aumenta la asimilación fotosintética neta.

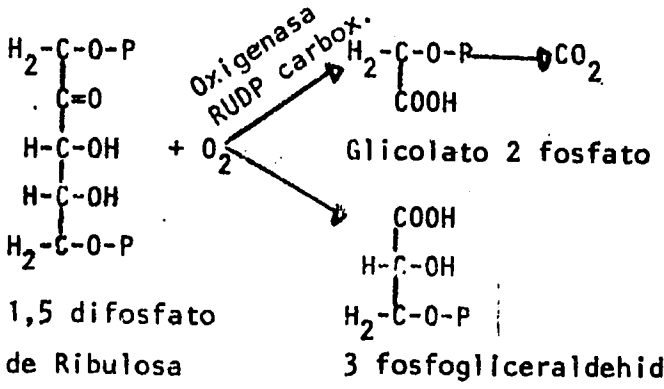
Por el contrario en plantas C_4 no se observa este efecto ya que

Fig. 5 REACCIONES DE LA RUDP CABOXILASA

1era. POSIBILIDAD



2da. POSIBILIDAD



no se produce el efecto inhibidor del O_2 denominado efecto Warburg, ya que la transferencia de ácidos dicarboxílos de 4 átomos de carbono del mesófilo al parenquima perivascular seguido de la descarboxilación hace que haya un alto contenido de CO_2 en la vecindad de la RUDP carboxilasa que favorece la reducción del efecto competitivo del oxígeno. Además de que el CO_2 eventualmente producido por fotorespiración en plantas C_4 puede ser refijado enérgicamente por la PEP carboxilasa localizada en el citoplasma del mesófilo, figura 2.

La enzima fosfoenol-piruvato carboxilasa tiene también la particularidad de efectuar una discriminación isotópica del carbono. Se sabe que el CO_2 de la atmósfera está compuesta de 98% de $^{12}CO_2$ y 2% de $^{13}CO_2$. Todas las especies, cualquiera que sea, fijan más $^{12}CO_2$. Sin embargo las especies C_4 fijan preferencialmente $^{13}CO_3$. Lo que hace que las plantas C_4 contengan metabolitos que tienen una gran proporción de ^{13}C, así por ejemplo el azúcar proveniente de la caña de azúcar tiene una proporción mayor de ^{13}C que el proveniente de la remolacha azucarera.

La leche proveniente de vacas alimentadas con pastos que realizan el metabolismo C_4 contienen más ^{13}C que aquella proveniente de vacas alimentadas con otro tipo de pasturas.

Mecanismos de reducción fotosintética y distribución ecológica

Hasta hace poco tiempo se creía que la eficiencia de las plantas C_4 se exteriorizaba sobre todo por su capacidad de crecer en lugares de alta temperatura y luminosidad en zonas tropicales, sin embargo recientemente se han encontrado dos especies *Atriplex lacinata* (Chenopodiaceae) y *Spartina taconsendii* (graminea) que crecen en la costa británica.

Se descubrió también que el metabolismo tipo C_4 no siempre está asociado a una anatomía foliar tipo "Kranz" (Corona), término alemán propuesto por Haberlandt (1882) para describir en las ciperáceas el parenquima circular. En efecto, *Swalda monoica* sin poseer anatomía tipo Kranz realiza metabolismo C_4. Por el contrario *Panicum milioides* posee una anatomía tipo Kranz pero no pesee fotosíntesis tipo C_4.

Se encuentra también que en un mismo género pueden existir especies con diferente tipo de metabolismo fotosintético, así por ejemplo *Panicum miliaceum* y *Atriplex spongiosa* son de tipo C_4, mientras que *Panicum commutatum* *Atriplex patula* son C_3.

Mollugo verticullata es una especie intermedia, el balance entre el tipo C_3 o C_4 está influenciado por la edad de la hoja o la nutrición mineral.

Las especies tipo C_3 son casi en su totalidad plantas de zona templada, donde están adaptadas a condiciones medias de temperatura y -

luminosidad.

Las plantas C_4 crecen principalmente en las regiones subtropicales o tropicales ya sean húmedas y calientes o semidesérticas y áridas. Se conoce incluso una planta herbácea de crecimiento lento *Tidestromia oblingifolia* (Amaranthaceae) que crece en el Valle de la Muerte en California casi en ausencia de agua. Su fotosíntesis a medio día a 50°C no se satura a pesar del exceso de iluminación.

Las especies C_4 están adaptadas al medio xerofítico y salado como lo son también las especies tipo CAM, sin embargo, se ha visto que estas últimas tienen una economía hídrica muy eficiente debido al bajo nivel de intercambio gaseoso que efectúan durante el día, la piña que es tipo CAM tiene una pérdida de agua de 0,5 mg cm^{-2} h^{-1} contra 26 mg $cm^{-2}h^{-1}$ en maíz que es del tipo C_4. Como dato curioso se ha encontrado que si a las especies CAM se les suprime el NaCl del medio se vuelven tipo C_3 como ocurre en *Mesemlosyanthemum cristallinum*.

En razón de las características anatómicas, citológicas, fisiológicas y bioquímicas de las especies que realizan uno de los tres tipos de metabolismo fotosintético se observa también en ellas diferente velocidad de crecimiento y como consecuencia diferente capacidad de producción de materia seca.

Las especies C_4 son las que tienen el sistema más eficiente de transporte de metabolitos, le siguen las de tipo C_3 y de último están las de tipo CAM. En cuanto a la producción de materia seca éstas se pueden ordenar de la siguiente manera $C_4 > C_3 >$ CAM.

Perspectivas para la producción en el trópico

Queda establecido que el principio básico de la producción agrícola se sustenta en la conversión de energía solar en alimentos y otros productos usados por el hombre, gracias al proceso de fotosíntesis.

Cuanto más sea la energía solar por hectárea mayor será el potencial de producción a condición que otros factores como el agua y nutrientes no sean limitantes. En la zona templada los vegetales reciben 80 a 120 Kcal cm^{-2} $año^{-1}$, en el subtrópico 140 a 190 Kcal cm^{-2} $año^{-1}$ y en el trópico 130 a 220 Kcal cm^{-2} $año^{-1}$ de donde se desprende que en las zonas tropicales existe el mayor potencial de producción.

Sin embargo, se sabe que la producción agrícola en el trópico no es la más favorable por el efecto de las condiciones desfavorables de sequía, baja fertilidad de los suelos, y plagas que afectan seriamente las cosechas en esta área del globo terrestre.

La producción potencial de materia seca en la vegetación natural en el trópico húmedo se ha estimado en 146 ton ha^{-1}, en condiciones

semihúmedas en 104 ton ha^{-1} y en la zona semiárida de 37-72 ton ha^{-1}. En la zona templada, en Inglaterra, se estima en 50 ton. ha^{-1}.

Utilizando como comparación un pasto bien fertilizado e irrigado en la zona templada se obtiene de 20 a 25 ton ha^{-1} de materia seca contra 40 a 80 ton ha^{-1} $año^{-1}$ en el trópico de donde se observa que es posible duplicar la producción en estas áreas. Existen también algunos cultivos en estas zonas que evidencian la factibilidad de un aumento en la producción, como el caso de la caña de azúcar en Hawaii con una producción de 10 a 15 ton de azúcar ha^{-1} $año^{-1}$, palma de aceite en Malasia con 5 a 6 ton ha^{-1} $año^{-1}$ de aceite y el arroz en el Sureste de la India que con tres cosechas al año da un rendimiento de 15 ton ha^{-1} $año^{-1}$. Desgraciadamente estos no son más que unos pocos ejemplos alentadores, ya que en general el aprovechamiento de la energía solar en los trópicos apenas alcanza el 0,2% contra un 2% en la zona templada.

La discrepancia entre los potenciales de producción y la realidad se pueden comprender si se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

1. La producción agrícola en los trópicos es compleja ya que al reemplazar los sistemas naturales que usualmente están en equilibrio por cultivos intensivos ocurren desbalances que acompañados con la erosión de los suelos, el lavado de nutrientes y el desarrollo acelerado de plagas y enfermedades terminan transformando la agricultura en un dilema.

2. La investigación que permita el desarrollo de innovaciones en la producción está muy incipiente en estas áreas.

Finalmente si se suman a la fragilidad de los ecosistemas tropicales la escasa investigación en estas áreas, los problemas económicos, políticos y sociales de los países tropicales se comprenderá aún mejor la problemática de la producción de alimentos en ellas.

LITERATURA CITADA

1. EVANS, L.T. The physiological basis of crops yield. In Evans, L. T., edit. Crop Physiology. Cambridge, Cambridge University Press, 1975, pp. 327-349.

2. JOLIVET, E. Las differentes modalités de carboxylation pholosythétique chez les C_3 et de type C_4. Physiol. Vegét., 1976, 4(3): 563-594.

3. LOAMIS R.S., WILLIAMS, W.A., HALL, A.E. Agricultural productivity Ann. Rev. Plant Physiol. 1971, 22:43-468

4. MOYSE, A. Les types métaboliques des plantes: C_4 et CAM. Comparaison avec les plantes C_3 Physiol. Véget., 1976, 4(3): 533-550.

5. NASYROV, Y.S. Genetic control of photosynthesis and improving of crop productivity. Ann. Rev. Plant Physiol., 1978. 29:215-237.

6. QUEIROZ, O. Chronobiologie du systémec CAM: Les rythmes de capacité enzymatique sont-ils des mécanismes régulateurs. Physiol. Véget. 1976. 4(3): 629-639.

7. RUTHENBERG, H. The development of crop research in the humid and semihumid tropics. Plant Res. and Develop., 1977, 6: 7-27

8. WHITTINGHAM, C.P El mecanismo de fotosíntesis, Madrid, ediciones H. Blume, 1976, 176 p.

9. ZELITCH, F. Improving the efficiency of photosynthesis Science, 1975, 188:626-633.

CRECIMIENTO Y PRODUCCION

Oscar Arias*

Aspectos generales

El crecimiento, en el sentido biológico del término se define de una manera simple, como el conjunto de fenómenos que se traducen por un aumento de los tejidos de la planta y que puede ser medido por el incremento en peso de las partes del vegetal, o el área foliar.

En los vegetales pluricelulares se pueden distinguir dos tipos de crecimiento, uno en el cual ocurre aumento del número de células o sea que hay proliferación al cual se le denomina mérisis.

En segundo lugar se puede distinguir otra modalidad de crecimiento en la que hay aumento del tamaño de las células y que se llama auxesis, este tipo de crecimiento casi nunca es isodiamétrico, es decir igual en todas direcciones, como ocurre en el caso excepcional de la formación de parenquima de reserva en los tubérculos de papa. La forma más corriente es el crecimiento unidimensional, ya sea tangencial como en el caso de las zonas generatrices o en el sentido del eje del órgano, se dice entonces, en este último caso, que hay elongación.

En los vegetales los procesos de auxesis y mérisis están corrientemente separados y ocurren en regiones diferentes del vegetal.

La proliferación ocurre en los meristemos y la elongación se localiza en las regiones de elongación especializados que están situados a cierta distancia de los meristemos.

La distinción anterior resulta un poco menos marcada en el desarrollo de los tejidos secundarios, donde la auxesis se realiza a continuación de la división celular y está claramente definida al interior y exterior de la zona generatriz.

La diferenciación que acompaña el crecimiento de las células tiene lugar durante la auxesis, lo que significa que los meristemos permanecen durante toda la vida del vegetal como regiones de división celular donde las células se multiplican y guardan un carácter embrionario por lo que se afirma que en los vegetales contrariamente a los animales tienen una embriogénesis indefinida.

---

* Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica.

La embriogénesis permanente de los vegetales se puede corroborar fácilmente en la propagación por estaca donde si se toma un meristemo apical de un organismo adulto y una sección del tallo, se tiene una unidad capaz de generar un nuevo organismo.

Cinética del crecimiento.

El criterio que se acerca más a la definición teórica del crecimiento es aquel en el que se mide las dimensiones, que puede ser peso, largo, diámetro, etc. Los valores obtenidos se pueden fácilmente graficar, obteniéndose curvas de tipo de S cuando se representa el peso total o la longitud total, por ejemplo o bien una curva de campana cuando se representa el aumento diario de peso o longitud, figura 1.

Influencia de los factores de medio ambiente en el crecimiento

Para los fines de esta conferencia haremos incapié únicamente en dos componentes, la temperatura y la luz.

En el caso de la temperatura se sabe que existe solamente una gama de temperaturas bastante extrecha que es compatible con la vida activa, en general estas temperaturas están comprendidas entre -10°a - +45°C aunque existen algunas excepciones con algunas coníferas de Siberia que pueden vivir a -65° o algunos cactus que soportan calores de +60°C. En el caso de la mayoría de las plantas tropicales el óptimo de temperaturas se encuentran entre 25 y 35°C.

En general la temperatura afecta el crecimiento debido a que ésta afecta la fotosíntesis, la respiración y la mayoría de las reacciones enzimáticas, figura 2.

En cuanto a la luz ésta afecta el crecimiento de los vegetales ya sea por su duración (fotoperíodo), su intensidad que en general los fisiólogos vegetales prefieren usar para referirse a ella unidades de tipo energético. La calidad es el otro factor que se toma en cuenta para caracterizar la influencia de la luz que satisface los requerimientos vitales de los organismos. La energía emitida por el sol se encuentra entre las longitudes de onda de 380 y 760 nm. Esta zona del aspecto es la que persivimos como luz visible. Los pigmentos de los cloroplastos absorven radiaciones entre unos 380 a 740 nm zona que normalmente se denomina fotosintéticamente activa.

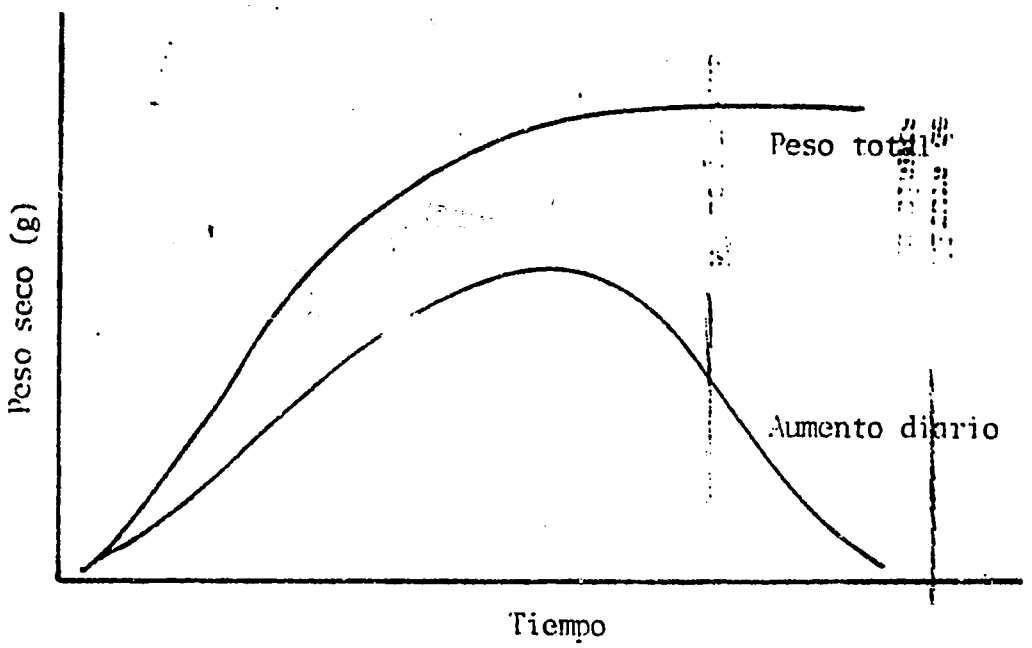


Figura 1. Representación esquemática del crecimiento en aumento diario o en incremento total.

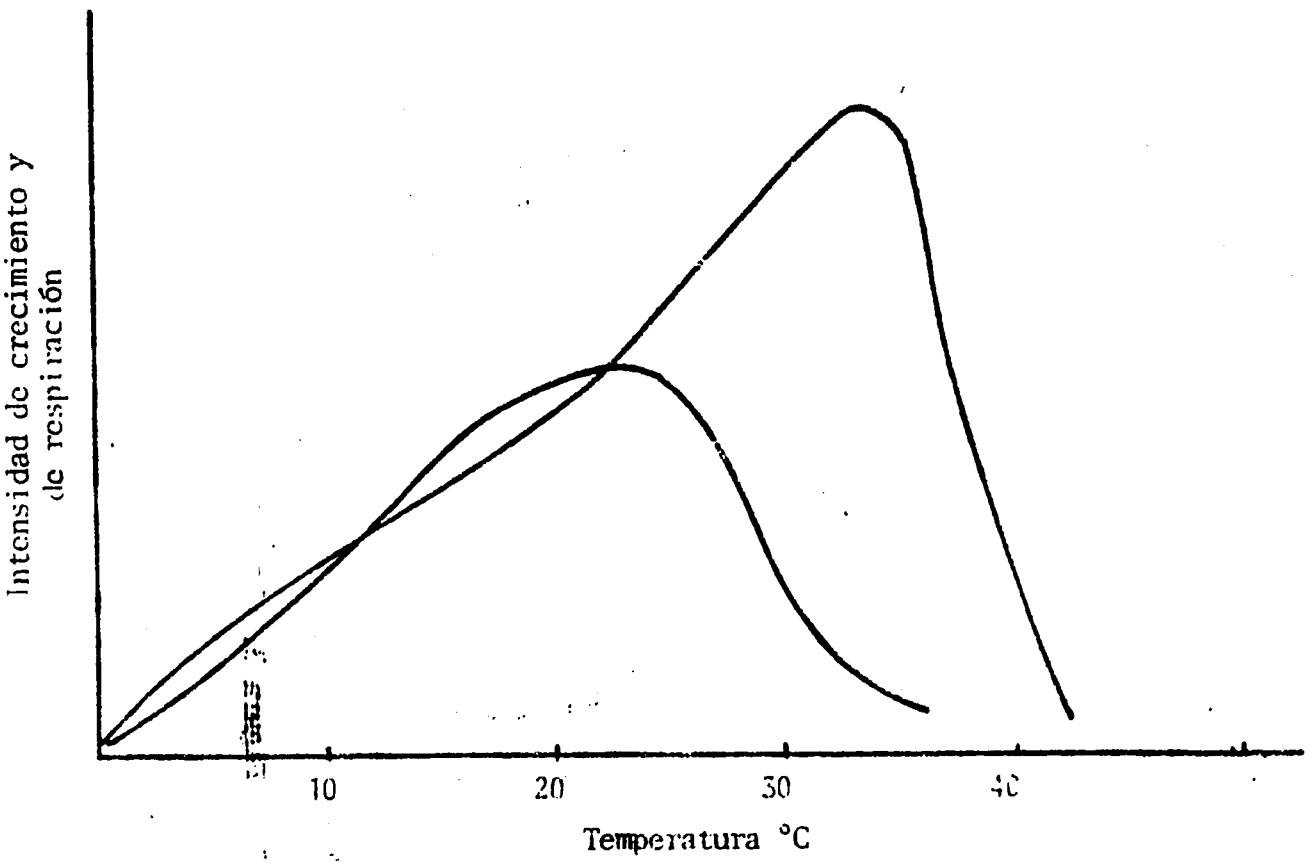


Figura 2. Representación esquemática de las tasas de crecimiento y respiración en relación con la temperatura en algunos vegetales.

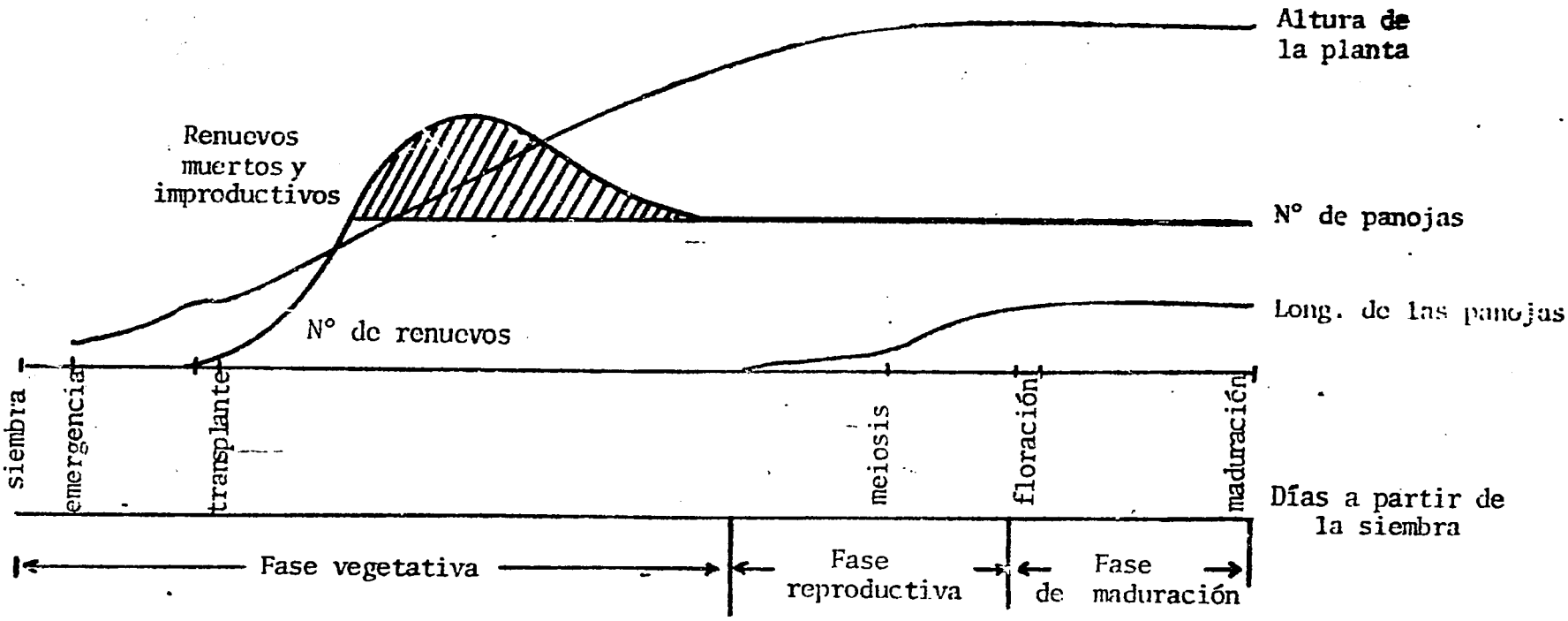


Figura 3. Etapas de crecimiento y fases de desarrollo de variedades de arroz en los trópicos.

Crecimiento y Producción

Para ilustrar la relación entre el crecimiento y la producción, analizaremos seguidamente dos tipos de vegetales, el caso del arroz como ejemplo de planta estacional y el cafeto como prototipo de planta perenne.

Ciclo biológico de la planta de arroz

El ciclo biológico de la planta de arroz se inicia con la fecundación y el desarrollo subsiguiente del embrión en la semilla. Este germina y origina una plántula que crece hasta constituir una planta madura. En los trópicos las variedades de arroz completan su ciclo de vida dentro de un período general que va de 110 a 210 días con una media entre 100 y 150 días.

Fases fisiológicas del proceso de crecimiento

El ciclo completo de vida de las plantas de arroz puede dividirse en tres fases principales que son:

1. Fase vegetativa, que va desde la germinación de la semilla hasta el comienzo de la formación de la panoja.

2. Fase reproductiva, desde el inicio de la formación de la panoja hasta la floración.

3. Fase de maduración, desde la floración hasta la maduración completa.

Sin embargo estas fases principales pueden subdividirse en etapas o períodos fisiológicamente distintos.

Las divisiones detalladas de las fases principales se ilustran en la figura 3 con una variedad que madura a los 150 días.

1. Fase vegetativa

Esta fase se inicia al germinar la semilla; se caracteriza por la aparición de la radícula o del coleoptillo, durante esta fase la planta pasa por varias etapas que van desde el estado de plántula hasta la formación de renuevos (macollamiento). Esta fase es la más sensible y en algunas variedades se ve afectada por la longitud del día y el fotoperíodo.

2. Fase reproductiva

La fase reproductiva puede iniciarse antes de alcanzr el número máximo de renuevos, aproximadamente en el momento de mayor actividad de producción de renuevos o después de él. Esta fase se caracteriza por la iniciación del primordio de la panoja, de

dimensiones microscópicas en el vástago den crecimiento.

El comienzo de formación de la panoja se produce poco más o menos de 70 a 75 días antes de la fecha de maduración de cualquier variedad. Este período corresponde a unos 60 a 70 días después de la formación de las plántulas, para variedades no estacionales que maduran en 130 días.

El momento de iniciarse la etapa de elongación de los entrenudos difiere entre variedades. En las variedades de maduración tardía la elongación acelerada de los entrenudos superiores puede iniciarse antes que la fase reproductiva.

Unos 55 días antes de la maduración se marca el comienzo del desarrollo de las panojas. A medida que éstas se desarrollan las espiguillas comienzan a distinguirse.

La floración se inicia con la roptura de las primeras anteras deliscentes en las espiguillas terminales de las ramas de las panojas. La floración se produce aproximadamente 25 días despúés del embuche sea cual fuese la variedad.

3. Fase de maduración

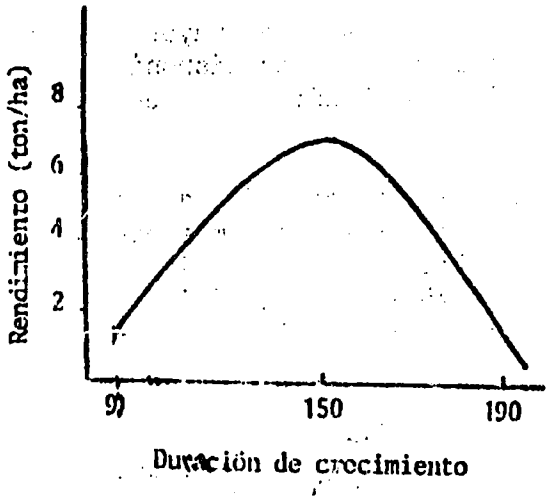
La fase de maduración (de la floración a la madurez) ocupa un período de 25 a 35 días, el grano de arroz se desarrolla después de la polinización y la fecundación. El desarrollo de los granos es un proceso contínuo y dichos granos sufren cambios evidentes antes de madurar por completo. La distribución de la materia seca en una planta que ha completado todas sus fases se indica en la figura 4.

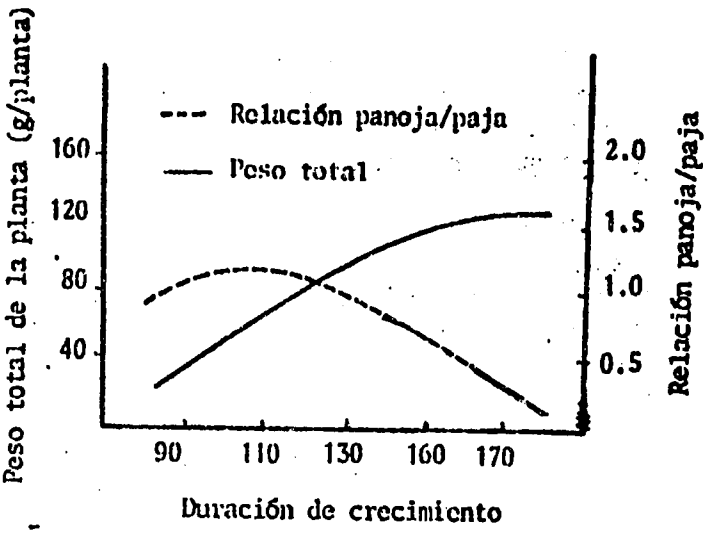
Fase de crecimiento y su relación con el rendimiento

El rendimiento en grano de las plantas de arroz está condicionado por tres factores: 1) el número de panojas por planta (o por unidad de superficie); 2) el número de espiguillas llenas por panoja y 3) el peso promedio de los granos individuales.

El número de panojas por planta se determina en gran parte durante la fase vegetativa; el número de espiguillas por panoja, durante la fase reproductiva y el peso de un grano simple, durante la fase de maduración.

El período de crecimiento de planta de corta duración, o sea menor de 100 días cultivadas en condiciones normales de campo, por lo común no permite que se formen suficientes hojas; por lo cual hay un menor número de panojas con granos bien llenos. Es necesaria una superficie foliar adecuada para fabricar alimentos asimilables que se requieren





A- Figura 5. Relación entre la duración del crecimiento y el rendimiento en grano del arroz. Dist. de siembra 25X50 cm, 40 kg/ha de N. (IRRI, 1963).

B- Figura 6. Relación entre la duración del crecimiento, el peso total de la planta y la relación panoja-paja (IRRI, 1963).

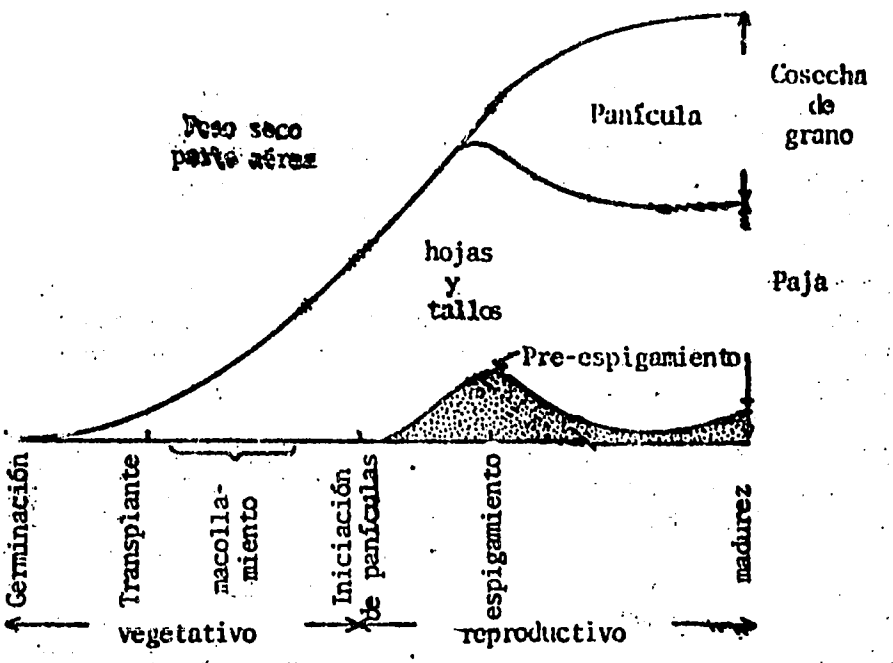


Figura 4. Distribución de la materia seca en la planta de arroz según el estado de desarrollo (según Murata, Y., Matsushima, S. 1976).

para desarrollar un gran número de espiguillas llenas en una panoja, conviene recordar aquí que el arroz es una planta de tipo C_3.

Por lo común, una fase vegetativa larga da como resultado mayor número de renuevos, sin embargo, la restricción de nutrientes disponibles y de espacio para el crecimiento óptimo limitan el número de renuevos que producen las panojas.

El número de espiguillas por panoja depende de la actividad de la planta durante la fase reproductiva. Numerosos estudios han demostrado que la disponibilidad de nutrientes y las espiguillas por panoja tienen una correlación positiva. También la actividad fotosintética durante la fase reproductiva controla el número de espiguillas por panoja.

Las plantas que tienen una absorción óptima de nitrógeno en cada fase de crecimiento dan altos rendimientos. Con numerosas hojas y una cantidad adecuada de nitrógeno, las plantas producen gran cantidad de carbohidratos, durante las fases reproductivas y de maduración, lo cual, a su vez, da como resultado un gran número de espiguillas bien llenas por panoja.

El almidón de los granos tiene una doble procedencia: a) los productos asimilados que se acumulan en el tallo y los tejidos de las hojas, antes de la floración, para transformarse posteriormente en azúcares y a su vez transferirse a los granos; b) los productos asimilados que se producen durante las fases de maduración. El almidón procedente de la primera fuente se dice que es acumulado. Una variedad de corta duración tendrá una proporción menor de almidón acumulada que las de larga duración, y en un nivel alto de nitrógeno la proporción de almidón acumulado es menor que en un nivel bajo de dicho elemento.

En experimentos efectuados en el IRRI, Filipinas, bajo condiciones experimentales muy precisas se encontró que los mejores rendimientos con un espaciamiento de 25x30 cm se obtuvo con variedades que maduran de 130 a 140 días, figura 5.

Cuando más largo sea el período de crecimiento de una variedad, tanto mayor será el peso total de la planta (figura 6, sin embargo, esto es cierto solamente hasta la duración óptima de crecimiento, ya que después de ésta, o cuando la duración es extremadamente larga, el peso de la planta permanece más o menos invariable. Esta reacción se asocia con los factores limitantes. Uno de éstos es la limitación de espacio para la expansión de las hojas; el índice de superficie foliar (LAI) se incrementa al aumentar el período de crecimiento, mientras que disminuye el índice de transmisión de luz (LTR) en la población de plantas, figura 7.

El otro factor es la limitación del suministro de nutrientes a las plantas. Las plantas absorben nutrientes del suelo, a medida que crecen, haciendo que disminuya la cantidad de elementos nutritivos que hay

en el suelo. Así, las plantas que tienen larga duración de crecimiento pueden sufrir deficiencia de algunos nutrientes, sobre todo de nitrógeno durante las últimas etapas de crecimiento, figura 8.

La paja es el producto del crecimiento durante la fase vegetativa y el grano es el producto del crecimiento durante las fases reproductivas y de maduración.

El índice de crecimiento de las plantas de arroz varía con el tiempo de germinación siendo más rápido durante la fase vegetativa y más lento durante las últimas etapas de crecimiento, a causa de los factores limitantes mencionados. Debido a éstos la producción de grano paja (peso de grano: peso de paja) disminuye al aumentar la longitud del período de crecimiento figura 6 . Así el rendimiento en grano aumenta al prolongarse el período de crecimiento, hasta alcanzar una duración óptima, resultando un incremento en el peso total de la planta.

Ciclo biológico del cafeto

La vida de un cafeto puede dividirse arbitratiamente en tres fases: fase de crecimiento juvenil, fase de producción y fase de declinación fisiológica.

La fase juvenil se desarrolla, parte en los germinadores, parte en el vivero (almacigal) y el resto en el campo definitivo. Su duración es de alrededor de dos años y medio.

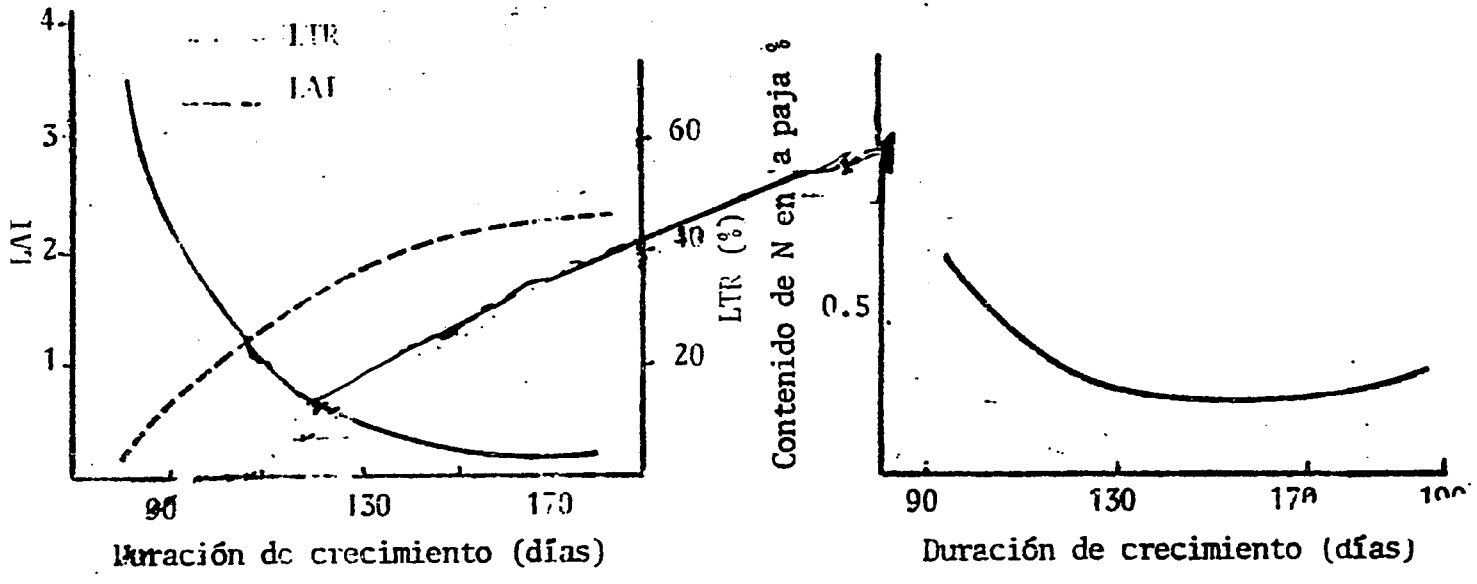
El inicio de la fase reproductiva empieza con la primera floración, esta fase puede durar varias decenas de años; se encuentran plantas que han vivido entre 50 y 100 años, sin embargo, en las condiciones de explotación comercial esta fase no llega más allá de 20 años. Se observa un aumento del rendimiento durante los primeros 6 años y después de ésto una producción estacionaria durante 8 a 10 años.

Durante la fase de producción el cafeto pierde su forma piraminal, debido principalmente al reemplazo del eje principal por otros ejes ortotrópicos como consecuencia de la poda.

Durante la fase productiva los períodos de crecimiento y de floración se alteran o se superponen según el clima y la especie de que se trata.

En los ciclos dónde alternan una estación seca con otra lluviosa, la lluvia es generalmente el factor limitante de la floración. Las flores que se forman al final de la estación lluviosa permanecen como yemas dormidas durante toda la estación seca y se abren al inicio de la estación lluviosa siguiente.

Una vez que ha ocurrido la fecundación floral se inicia el período



A- Figura 7. Relación entre la duración del crecimiento, el índice de superficie foliar (LAI) y el índice de transmisión de luz (LTR) (IRRI, 1963).

B- Figura 8. Relación entre la duración del crecimiento y el contenido de nitrógeno en la paja, al momento de cosecha. (IRRI, 1963).

de desarrollo de los frutos que es donde la planta necesita en mayor cantidad los elementos nutritivos.

La fase de declinación fisiológica aparece después de una explotación intensiva o de mal manejo; se manifiesta por una defoliación cada vez más acentuada, por la detención del crecimiento y de la productividad, que en muchos casos conduce a la muerte. En la práctica esta fase aparece a árboles no cultivados o en plantaciones mal manejadas ya que en las explotaciones con buen manejo éstos se cambian entre los 15 y 20 años.

Hábitos de crecimiento de la planta

El crecimiento del cafeto ha sido ampliamente estudiado e inclusive se han establecido modelos matemáticos para enmarcar su comportamiento.

El cafeto se caracteriza por ser una planta de ramificación dimórfica. Los ejes ortrotrópicos (verticales) producen durante toda su vida únicamente meristemos vegetativos; en estos vástagos existen a partir del octavo nudo en el caso de *Coffea arabica* L., meristemos denominados cabeza de serie que es de donde se originan las ramas plagiotrópicas (laterales) que son las que tienen la capacidad de producir los meristemos florales y por tanto es en ellos donde se sustenta la cosecha, figura 9.

Debido a que la producción de la planta se localiza principalmente en las zonas de crecimiento nuevo en las ramas plagiotrópicas, se dice, que el cafeto es un arbusto de producción distal.

En las condiciones de Turrialba, Costa Rica ha encontrado en *Coffea arabica* dos períodos de crecimiento vegetativo; los mínimos de crecimiento se sitúan a mediados de agosto y enero, los restantes siete meses corresponden al período de máximo crecimiento.

Se ha observado también que la época de menor crecimiento vegetativo coincide con el período de producción aunque el proceso reproductivo no tiene influencia sobre el vegetativo ya que plantas jóvenes sin cosecha siguen el mismo patrón de crecimiento solo que con mayor intensidad.

Importancia del área foliar

La reducción de la superficie foliar en cafetos jóvenes tienen un efecto perjudicial sobre el crecimiento. Una reducción foliar de 25,50 y 75% produce una disminución de 64%, 54% y 45% respectivamente en la producción de materia seca, de donde se evidencia la importancia de que las

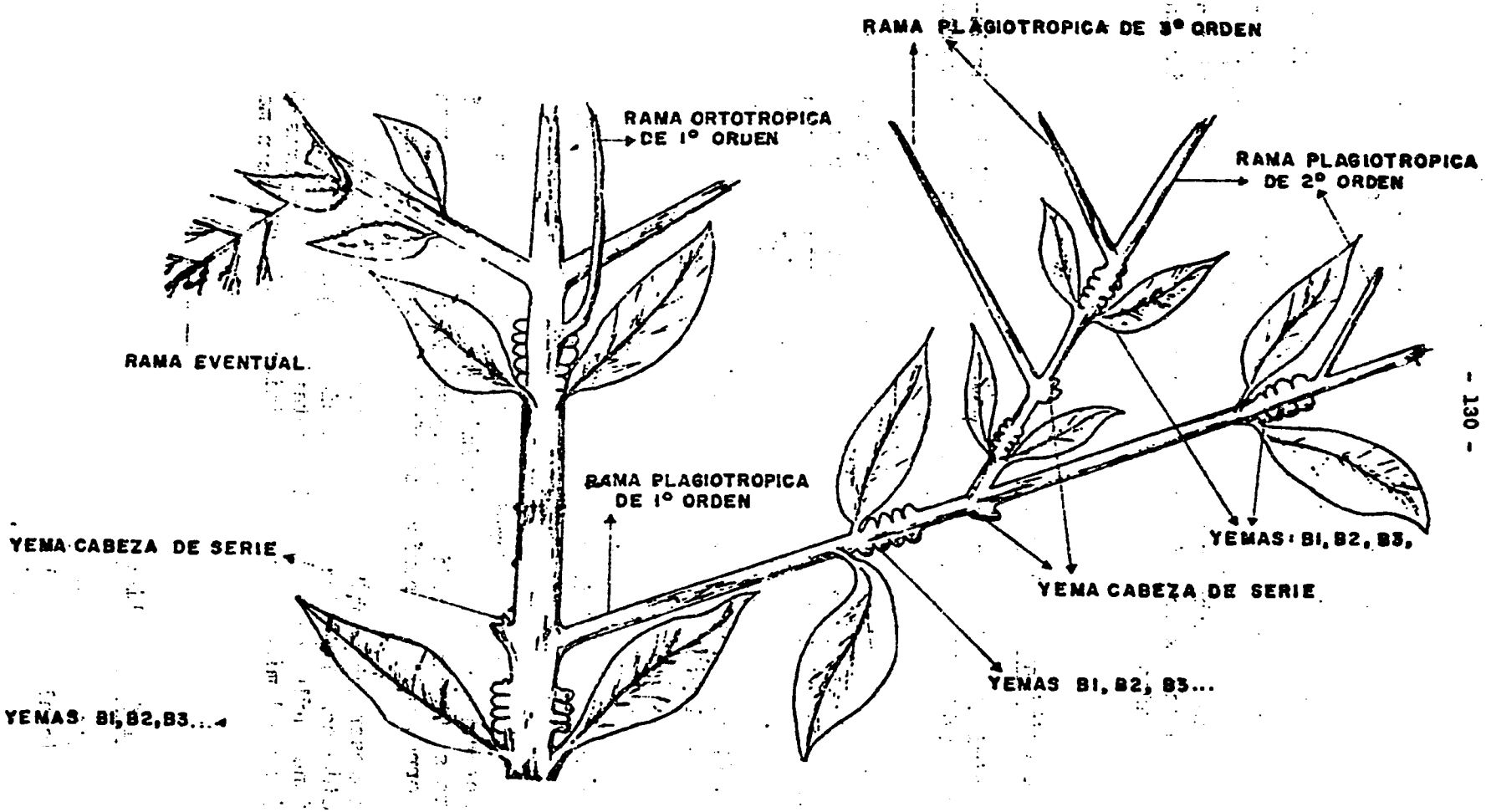


Figura 9. Esquema de la disposición de la ramificación y de los meristemos axilas en el cafeto (Coffea arabica L.), mostrando la orientación de crecimiento de las ramas ortotrópicas y plagiotrópicas (Según Moens, 1963).

plantas conservan todo su follaje, por lo que la protección fitosanitaria contra algunos patógenos resulta trascendental para la cosecha.

Crecimiento en relación con el rendimiento

En varias investigaciones se ha estudiado las variables de crecimiento que aparecen íntimamente ligadas con la producción en el año siguiente, se ha comprobado que el 31% de la variación de la cosecha se asocia con varación del número de nudos de las ramas plagiotrópicas y el otro 69% se le asocia a los factores número de ramas plagiotrópicas y número de flores por nudo.

En lo que a actividad fotosintética se refiere, las mediciones efectuadas en el género Coffea han demostrado que la asimilación fotosintética neta es baja, Nutman encontró valores de 4,5 mg CO_2 $dm^{-2}h^{-1}$. Este fenómeno se explica, en parte, si se aclara que el cafeto es una planta C_3, muy susceptible a las altas temperaturas y a los cambios de intensidad lumínica, que muy probablemente están influenciando los fenómenos de fotorespiración y que condicionan la distribución ecológica del cultivo.

Conclusiones

Los dos ejemplos anteriores ilustran la problemática de crecimiento en relación con la producción en una planta de crecimiento estacional, con un ciclo que va de la semilla a la semilla en un lapso de tiempo cercano a los 150 días, con relación a otra especie en donde su longevidad se puede medir en decenas de años.

Se evidencia en el primer caso la trascendencia que tiene el desarrollo armónico de cada una de sus fases en las que un factor limitante puede dar al traste con la cosecha, un crecimiento deficiente en el arroz durante la fase vegetativa por carencia de agua, o de fertilización inadecuada se traduce en un índice de área foliar bajo que va a repercutir en una baja capacidad de asimilación fotosintética que está condicionando, en parte, el número de panojas que se formarán y el número de espiguillas en la panoja, así como el acúmulo de reservas que la planta acumulará para el llenado de grano.

En el caso de la planta perenne se observa que los procesos de asimilación fotosintética que puedan funcionar deficientemente a un momento dado por daño de plantas o enfermedades, fertilización inadecuada, bajo suministro de agua, va a promover un efecto que no se manifiesta en forma inmediata en la cosecha, sino que se podrá cuantificar en la cosecha siguiente.

Se ilustra con los dos ejemplos, que en los vegetales, según las diferentes especies varían los órganos en que ocurre la mayor parte del

"almacenamiento" o acumulación de sustancias nutritivas. En las plantas anuales, el almacenamiento se produce predominantemente en las semillas.

En las especies perennes, buena parte del almacenamiento de reservas tiene lugar en semillas y frutos, pero los órganos principales, donde se acumulan la mayor parte de ellas es en tallos y raíces en los tejidos correspondientes a la médula, la corteza, los rayos vasculares y el perenquima leñoso.

LITERATURA CITADA

1. ARIAS, G. Relación de la distancia de siembra y de algunas características morfológicas con la productividad, en cinco cultivares de café (*Coffea arabica* L.). Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de Costa Rica, 1977, 94 p.

2. CHAMPAGNAT, P., OZENDA, P., BAILLAUD, L. Biologie végétale. Croissance morphogenêse et reproduction. Masson et Cie, Paris, 1969, 458 p.

3. MOENS, P. Investigaciones morfológicas, ecológicas y fisiológicas sobre cafetos Turrialba 18(3): 209-233. 1968.

4. MAESTRI, M. and BARROS, R. Coffee In Alvin, P.T., and KOZLOWSKI, T.T., Ecology of tropical crops, New York, Academic Press, 1977, pp. 249-273.

5. MURATA, Y., and MATSUSHIMA, S. Rice In Evans L.T., edit., crop physiology. Cambridge, Cambridge University Press, 1975, pp. 73-99.

6. RABECHAULT, H., CAMBRONY, H. La physiologie du caféier. Cahier de l'ORSTOM 1(1): 11-62, 1973.

7. University of the Philippines. Cultivo del arroz: manual de producción, México, Trad., Editorial Limusa, 1975, 426 p.

EFECTOS FISIOLOGICOS DE LOS PARASITOS VEGETALES Y SU IMPORTANCIA EN EL RENDIMIENTO DE LAS COSECHAS

Oscar Arias M.*

GENERALIDADES

La importancia de los daños causados a las plantas cultivadas por hongos, bacterias, virus, micoplasmas, nemátodos, insectos y ácaros es un hecho bien reconocido.

Estos parásitos tienen no solo el potencial de destruir enteramente las cosechas, sino que en aquellos casos en que no causan pérdidas totales, por lo general reducen en una forma significativa el rendimiento de la mayoría de los cultivos; lo que obliga a tomar medidas de combate que aumenta los costos de producción y afectan la calidad y la durabilidad de los productos cosechados, de manera que constituyen una de las principales causas de inestabilidad de la empresa agrícola y del déficit de alimentos. El ejemplo que se presenta para el cultivo del algodón en el Cuadro 1 permite ilustrar el problema.

Cuadro 1. Estimados de reducción de la cosecha de algodón causados por varios parásitos en el año 1973, en Estados Unidos de Norte América (Según National Academy of Sciences, 1975).

Parásitos	Reducción de la cosecha (Nº de pacas)	%
Fusarium	95.637	0,73
Vesticillium	375.088	2,87
Bacterias	136.455	1,05
Phymatotrichum	86.315	0,64
Enfermedades en plántulas	351.181	2,70
Ascochyta	21.488	0,16
Pudrición de bellotas	328.825	2,52
Nemátodos	381.826	2,93
Otros	40.893	,31
Reducción total	1.817.711	13,91

* Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica.

Daño causado a las plantas por las enfermedades

Cada enfermedad presenta una gama cambiante de síntomas según su etapa de desarrollo, la etapa de desarrollo del hospedante y los efectos del ambiente. Aunque muchos síntomas son bastante características algunos se pueden confundir con deficiencias minerales, daños de insectos o ácaros, toxicidad de herbicidas o anormalidades genéticas.

Las características que con mayor frecuencia se presentan como consecuencia de las enfermedades son: coloración anormal de los tejidos, marchitamiento, necrosis o muerte de los tejidos, cánceres o chancros, pudriciones, defoliación, crecimientos anormales y enanismo.

Respuestas metabólicas del hospedante

El tejido infestado reacciona ante la presencia del patógeno y de sus metabolitos. Algunas de estas respuestas solo ocurren a nivel metabólico y son difíciles de detectar; otras tienen efectos morfológicos y se pueden observar microscópicamente o a simple vista.

En la mayoría de las enfermedades se produce un aumento en la respiración de los tejidos infestados especialmente durante el inicio de la infección. Este incremento respiratorio se debe a un aumento de la translocación de metabolitos hacia la zona infestada que requiere un gasto de energía adicional.

Cuando hay necrosis extensiva o marchitez, la respiración disminuye hasta un mínimo. Cuando hay virosis la respiración se mantiene a un nivel alto aún con síntomas bien desarrollados.

La pérdida de la integralidad estructural de la epidermis en el caso de enfermedades causadas por royas, mildus o necrosis del follaje favorecen la salida de agua lo que permite un aumento de la transpiración y la permeabilidad celular.

En la mayoría de las plantas enfermas ocurre también acumulación de carbohidratos, fosfolípidos, aminoácidos y compuestos fenólicos alrededor de los puntos en donde se inicia la infección. La translocación de estos metabolitos, desde los tejidos sanos hacia los tejidos infectados, es un proceso que requiere energía. En algunas enfermedades virales y por micoplasma también hay una retención de carbohidratos en las hojas, lo que hace disminuir la translocación hacia las raíces, frutos o meristemos. En algunos casos estos se debe a mal funcionamiento del floema, pero más corrientemente es la falta de acción enzimática que movilice los carbohidratos almacenados en las hojas hacia los conductos del floema.

Como consecuencia de la infección también se produce desbalances hormonales que se generan ya sea por la acción metabólica del parásito o bien como una respuesta del hospedante. En estos casos se observa

con frecuencia crecimientos anormales, defoliación, ramificación anormal, enanismo. Todos estos efectos metabólicos se presentan finalmente en la cosecha.

Las funciones de síntesis, muy especialmente la reducción del CO_2 vía fotosíntesis se ven seriamente afectadas por las enfermedades. En gran parte esto se debe a la pérdida de áreas verdes y a la translocación ineficiente de substratos requeridos para la fotosíntesis, el resultado final se observa por una disminución del peso seco de la planta.

Efecto de las enfermedades en la reducción de la cosecha

El impacto que un determinado patógeno tenga en la reducción de la cosecha va a depender de la época en la cual ocurra la infección; un ataque temprano puede redundar incluso con la muerte del hospedero, si esto ocurre más tarde y dependiendo del patógeno se puede traducir en una merma del rendimiento.

En la figura 1 se ilustra el caso de una experiencia donde se evaluó el efecto del virus del arayado colombiano del maíz (URCM) en la variedad ICA V-504. Se observa que una infección anterior a las primeras dos semanas de edad del cultivo tiene serias consecuencias en la producción de forraje y grano, si ésta tiene lugar después de la onceava semana, los daños en la producción de forraje son despreciables y en la producción de grano su efecto es más leve.

La curva de regresión que se presenta en la figua 2 también ilustra la importancia que tuvo la cantidad de área foliar afectada en el rendimiento de plantas de frijol cultivar México 80 al ser inoculadas con uredósporas de roya (*Uromyces appendiculatus* Pers Under) en un experimento realizado en Costa Rica.

Daños causados por insectos

1. Reducción del área foliar

La reducción de la superficie fotosintética es uno de los daños que se evidencian con mayor facilidad. Estos son causados por insectos masticadores o bien por larvas de una gran cantidad de especies y muy en particular las de los lepidópteros. En casos severos de ataque se puede llegar en la defoliación total.

2. Daños causados por insectos que producen cambios metabólicos

Los insectos que poseen adaptación para chupar la savia del hopedero les permite extraer metabolitos del floema, este es el caso de los áfidos.
Se han hecho estimaciones que permiten afirmar que en *Acer pseudoplatanus* L., un áfido puede extraer por día el producto de fotosíntesis de 5-20 cm^2 de área foliar.

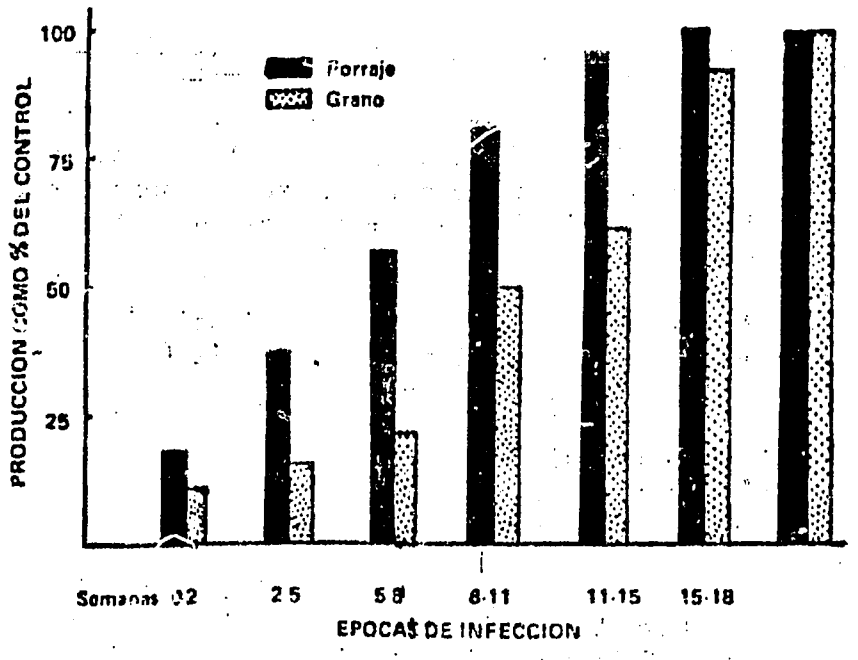
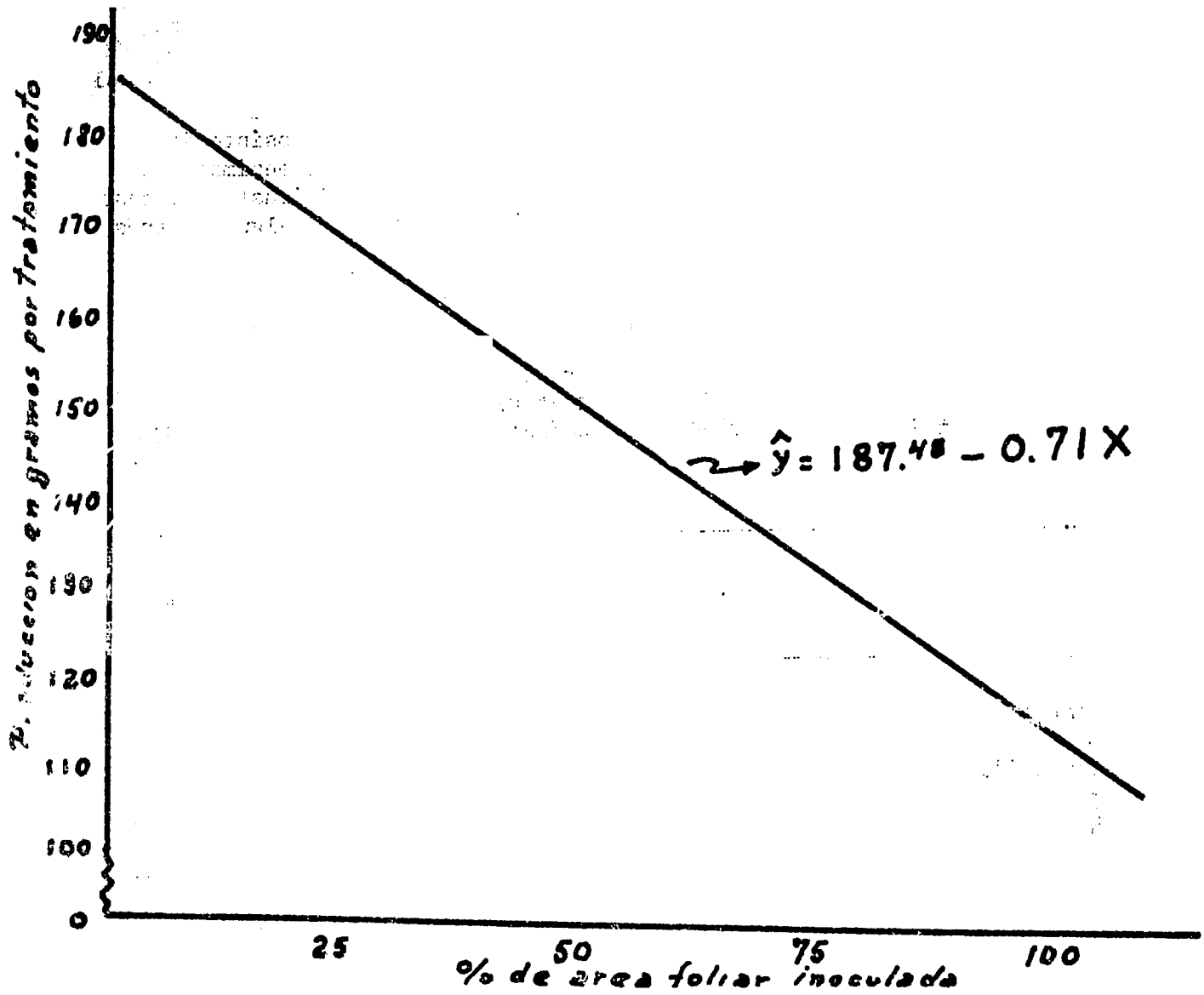


Figura 1. Producción de forraje verde y grano en la variedad de maíz ICA V-504 según la época de infección con el virus del rayado Colombiano del maíz (Según Pineda y Martínez Revista ICA, 12(3), 1977).


190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
0
25
50
75
100
% de area foliar inoculada
$\hat{y} = 187.48 - 0.71X$

En un árbol de dicha especie, con un tamaño de 20 m tiene alrededor de 116.000 hojas en las cuales pueden vivir 2,25 x 10^6 áfidos. Con estas poblaciones se ha comprobado experimentalmente reducciones hasta de un 60% (Cuadro 2) en el crecimiento de los anillos anuales del xilema, se ha encontrado también una reducción considerable del área foliar, pero que presenta valores inferiores a los de la reducción de crecimiento de los anillos cambiales; estas diferencias evidencian que el ataque del insecto causa también daños metabólicos que afectan la fotosíntesis y la respiración debido a que los áfidos inyectan hormonas, enzimas y otras sustancias que alteran el metabolismo. El Cuadro 3 ilustra el caso de la reducción de cosecha en algodón debido al ataque de algunos otros insectos.

Cuardo 2. Relación del área foliar y reducción del crecimiento en los anillos de crecimiento de *acer pseudoplatanus L.*, taque del áfido *Drepanosiphum platanoides* (Schr) (Seg n Dixon, 1971).

	Area foliar	Tamaño del anillo de crecimiento cm
Control	200 - 260	0,86 - 1,1
con áfidos	136 - 147	0,32 - 0,46
Reducción	38%	60%

Cuadro 3. Estimados promedios de reducción de la cosecha de algodón causados por insectos en los Estados Unidos de Norte América 1961-1960 (Según National Academy of Sciences 1975)

Plaga	Reducción de la cosecha potencial		
	%	Pacas x 1000	Valor $1000
Anthonomus grandis (Picudo)	8,0	1239	200.613
Heliothis sp. (Bellotero)	4,0	619	100.307
Chinches	3,4	527	85.261
Otros	3,6	558	90.276
TOTAL	19,6	2943	176.457

3. Insectos que causan cambios metabólicos y morfológicos

En esta categoría se clasifican los daños causales por insectos que producen la formación de agallas en raíces, tallos y hojas. La alteraciones morfológicas se producen en las zonas donde el insecto ataca al hospedero.

El estímulo inicial para la formación de agallas proviene de las secreciones de las glándulas accesorias de las cuales al realizar la ovoposición, en estos casos se ha comprobado que en las secreciones existen sustancias de tipo citocinina y giberelinas como componentes.

Daños causados por nemátodos

El daño causado por los nemátodos en las plantas puede ser de tres tipos; efecto traumático, efecto competitivo por los metabolitos celulares y efecto tóxico, estos tres daños se pueden presentar simultáneamente.

Los transmatismos resultan del movimiento del nemátodo dentro de la planta como es el caso del género Pratylenchus.

El efecto competitivo por los metabolitos se debe a que los nemátodos succionan los asimilados que se desplazan por el floema para su sustento.

La saliva de los nemátodos del género Trichodorus inhibe la división celular por lo que afecta el crecimiento principalmente de los meristemos apicales.

Existen casos complejos también de hipertrofia y proliferación celular provocados por nemátodos del género *Meloidogyne* en los que hay secreción de sustancias de tipo enzimático y hormonal. En todos los casos, estos daños repercuten sustancialmente en la cosecha; así por ejemplo en un experimento realizado en lechuga se encontró efecto en rendimiento cuando se efectúa un control químico de 13 ton ha^{-1} contra 4 ton ha^{-1} en parcelas no tratadas. En melocotoneros de 3 años de edad se ha cosechado en plantas sanas 20 kg $árbol^{-1}$ mientras que en aquellas atacadas por nemátodos la producción apenas alcanza a 3,5 kg $árbol^{-1}$.

LITERATURA CITADA

1. DIXON, A.F.G. The role of aphids in wood formation. I. The effect of the effect of the sycamere aphid *Drepanosiphum platanoides* (Schr) (Aphididae) on the growth of sycamore, *Acer pseudoplatamus* L.J. Appl. Ecol. 8: 165-179. 1971.

2. GONZALEZ, L.C. Introducción a la Fitopatología. Costa Rica, Editorial IICA 1976, 148 p.

3. LORDELO, L. Nematoides das plantas cultivadas. Sao Paulo, Edit Nobel 1976, 200 p.

4. PINEDA, B., MARTINEZ, G.. Evaluación de las pérdidas causadas por el virus del Rayado Colombiano del maíz en la variedad susceptible ICA V-504 Revista ICA, Inst. Colomb. Agrop. - 12(3), 1977.

5. PERLAZA, F. LOPEZ, R., VARGAS, E. Efecto de la aplicación combinada de nematicidas y fungicidas en el combate de - *Meloidogyne incognita*, *M. Hhapla* y *Alternaria* sp. en lechuga. Fitopatología 12 (2). 1978.

6. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Cotton pest Control. Washington, National Academy of Sciences, Edition, 1975, 139 p.

7. SOLIS, E. Efecto de diferentes niveles de infección por roya (*Uromyces appendiculatus* Pers) sobre los componentes de rendimiento en dos cultivares de frijol. Tesis de grado, Fac. de Agronomía, Universidad de Costa Rica, 1977.

HISTORIA DEL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS

Donald J. Calvert*

Desde el inicio de la agricultura en los centros de la civilización hace unos 10.000 años, las plagas han sido muy importantes competidores del hombre, logrando reducir la cosecha de sus cultivos hasta un cien por ciento en ciertas ocasiones. Se puede imaginar que los métodos que usaba el agricultor primitivo para combatir a estas plagas, si es que lo hacía, probablemente tomaron varias formas elementales como de remover dichas plagas a mano, de cortar las ramas, hojas u otras partes de la planta infestada, de usar varios métodos de espantar a los pájaros, etc.; prácticas que todavía se usan en muchas partes del mundo. Estos métodos resultaron ser no muy efectivos y en la mayoría de los casos el hombre en aquellos tiempos tenía que aprender a vivir con las epidemias de fitopatógenos y a tolerar los daños causados por los insectos y otras plagas.

Sin embargo, con el transcurso del tiempo el hombre gradualmente evolucionó hacia sistemas de cultivo que le aseguraban una producción adecuada de alimentos para suplir a su familia hasta la próxima cosecha. Estos sistemas incluían muchas prácticas de control físico y cultural que se derivaban de métodos empíricos tales como destrucción de rastrojos, fechas de siembra, alternación de cultivos, manejo de aguas y fertilizantes, etc. El uso apropiado de estos métodos culturales puede reducir el daño potencial ocasionado a los cultivos de casi toda clase de plagas y puede proveer control económico de muchas de ellas, especialmente de insectos nocivos y fitopatógenos. Pero había muchas otras plagas que causaban daños elevados, las cuales no podían ser controladas por ninguna combinación de estos métodos de control culturales. Así como cuando se concentró la producción agrícola en áreas favorables y los agricultores de las naciones industrializadas empezaron a adoptar la monocultura, la irrigación, el uso de fertilizantes y otros componentes de la agricultura moderna, se veía que los problemas con las plagas frecuentemente se hacían más severos y, con el movimiento de varias especies de plagas de un continente a otro, la situación se puso aún peor.

La necesidad cada vez mayor de prevenir las pérdidas causadas por las plagas obligó al hombre a preocuparse más y más por encontrar medidas de control más efectivas que finalmente condujeron al descubrimiento de los plaguicidas modernos. Aunque se usaban plaguicidas aún antes de Cristo, en los tiempos de los griegos y los primeros romanos, su uso fue muy limitado hasta fines del siglo pasado. El uso difundido de los plaguicidas se inició durante la última década del siglo diecinueve y las primeras décadas del siglo veinte. Por ejemplo, se aplicaban los arsénicos en los

---

* Proyecto UC/AID en Manejo de Plagas, Universidad de California, Berkeley, California, E.E.U.U.

papales, los algodoneros, los manzanales y algunos otros cultivos, y se usaba azufre y la mezcla "Bordeaux" en los viñedos, los papales y los frutales para prevenir pérdidas severas causadas por las enfermedades. Ya por el año 1903 se utilizaban los equipos de espolvoreo y aspersión, simples pero prácticos, impulsados por motores de gasolina y el uso de insecticidas y fungicidas químicos en los cultivos anuales, viñedos y frutales ya por el año 1915 había llegado a ser una práctica estandard.

El éxito obtenido con los pesticidas y fungicidas inorgánicos causó tanto optimismo que desde el principio de este siglo se pensó que tanto las enfermedades como los insectos dañinos podrían ser controlados sólo con pesticidas. Cuando descubrieron la acción más efectiva aún de los organoclorados y los organofosforados este sentimiento se vió reforzado y los técnicos responsables del control de plagas se acogían al control químico casi totalmente.

Definición de Control Integrado

No es necesario recopilar aquí una lista de las consecuencias adversas producidas por la adherencia estricta al uso de pesticidas para controlar las plagas; éstas han sido enumeradas muchas veces en los últimos años. Pero ya que hemos dado una breve exposición de la evolución de las prácticas de control de plagas, sería aconsejable dar una definición del término "control integrado de plagas" antes de emprender la discusión de esta práctica para aclarar cómo esta última difiere de las otras prácticas.

La siguiente es la definición propuesta por la FAO hace catorce años: "control integrado de plagas es un enfoque ecológico, multidisciplinario al manejo de poblaciones de plagas, que utiliza una variedad de tácticas de control compatible en un solo sistema coordinado de manejo de plagas". Aunque no aparece en la definición, hay algunos conceptos fundamentales que se deben considerar en la práctica, como son:

1) El control integrado es un enfoque que promueve al máximo el uso de factores de mortalidad naturales complementados, cuando sea necesario, por medidas de control artificiales.

2) Las medidas de control artificiales, en especial el uso de los pesticidas convencionales, deben seguirse sólo cuando los umbrales de daño económico puedan ser superados, y

3) El control integrado no es dependiente en una sola táctica o medida de control.

Para aclarar aún más este concepto quiero reiterar lo expuesto por Smith y Falcon (1973) cuando discutieron lo que no es el control integrado.

Control integrado:

a) No es de confiar sólo en los predatores o los parásitos, aunque los enemigos naturales se utilizan y se fomenta tanto como sea posible en control integrado.

b) No es lo que se llama el control biológico clásico aunque bajo ciertas circunstancias esta tecnólogí puede aliviar muchos problemas ocasionados por las plagas.

c) No es el uso del método de la liberación de machos estériles, o el uso de feromonas, el uso de hormonas de insectos u otros métodos de control basados en los aspectos biológicos pero no probados, y, generalmente, no evaluados aunque eventualmente podemos usar tales técnicas en control integrado.

d) No es la eliminación o la prohibición de DDT o ningún plaguicida químico, aunque en un sistema de control integrado dado pueda ser necesario restringir el uso de algunas o la mayoría de los pesticidas y no usar otros.

e) No es el desarrollo sobre un período largo de tiempo de un sistema de control de plagas completamente nuevo, el cual, entonces, se establece en lugar del viejo sistema; más bien el proceso de implantar un sistema de control integrado es una serie de pasos sucesivos que gradualmente modifiquen el sistema previo.

Primeros Ejemplos de Control Integrado

Ahora que conocemos el significado de este concepto así como lo proponen algunas autoridades, quiero entrar en una discusión de cómo se desarrolló en la práctica.

California: El término "control integrado" se usó por primera vez en California en 1954 y fue introducido para explicar el método de integrar las dos tácticas de control biológico y control químico en un sistema de manejo de plagas en los alfalfares. Inicialmente se aplicaba el programa de control de un gusano nocivo de la alfalfa, *Colias eurytheme* pero en corto tiempo el término se extendió más por el programa que se estableció para controlar el pulgón manchado de la alfalfa,

Esta plaga se introdujo accidentalmente a Norte América y fue descubierta en California en 1954. En dos años la plaga se había difundido por todas las principales áreas productoras de alfalfa en el Estaddo y había alcanzado una abundancia tan grande que amenazaba la propia existencia de la industria. Inicialmente el control biológico era incapaz de controlar el pulgón y se inició un programa de emergencia de control químico utilizando organofosforados de amplio espectro. Poco después se introdujeron tres especies de parásitos y éstos, junto con la acción de los

predatores nativos, particularmente los coccinelidos, y una enfermedad causada por hongos, redujeron bastante las poblaciones del áfido. Empero, la acción depresiva de este complejo de enemigos naturales no pudo llegar a tener su máximo impacto debido a la interferencia causada por el uso de los insecticidas de amplio espectro. Lo que sucedió en el evento era el uso extensivo del control químico con consecuencias del desarrollo de resistendia del pulgón a los organofosforados, un incremento alto en los costos de control y un aumento marcado en el daño causado por la plaga.

Les parecía a los entomólogos involucrados que la solución al problema debía descansar en el desarrollo de un control químico selectivo que no interfiriera con el control biológico. Así que se hicieron experimentos con tal fin y, rápidamente, encontraron un control químico selectivo que fue puesto en práctica ampliamente. En un año se inició un programa de control integrado general, el control biológico combinado con el control químico selectivo, alcanzó su pleno efecto y la crisis pasó. Subsecuentemente los fitomejoradores desarrollaron variedades de alfalfa resistentes al pulgón manchado y esto ha eliminado casi totalmente esta especie como plaga en California.

Perú: Casi al mismo tiempo que se estaba desarrollando el programa de control integrado para el pulgón manchado de la alfalfa en California, se estaba formando un programa de control integrado para las plagas del algodonero en el Valle de Cañete en el Perú. La formación de este programa se hacía necesario debido al hecho que el control de las plagas del algodonero había llegado ya por los primeros años de la década de 1950 al punto de desastre por el mal uso de los plaguicidas. A pesar que no empezaron a usar los insecticidas orgánicos sintéticos en el Valle hasta el año 1949, ya por el año 1956 habían encontrado una gran serie de problemas como los siguientes:

1) La resistencia de las plagas a los insecticidas se había desarrollado por el año 1950.

2) El intervalo entre aplicaciones de plaguicidas se había reducido desde un rango de 8 a 15 días a sólo tres días.

3) Un complejo de insectos previamente inocuo había llegado a alcanzar una importancia económica aumentando así el número de plagas serias de 7 a 13 especies.

4) La fauna benéfica se había eliminado del Valle.

5) El rendimiento por hectárea en 1955 cayó a unos niveles más bajos en más de una década.

Se trató de mejorar la situación utilizando nuevos insecticidas, incluyendo a los organofosforados, pero éstos tampoco dieron buenos resultados. Finalmente la estación experimental en el Valle formuló un plan para aliviar el problema. Este plan estipuló un número de cambios en las prácticas

de control de plagas tanto como la adopción de ciertas prácticas culturales en la producción del algodonero. Algunas de las estipulaciones eran:

1) La eliminación de la producción del algodonero en terreno marginales.

2) La prohibición de la soca en las nuevas zonas algodoneras del Valle.

3) El "cultivo seco" obligatorio en la parte del Valle en que se permitía la soca de dos años para así causar la máxima mortalidad a las pupas de Hetiothis muescens.

4) La prohibición del uso de los insecticidas orgánicos sintéticos y una vuelta a los materiales viejos, p. e. arseniato de calcio o plomo, excepto con el permiso de una comisión especial.

5) La repoblación del Valle con insectos benéficos introducidos de otros valles peruanos o del extranjero.

6) El establecimiento de fechas de siembra y fechas de rastrojo, o de la quema de los residuos del cultivo y de la aplicación de la primera irrigación.

Como resultado de este programa había una reducción marcada en la severidad del problema con las plagas del algodonero en el Valle de Cañete. El complejo de especies previamente inocuas que había surgido como problemas durante el período del uso de los insecticidas orgánicos dejaron de ser plagas. La intensidad del ataque de las plagas claves también disminuyó, lo cual resultaba en una reducción en los costos de control de plagas. Pero lo que más les importaba a los productores en este Valle era el marcado aumento en los rendimientos del algodonero alcanzados bajo este sistema, los cuales llegaron a sus más altos niveles en la historia de la producción del Valle, con un promedio de 789,1 kilos por hectárea en el período de 1957 a 1963 en contraste con un promedio de 603,8 kilos en la era del uso de los insecticidas orgánicos.

Nicaragua: La experiencia de los productores de algodón en el Valle de Cañete, en el Perú, es notable debido a que tantos de los factores adversos que pueda sufrir un programa de control de plagas que depende solamente en los insecticidas de amplio espectro se veían realizados en un corto período de tiempo y en un área restringida. Pero una sucesión de eventos muy semejante a los que ocurrían en el Perú ha ocurrido en otras partes del mundo, tanto en el mismo cultivo como en otros. Por ejemplo, otro programa que dependía solamente en el uso de los plaguicidas para controlar las plagas del algodonero se presenta en Nicaragua.

En Nicaragua el desarrollo comercial de la industria algodonera empezó en 1949. En la época de crecimiento del cultivo la superficie de área inscrita para la siembra aumentaba rápidamente alcanzando casi 170.000

hectáreas en 1967 y que tuvo un promedio de 148.600 hectáreas en el período de 1965-1970. Sin embargo, en 1968 empezó un descenso en superficie inscrita que resultó en una reducción de 40% en el área de algodón entre 1968 y 1971.

En cuanto al rendimiento de la fibra en esta misma época de crecimiento en la producción del cultivo se veía que el promedio subió de 501 kilos por hectárea en la década de 1951 a 1960 a 701 kilos por hectárea en la década de 1961 a 1970. Pero si dividimos este último período en dos partes se nota que el promedio en el rendimiento de fibra bajó de 780 kilos por hectárea en los primeros cinco años de la década a 648 kilos por hectárea en la segunda mitad de la década. Las razones a las que se debe la baja en rendimiento de algodón eran varias, pero Falcon (1971) en un análisis del caso enfatizó que una de las razones más significativas eran los daños atribuídos a las plagas.

En su análisis él notó que en los veinte años de la existencia de la industria algodonera en Nicaragua: 1) el número de plagas había aumentado, 2) el costo de control había subido y oscilaba entre el 20% y el 50% de los gastos de producción, y 3) se había hecho más difícil controlar las plagas. Se notaba que en 1956 había cinco especies de plagas de mayor importancia con un número promedio de aplicaciones de insecticida al año de ocho con un rango de 0 a 12. En 1965 la lista de plagas importantes había aumentado a siete y el número promedio de aplicaciones de insecticida era como 28 con un rango de 20 a 40 por año. En 1970 la lista de plagas principales se extendió a ocho pero el número de aplicaciones bajó a un promedio de 22 con un rango de 14 a 32 por año.

En 1967 se empezó en Nicaragua a trabajar con el control integrado y, en 1968, se pusieron en efecto ciertos conceptos del control integrado que parecen haber sido efectivos porque se esperaba que el rendimiento de 1971 sería unos 800 kg/ha de fibra. Los cambios que hicieron en el sistema de control de plagas en algodón eran los siguientes:

1) En vez de hacer aplicaciones de calendario se las hacía basándose en recuentos.

2) Se esperaba el mayor tiempo posible para hacer la primera aplicación con el objeto de preservar y utilizar al máximo la fauna benéfica.

3) Se hacían liberaciones de *Trichograma* criados en el laboratorio.

4) Se trataba de usar insecticidas selectivos o usar los de amplio espectro en una forma selectiva.

5) Se mejoró los métodos de aplicación de insecticidas, y

6) Se puso énfasis en la importancia de manejo de suelos, de fechas de siembra, programas de fertilización, destrucción de rastrojos, etc.

Al presentar estos tres ejemplos de programas de control integrado les quería enfatizar que la dependencia en un sólo método de control podría tener efectos no deseables en varios elementos del agro-ecosistema, y para corregirse se necesitaría el desarrollo de tácticas multidisciplinarias basadas en principios ecológicos. Un reconocimiento y apreciación de los conceptos ecológicos básicos se entendía en varios programas de control de plagas aún antes de que se desarrollaran los primeros programas de control integrado. Revisando la literatura se encuentra que algunos de éstos poseían muchos elementos que anticipaban los programas modernos. Uno de ellos es el programa de control del picudo del algodonero en los Estados Unidos, pero como ya hemos mencionado suficientemente este cultivo, quiero pasar a otro y analizar el programa que se desarrolló para controlar un lepidóptero que es plaga del cocotero en Indonesia en las primeras décadas de este año.

Las investigaciones de este programa se iniciaron alrededor del año 1915 y se las continuó por las siguientes tres décadas. Ya en una etapa temprana de esta investigación se encontraron algunas características que iban a proveer las bases para la estrategia de control. Estas eran:

1) La plaga *Artova catoxantla*, seguía un patrón típico de brote en sus poblaciones que, bajo ciertas condiciones, ocurría en tales densidades como para defoliar severamente las plantaciones de cocoteros que normalmente persistía a niveles subeconómicos.

2) Los brotes originaron en ciertos focos desde los cuales una difusión ocurría por la dispersión en masa de los adultos.

3) Había un gran complejo de parásitos importantes en el control biológico de la plaga, y

4) A menudo los brotes de *Artova* mostraban una condición de estadio dominante, es decir, que la mayoría de los individuos pasaban por el mismo estadio de desarrollo al mismo tiempo.

Dada esta situación la clave para el control de esta plaga radicaba en la detección temprana de los focos de brote por medio de inspecciones regulares de grupos de plagueros entrenados especialmente para muestrear *Artova* y sus parásitos. Las medidas de control que consistían de la corta y la quema de hojas de árboles infestados se hacían después de una consulta con los técnicos del Instituto de Enfermedades de Plantas si los conteos del campo indicaban brotes incipientes. Este método no era popular con los productores debido a que se requería a menudo de la defoliación deliberada de palmas sin ningún daño visible. La investigación para encontrar medios alternativos de suprimir los brotes condujo a la introducción de insecticidas en la década de 1930. Estos insecticidas eran boránicos, primero en polvo de piretum y luego una aspersión de"derris". Investigaciones subsecuentes se dirigían a determinar las circunstancias que gobernaban si el aumento en una población incipiente se convirtieran en un brote fuerte o no.

Al analizar este programa pareciera que los fitoproteccionistas de aquel tiempo practicaban un sistema de manejo de plagas que anticipaba en varios de sus aspectos el control integrado. El uso de información obtenida de un monitoreo regular de las tendencias de población tanto en la plaga y sus parásitos para la detección de brotes en una etapa temprana proveía la posibilidad de mantener la plaga bajo niveles dañinos por el uso limitado de insecticidas. De este modo se podía minimizar los efectos disruptivos en el complejo muy importante de parásitos. El Instituto de Enfermedades de Plantas estaba involucrado activamente en dar consejo a los productores en cuanto se debiera empezar medidas de control, y las decisiones de hacían con base en los conteos obtenidos durante las inspecciones regulares. En otras palabras el programa es un ejemplo de control supervisado, basado en la utilización de umbrales de tratamiento con debida consideración dada a los agentes de mortalidad naturales.

Desarrollos Recientes en Control Integrado

El concepto de control integrado fue desarrollado primero por los entomólogos como un enfoque que aplicaba principios ecológicos en el uso de métodos de control biológicos y químicos contra insectos dañinos. Posteriormente se amplió el concepto para incluir todos los métodos de control y últimamente se ha ampliado aún más para incluir todas las clases de plagas -patógenos, insectos, nemátodos, malezas, vertebrados. La implementación actual del concepto requiere una integración tanto de la metodología como de las disciplinas.

El mejor ejemplo de esta integración es el proyecto establecido y organizado en 1972 en los E.E.U.U. intitulado "Los principios, estrategias y tácticas de la regulación y control de las poblaciones de plagas en los ecosistemas de los cultivos principales". En este proyecto alrededor de 260 científicos estatales y federales se unieron en un mayor esfuerzo, bien coordinado para buscar alternativas prácticas al uso extensivo de los químicos de amplio espectro para el control de ciertos complejos de plagas.

Este esfuerzo involucró un programa nacional total de investigación que concentraba en cinco cultivos agrícolas principales y en coleópteros plagas de los troncos de pinos. El objetivo principal era de desarrollar sistemas de manejo de plagas [illegible] relaciones de costos/beneficios. Se pensaba que este programa proveería la información biológica básica requerida para un amplio control basado en la ecología de los insectos plagas de estos cultivos. Coordinado con el control de otras plagas el programa desarrolló métodos de sistematizar toda la información relevante y necesaria en el proceso de hacer decisiones para el control de plagas.

Los cultivos escogidos por este programa eran alfalfa, algodón, cítricos, frutales caducifolios y soya. La implementación de los programas tenía los siguientes elementos.

Best Available Document

1) Obtener un conocimiento del agro-ecosistema suficiente para establecer las interrelaciones cuantitativas y cualitativas entre las especies de plagas principales, sus enemigos naturales, condiciones del clima y suelo, los procesos principales de producción de cultivos, y relaciones económicas.

2) Establecer la necesidad de tomar medidas de control para las varias especies de plagas. Esto significaba una evaluación del daño económico de las varias especies, por separado, y en combinación como un complejo.

3) Perseguir la búsqueda y la introducción de enemigos naturales nuevos; explorar las posibilidades de usar los enemigos naturales indígenas más efectivamente, aumentar el desarrollo de variedades resistentes a las plagas de las plantas cultivadas, y despertar el interés en el desarrollo del uso de medidas de control cultural.

4) Desarrollar pesticidas selectivos y el uso selectivo de químicos convencionales, y por último

5) Desarrollar medidas para implementar el sistema de control de plagas.

En relación con los aspectos biológicos los investigadores de los distintos sub-programas procedían con las guías siguientes:

1) Separar las verdaderas plagas de aquéllas introducidas por insecticidas en las distintas regiones.

2) Establecer niveles de daño económico realistas para las verdaderas plagas.

3) Separar las verdaderas plagas en las que causan pérdidas intolerables y las que causan sólo daño ligero o esporádico controlable con el uso ocasional de insecticidas.

4) Identificar los factores claves que controlan o que poseen un gran potencial para controlar, poblaciones de las plagas claves, y medir sus efectos.

5) Diseñar y evaluar sistemas de control basados en estas guías en cada una de las áreas donde las plagas claves y/o los factores son diferentes, y

6) Modificar los sistemas de control según las condiciones de las áreas, el tiempo y nueva información.

De este programa ha emergido mucha nueva información sobre la importancia actual de las plagas, la efectividad de los enemigos naturales, el uso de plaguicidas selectivos, etc. que ha permitido la reducción en el uso de plaguicidas en un 50% o más en algunos casos. Varias técnicas nuevas

también han emergido de este programa, especialmente referentes al uso de modelos de simulación; por ejemplo, en el cultivo de algodón se desarrollaron sub-modelos del crecimiento y de la fructificación de la planta, y después vinieron otros sub-modelos de la dinámica de poblaciones de las plagas principales y sus enemigos naturales para llegar a una mayor comprensión de las interacciones entre la planta y la plaga y el daño que resulta.

Pero el desarrollo de estos programas y la obtención de esta nueva información no es suficiente en sí. La información tiene que llegar al productor que la necesita y él tendrá que aceptar las nuevas prácticas y ponerlas en uso. Ya por más de tres décadas se ha hecho una gran variedad de esfuerzos en los E.E.U.U. para llevar los resultados de la investigación sobre control integrado de plagas a un nivel práctico en los campos de los productores. En la década de 1940 esto involucró un número de programas de control supervisados en alfalfa, tomate y algodón. En los años 50 se desarrollaron programas de control integrado utilizando variedades resistentes, enemigos naturales y el uso selectivo de químicos. Empero, había muy pocos esfuerzos organizados para establecer proyectos de control en gran escala basados en el control integrado. Esto cambió en 1972 cuando se inició un gran esfuerzo cooperativo entre algunos estados y el gobierno federal que involucró casi 40 proyectos en 29 estados. Estos proyectos estaban diseñados para demostrar y evaluar el control integrado en varios cultivos, como maíz, sorgo, lechuga, manzanas, maní, tabaco, peras, duraznos, papas y otros. Estos programas sólo eran financiados parcialmente por el gobierno federal con el resto del costo pagado por los productores. No se extiende el aporte federal más que tres años en ningún proyecto y se espera que los productores eventualmente paguen todos los gastos.

Con esta breve historia he tratado de presentar los antecedentes del desarrollo del enfoque de control integrado de plagas de una manera que les diera la idea que el concepto es un estado evolutivo en la historia del control de plagas. El concepto es significativamente distinto a las estrategias previas en lo que se representa un enfoque nuevo conceptual que pone la protección de plantas en un nuevo contexto dentro del sistema de producción de cultivos. Se desarrollaron muchos de los componentes del concepto de control integrado de plagas a fines del siglo XIX y a principios del siglo XX; pero el control integrado de plagas, tal como ahora lo consideramos es único, debido a que está basado en principios ecológicos e integra las metodologías multidisciplinarias en el desarrollo de estrategias de manejo de agro-ecosistemas que son prácticas, efectivas, económicas, y protectoras tanto de la salud pública como del medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

1. EVELEENS, K. G. 1976. Agricultural entomology in Indonesia during the colonial period and its relevance to current pest research. Contributions Centr. Res. Inst. Agric. Bogor, No. 19(1976):26 p.

2. FALCON, L. A. 1971. Progreso del control integrado en el algodón de Nicaragua. Rev. Per. Entom., Vol. 14, No. 2:376-378.

3. HUFFAKER, C. B. y R. F. SMITH. 1972. The IBP Program on the strategies and tactics of pest management, *in* Proceedings of the Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control by Habitat Management, No. 4, pp. 219-236.

4. SMITH, R. F. 1976. History of insect control and the role of pest management in international agriculture. Talk presented July 19, 1976 at Cornell University, Ithaca, New York for the UC/AID Special Training Workshop in Agricultural Pest Management for Entomologists.

5. _____. 1978. History and complexity of integrated pest management, *in*: Pest control strategies (E. H. Smith and D. Pimentel, eds.). Academic Press, Inc., New York, pp. 41-53.

6. _____, J. L. APPLE y D. G. BATTRELL. 1976. The origins of integrated pest management concepts for agricultural crops, *in*: Integrated pest management (J. L. Apple and R. F. Smith, eds.). Plenum Publishing Corporation, New York, pp. 1-16.

7. _____, y C. B. HUFFAKER. 1973. Integrated Control strategy in the United States and its practical implementation. OEPP/EPPO Bull. 3(3):31-49.

8. _____, y H. T. REYNOLDS. 1965. Principles, definitions and scope of integrated pest control, *in*: Proceedings of the FAO Symposium on Integrated Pest Control, Vol. 1, pp. 11-17.

9. _____ y R. VAN DER BOSCH. 1967. Integrated control, *in*: Pest control: biological, physical, and selected chemical methods (W. W. Kilgore and R. L. Doutt, eds.) Academic Press, New York, pp. 295-340.

POR QUE ALGUNOS ORGANISMOS SE CONVIERTEN EN PLAGAS 1/

Fausto H. Cisneros*

El estudio de cómo y por qué se originan las plagas es fundamental para comprender su problemática y establecer las estrategias de su control; a pesar de ello, son muy escasos los investigadores que han tratado de analizar el problema en forma orgánica. Elton (1958) y Uvarov (1964) refieren en forma muy general que las plagas son el resultado de la ruptura del "balance natural" producida en forma artificial por el hombre. Clark y colaboradores (1967) y Polyakov (1968) han ensayado análisis un poco más amplios incluyendo las ideas de algunos otros especialistas que en forma dispersa pueden encontrarse en la literatura sobre plagas.

Interpretación de Clark y colaboradores

Clark, Geir, Hughes y Morris (1967) consideran que el estado o condición de plaga opuede originarse de cuatro maneras:

1. Por el ingreso de una especie fitófaga a regiones donde no existía previamente. Este es el caso de muchas plagas serias introducidas en el país, como la lapilla negra del olivo, la escama circular de los cítricos. la filoxera de la vid, la mosca mediterránea, etc. También puede considerarse a la mosca blanca lanuda de los cítricos en la costa del Perú aparentemente introducida de la vertiente oriental de Los Andes.

2. Por cambios en las características de una especie de insecto que previamente no competía o no interfería directamente con los intereses del hombre. Tal sería el caso de la adaptación de varias especies de lepidópteros de las planeras silvestres de nuestra amazonía que han comenzado a atacar a la palmera aceitera en el Valle del Haullaga.

3. Por cambios en las actividades del hombre en sus hábitos o en sus intereses que lo hacen sensible a la existencia de una especie de insecto que antes consideraba con indiferencia; puede tratarse de la mayor exigencia que se de a la calidad de los productos cuando se eleva el nivel de vida o cuando se trata de cumplir con standards de calidad de exportación.

1/ Tomado del texto: F. H. Cisneros. Principios de Control de Plagas. 1979. En imprenta.

* Entomólogo; Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú.

4. Por incremento en abundancia de la especie de insecto cuyas interacciones con el hombre fueron consideradas previamente sin importancia debido a que se presentaba solo en bajas densidades. Los incrementos pueden ocurrir por las siguientes razones:

a) un incremento duradero en el suministro de un recurso que antes era limitante. La siembra de garbanzo entre las campañas de algodón en el Departamento de Lambayeque (Perú) provee alimento al *Heliothis virescens* favoreciendo el incremento de sus poblaciones en los campos de algodón.

b) una disminución duradera en la frecuencia o severidad de interacciones represivas que evitan que la plaga se desarrollara totalmente; por ejemplo, la destrucción de los enemigos naturales, o la introducción de variedades susceptibles.

c) La ocurrencia simultánea de los dos fenómenos previos.

Interpretación de Polyakov

Polyakov (1968) se refiere fundamentalmente al incremento de las densidades de las poblaciones de insectos y considera cuatro causas principales que hace que una especie alcance la condición de plaga.

1. Al establecer los cultivos se produce la destrucción de la biogeocenosis (ecosistema natural) de formación histórica que tiene sus propias relaciones interespecíficas y sus mecanismos para la regulación de las densidades de sus componentes. Las especies que pueden satisfacer sus requerimientos nutricionales con la planta cultivada y que se adaptan a la fenología de la misma y a las prácticas culturales pueden desarrollarse en ausencia de competidores. La causa principal sería la disponibilidad de alimentos en abundancia. Elton considera que el cultivo se vuelve más favorable al desarrollo de las plagas principalmente porque las prácticas culturales reducen la acción de los parásitos y predatores.

2. Debilitamiento de la resistencia general de la planta cultivada al daño de los insectos y destrucción de las interrelaciones balanceadas entre la planta y el fitófago desarrolladas a través del tiempo en el ecosistema natural.

a) la orientación genética y selección que efectúa el hombre de las plantas cultivadas hace que éstas adquieran cualidades distintas a las formas primitivas. Estos cambios afectan la morfología, el contenido químico, la fenología y la forma y tasa de acumulación de reservas de la planta. Al mejorar la calidad para el hombre generalmente se obtiene también plantas más apetecidas por los insectos.

b) que una planta pueda sobrevivir o no al daño depende del momento en que este se produce y también de la viabilidad general de la planta. En el ecosistema natural los insectos tienen opciones de hospederos alternantes por lo que la destrucción de las plantas solo pueden ser parcial. En cambio en los campos de cultivo las plantas son destruídas en todas las fases de su organogénesis y no solamente son atacadas por las especies completamente adaptadas a ellas sino también por otras especies que no encuentran mejor alimento.

3. Al alterar las condiciones generales que determinan las densidades de las plagas y las fluctuaciones de aquellas densidades. Las densidades de los insectos dependen no tanto de la existencia de área que puede ocupar durante el período óptimo para su existencia sino de la ocurrencia de áreas de reserva durante el tiempo de depresión. Esto es particularmente importante para plagas que están asociadas con un cultivo solo durante un período del año.

Algunas veces esto está relacionado con la introducción de un cultivo adicional dentro del sistema de rotación o a la expansión de su área. Las plagas son afectadas significativamente por los cambios en el sistema de cultivo, por los métodos y época de cosecha, por el tiempo de la eliminación del rastrojo, etc.

4. Por la variedad adaptiva de la especie plaga. La producción agrícola crea fundamentalmente condiciones nuevas ante las cuales la especie puede variar adaptándose progresivamente; las nuevas condiciones incluyen la presencia de insecticidas y las nuevas adaptaciones, el desarrollo de resistencia a estos productos. Numerosos factores que retardan la microevolución en el ecosistema natural son eliminados o debilitados creándose un sistema de selección dirigida con una presión y constancia fuera de lo normal.

a) Se debilita la competencia interespecífica con fitógrafos del mismo orden o de otros órdenes.

b) La actividad agrícola del hombre reduce la dependencia de las influencias estacionales y geográficas en el suministro de alimento a la plaga. Hay un debilitamiento en la influencia de los factores climáticos debido a la formación de microclimas favorables y diversas condiciones protectoras en el campo.

c) Las altas densidades de las plagas incrementa la variabilidad genética de los individuos y por consiguiente su capacidad para adaptarse a cambios de habitats. El enriquecimiento del fondo genético de la población hace posible el establecimiento de nuevas relaciones, inclusive que se produzcan diferenciaciones intraespecíficas. Las poblaciones de los campos de cultivo están sometidas a factores de selección acelerada.

Consideraciones adicionales

Para complementar la enumeración de factores que favorecen el desarrollo de las plagas se debe señalar que numerosas plantas cultivadas son foráneas, introducidas de otros países o continentes. Con la introducción de las plantas frecuentemente se introducen algunas de sus plagas por lo general sin sus enemigos naturales. Como consecuencia, la plaga se multiplica fácilmente en las nuevas áreas.

En otras ocasiones la plaga está constituída por una especie nativa que encuentra en un nuevo cultivo un medio de desarrollo más favorable que los propios hospederos nativos.

Es posible también que una plaga sea introducida con sus enemigos naturales, pero las condiciones climáticas de la nueva área sean tales que no permitan su desarrollo eficiente y por consiguiente no llegan a ejercer su rol limitante en el desarrollo de las plagas. Por lo general las plagas tienen un rango climático más amplio que la de sus enemigos naturales.

En resumen, a diferencia de las condiciones que encontrarían en su medio natural, las especies fitófagas que se alimentan de la planta cultivada encuentran en el campo de cultivo alimento abundante, facilidad de encontrar pareja para la reproducción, lugares apropiados para la oviposición, mejores condiciones microclimáticas, y, posiblemente, un número menor de enemigos naturales por la eliminación de las especies que requieren presas u hospederos alternantes.

Por otro lado, las plantas cultivadas suelen ser más susceptibles que las plantas silvestres. Mientras que éstas están sometidas permanentemente a las presiones de selección natural del ambiente que incluyen las acciones de plagas y patógenos; las plantas cultivadas, por la protección que reciben del hombre, son liberadas en gran proporción de tales presiones. Es más, en la selección y mejoramiento de las plantas cultivadas normalmente se tratan de conseguir variedades que tengan mejor calidad o mayor producción, sacrificando con frecuencia las características de resistencia o tolerancia a las plagas, enfermedades u otros factores adversos.

LITERATURA CITADA

1. CLARD L.R., P.W. GEIER, R.D. HUGHES y R.F. MORRIS 1967. The ecology of insect populations in theory and practice. Methuen & Co. Ltd. London. 232 p.

2. ELTON, C.S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. London. Methuen, 152 p.

3. UVAROV, B.P. 1964. Problems of Insect Ecology in developing countries J. appl. Ecol. I 156-168.

4. POBYAKOV, I. Ya. 1968. Basic premises of a theory of the protection of plant against pests. Entomological Review 47:200-210

CONTROL CULTURAL 1/

Fausto H. Cisneros*

El control cultural consiste en la utilización de las prácticas agrícolas ordinarias, o algunas modificaciones de ellas, con el propósito de contribuir a prevenir los ataques de los insectos, hacer el ambiente menos favorable para su desarrollo, destruirlos, o disminuir sus daños. En general no se trata de medidas de inproviso ante la presencia de la plaga, sino que, por el contrario, normalmente responde a una planifiación previa dentro del proceso normal de la producción agrícola e incluye medidas como: labores de preparación de tierra, métodos de siembra, selección de variedades, ejecución de cultivos aporques, manejo del agua y de los fertilizantes, oportunidad de cosecha, período de campo limpio, etc. La adecuada aplicación de las prácticas agrícolas con estos fines requiere de conocimientos apropiados sobre la fisiología y fenología de las plantas cultivadas y de sus características agronómicas; de las modalidades de las prácticas agrícolas propiamente dichas; y, naturalemte, un buen conocimiento de la biología de las plagas locales, sus hábitos y su ocurrencia estacional.

La aplicación de inadecuadas prácticas culturales, derivadas del desconocimiento de los factores antes aludidos, puede conducir al agravamiento de los problemas fitosanitarios., Así, por ejemplo, en la Costa del Perú se sabe que el algodonero sometido a riegos intensos y prolongados desarrolla vegetativamente en forma exagerada, se dilata el ciclo de vida y se vuelve más atractivo y susceptible a los ataques del perforador de la bellota, *Heliothis virescens*, del picudo peruano, *Anthonomus vestitus* y del pulgón, *Aphis gossypii*. Por el contrario, campos demasiado agostados o faltas de agua favorecen el desarrollo del perforador pequeño, *Mescinia peruella* y del esqueletizador de la hoja, *Bucculatrix thirberiella*. La sabiduría popular ha sintetizado la importancia de estas relaciones con la frase "el que sabe regar sabe cultivar algodón".

Las labores culturales opueden orientarse fundamentalmente a la destrucción de las fuentes de infestación de las plagas; a la iterrupción de sus ciclos de desarrollo; a la vigorización de las plantas para conferirles mayor tolerancia a los ataques; a formar condiciones microclimáticas desfavorables para el desarrollo de las plagas; a eludir las estaciones del año que resultan favorables para los insectos; y el empleo de plantas trampas. También se suele considerar dentro del control cultural la utilizacion de plantas resistentes o tolerantes a las plagas.

---

* Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

1/ El presente texto fue tomado de: F. H. Cisneros. Principios de Control de Plagas. 1979. (en imprenta).

La introducción de una nueva práctica cultural, o la modificación de una práctica antigua, no puede tener un impacto inmediato en el complejo de plagas sino después de períodos relativamente prolongados, tiempo en el que se produce el ajuste de la población de los insectos y otros elementos del medio agrícola a las nuevas condiciones (Smith y Reynolds, 1968).. Cualquier cambio que se proponga debe hacerse con cautela y solamente después de analizar las razones por las que los agricultores locales han adoptado ciertas prácticas, ya que ellas normalmente se derivan de una larga experiencia con éxitos y fracasos.

Destrucción de las fuentes de infestación

Puede distinguirse dos tipos de fuentes de infestación o reservorios de donde las plagas pasan a los cultivos; aquellos que permiten la sobreviviencia de las plagas de una campaña a otra y aquellas que favorecen el incremento de las poblaciones de insectos en el transcurso de la campaña agrícola.

Con frecuencia, una plaga pasa de una campaña a otra entre los residuos de la cosecha anterior o en el suelo, sea en formas invernantes especiales o simplemente en formas pulpales no invernantes. En otros casos las plagas permanecen en plantas hospederas intermedias o alternantes. Dentro de la misma campaña, el incremento de los insectos dañinos puede favorecerse con la presencia de malezas hospederas y la persistencia de frutos y otros órganos infestados de las plantas que caen al suelo. En el caso de plagas migrantes como las langostas, en las áreas de reservorio se producen las multiplicaciones intensas antes de que ocurran las migraciones masivas a los campos cultivados.

Para eliminar las fuentes de infestación se recomiendan las siguientes medidas: destrucción de los residuos de cosecha, destrucción de malezas y limpieza de los bordes del campo, podas y destrucción de órganos infestados, y destrucción de pupas en el suelo.

Destrucción de residuos de cosecha

La destrucción de los residuos de cosecha, recogiéndolos y quemándolos, o incorporándolos dentro del suelo por medio de araduras, acaba con las poblaciones de insectos que se albergan en el rastrojo. De esta manera se reducen las poblaciones iniciales de ciertas plagas para la siguientes campaña agrícola. En la aplicación de estas medidas debe tenerse en cuenta los riesgos de erosión que pueden presentarse bajo ciertas circunstancias. En la Costa del Perú, donde no existen vientos fuertes, pendientes pronunciadas, ni lluvias intensas no hay mayores riesgos de erosión, en cambio en la Sierra y en Ceja de Selva deben tenerse en cuenta consideraciones especiales.

La destrucción de los residuos del cultivo del algodón incluye la extracción, amontonamiento, y quema de los tocones de las plantas que quedan en el suelo ("destoconado"). Esta práctica reduce substancialmente plagas importantes como "el gorgojo de la chupadera"(*Eutinobothrus gossypii*, Pierce), :pulgones harinosos (*Phenacoccus gossypii* T & C, *Pseudococcus neomaritimus* Bearles y *Ferrisiana virgata* Cockerell), "piojo blanco" (*pinnaspis strachani* Cooly) y disminuye el inóculo de serias enfermedades como la "marchitez" (*Fusarium oxysporum* y F. - *vasinfectum* en el norte y *Verticillium alboatrum* en la costa central) y la "podredumbre radicular" (*Thielaviopsis basicola*) Herrera, 1978). Cuando se trata del algodonero de rebrote o "soca" en el que los tocones quedan para rebrotar en la siguiente campaña, se procede a limpiar de tierra y rastrojos la base de los tallos (operación de "descalate") con lo que se destruyen todos aquellos insectos que se protejen en estos lugares especialmente en forma de pupas. Para evitar altas poblaciones del "piojo blanco" la poda para el rebrote o "chapodo de la soca" debe hacerse lo más bajo posible.

El pastoreo de los animales sobre los restos del cultivo pueden ayudar a eliminar un gran mnúmero de insectos, siempre y cuando no existan residuos de insecticidas. En el Perú el pastoreo con cabras o "chivateo" se utiliza en el algodonero tanto con los residuos de la cosecha como sobre los brotes precoces del algodón de rebrote o "soca". La destrucción de los brotes precoces reduce las infestaciones tempranas del picudo peruano, *Anthonomus vestitus*, del barrenador de brotes y botones *Crocidosema plebeiana* Zeller, del perforador pequeño de las bellotas *Mescinia peruella* Schaus, y aún de *Heliothis virescens* Fab., con lo que el brotamiento general del campo resulta más sano. En Texas, Estados Unidos, el pastoreo intensivo de los campos de algodón por cabras o ganado vacuno reduce substancialmente las infestaciones del gusano rosado de la India *Pectinophora gossypiella* (National Academy of Sciences, 1969).

En el caso del maíz, el corte y ensilaje de las plantas puede reducir substancialmente las poblaciones del barreno del tallo, *Diatraea saccharalis* (F), pero la labor debe completarse con una pronta extracción y quema de los tocones, pues en ellos se suelen encontrar numerosas pupas de este insecto.

En el cultivo de la papa, la destrucción del rastrojo y de los tubérculos infestados es una buena práctica contra las poblaciones de la polilla *Phthorimaea operculella* (Zeller), del gorgojo de los Andes *Prennotrypes* spp., y otros insectos. Estas labores deben complementarse con el "repaso" para recoger todos los tubérculos que no llegaron a ser cosechados y que pueden transformarse en centro de multiplicación de las plagas mencionadas y de otras especies.

Muchas hortalizas dejadas en el campo o en las inmediaciones de los centros de empaque albergan diversas plagas por lo que es recomendable su destrucción o utilización en la alimentación del ganado lo más pronto posible.

Destrucción de malezas y limpieza de bordes de campo

Las malezas de los canales de irrigación, acequias, bordes del campo suelen constituir refugios intermedios de diversas plagas entre una campaña agrícola y la siguiente. También constituyen reservorios de diversas enfermedades. Desde este punto de vista su destrucción es aconsejable; pero esta medida debe sopesarse con la posibilidad de que la misma vegetación albergue y asegure la permanencia de la fauna benéfica, parásitos y predadores de las plagas, que se encuentran transitoriamente viviendo sobre insectos hospederos alternantes.

En el cultivo del algodónero del país la limpieza de los bordes de los campos favorece el control del arrebiatado, *Dysdercus peruvianus* G. y del "picudo", *Anthonomus vestitus* B. que se hospedan en malváceas silvestres tales como *Sida panniculata y Malachra* spp. De la misma manera la eliminación de la "grama china", *Sorghum halepense* (L) priva de un hospedero intermediario a la *Contarinia sorghicola* *(Coquillet) que infesta las panojas del sorgo. Las malezas de los bordes y acequias suelen ser fuentes de virus que al mismo tiempo hospedan a sus vectores, particularmente el pulgón *Myzus persicae*.

Dentro del campo, las malezas no solamente son competidoras de mutrientes, luz y agua de los cultivos, sino que pueden favorecer el desarrollo de varias especies de plagas y enfermedades por lo que es aconsejable su destrucción. Debe tenerse en cuenta, sin embargo que en algunos casos, la destrucción de malezas infestadas por plagas polífagas puede provocar su concentración en el cultivo; esto es particularmente evidente en infestaciones de noctuídeos y arañitas rojas. Dada las particularidades de las especies vegetales, las plagas y la fauna benéfica presentes en los campos, las generalizaciones no siempre son válidas. En Hawai, por ejemplo, se ha demostrado (Topham y Beardsley, 1975) que el control químico de las malezas en los campos de caña de azúcar reduce las poblaciones de la mosca. *Lixophaga sphenophori* (Villenueve), parásita de una plaga, el gorgojo de la caña, *Rhaddoscelus obscurus*, al eliminar fuentes de néctar, principalmente la maleza *Euphorbia* sspp.; como consecuencia se reduce la eficiencia parasitaria de la mosca.

Podas y destrucción de organos infestados

La recolección de frutos infestados retenidos por las plantas o caídos en el suelo y su destrucción ha sido tratado en el Capítulo de Control Mecánico. La práctica es factible sobre todo en propiedades pequeñas y medianas, y, para que su efecto sea más beneficioso, es aconsejable coordinar estas labores con las propiedades vecinas.

Las podas de los árboles frutales suelen ser prácticas comunes en la conducción de los huertos. Desde el punto de vista fitosanitario deben considerarse las podas de las ramas infestadas fuertemente por

cochinillaso, escamas y otras plagas como los insectos barrenadores. En ambos casos se producen debilitamientos de las ramas infestadas que pueden extenderse hasta producir la muerte de las plantas o, por lo menos, reducir la capacidad de recuperación de la planta si las ramas no son podadas oportunamente. Las ramas cortadas deben ser retiradas del campo y quemadas para evitar el traslado de migrantes de queresas o de insectos adultos barrenadores a las plantas sanas. En programas de rehabilitación de huertos fuertemente infestados por queresas, como sucede con durazneros atacados por la escama blanca, *Pseudaulacaspis pentagona*, y más raramente, con cítricos jóvenes atacados por el piojo blanco, *Pinnaspis* spp, las podas drástica pueden provocar una reacción favorable de los árboles formando nuevas copas con ramaje sano.

Destrucción de pupas en el suelo

Muchos insectos empupan en el suelo para completar su ciclo biológico en cualquier época del año o para pasar el período invernal en estado de diapausa. En tales casos, la roturación del suelo con el arado provoca la destrucción de las cámaras pupales, o la profundización de las pupas, imposibilitando la emergencia normal de los adultos; o por el contrario, las extrae exponiéndolas al frío, la desecación por el calor, o a la acción predatora de los enemigos naturales. Entre estos últimos son comunes los escarabajos predatores del suelo, carábidos y cicindélidos; también las aves ejercen su acción predatora sobre pupas y larvas expuestas con las araduras. En ciertas épocas del año es común ver, en la costa del Perú, bandadas de gaviotas o "pericas" que se posan en el suelo siguiendo el paso del arado y devorando gran cantidad de insectos.

Las araduras después de las cosechas incorporan al suelo los restos de tocones, malezas y plantas aisladas conjuntamente con los insectos que albergan y que quedan así enterrados. Las araduras afectan también a las larvas de vida subterránea como los gusanos de tierra, los gusanos alambres, y los gusanos blancos, que quedan expuestos a los predatores y privados de alimentos por la destrucción de las plantas hospederas.

Vigorización de las plantas y uso de fertilizantes

En general se considera que las plantas más vigorosas, es decir, aquellas que crecen en suelos fértiles por su propia naturaleza o que se encuentran bien fertilizados, son capaces de tolerar mejor los ataques de las plagas. Así ocurre con el *Bucculatrix* del algodonero que se desarrolla bien en suelos pobres o mal fertilizados. Por otro lado, las plantas de vid infestadas por filoxera pueden soportar mejor los ataques de esta plaga cuando se mantienen bien abonadas. Estas generalizaciones, sin embargo, no siempre tienen validez. En muchos casos

ocurre lo contrario; las plagas prefieren y se desarrollan mejor en plantas lozanas, bien fertilizadas, y sobre todo cuando existe algún exceso de nitrógeno. Es bien conocido que el *Heliothis* prefiere plantas de algodonero en buen desarrollo vegetativo y en ellas crece y se multiplica rápidamente.

El tipo de fertilizante influye en la multiplicación de ácaros e insectos así como en el favorecimiento del desarrollo de ciertas enfermedades, estando sus efectos influenciados por el tipo de suelo, la clase de planta y, naturalmente, la especie de insecto o ácaro. En general los fertilizantes que favorecen el incremento de las sustancias nitrogenadas solubles (aminoácidos) en las hojas o en el floema favorecen el desarrollo y la multiplicación de arañitas rojas, áfidos, cigarritas verdes y otros insectos. En ciertos casos también es importante la proporción de azúcares reductores presentes.

Las fertilizaciones nitrogenadas en exceso aceleran el desarrollo e incrementan la capacidad de reproducción de la arañita roja de los cítricos y otras especies de ácaros (Jeppson, 1965), del pulgón *Myzus persicae* y otras especies de áfidos, de cigarritas verdes, cochinillas harinosas y otras especies de insectos picadores chupadores. En este efecto tiene importancia el tipo de fertilizantes; así, aquellos que contienen amonio suelen tener mayor efecto en el incremento de los aminoácidos en el valor nutritivo de la planta se nota también un efecto en la estructura; las plantas suelen tener hojas más grandes y abundantes que afectan substancialmente el microclima, favoreciendo la proliferación de diversas plagas.

El Potasio suele tener un efecto inverso al Nitrógeno. Las deficiencias de este elemento tienden a incrementar las poblaciones de aquellos insectos que son favorecidos por el exceso de nitrógeno y un exceso de potasio tiende a disminuir esas poblaciones. Por esta razón la fertilización potásica debe balancear la fertilización nitrogenada. (Chaboussou, 1971).

El exceso de calcio en las hojas de cítricos favorecen el desarrollo de las escamas *Aonidiella aurantii*, *Lepidosaphes beckii* y de la lopilla *Saissetia oleae*, sobre todo en suelos arenosos (Chaboussou, 1971).

Los fosfatos favorecen el desarrollo temprano de las raíces del trigo por lo que las plantitas quedan en condiciones de soportar mejor los ataques de insectos subterráneos como los gusanos alambre.

Evitación de estaciones favorables a las plagas

El cultivo de las plantas anuales en la época del año en que las plagas se encuentran ausentes o con baja incidencia natural es una práctica agrícola que permite escapar a las fuertes infestaciones de ciertas

plagas. Según la característica de las plantas, de las plagas y de las condiciones ecológicas, la práctica puede consistir en siembras adelantadas o por el contrario, y más raramente, en siembras tardías.

En las zonas de climas templados se trata de explotar el reducido período de oviposición de las hembras de insectos que emergen en la primavera; o el tiempo en que se producen los movimientos migratorios de las plagas. Así, en los Estados Unidos pueden evitarse infestaciones serias de *Heliothis zea* y *Spodopea frugiperda* en los Estados del norte mediante siembras adelantadas; pues estas plagas invernan solamente en el sur y de allí cada año migran gradualmente hacia el norte. En Japón se recomienda la siembra adelantada de la soya (Kobayashi et al, 1972). Por el contrario, en la parte central de Texas (Estados Unidos) se busca la siembra tardía del algodonero que retrasa la época de fructificación de esta manera, cuando se produce la emergencia de los adultos del gusano rosado de la India, en los campos de algodón todavía no existen frutos que puedan ser infestados.

En las condiciones de la Costa del Perú se tienen algunos cultivos que son propios de cierta estación del año y otros cultivos que se siembran indistintamente en cualquier época. Se recomienda que los cultivos estacionales como el algodonero y la papa se siembren en sus respectivas estaciones (primavera e invierno en la Costa Central) lo más temprano posible y en el período más corto; pues los cultivos tardíos suelen sufrir las infestaciones más severas. Con las siembras tempranas del algodónero se reducen las infestaciones del picudo y de muchas otras plagas.

El cultivo del maíz se realiza durante todo el año, pero las infestaciones de *Elasmopalpus* del "cogollero", y del "barreno" son más severas durante los meses calurosos. En el caso de variedades particularmente susceptibles como el maíz pardo para "choclo", su cultivo es recomendable solamente en los meses fríos; de lo contrario, los múltiples problemas fitosanitarios que se presentan lo transforman en un cultivo antieconómico.

Interrupción de la sucesión de generaciones de los insectos

Es un hecho ampliamente conocido que la sucesión, campaña tras campaña, de un mismo cultivo sin mayores intervalos tiende a agravar los problemas de plagas y enfermedades. Esta situación se da tanto en un solo campo como en áreas más extensas; y cuando más amplias son las zonas sujetas a las sucesión del mismo cultivo, más graves son los proble más que se crean. Smith y Reynolds (1968) mencionan que en el Distrito de Neiva, Estado de Huila y Colombia, se cultivaba algodón durante el primer semestre de cada año sin mayores problemas, hasta que en 1961 se decidió hacer dos campañas al año; al poco tiempo se acentuaron los problemas sanitarios, a tal grado que se produjo la ruina económica de los agricultores. Un efecto parecido ocurre cuando las campañas sucesivas se realizan con cultivos susceptibles a las mismas plagas, o cuando

las campañas agrícolas de un cultivo se extienden excesivamente, debido a períodos de siembra demasiado dilatados. En todos estos casos los insectos encuentran hospederos favorables para su desarrollo durante todo el año o gran parte de él. Para interrumpir la sucesión de los ciclos de vida de los insectos se emplean dos prácticas básicas: los "períodos de campo limpio" y la "rotación de cultivos".

Período de campo limpio:

El período de campo limpio consiste en mantener el área agrícola y sus alrededores libres del cultivo y de otras plantas hospederas de las plagas principales por un período relativamente prolongado, generalmente no menor de dos o tres meses. En ese lapso, los insectos adultos que emergen de la campaña anterior no encuentran plantas para ovipositar y los estados larvales que no completaron su ciclo en el cultivo previo, mueren por falta de alimentos. Para obtener resultados satisfactorios la medida debe aplicarse sobre un área extensa. La amplitud en tiempo del período de campo limpio se logra estableciendo fechas determinadas para la siembra, para la cosecha, y para la destrucción de los residuos del cultivo. Esto solamente puede coordinarse mediante disposiciones reglamentarias obligatorias.

Como consecuencia adicional de las medidas enunciadas, se tienen cultivos con estados de desarrollo más uniformes, que permanecen expuestos a las plagas por un menor tiempo, que suelen tener infestaciones iniciales más bajas y en los que es posible coordinar mejor la aplicación eficiente de otras medidas de control.

El período de campo limpio en el cultivo del algodonero en los valles del Perú incluye la eliminación del algodón de rebrote "soca". Precisamente a esta medida se debe que el "gorgojo de la chupadera", *Eutinobothrus gossypii*, haya dejado de ser problema de primera magnitud en los valles del norte. En los valles de la Costa Central donde por consideraciones especiales se permite el cultivo de la "soca", es obligatoria la práctica del "descalate" antes mencionado, para destruir los insectos que se obijan alrededor de la soca. El campo limpio incluye las eliminación de malváceas silvestres que hospedan al chinche manchador o "arrebiatador" y al picudo del algodonero.

En los valles de la Costa Norte del Perú se ha dispuesto el período de campo limpio en el cultivo del arroz como práctica destinada a disminuir la incidencia de la cigarrita marrón del arroz *Sogatodes orizicola* Miur, vector de la enfermedad virósica de la "hoja blanca" en este cultivo.

En el caso de frutales, ante el problema de las moscas de la fruta, el criterio de períodos de campo limpio se cumple estableciendo una época carente de frutos. Esto puede lograrse mediante la eliminación de las especies de árboles que fructifican en períodos intermedios entre las épocas de producción principal de frutas, o por la eliminación de los frutos fuera de la estación principal de producción. En la costa

Norte se recimienda la eliminación de la "ciruela criolla", *Spondias* spp y otros frutos silvestres que cierran el ciclo de hospederos de las moscas que atacan a los mangos (Herrera y Viñas, 1977); y en la Costa Central se recomienda la eliminación de la guayaba. Para reducir las infestaciones de la mosca mediterránea en huertos de naranjos, Beingolea y colaboradores (1969) reporta como medida exitosa el recojo y eliminación de los frutos adelantados con respecto a la maduración general.

Rotación de cultivos:

La rotación de cultivos, desde el punto de vista fitosanitario, consiste en alternar, en campañas agrícolas sucesivas, cultivos diferentes que no sean atacados por las mismas plagas. Esta medida es particularmente eficiente contra insectos que tienen rangos restringidos de plantas hospederas y escasa capacidad de migración. Al establecer las rotaciones deben tenerse en cuenta también los aspectos agronómicos de los cultivos.

En la Costa Central del Perú se suele rotar papa con máíz, algodón con maíz o algodón con frijol. De esta manera se interrumpen las generaciones de perforadores de tallos del maíz y de los tubérculos, de las moscas minadoras y de los áfidos de la papa; del barreno de la caña y, hasta cierto punto, del cogollero del maíz; de los diversos gusanos de la hoja y de las vainas del frijol.

Si un cultivo susceptible a una plaga es seguido por otro igualmente susceptible se favorece el desarrollo de la plaga y sus daños se acentúan. Tal es el caso del cultivo del garbanzo siguiendo al algodonero en algunas áreas del Departamente de Lambayeque en el norte del Perú. Ambos cultivos son atacados por el *Heliothis Virescens* conocido como "perforador grande" de la bellota del algodonero y "gusano silvador" en el garbanzo.

Formación de condiciones desfavorables para las plagas

Diversas prácticas agrícolas pueden resultar desfavorables para el desarrollo de las plagas al modificar las condiciones microclimáticas del cultivo, la morfología y fisiología de la planta, o al interferir directamente en la sobrevivencia de la plaga. Entre estas prácticas se encuentra la densidad de siembra, la regulación de los riegos y las fertilizaciones, el control del desarrollo vegetativo de la planta, las podas de los árboles frutales., Algunos aspectos de estas prácticas han sido tratadas particularmente en conferencias anteriores.

Control de la densidad

En general se considera que una densidad demasiado alta, como

consecuencia de la poca distancia entre plantas y/o entre surcos, tiende a producir un ambiente de alta humedad y reduce la insolación debajo del follaje. Estas condiciones favorecen a numerosas especies de insectos y enfermedades de las plantas. Entre los insectos se pueden menciona a los áfidos y al *Heliothis* del algodonero; y entre las enfermedades a la idiosis de diversas plantas. Una buena insolación, lograda por el distanciamiento adecuado y por la orientación de los surcos de este a oeste reduce la incidencia del picudo peruano del algodonero (Beingolea, 1957). Por otro lado una mayor y rápida cobertura del suelo por el desarrollo del cultivo reduce la incidencia de malezas.

Existen especulaciones sobre el rol que puede tener la densidad y la alterancia de áreas cubiertas y libres de plantas en la atractividad visual de los insectos que pasan volando sobre el campo de cultivo.

Control de los riegos y la fertilización

En áreas en que la agricultura se hace fundamentalmente a base de riegos, como es la costa del Perú, el control de la intensidad y frecuencia de los riegos tienen particular importancia. Si bien los factores determinantes del riego son el tipo de suelo y los requerimientos hídricos del cultivo, el manejo del riego, dentro de ciertos límites, influye en la tasa de crecimiento vegetativo de la planta, su arquitectura, desarrollo y consistencia de las hojas, la formación de los frutos y su maduración. Estos factores a su vez tienen influencia sobre el desarrollo de las plagas.

Uno de los cultivos sobre los cuales existe gran experiencia en el manejo de riegos en el país es el algodón. Los riegos ligeros a intervalos cortos, complementados con fertilizaciones fraccionadas son más recomendables que los riegos pesados y distanciados; de esa manera se logran plantas con desarrollo vegetativo restringido y buena retención de frutos, con madurez rápida y uniforme. En caso contrario el desarrollo vegetativo es exagerado, con entrenudos largos y ramas laterales cortas, hojas anchas y suculentas, escasa fructificación, fuerte caída fisiológica de frutos, sobre todo en el tercio inferior, con lo que se pierde gran parte de la fructificación y se retrasa la cosecha. El período de fructificación se prolonga y la planta queda expuesta al ataque de las plagas por un tiempo más prolongado.

En forma específica, los riegos restringidos limitan el desarrollo del *Heliothis* del algodonero ya que este insecto prefiere para ovipositar las plantas con terminales suculentas. Por otro lado, el riego deficiente favorece el desarrollo de *Mescinia* y *Bucculatrix*

En el cultivo del maíz, un riego pesado o de inundación puede destruir una gran proporción de gusanos de tierra, elatéridos o gusanos alambres, y el *Elasmopalpus* o perforador de las plantas tiernas del maíz. Este último insecto también ataca al frijol y otras leguminosas,

pero con estos cultivos no se puede utilizar la práctica del riego pesado, pues el exceso de agua favorece el desarrollo de hongos del suelo ("chupadera fungosa") a los que son muy susceptibles el frijol y otras leguminosas.

Práctica del "Despunte"

Un control adicional del desarrollo vegetativo de las plantas como algodonero se logra mediante la práctica del "despunte", "desmoche" o "topping". Esta práctica consiste en el corte del brote terminal de la planta con el fin de detener el desarrollo en altura en beneficio de las ramas ya formadas. El despunte ayuda a retener los órganos de fructificación y favorecen una maduración más temprana y uniforme. En la práctica del despunte se eliminan también los insectos que suelen iniciar sus infestaciones en los brotes, como huevos y pequeñas larvas de *Heliothis*. Las hojas se vuelven menos suculentas, casi coriáceas, que desfavorecen en desarrollo del *Heliothis* y los gusanos de la hoja. (Piedra, 1958)

Práctica del aporque

En los cultivos de tubérculos, como la papa, sobre todo cuando la tuberización ocurre muy superficialmente, se recomienda efectuar buenos aporques para que los tubérculos queden bien protegidos. Se considera que esta práctica reduce las infestaciones de campo de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* en los tubérculos y posiblemente también tenga algún efecto contra el gorgojo de los Andes. Aunque esto no ha sido verificado.

Plantas trampas

Se consideran plantas trampas a aquellas que son preferidas por la plaga y que normalmente son infestadas antes de que se produzcan la infestaciones en el cultivo principal. El valor de las plantas trampas como medio de control de plagas no está muy bien establecido y con frecuencia hay discrepancias entre los especialistas, hasta se dan reporte contradictorios. Es posible que la falta de consistencia en los resultados de los pocos experimientos que se han llevado al respecto se deba a los múltiples factores que intervienen en cada caso, incluyendo la relativa atractividad de la planta trampa, su estado de desarrollo respecto al cultivo, la proporción de área que cubre, y su localización respecto al cultivo principal y a las fuentes de infestación.

En general, aunque no siempre, se recomienda que las plantas trampas se siembren antes que el cultivo principal; las plantas trampas

pueden ser destruídas conjuntamente con las plagas antes que éstas lleguen a completar su primer ciclo, o, alternativamente, en ellas se pueden concentrar las aplicaciones de insecticidas para destruir a los insectos que albergan antes de que éstos puedan pasar al cultivo principal.

Para el control del escarabajo crisolélido de la hoja de soya, *Cerotoma trifurcata*, en Lousiana (Estados Unidos) se ha tenido éxito utilizando como plantas trampas unos surcos sembrados con una variedad de maduración precoz, sembrada adelantada en diez a quince días. Estas plantas concentran a los escarabajos adultos que invaden el campo y allí se les controla mediante aplicaciones restringidas de insecticidas (Nwesom, 1976)

Para controlar el *Heliothis* del algodonero, Benza (1960) recomienda sembrar de 5 al 10 por ciento del área total con un retraso de 15 días. Las plantas más jóvenes de estos lotes actuarían como plantas trampas atrayendo a los adultos de *Heliothis* cuyas larvas son luego combatidas mediante aplicaciones de arsenicales cada ocho días. Para aumentar la atractividad de estas plantas podrían indicarse abonamientos y riegos fuertes.

En la Costa del Perú se utiliza el maíz intercalado en los campos del algodonero y se acepta que esta práctica favorece el control de las plagas, especialmente del *Heliothis virescens*. Las plantas de maíz tienen un doble papel, por un lado actuan como plantas trampas para la oviposición del *Heliothis* en los pistilos frescos del maíz y por otro lado favorecen el desarrollo de la fauna benéfica. En el maíz abundan los chinches predatores, crisopas y otros insectos benéficos que facilmente pasan al algodonero. Para una mayor eficiencia del maíz, se debe disponer de pistilos frescos ("barbas de choclo") por un período prolongado. Esto puede lograrse con la siembra escalonada de una variedad de maíz o con la siembra simultánea de maíces precoces y tardíos. El maíz debe cosecharse antes de la maduración de la mazorca para evitar el posible incremento den las infestaciones de *Poccocera atramentalis* que daña al maíz y también perfora a las bellotas del algodonero.

Existen muchas otras plantas que tienen un efecto extraordinariamente atrayente y que podrían ser usadas como plantas trampas. Lamas (1966) sugirió el uso de una malvácea silvestre del género *Urocarpidium* como planta trampa para el arrebiatado *Dysdercus peruvianus* del algodonero. Ensayos posteriores por el mismo autor han dada resultados muy promisorios. En este caso las parcelas de *Urocarpidium* pueden ser tratadas con un potente insecticida sistémico, como el aldicard, de manera que los insectos que succionan su savia queden envenenados.

LITERATURA CITADA

1. BAGLEY, RICHARD W. 1958. La relación entre el desarrollo de la planta y el estado fitosanitario del algodonero. Rev. Peruana de Entomol. Agric. 1: 4-6

2. BEINGOLEA, OSCAR.1957. Control Natural y Químico del Picudo Peruano, *Anthonomus vestitus* Bohn. Informe Mensual de la Est. Exp. Agric. de la Molina Nº 101. Perú.

3. BEINGOLEA, OSCAR, JUAN SALAZAR E IVAR MURAL. 1969. La rehabilitación de un huerto de cítricos como ejemplo de la factibilidad de aplicar sistemas de control integrado de plagas de los cítricos en el Perú. Rev. Peruana de Entomol. 12: 3-45

4. BENZA S., ALBERTO. 1960. El control del Heliothis Virescens F. en el Alto Piura, Rev. Peruana de Entomol. Agric. 3: 53-58

5. CASANOVA, PEDRO. 1970. Sogata oryzicola Muir (Delphacidae: Homopt.) Nueva plaga del arroz en el Perú. Rev. Peruana de Entomol. 13: 96-98

6. CHABOUSSOU. Francia. 1971. The role of Potassium and of cation equilibrium in the resistance of the plant. International Potash Institute Bern (Switzerland) 40 p.

7. HERRERA A., JUAN. 1978. Prácticas agronómicas y su influencia sobre las plagas y sus daños en Principios Generales de Control Integrado de Plagas y Enfermedades con Enfasis en Maíz y Soya. Tomo II Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú.

8. HERRERA A., JUAN Y LUIS E. VIÑAS V. 1977. Moscas de la fruta (Dipt.: Tephritidae en mangos de Chulucanas, Piura. Rev. Peruana de Entomol. 20. 107-114

9. JEPPSON, L.R. 1965. Principles of chemical control of Phytophagous mites. Advances in Acarology. 2: 31-51

10. KOBAYASHI, T.; T. HASEGAWA, y K. KEGASAWA. 1972. Major insect pest of leguminous crops in Japan. Symp. Food Legumes. Japan Min. Agr. For.; Trop. Agr. Res. Center. 6: 109-126

11. LAMAS C., JOSE M. 1966. Importancia de una campaña colectiva de control temprano de la población remanente de "arrebiatado", *Dysdercus peruvianus* G. Revista Peruana de Entomol. 9: 136-140.

12. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1969. Insect pest management and control. Principles of Plant and Animal Pest Control. Vol.3 Washington D.C. 508 p.

Best Available Document

13. NEWSON, D.L. 1976. Selective use of agricultural pesticides en World Soybean Research. Interstate, Danville, Illinois. L. D. Hill, Editor. 539-548.

14. PIEDRA M. VICTOR 1958 El "despunte" o "topping" del algodonero como medida cultural-entomológica en el valle de Chira. Rev. Peruana de Entomol. Agric. 1: 11-14.

15. SMITH, RAY F. y HAROLD T. REYNOLDS. 1968. Effects of manipula tion of cotton agroecosystems of insect pest populations. Conference on the ecological aspect of international development, Airlie House, Warrenton, Virginia. 36 p.

16. VAN EMDEM, H.F. 1966. Studies on the relation of insects and host plants III. A Comparison on the reproduction of *Brevicoryne* brassicas and Myzus persicas on Brusels sprouts plants supplied with different rates of Nitrigen and Potassium. Entomol. Exptl. Appl 9: 444-460

CONCEPTOS DE CONTROL MICROBIOLOGICO

Donald J. Calvert*

Control microbiológico es la utilización de microorganismos patógenos o sus productos en el control de poblaciones de plagas (Falcon, 1971). Esta definición en su más amplio sentido incluye el uso de microorganismos como agentes de control natural, agentes introducidos de control, y su aplicación como pesticidas microbiales. Ya es bien conocido que los patógenos pueden ser importantes agentes naturales de control biológico y como tal pueden frecuentemente causar epizoóticos que ayudan a mantener la balanza de las poblaciones de animales y plantas en la naturaleza. Por ejemplo, los insectos son atacados por virus, bacterias, protozoas, hongos, rickettsias y nemátodos, los cuales pueden ser muy comunes y frecuentemente causar epidemias en poblaciones naturales de insectos. Algunos de estos agentes pueden ser muy patógénicos a sus hospederos y causar una alta tasa de mortalidad mientras otros pueden producir sólo efectos crónicos. Observaciones de estas epidemias en la naturaleza eran muy comunes por los biólogos tempranos pero es sólo en las últimos tres décadas que se han hecho estudios y experimentos para aprender como se puede utilizar estos patógenos para el control de plagas.

Clases de Patógenos

Los miles de patógenos de plagas que se han descubierto hasta el presente pertenecen a cinco clases de organismos principalmente, que son los virus, bacterias, hongos, protozoas y nemátodos.

Virus:

Los virus son unos de los más importantes de los patógenos que atacan a los insectos en la naturaleza. Hay tres principales tipos de virus: el virus granulosis, el poliédrico nuclear y el poliédrico citoplásmico. Los virus poliédrico nuclear y granulosis pertenecen al género *Baculovirus* Wildy. Las especies de *Baculovirus* son los virus de artrópodos mejor conocidos y se han usado algunos para control de plagas en una forma comercial. En la década de 1950 productores de alfalfa en California colectaron y utilizaron virus poliédrico nuclear

* Especialista en Protección de Cultivos. Universidad de California. Berkeley, California, U.S.A.

para controlar la oruga de alfalfa, *Colias eurytheme* Bois. También por muchos años productores y trabajadores en control de plagas en varias partes de los Estados Unidos han estado colectando un virus poliédrico nuclear en el campo y utilizándolo para el control del medidor de col, *Trichophusia ni* (Huber), en una variedad de cultivos alimenticios. Este último virus fue introducido en Colombia en 1971 en las áreas productoras de algodón, se estableció, se difundió rápidamente y repentinamente se convirtió en un factor de mortalidad de *T. ni* significativo en ese país.

Se encuentra los virus principalmente atacando especies en el órden Lepidoptera que pertenece a las siguientes familias: Arctiidae, Bombycidae, Geometridae, Lasiocampidae, Lymantridae, Nymphalidae, Noctuidae, Olethreutidae, Pieridae, Psychidae, Thametopoeidae, Tineidae y Tortricidae pero también atacan a algunas especies en los órdenes Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Orthoptera, Neuroptera y Trichoptera y a algunos ácaros. En los primeros estudios de virus se aceptaba la idea que cada virus era una "especie" distinta completamente específica a su huésped normal pero ya en los últimos años se han encontrado que algunos virus pueden atacar a varias especies de huéspedes.

Un virus poliédrico nuclear es normalmente transmitido de un insecto a otro por la ingestión oral de los poliedra. Cuando un insecto susceptible lo ingiere, el poliedra se disuelve y se libera el virus al lumen del instestino y éstos entonces pueden invadir células susceptibles. El período de tiempo que se toma desde la ingestión de los poliedra hasta la muerte de la larva es de cuatro días a tres semanas, y este período varía con los distintos virus, especies de huésped, el número de poliédra ingerido, el estado de la larva y la temperatura ambiental. Durante la mayoría de este tiempo las larvas infestadas no muestran ningún tipo de síntomas externas. Uno a dos días antes que ocurre la muerte, la piel de la larva a veces se oscurece y puede tener parchas amarillas o aparecer aceitosa. La piel se pone muy frágil y la hemolimpha se pone túrbida.

En los virus granulosis el sitio primario de infección es el cuerpo adiposo pero a veces el epidermo y matriz de los trachea también pueden estar infestados. El virus se multiplica en ambos el núcleo y el citoplasma de las células. Los virus granulosis son transmitidos por vía oral y el huevo. Larvas infestadas tampoco muestran síntomas externas en los primeros estadíos de infección pero ya en las últimas etapas, larvas infestadas frecuentemente desarrollan un color más liviano.

Bacteria:

Dentro de las bacterias que atacan a los insectos los que forman esporas han recibido mucha atención en los últimos años debido a su gran potencial para control de plagas. Se puede dividir a los que forman esporas más o menos en dos grupos generales: los relacionados al organismo que causa la enfermedad lechosa *Bacillus popilliae* Dutky, y los relacionados a *Bacillus cereus* Frankland y Frankland y *Bacillus thuringiensis* Berliner. La última especie es una bacteria que forma esporas, y es muy patógénica a un gran número de larvas de lepidópteros.

Se puede criar esta bacteria existosamente en un medio artificial y se produce cientos de toneladas cada año en los Estados Unidos para usar en insecticidas microbiales.

Cuando se esporula *Bacillus thuringiensis*, se forma un cristal que es tóxico cuando es ingerido por muchas larvas de lepidópteros. Distintas especies de Lepidópteros exhiben respuestas variables cuando les da a comer estos cristales y/o las esporas de la bacteria. Muchas larvas de lepidóptera son susceptibles a la acción tóxica de sólo el cristal mientras otras son susceptibles solamente a la acción combinada de las esporas y los cristales. En muchos insectos el efecto del cristal es bastante rápido, en algunos minutos dejan de comer y aunque se muerte no ocurriría por algunos días no comen más alimento. Pero la bacteria actuando por su cristal, está comportándose esencialmente como un químico en vez de causar una infección; Irrespectiva de su modo de acción, existe sólo unos pocos casos que se han demostrado que ellos persistirán y dispersarán por una población de insectos. Así, cuando se aplican es necesario generalmente obtener un cubrimiento total, como con los insecticidas químicos y repetir la aplicación cuando se necesita.

Hongos:

Hay más de 36 géneros distintos de hongos que contienen especies que pueden causar una enfermedad en los insectos. La clasificación de muchos de estos hongos entomopatógenos cambia constantemente, y la identificación de los especies es a veces muy difícil. Se transmite la mayoría de los hongos de un huésped a otro por una espora, usualmente una conidia. El método de infección más común es por la pared del cuerpo o integumento. Las conidias germinan y forman una estructura especial que penetra al cutículo del insecto. El hongo entonces crece en el cuerpo del insecto hasta que este último está lleno de micelio; al llegar a este punto el insecto está usualmente muerto y tiene una consistencia algo firme. Bajo condiciones favorables el hongo sigue creciendo y produce estructuras que penetran por el cutículo y forman esporas o conidias. Esta descripción de la infección por hongos es muy general, y muchos otros hongos producen infecciones muy distintas.

Hay básicamente dos tipos de hongos que infestan a los insectos: 1) un grupo heterogéneo que ataca solamente a los insectos, y 2) un grupo menos específico que vive tanto en los insectos como en otro material orgánico. Todos los estadíos en el desarrollo del insecto, -huevos, larvas, pupas y adultos- son generalmente susceptibles a las micosis, pero no todas las especies son susceptibles a los mismos hongos. Es bien conocido que se caracterizan las familias de los hongos por una cierta especificidad, por ejemplo las especies en el Entomophthrales desarrollan principalmente en áfidos, dípteros y algunos lepidópteros.

El desarrollo de las infecciones por hongos es dependiente en las condiciones ambientales. Los hongos, tal vez más que cualquier otro grupo de patógenos de insectos, deben tener condiciones ambientales favorables para el desarrollo de epizooticos. Se considera que una alta

humedad es vital para la germinación de la espora del hongo y la transmisión del patógeno de un huésped al otro.

Protozoos:

De los protozoos entomopatógenos los más importantes son los neogregarinas y microsporidia. Estos son transmitidos por vía oral de un insecto a otro por una forma de espora resistente. Muchas especies también son transmitidas por vía transovario de una hembra infectada a su progenie. Los protozoos que forman esporas producen enfermedades en los insectos que pueden variar de muy patogénico a infecciones debilitantes crónicas.

Se puede diagnosticar las enfermedades causadas por los esporozoos por la presencia de las esporas dentro del cuerpo del insecto infestado. Los tejidos infestan un sólo tejido mientras otros infectan casi todos los tejidos en el cuerpo del insecto. Los protozoos a menudo tienen ciclos de vida complejos y son difíciles de identificar a especies.

Teoréticamente los protozoos ofrecen muchas promesas en control microbiológico debido al gran número de especies parasíticas encontradas en los insectos. Las relativas dificultades en el estudio, la identificación y la producción de protozoos en grandes cantidades explican el hecho que ha habido poca atención de utilizarlos para control en el campo. Su aplicación también puede esta limitada porque ellos generalmente causan un mal crónico, en vez de agudas infecciones.

Nemátodos:

Hay varias familias de nemátodos que contienen especies que son parásitos de insectos, por lo menos durante parte del desarrollo del nemátodo. Normalmente los nemátodos tienen cuatro mudas de huevos al adulto. La mayoría de los nemátodos infectan su huésped insecto en el estadio juvenil y pueden entrar directamente por el integumento del huésped o por el intestino. Después de entrar al hemocele de su huésped, el nemátodo juvenil pasa por un período de crecimiento rápido después del cual sale del huésped, cae al suelo y eclosiona al estadio de adulto. El apareamiento y la oviposición generalmente ocurre externamente al huésped.

Algunas especies de nemátodos matan a sus huéspedes al salir de ellos para eclosionar al estadio de adultos. Otras especies, llevan bacterias consigo cuando penetran al hemocele de su huésped. El insecto muere de una septicemia bacterial usualmente dentro de algunos días después de haber sido invadido por el nemátodo, y éste se alimenta sobre la bacteria en los tejidos del huésped muerto.

El rol de agentes de control microbiológico

En la evaluación de agentes de mortalidad que ocurren en la naturaleza es esencial determinar la importancia de cada grupo de ellos. Cuando se hace esto es obvio que los patógenos son importantes organismos que ayudan en la regulación de la abundancia de sus huéspedes. Siempre

están presentes, siempre contribuyen a la regulación de la población y en algunas situaciones pueden ser importantes en el mantenimiento de las poblaciones de plagas bajo niveles dañinos.

El valor de los patógenos como agentes de regulación de poblaciones es más evidente en epizoóticos, menos obvio con sus efectos en una situación ensoótica o durante infecciones crónicas o bajas. Además de causar la muerte patógenos de insectos pueden interferir con el desarrollo del insecto, alterar la reproducción y bajar la resistencia contra el ataque por parásitos, predatores y otros patógenos.

El control microbiológico involucra especialmente la manipulación artificial de los patógenos, particularmente como aspersiones o polvos para suprimir brotes o potenciales brotes. El principal énfasis en su aplicación ha sido de encontrar un patógeno apropiado, colectarlo en el campo o criarlo por medios artificiales en el laboratorio y diseminarlo cuando su huésped es más susceptible a su efecto. Muchos factores pueden influir la efectividad de los agentes microbiológicos y su éxito final depende en cuatro requisitos:

1. Un conocimiento detallado de la biología, ecología, fenología y comportamiento del huésped es necesario para determinar cuando se debe de aplicar un patógeno para su efectividad máxima.

2. El patógeno escogido debe ser seguro a usar, fácil de manejar, ralativamente selectivo y suficientemente virulento para controlar su huésped efectivamente.

3. El método de aplicación debe resultar en un persistente depósito letal con una distribución uniforme el cual proveerá un control adecuado de la plaga

4. Los beneficios obtenidos con el patógeno debe de justificar su uso.

Cuando se aplica un patógeno, ambos factores físicos y bióticos pueden afectar su virulencia, estabilidad, persistencia, dispersión y transmisión, tanto como la resistencia y susceptibilidad de la plaga y la interacción entre patógeno y plaga. Entre los factores físicos del ambiente, es bien conocido que la temperatura y humedad pueden influir la virulencia, infectividad y patogenicidad del patógeno. Los nemátodos, por ejemplo, como los hongos son muy dependientes en alta humedad relativa y humedad de substrato, especialmente durante períodos de dispersión fuera de sus huéspedes; la luz del sol puede deactivar el patógeno, por ejemplo, los virus poliédrico nuclear y granulosis son rápidamente inactivados por la radiación ultravioleta del sol cuando están expuestos en el follaje; y los efectos de la lluvia y el viento pueden ayudar a difundir un patógeno o al mismo tiempo pueden diluir su concentración en el área blanco. Factores bióticos que pueden influir la efectividad del patógeno son: las características morfológicas de

la planta y la densidad de su follaje que pueden influir la humedad, la adhesión y cobertura de un patógeno aplicado; el crecimiento rápido de la planta puede diluirlos depósitos de un patógeno, y el pH de los depósitos en la superficie de la planta puede deactivar el patógeno.

Selección del patógeno, el método de propagación, formulación y el uso de adyuvantes también puede influir la efectividad de un agente microbiológico. La estandarización de preparaciones que contienen patógenos de insectos es dificil y la potencia puede variar de un lote a otro. Los procedimientos y el equipo empleado en la diseminación afectará la cobertura, adhesión y acarreamiento. Hay cuatro métodos principales de aplicar patógenos para el control de insectos:

1. Aplicados solo como aspersión, polvo o cebo

2. Introducción y colonización en una población de insectos

3. Aplicación en combinación con insecticidas y

4. Aplicación combinada o coordinada con parásitos, predatores y otros microorganismos.

La mayoría de los actuales aspersores, polvorizadores y aéreonaves convencionales pueden utilizarse para la aplicación de patógenos, especialmente los virus y las esporas de las bacterias. Se aplican usualmente los patógenos de insectos en su estado resistente, es decir, los virus dentro de sus cuerpos de inclusión, las bacterias, los hongos y protozoos como esporas y los nemátodos en su estadio de resistencia llamado "dauer". Aparentemente los nemátodos y protozoos son capaces de aguantar las presiones usuales en los aspersores. Hasta el presente, la manera de usar los patógenos microbiológicos para el control de plagas ha sido principalmente como aspersiones o polvos que se aplican en una manera semejante a los insecticidas químicos.

Cuando se introduzca un patógeno en una población debe considerarse algunos factores:

1. La concentración del patógeno debe ser suficientemente alta para producir infección en por lo menos algunos de los hospederos.

2. La población hospedera en la cual se va a aplicar un patógeno debe de tener una densidad relativamente alta para asegurar la propagación del patógeno y su sobrevivencia de una generación a la otra,

3. Se debe aplicar el patógeno cuando está presente un estadio susceptible del hospedero.

Actualmente se están aplicando los patógenos con equipo de aspersión diseñado para la aplicación de insecticidas químicos, pero existe una necesidad para el desarrollo de equipo de aplicación específicamente diseñado para emitir cantidades uniformes del patógeno, de tal manera que se asegure la ingestión de un número máximo del patógeno por el hospedero. Se obtienen los mejores resultados si se aplican los insecticidas microbiológicos cuando los primeros estadios del hospedero están presente; los últimos estadios son más difíciles de controlar con patógenos que los más tempranos.

Generalmente los insecticidas microbiológicos son más efectivos a temperaturas elevadas debido a que el agente patógeno se desarrolla más rápido a temperaturas altas, hasta el punto que está inactivado, y a temperaturas elevadas los insectos se alimentan de una mayor cantidad de alimentos y por consecuencia ingieren mayor cantidad del patógeno. Se debe aplicar los insecticidas microbiológicos cuando es probable que las temperaturas permanecerán por encima del umbral de actividad del hospedero por lo menos por algunas horas durante el día después del tratamiento.

Los rayos directos del sol son dañinos a la mayoría de los patógenos. Se debe ajustar el equipo de aspersión para dar una cobertura buena en los enveces de las hojas de la planta hospedera y si la plaga es activa en la noche, se debe aplicar las aspersiones de insecticidas microbiológicas en el tardío o las primeras horas de la noche, así permitiendo la ingestión del patógeno antes que haya sido expuesto a los rayos del sol. Cuando se aplican los insecticidas microbiológicos es obvio también que deben considerarse las características del comportamiento del hospedero específico. La ubicación del hospedero y período de actividad máxima, mobilidad y comportamiento de alimentarse dictan cuando y como debe aplicarse un insecticida microbiológico. Por ejemplo, algunos barrenadores son vulnerables a control por patógenos por sólo un período corto y específico durante su desarrollo larval. Se deben hacer las aplicaciones de los insecticidas microbiológicos durante estos períodos vulnerables.

El control microbiológico tiene un considerable potencial, en cuanto a su mayor aplicación contra insectos, plagas y malezas. También existe la posibilidad que se pueda utilizar esta táctica con éxito contra los patógenos de plantas. La selección de cepas más virulentas de patógenos de insectos, varias combinaciones de diferentes patógenos, la combinación de patógenos con cebos y atrayentes y la combinación de patógenos con insecticidas químicos son áreas de investigación que debe aumentar la utilidad de los insecticidas microbiológicos. En resumen, se puede decir que el control microbiológico es una táctica de manejo de plagas útil, cuya importancia debe aumentar tanto como los programas de control integrado aumentan y la investigación nos permita adaptar los agentes a estos sistemas.

LITERATURA CITADA

1. CAMERON, J. W. MAC BAIN. 1963. Factors affecting the use of microbial pathogens in insect control. Annual Review of Entomology. Vol. 8: 265-286

2. DAVID, W.A.L. 1975. The status of viruses pathogenic for insects and mites. Annual Review of Entomology, Vol. 20: 97-117

3. FALCON, L.A. 1971. Microbial control as a tool in integrated control program. In Biological Control (C.B. Huffaker, ed) Plenun Press. New York pp. 346-364

4. FALCON, L.A. 1973. Biological factors that affect the success of microbial insecticides: development of integrated control. Annals N.Y. Acad. Sci. 217: 173-186

5. FALCON, L.A. 1976. Problems associated with the use of arthropod viruses in pest control. Annual Review of Entomology. Vol. 21: 305-324

6. FERRON, P 1978. Biological control of insect pest by entomogenous fungi. Annual Review of Entomology. Vol. 23: 409-442

7. MADDOX, J.V. 1975. Use of diseases in pest management. In Introduction to Insect Pest Management (Robert L. Metcalf and William Luckmann, eds.) John Wiley & Sons, New York, pp. 189-233

8. POINAR, GEORGE O., Jr. 1972. Nematodes as facultative parasites of insects. Annual Review of Entomology, Vol. 17: 103-122.

9 STAIRS, GORDON R. 1972. Pathogenic microorganisms in the regulation of forest insect populations. Annual Review of Entomology, Vol 17: 355-372

10 TANADA, Y. 1959. Microbial control of insect pest. Annual Review of Entomology, Vol. 4: 277-302.

DETERMINACION DE POBLACIONES DE NEMATODOS

Róger López Ch.*

La ciencia que estudia los nemátodos fitoparásitos, comúnmente conocida con el nombre de Nematología, o más propiamente Fitonematología o Nematología Vegetal, es una rama relativamente joven, aunque no por eso menos importante, de las ciencias biológico-agrícolas. Son numerosos los ejemplos que permiten ilustrar el impacto económico que puede tener un ataque severo de nemátodos sobre diversos tipos de cultivos, ya sea en áreas de clima templado (10), semitropicales (9) o tropicales (8). El efecto adverso de los nemátodos sobre las plantas es, a la larga, la principal razón del vertiginoso avance de esta ciencia durante los últimos 35 años, ya que esto ha impulsado las investigaciones sobre su biología, su ecología, su distribución geográfica, sus interrelaciones con otros organismos patógenos y su combate. En estos estudios se ha determinado, entre otras cosas, que las enfermedades causadas por nemátodos son crónicas, y que usualmente se presentan en parches de tamaño muy variable, los que gradualmente se diseminan a otras partes del terreno. En estos parches las plantas presentan síntomas no específicos, y que son los mismos ocasionados por un mal funcionamiento del sistema radical, es decir, reducción del crecimiento, susceptibilidad a la marchitez, síntomas de deficiencias de elementos esenciales y disminución del rendimiento y la calidad de las cosechas. Debido a este hecho, la posibilidad de diagnosticar con certeza un ataque de nemátodos en el campo es muy difícil, por no decir imposible, por lo que se debe tomar muestras de raíces y suelo alrededor de plantas enfermas y de plantas aparentemente sanas, y remitirlas a la mayor brevedad posible a algún laboratorio o especialista en este campo para su correspondiente diagnóstico.

Distribución Vertical

La distribución vertical de los nemátodos es, también, muy variable, y está influenciada por muchos factores ambientales. La distribución vertical está íntimamente relacionada con la distribución de las raíces de las plantas, aunque hay excepciones. Se ha sugerido que muchas especies tienen una zona óptima en el perfil del suelo donde presentan la mayor abundancia (1). Se cree, también, que la distribución vertical se produce por orientación y movimiento hacia un horizonte particular del suelo donde las condiciones son óptimas o más favorables para la reproducción (11). Esta zona puede variar con la estación y el hábitat, al producirse gradientes de temperatura y humedad. Estos cambios son, generalmente, muy

* Profesor, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.

acentuados en la capa superficial del suelo,pero disminuyen progresivamente al aumentar la profundidad, dependiendo de la estructura, el grosor y la textura de los diferentes horizontes; también influyen en estos cambios la vegetación presente, la penetración de las raíces y el disturbar intermitentemente la capa cultivada. En la mayoría de los casos las mayores densidades poblacionales de los nemátodos fitoparásitos se presentan en la capa arable del suelo; por ejemplo, *Meloidogyne* spp. se presentan primordialmente en los primeros 30 cm de profundidad en Carolina del Norte, pero también pueden ser encontradas hasta 150-400 cm de profundidad en algunas áreas (1). *Paratrichodorus minor* habita usualmente a profundidades mayores que los otros nemátodos, y *Trichodorus pachydermus* ha sido encontrado en altas densidades a 100 cm de profundidad; *Radopholus similis* y *Xiphinema index*, parásitos de plantas con raíces profundas, han sido frecuentemente encontrados a 150 o más cm de profundidad (1).

Variación Estacional

Las poblaciones de nemátodos varían según la época o estación del año, aparentemente en respuesta a fluctuaciones o cambios en la humedad, la temperatura y la disponibilidad de alimento. Un ejemplo típico de este tipo de fluctuación puede encontrarse en los trabajos de Figueroa (4) y Marcelino *et al.* (7) sobre la fluctuación anual de la población de *R. similis* en banano, así como en los ejemplos dados por Barker y Nusbaum (1).

Muestreo

El principal requisito de un muestreo es tomar una muestra que verdaderamente represente la población total; si se considera la variable distribución de los nemátodos y las limitaciones físicas inherentes al muestreo, este es uno de los principales problemas que se presentan, y el eslabón más débil en la determinación de las poblaciones. En el Cuadro 1 se presenta la probabilidad de detectar una especie de nemátodo de acuerdo con su densidad en el suelo; los datos ilustran muy bien el problema práctico que se presenta en la determinación de las poblaciones.

Al hacer un muestreo debe tomarse en cuenta el número, tamaño y profundidad a que son tomadas las muestras, la manera de tomarlas, ya sea al azar o siguiendo un patrón establecido, y la época en que se toman las muestras. En algunas áreas agrícolas se recomienda que los campos con un mismo tipo de suelo y una misma secuencia de siembra sean manejados como una misma unidad; en áreas con estas condiciones se considera que 20 muestras colectadas en forma sistemática, a una profundidad de 25 cm y con un barreno de 2.5 cm de diámetro son satisfactorias para una área de 1.6 ha (1). El estado del ciclo biológico del nemátodo que está presente en el suelo al momento del muestreo es, también, un factor muy importante; por ejemplo, si la mayor parte de una población está en forma de huevo, la densidad probablemente será subestimada, ya que la mayoría de las técnicas no

Cuadro 1. Probabilidad de encontrar nemátodos en el suelo según su densidad.

DENSIDAD (No/kg)	CONTEO ESPERADO (en muestras de 100 g)	PROBABILIDAD (%)	
		de detectarlo	de no detectarlo
0.1	1 en 100 muestras	1	99
1	1 en 10 muestras	10	90
10	1	63	37
20	2	85	15
30	3	95	5
40	4	98	2
50	5	99	1
60	6	99.9	0.1

recuperan huevos del suelo; este problema puede ser medido en toda su magnitud al observar los datos obtenidos en apio por Incer y López (6).

Métodos de Extracción

Los métodos para la determinación de la clase y número de nemátodos en una población muestreada, básicamente pueden ser:

1. La extracción de los nemátodos de la muestra por diversas técnicas y procedimientos, seguida por su identificación y recuento, o

2. Pruebas biológicas, las que usualmente implican el cultivar una planta indicadora en la muestra de suelo para, posteriormente, evaluar el desarrollo de los nemátodos en este hospedante (1).

En referencia al primer tipo de determinación, es decir, a los métodos de extracción, se sabe que su eficacia varía según el tamaño, el estado de desarrollo y la movilidad de los nemátodos, así como la época de muestreo, el tipo de suelo y otros factores. Bajo condiciones locales se ha comprobado que dos de los métodos más comúnmente utilizados para la extracción de nemátodos difieren en su eficacia para la recuperación de algunos géneros (L. González, datos sin publicar). Los resultados obtenidos se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Eficacia comparativa de dos métodos de extracción en la recuperación de algunos nemátodos fitoparásitos en muestras de 100 cc de suelo.

GENERO	METODO DE EXTRACCION	
	Baermann modificado	Centrifugación
Longidorus	48	3
Trichodorus	13	3
Meloidogyne	9	4
Pratylenchus	11	0.25
Tylenchorhynchus	6	1
Rotylenchulus	2173	246
Criconemoides	16	109
Hemicycliophora	16	16
Helicotylenchus	34	42

Relación Densidad-Daño

Las relaciones cuantitativas fundamentales entre los nemátodos fitoparásitos y el crecimiento y rendimiento de los cultivos anuales son, primordialmente, una función de la densidad existente antes de la siembra, debido a la baja movilidad y tasa de reproducción de los nemátodos. En el caso de cultivos perennes, la respuesta a menudo es variada por la reintroducción y por la reproducción cuantiosa de densidades iniciales no detectables, o por ambos factores. Una descripción detallada de este tema puede encontrarse en el trabajo de Barker y Olthof (2).

En términos generales podría decirse que conforme aumenta la densidad inicial de una población de nemátodos, se incrementa la cuantía del daño causado por ellos en una planta susceptible; desde el punto de vista matemático, esta relación ha sido descrita como:

1. Una regresión lineal entre el logaritmo de la población inicial y el crecimiento de las plantas dañadas,

2. Una regresión de acuerdo con una curva cuadrática entre estos dos factores, y

3. Una regresión lineal entre el logaritmo de la densidad inicial y el número de plantas enfermas (2).

En todo caso, lo importante es conocer la densidad inicial existente en un campo y la densidad crítica de la especie de nemátodo presente con relación a la planta que será cultivada en ese campo. Por densidad crítica se entiende aquella densidad mínima que causa daños de importancia económica en un cultivo, y que justifica la aplicación de medidas de combate. Si se logra conocer estas dos densidades, se podría definir con exactitud aquellos casos en que se requiere la implantación de medidas de combate, usualmente onerosas y consumidoras de tiempo.

Se sabe que la densidad crítica puede variar con la especie de nemátodo, la especie o el cultivar sembrado, la edad del hospedante, la raza o patotipo del patógeno, las condiciones ambientales y otros factores; esto hace que la densidad críticas sea muy variable, y poco aplicable bajo condiciones diferentes a aquéllas en que fue determinada; sin embargo, la información obtenida en un lugar puede dar una mejor orientación acerca de la situación verdadera que se presenta en otra área, y puede ayudar a encauzar mejor la investigación destinada a determinar esta densidad crítica. En el Cuadro 3 se presentan las densidades críticas de ciertas especies de nemátodos en algunos cultivos.

La investigación de campo sobre las relaciones cuantitativas entre el crecimiento de un cultivo y las densidades de nemátodos fitoparásitos seguirá desempeñando un papel relevante en la agricultura práctica, puesto que la información obtenida en este tipo de estudios es la base para el combate o manejo de estos patógenos. La integración de este tipo de información con la obtenida en estudios de ecología básica y la fisiología de los nemátodos y otros organismos asociados será, indiscutiblemente, de un gran beneficio para la agricultura.

LITERATURA CITADA

1. BARKER, K. R. y NUSBAUM, C. J. Diagnostic and advisory programs. *In* B. M. Zuckerman, W. F. Mai y R. A. Rhode, eds. Plant parasitic nematodes. New York, Academic Press, Vol. I, 1971. pp. 281-301.

2. _____ y OLTHOF, T. H. A. Relationships between nematode population densities and crop responses. Annual Review of Phytopathology 14:327-353. 1976.

3. COBB, N. A. Estimating the nematod population of soil. U. S. Department of Agriculture. Agricultural Technical Circular 1. 1918. 48 p.

4. FIGUEROA, A. Cinco nematicidas en el control de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en la zona bananera de Guápiles. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. Boletín Técnico No. 64. 1975. 24 p.

5. GONZALEZ, L. Distribución horizontal de algunos géneros de nemátodos fitoparásitos en terrenos agrícolas de Costa Rica. Turrialba 28(1):67-69. 1978.

6. INCER, A. y LOPEZ, R. Evaluación de prácticas selectas para el combate integrado de *Meloidogyne incognita* en apio. Nematropica 9(2): (en prensa). 1979.

7. MARCELINO, L., VIQUEZ, M. y TARTE, R. Fluctuaciones estacionales de las densidades de población de *Radopholus similis* en raíces de banano "Valery" (*Musa acuminata* AAA) en la zona pacífica de Panamá. Nematrópica 8(2):52-55. 1978.

8. PERLAZA, F., LOPEZ, R. y VARGAS, E. Efecto de la aplicación combinada de nematicidas y fungicidas en el combate de *Meloidogyne incognita*, *M. hapla* y *Alternaria* sp. en lechuga. Fitopatología 13(2):90-96. 1978.

9. POUCHER, C. *et al.* Burrowing nematode in Citrus. Florida Department of Agriculture. Bulletin No. 7. 1967. 63 p.

10. ROBBINS, R. T., DICKERSON, O. J. y KYLE, J. H. Pinto bean yield increased by chemical control of *Pratylenchus* spp. Journal of Nematology 4(1):28-32. 1972.

11. WALLAGE, H. R. The biology of plant parasitic nematodes. London, Edward Arnold Ltd., 1963. 280 p.

12. Wilson, J. D. A distribution pattern of root-knot nematodes infestation on muck grown carrots. Down to Earth 13:4-7. 1957.

Cuadro 3. Densidades críticas de algunos nemátodos fitoparásitos en ciertos cultivos.

Especie de nemátodo y planta	Densidad crítica (No/100 cc* o No/100 g** de suelo)
Belonolaimus longicaudatus	
algodón, soja, maní	5*
Ditylenchus dipsaci	
cebolla	0.2-1**
papa	<2*
Globodera rostochiensis	
papa	150;500;600;1200*
Heterodera schachtii	
repollo	600**
coliflor	1800**
espinaca	200**
remolacha azucarera	300**
Meloidogyne arenaria	
tabaco	<2*
Meloidogyne incognita	
maíz	>400*
algodón	<200*
lechuga	>60*
soja	20*
tabaco	5-10*
tomate	<4;40*
Meloidogyne hapla	
repollo	1800**
coliflor	600**
lechuga	100**
cebolla	200**
arveja	<10*
maní	20-100*
papa	100**
soja	100-200*
fresa	5*
Meloidogyne javanica	
soja	35*
Pratylenchus brachyurus	
maní	5*
tabaco	>40*
Pratylenchus penetrans	
manzana	20-50**
repollo	200-600**
coliflor	200-600**
maíz dulce	100**
lechuga	200-600**
cebolla	<100*
arveja	100**
papa	100;200-600**
soja	<200*
tabaco	100-200*

Readaptado de datos presentados por Barker y Olthof (2)

EVALUACION DE LA DENSIDAD DE POBLACIONES DE INSECTOS Y EL CONCEPTO DE NIVELES DE DAÑO ECONOMICO

Michael E. Irwin*

INTRODUCCION

"El manejo de plagas moderno no puede operar sin estimaciones exactas de la densidad de las poblaciones de plagas y de enemigos naturales, o sin evaluaciones confiables del daño causado a la planta o su efecto sobre el rendimiento. La obtención de información cuantitativa acerca del agroecosistema es una fase preliminar de cualquier trabajo básico o aplicado sobre las interacciones planta-insecto". La colección de datos para evaluar niveles de poblaciones de insectos puede ser dividida lógicamente en dos tipos: los datos necesarios para la investigación y los datos necesarios para tomar decisiones en la ejecución de programas de manejo de plagas.

La evaluación con fines de investigación básica requiere de estimaciones precisas del valor de los parámetros, mientras que la evaluación para el manejo exige una rápida clasificación de las poblaciones dentro de categorías de decisión tales como "aplicar" o "no aplicar". Mientras que los investigadores pueden tolerar largos intervalos entre la obtención de los datos y su procesamiento, los profesionales dedicados a manejo necesitan y exigen respuestas inmediatas (Ruesink y Kogan, 1975).

La evaluación del nivel de la población en la investigación básica es esencial para determinar los umbrales de pérdida de cosecha para varias especies de plagas y complejos de plagas y/o especies benéficas. Una vez que éstos han sido determinados, estimaciones de niveles de población para decisiones de manejo son suficientes para dirigir el programa de manejo de estas plagas.

Ruesink (1975) ubicó la estimación del nivel con fines de manejo (muestreo) dentro del proceso de la toma de decisiones para el manejo del agroecosistema (Figura 1). La ejecución de las decisiones tomadas por los agricultores se basa en un conjunto lógico de secuencias (recomendaciones algorítmicas) de una serie de datos varios (predicciones y registros del tiempo, muestreos, datos económicos, etc.). Un aspecto muy importante considerado en la decisión es la estimación de las poblaciones de plagas, y éste depende de un conocimiento previo (es decir de los resultados de investigación previa) de las pérdidas de la cosecha debido a diferentes niveles de población en diferentes estados de desarrollo del cultivo. Por lo tanto, dentro del concepto de manejo integrado de plagas, deben tomarse en consideración ambos aspectos de la evaluación de la población, los dirigidos a la investigación y los dirigidos al manejo.

* University of Illinois, International Soybean Program (INTSOY), Urbana, U.S.A.

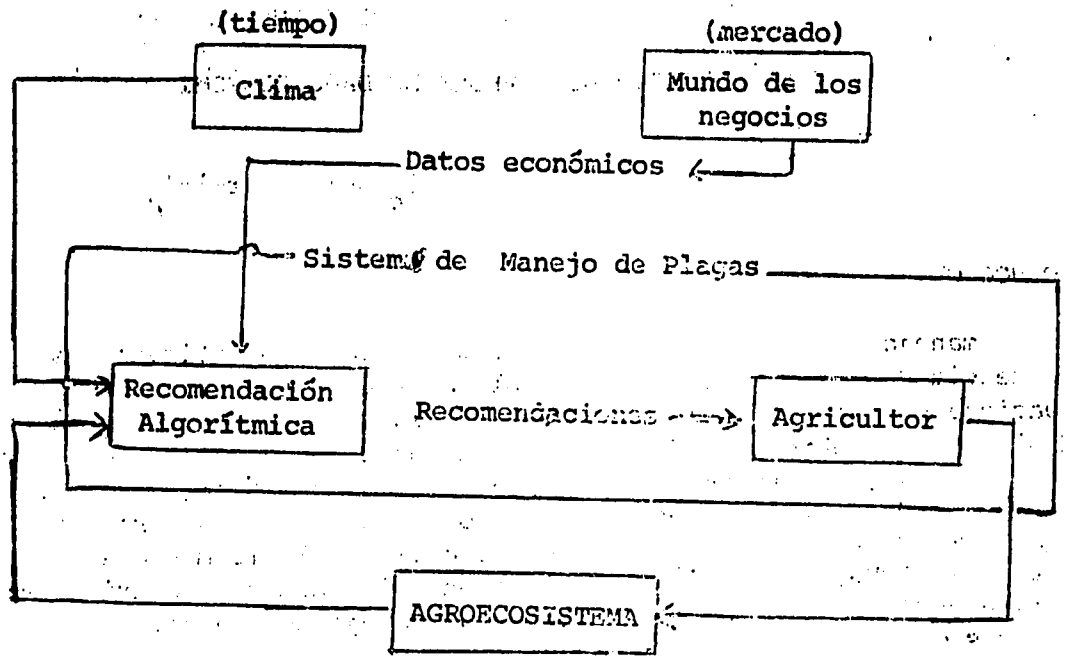


Figura 1. Representación diagramatica de un sistema de manejo de plagas en ejecución (Ruesink, 1975).

González (1970) coloca al muestreo en una posición análoga a los elementos inferiores de la construcción de un edificio. Los procedimientos confiables de muestreo hacen posible la determinación de los niveles de daño económico y la mortalidad natural en el sistema (Figura 2.)

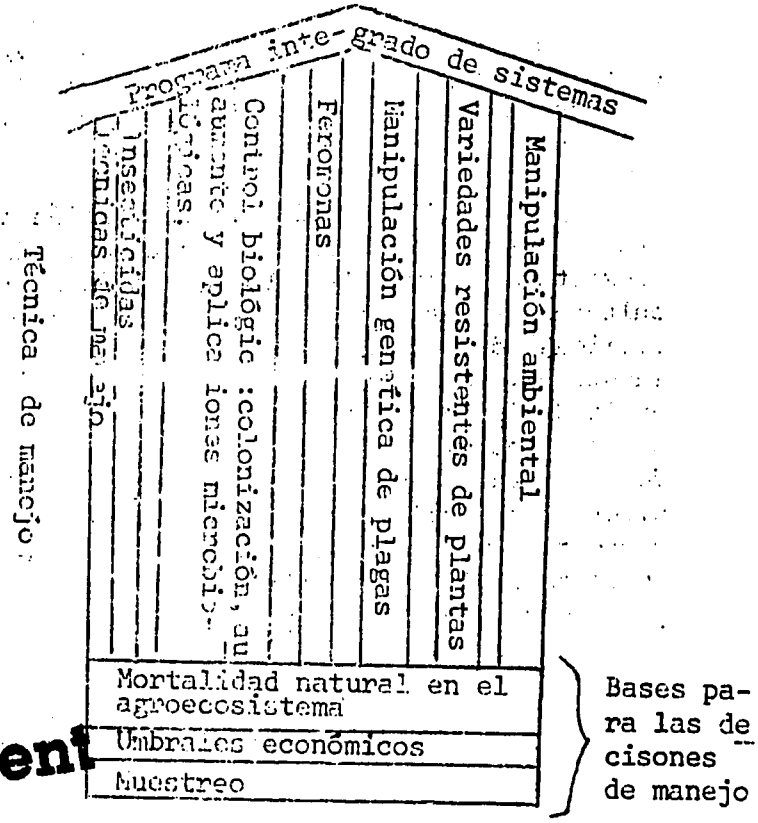


Figura 2. Un diagrama esquemático que describe el desarrollo de un programa de manejo de plagas análogo a la construcción de una casa (González, 1970)

Best Available Document

DEFINICIONES

Muchas de las definiciones que se ofrecen a continuación han sido tomadas de un artículo de Kogan (1976 a).

Daño de planta. Perjuicio ocasionado a la planta (para nuestros propósitos, causado por insectos directa o indirectamente) que puede resultar o no en pérdida de la cosecha.

Pérdida de cosecha. Reducción en la calidad o cantidad del producto cosechado, debido, para nuestros propósitos, directa o indirectamente al daño causado a la planta por el insecto.

Status de plaga. Los insectos herbívoros (consumidores primarios) caen dentro de tres categorías de plagas, dependiendo sobre todo de la cantidad de pérdida en la cosecha que ellos causan y del costo para evitar tales pérdidas: plagas claves, plagas ocasionales y plagas potenciales.

Plagas claves. Aquellos insectos que son plagas de ocurrencia permanente, persistente y severa. Estas especies dominan las prácticas del control químico.

Plagas ocasionales. Aquellos insectos que fluctúan en el status de plaga en tiempo y espacio; las poblaciones son generalmente mantenidas bajo los niveles de daño mediante el control biológico y cultural; estos controles son alterados de vez en cuando.

Planes potenciales. Aquellos insectos, que en condiciones normales no causan una pérdida significativa en la cosecha, pero cuyas poblaciones podrían superar los nivele de daño económico debido a las perturbaciones provocadas por los plaguicidas químicos, dirigidos contra las plagas claves u ocasionales. Estas sustancias químicas pueden causar una muerte masiva a los agentes del control biológico que mantenían las poblaciones de las plagas potenciales por debajo de los niveles suficientes para causar pérdidas en la cosecha.

Plagas indirectas. Plagas insectiles que afectan partes de la planta que no son el producto de la cosecha, tales como los defoliadores que atacan las hojas de la soya.

Plagas directas. Plagas insectiles que afectan partes de la planta que constituyen el producto de la cosecha, tales como los chinches picadores que se alimentan de las semillas de la soya.

Plagas objetivo. Insectos plagas que son considerados aisladamente para el muestreo o tratamiento, a menudo coincide con la plaga clave.

Nivel de daño económico. La densidad de la población de la plaga que causaría suficiente pérdida en la cosecha como para hacer su control económicamente deseable. Debajo de éste, el costo del control excede

el valor de la porción de la cosecha protegida del daño, y el resultado neto es una pérdida financiera. Por encima de este punto, el valor de la porción protegida de la cosecha excede el costo del combate, con un resultado económicamente positivo. El nivel del daño económico varía con el tiempo y lugar durante la estación y es sensible al "clima", a las prácticas agronómicas, y a las condiciones laborales del mercado (NAS, 1969).

Umbral económico. Es la densidad a la cual deben de iniciarse las medidas de control a fin de evitar el incremento de la población de la plaga que alcance el nivel de daño económico. El umbral económico es menor que el nivel de daño económico con el objeto de contar con suficiente tiempo para la iniciación de las medidas de combate y para que estas medidas tengan efecto antes de que la población alcance el nivel de daño económico (Stern *et al.* 1959).

RELACION ENTRE LA DENSIDAD DE LA POBLACION PLAGA, EL DAÑO A LA PLANTA, LA REDUCCION DEL RENDIMIENTO Y EL NIVEL DE DAÑO ECONOMICO

El daño al cultivo causado por los artrópodos es una función de la densidad de la plaga, las características de alimentación o el comportamiento de oviposición de la especie de artrópodo, y las características biológicas de la planta. Cada uno de estos factores es diferencialmente afectado por el medio ambiente y otros factores bióticos, y la correlación entre los niveles de población y la reducción del rendimiento es frecuentemente difícil de establecer, aunque la evaluación práctica de las pérdidas de la cosecha es crítica en programas de manejo de plagas. Las principales razones para hacer evaluaciones de pérdidas de cosecha en el manejo de plagas son: (1) definir el status económico de una especie de plaga dada; (2) establecer el umbral económico y los niveles de daño económico; (3) estimar la efectividad de las medidas de control; y (4) evaluar la resistencia en variedades y líneas de plantas cultivadas (Ruesink y Kogan, 1975).

La correlación del nivel del daño con la pérdida de cosecha es generalmente más simple en plagas directas. El número de manzanas dañadas en un barril puede ser fácilmente convertido a porcentaje de daño y la consecuente pérdida en la cosecha. Se pueden establecer grados de daño para evaluar las pérdidas que resultan en fruta no comercializable, o fruta de reducida calidad pero aún comercializable. Las evaluaciones de pérdidas en cosecha por plagas indirectas son generalmente establecidas al comparar el rendimiento de dos grupos de plantas que crecen bajo condiciones casi uniformes, sometiéndose a un grupo al ataque por una densidad de la población del insecto conocida y al otro manteniendolo libre del ataque. Se obtienen diferentes niveles de ataque mediante la simulación de daño de densidades de poblaciones de insectos, infestaciones artificiales, el aislamiento de plantas en jaulas de campo, eliminación mecánica o química de las plagas y, más comúnmente, infestaciones naturales que usan parcelas testigo libres de insectos tratadas con insecticidas (Ruesink y Kogan, 1975; Kogan, 1975).

Uno de los componentes de un nivel de daño económico es la densidad de la población de la plaga y este puede generalmente ser medido en número de

especímenes de una población dada por unidad de habitat. Muchos cultivos pueden tolerar un gran grado de daño sin detectarse reducciones en la cosecha. Los estudios muestran que algunas variedades de yuca producen 40% más del follaje necesario y hay períodos cuando la planta puede soportar una defoliación severa, sin reducciones significativas en el rendimiento (Belloti y Schoonhoven, 1978).

Las pérdidas de cosecha y los consecuentes niveles de daño económico son también altos para la soya. Además, el nivel varía con el tiempo, en relación al desarrollo del cultivo. El umbral para *Nezzara viridula* (una plaga directa, que ataca la semilla de la soya) es de dos por metro de surco, pero sólo después que la vaina inicia su desarrollo (Kogan, 1976 b).

Kogan (1976 a) estableció una tendencia general para niveles de daño económico para defoliadores y comedores de vainas de soya (Figura 3). En este modelo usó dos poblaciones que se alimentaban de la hoja y una que se alimentaba de la vaina. Cuando los picos de poblaciones sobrepasan los umbrales calculados, se debe tomar una medida de control. Observe como cambia el nivel de daño económico de los defoliadores con el estado de desarrollo de la planta de soya. Una población que puede ser tolerada en un momento, puede no serlo en otro. Este tipo de información puede ser usada en un programa de manejo de plagas al sugerir que diferentes poblaciones dan lugar a niveles de umbrales en diferentes estados de crecimiento. Por conveniencia, estos niveles pueden ser divididos en unidades discretas tal como lo ha demostrado Kogan para soya en un trabajo no publicado (Figura 3).

En algunos sistemas de manejo de plagas, una combinación de la densidad de población y el grado de daño se usan para evaluar la necesidad de una acción de combate. Un grado de daño relativamente alto (p. e. defoliador) no justifica la aplicación de un insecticida si la larva que causa el daño ya ha muerto, o se está muriendo, debido a entomopatógenos. Sólo cuando una población es alta (o está sobre el tope) y el daño ha alcanzado un estado económico se deben iniciar las acciones de combate. Por ejemplo, el nivel económico de daño para *Anticarsia gemmatilis*, un lepidóptero defoliador, es de 20 larvas de 1,5 cm de largo o más por metro de surco más 30% de defoliación entre la emergencia y la floración, 15% de defoliación entre la floración y el llenado de la vaina y 30% de defoliación entre el llenado de la vaina y la madurez del cultivo (Kogan *et al.* 1977).

Los niveles de daño económico, una vez establecidos, orientan a los agricultores en el proceso de la toma de decisión: ¿debo o no debo tomar una acción? La decisión, como hemos visto, depende de una estimación de la densidad de la población en el campo, y en algunos casos, de la cantidad de daño que la población está ocasionando. Por lo tanto, es imperativo el estar capacitado para evaluar precisa y rápidamente los niveles de las poblaciones en el campo.

Es importante reconocer algunos de los problemas asociados con el nivel de daño económico. Glass (1975) afirmó que: "Los problemas y la complejidad de establecer los niveles de daño económico son extremadamente difíciles cuando un cultivo es atacado por un complejo de plagas, especialmente cuando

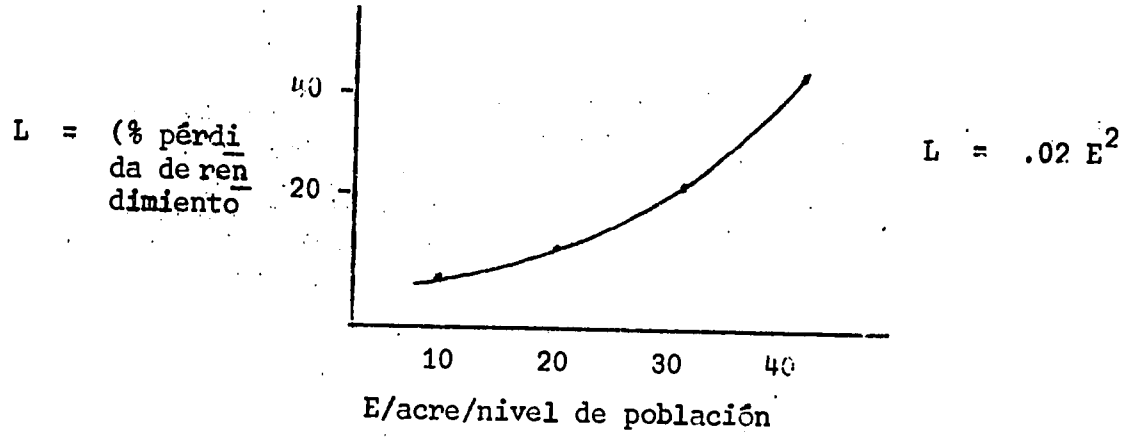
$$L = .02\ E^2 \qquad (1)$$

donde:

L = % de pérdida del rendimiento causado por la población de la plaga;

E = nivel de población de la plaga.

A continuación se presenta un gráfico de esta relación:



El ingreso esperado cuando el cultivo no sufre ataque de plagas es el producto del precio que se espera recibir por la cosecha en $/bu (P) y el rendimiento esperado en bu/acre cuando las plagas no causan perdidas (Y), o py. Así, la posible pérdida causada por un cierto nivel de población de la plaga (E) es PYL/100, en $/acre.

Puesto que el nivel de daño económico se define como la población de la plaga que, si no se controla, causaría pérdidas exactamente iguales al costo de control en $/acre (C), podemos formular esta relación:

$$\frac{PYL}{100} = C \qquad (2)$$

Ahora podemos sustituir en la ecuación (2) el valor de L que tenemos en la ecuación (1) y despejar la E (nivel de población de la plaga):

$$.02PYE^2 = 100\ C$$

$$E^2 = \frac{5000\ C}{PY}$$

$$E = \sqrt{\frac{5000\ C}{PY}} \qquad (3)$$

Si suponemos que C = $5/acre, P = $2/bu, y Y = 125 by/acre, encontraríamos que el nivel de daño económico es:

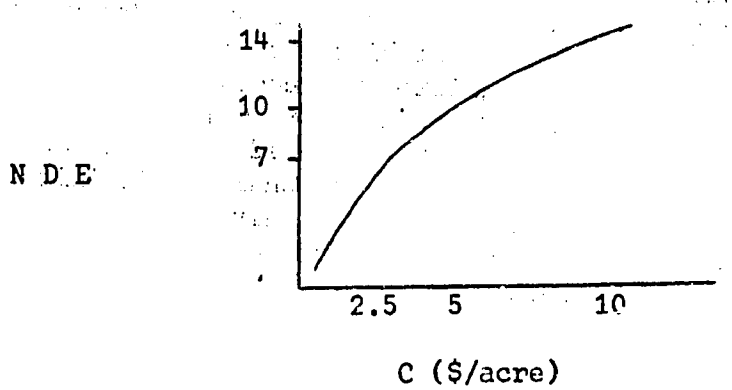
$$E = \sqrt{\frac{5000(5)}{(2)(125)}}$$

$$E = \sqrt{100}$$

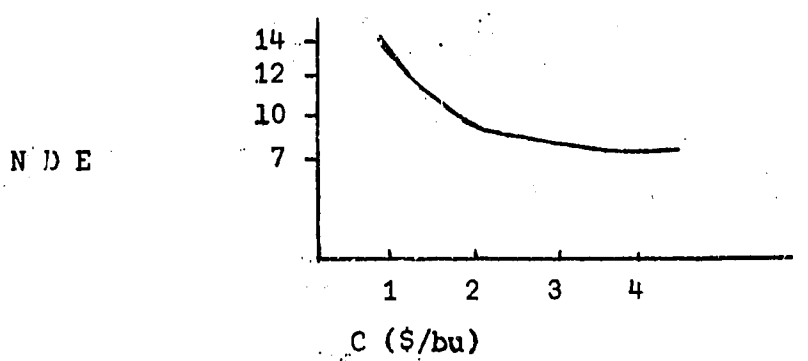
$$E = 10$$

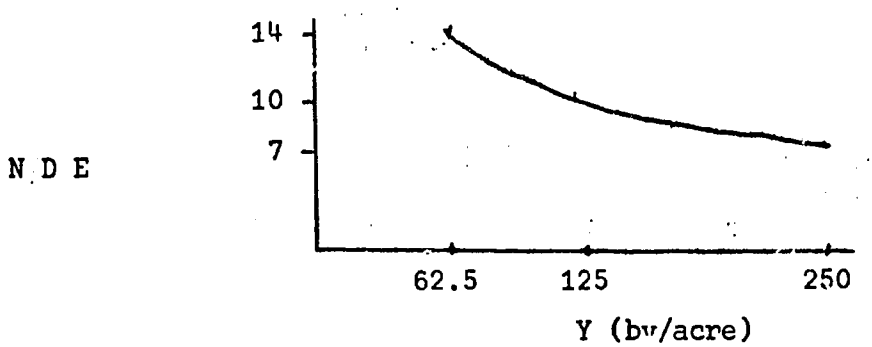
Las unidades de E dependen del método de muestreo para obtener la relación inicial de pérdida de rendimiento. Podría definirse como número de larvas por metro de surco, adultos por planta, o en alguna otra unidad de medida.

El costo del tratamiento para combatir la plaga (C) afecta el nivel de daño económico (NDE), de acuerdo con el siguiente gráfico:



El precio de la cosecha (P) y del rendimiento esperado (Y) también influyen sobre el nivel de daño económico (NDE):





algunos de ellos pueden ser importantes vectores de patógenos de plantas. Cuando un cultivo es atacado por tal complejo, los agricultores se encuentran lógicamente confundidos por las recomendaciones basadas en los umbrales económicos para una sola especie de plaga. Los agricultores a menudo preguntan ¿qué se debería hacer cuando el cultivo es afectado por las especies a, b y c ninguna de las cuales ha alcanzado el umbral económico, pero cada una puede alcanzar la mitad o los 3/4 de él? ¿Son los efectos de las infestaciones múltiples aditivos, sinergísticos o antagónicos? Estas preguntas son básicas para el desarrollo de un sistema efectivo de manejo integrado de plagas y aún ellas han recibido muy poca atención. Por lo tanto, la técnica experimental establecida exigida para la investigación sobre umbrales económicos para complejos de plagas no ha sido desarrollada. Es necesario realizar un importante esfuerzo en la investigación para llenar los vacíos de nuestro conocimiento".

Glass (1975) posteriormente afirma que, "la complejidad involucrada en el establecimiento de umbrales económicos es tan grande que muchos investigadores se ven tentados a desistir y perder las esperanzas. Otros creen que hasta que los umbrales económicos sean establecidos con la más rigurosa precisión y con el más minucioso detalle, éstos no pueden ser usados efectivamente en un manejo integrado de plagas. Sin embargo, la evidencia práctica de la experiencia previa y las observaciones repetidas pueden ser útiles en el establecimiento de umbrales económicos provisionales. El éxito de programas de manejo de plagas puede ser desarrollado alrededor de tales observaciones primarias; los umbrales pueden ser luego refinados en la medida que se dispone de información adicional).

Conversión de umbrales de pérdida de rendimiento a niveles de daño económico

Es difícil realizar la conversión de pérdidas de rendimiento ocasionadas por plagas clave a niveles de daño económico. La confiabilidad de tal conversión descansa en gran parte sobre la confiabilidad del muestreo o del control, la confiabilidad de las estimaciones que se hagan de las pérdidas de rendimiento causadas por organismos claves en diversas etapas del crecimiento del cultivo, y sobre la confiabilidad de la información sobre costos de producción, costos de control de plagas claves, predicciones de rendimiento, y precio de venta de la cosecha. Dicha conversión debe también tomar en cuenta factores tales como la eficiencia del tratamiento y la influencia del tiempo.

Para presentarlo más simplemente, tratemos de calcular teóricamente un nivel de daño económico causado por una plaga de algún cultivo, tomando en cuenta únicamente las pérdidas de rendimiento causadas por una población de la plaga.

Supongamos que ya hemos establecido la relación entre el porcentaje de pérdida de rendimiento causado por la plaga y diversos niveles de la población de la plaga. Digamos que esta relación puede expresarse como sigue:

Lo más importante en el establecimiento de niveles de daño económico es contar con datos confiables que relacionen las pérdidas de rendimientos con el tamaño de la población en diferentes etapas de crecimiento, y esto depende bastante de métodos confiables de muestreo absoluto o relativo.

LITERATURA CITADA

1. BELLOTI, A. y A. VAN SCHOONHOVEN. 1978. Mite and insect pests of cassava. Ann. Rev. Entomol. 23:39-67.

2. GLASS, E. H. (Coordinator). 1975. Integrated pest management: Rationale, potential, needs and implementation. Entomol. Soc. Amer. Spec. Publ. 75-2. 141 pp.

3. GONZALEZ, D. 1970. Sampling as a basis for pest management strategies. Pages 83-101 in Tall Timbers conference on ecological animal control by habitat management.

4. KOGAN, M. 1975. Soybean insect damage thresholds. Pages 54-59 in Twenty-seventh Illinois custom spray operators training school. Illinois Agr. Coop. Ext. Ser., Illinois Natur. Hist. Surv., Urbana, Illinois.

5. _____. 176 a. Evaluation of economic injury levels for soybean insect pests. Pages 515-533 in L. D. Hill (Ed.). World soybean research. Proceedings at the World soybean research conference. Interstate, Danville, Illinois.

6. _____. 1976 b. Soybean disease and insect pest management. Pages 114-21 in R. M. Goodman (Ed.). Expanding the use of soybeans -- a conference for Asia and Oceania. Chiang Mai, Thailand. Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, INTSOY Publ. No. 10. 261 pp.

7. _____, S. G. Turnipseed, M. SHEPARD, E. S. DE OLIVEIRA, y A. BORGO. 1977. Pilot insect pest management program for soybean in southern Brazil. J. Econ. Entomol. 70:659-663.

8. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1969. Insect-pest management and control. Vol. 3 of principles of plant and animal pest control. National Acad. Sci. Publ. 1695. 508 pp.

9. RUESINK, W. G. 1975. Systems analysis and modeling in pest management. Pages 353-376 in R. L. Metcalf and W. H. Luckmann (Eds.) Introduction to insect pest management. Wiley, New York. 587 pp.

10. RUESINK, W. G. y M. KOGAN. 1975. The quantitative basis of pest management: Sampling and measuring. Pages 309-351 in R. L. Metcalf and W. H. Luckmann (Eds.). Introduction to insect pest management. Wiley, New York. 587 pp.

11. STERN, V. M., R.F. SMITH, R. VAN DEN BOSCH, y K. S. HAGEN. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29:81-101.

MUESTREO - UTILICE LA INFORMACION QUE LE DA LA PLANTA

Notas preliminares

A. P. Gutiérrez*

La preferencia por cierto tipo de hospederos es un hecho bien aceptado. Se reconoce el hecho de que las plagas seleccionan ciertas especies para sus ataques; nos damos cuenta que algunas especies prefieren ciertas edades de sus hospederos; los predatores mayores prefieren víctimas grandes y no pequeñas, aunque hay excepciones (por ejemlo, las ballenas prefieren comer plancton).

Igualmente, una especie puede preferir ciertos microhabitas a otros; la selección puede estar definida por el microclima o por aspectos nutricionales. Por ejemplo, vemos que los ácaros de la familia Cetrachidae (*spider mites*) se encuentran más comúnmente en ciertos estratos de la planta en cada etapa evolutiva del desarrollo de las plantas, y que la preferencia cambia con el tiempo (Fig. 1).

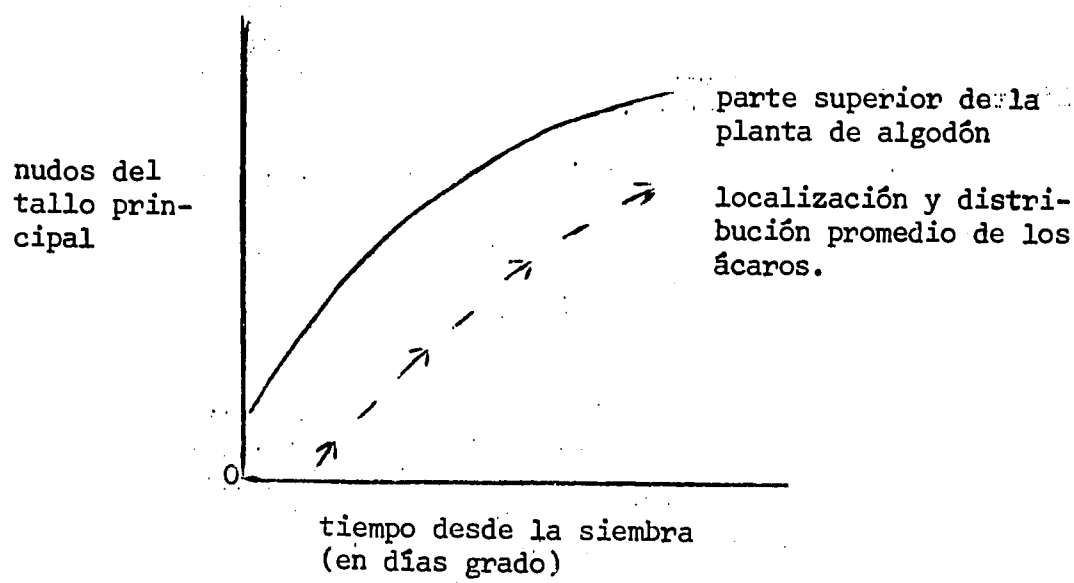


Figura 1. Distribución de ácaros de la familia Tetrachidae en el algodón.

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

En el caso anterior, los ácaros buscan un lugar de la planta en el que su potencial de reproducción sea máximo.

Se sabe también que la distribución de varias otras especies cambia de manera similar. Por ejemplo, los huevos de *Trichoplusia ni* muestran una distribución similar dentro de la planta y se encuentran en el cuarto superior, mientras que los huevos de *Spodoptera exigua* se encuentran más en la mitad inferior de la planta. Más aún, los huevos en diferentes etapas pueden tener distribuciones distintas a las de las larvas, que se mueven en respuesta a la disponibilidad y preferencia de alimentos. Estos fenómenos son específicos para algodón, aunque, sin embargo, tales nociones pueden aplicarse a todas las plantas y sus plagas, pero hace falta descubrirlas.

Nuestro propósito es simplificar la estrategia de muestreo. Por ejemplo, si ignoramos detalles relativos a la biología y la distribución de la plaga en la planta, creamos más trabajo para nosotros mismos y, por otro lado, nuestras muestras son menos exactas. En nuestro ejemplo del ácaro, si para evaluar la población tomáramos muestras de hojas al azar, introduciríamos errores de muestreo graves porque incluiríamos muestras de lugares en donde los ácaros están normalmente y muestras de lugares en donde no se les encuentra. Este problema debe evitarse al máximo. Para obtener la mejor muestra, determinaríamos cuál es la posición promedia de la población de ácaros en el tiempo, y esto lo haríamos definiendo alguna función de nuestros datos de la Figura 1 y utilizando alguna medida de la variancia de los datos para delimitar el área de muestreo.

y = promedio de la población de ácaros = f(tiempo)

Sin embargo, la zona real de muestreo podría ser:

$$\alpha(\text{tiempo}) \pm \gamma S, \quad 0 \leq \gamma \leq 2$$

En donde γ es una medida de una función de distribución normal de una cola y S es la desviación estandar. Estos detalles pueden consultarse en la mayoría de los libros de estadística. Si $\alpha = 2$, significaría que muestrearíamos de dos desviaciones estandar hacia cualquier lado de la posición promedia. Haciendo esto habremos eliminado el error debido al muestreo en lugares incorrectos.

Podemos ganar detalles adicionales examinando el patrón de crecimiento de la planta. Esta puede visualizarse(como se muestra en la figura 2).

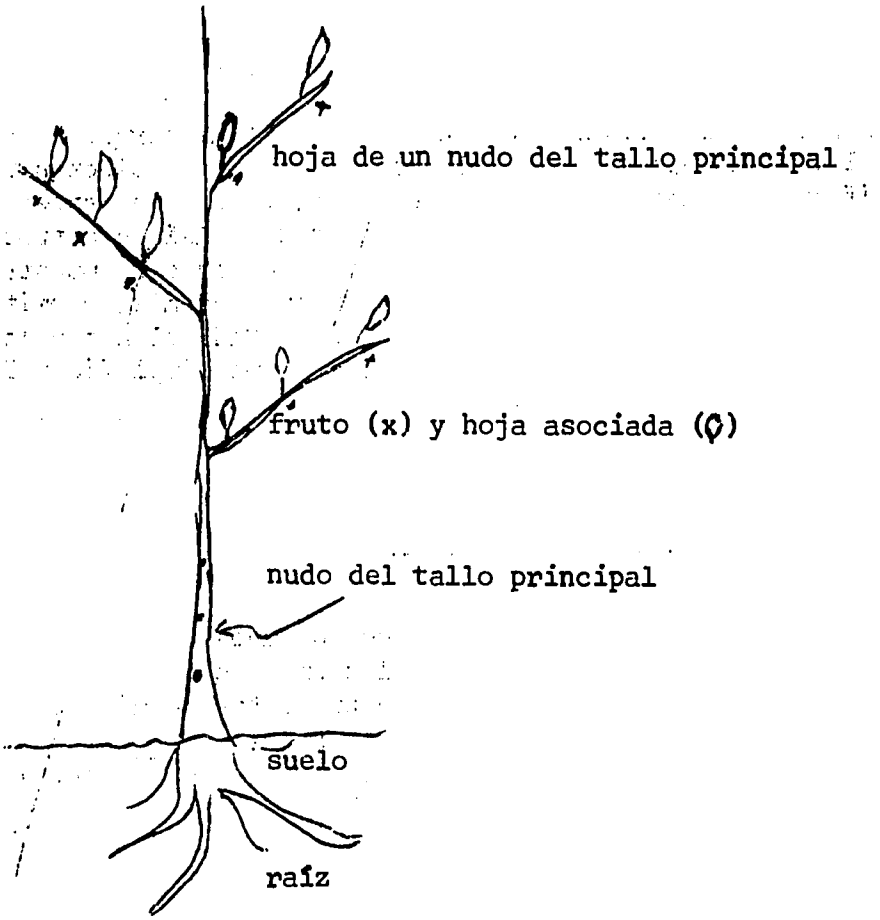


Figura 2. Crecimiento de una planta de algodón sin ramas secundarias.

Una muestra del área foliar de las hojas de los nudos del tallo principal (HNTP) comparada con el área foliar total, tomada en diferentes épocas, muestra la correlación que existe.

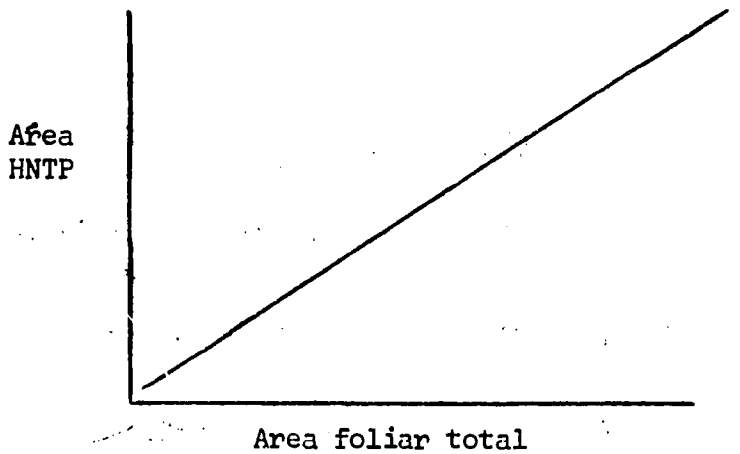


Figura 3. Correlación del área foliar de las hojas de los nudos del tallo principal con el área foliar total.

Una muestra del número de ácaros (o el porcentaje) comparada con el número total de hojas da un patrón similar. Como se ve, el conocimiento biológico podría simplificar nuestro problema porque no sólo se colecta en las áreas apropiadas de la planta sino que colectando el HNTP se uniformizan las unidades de muestreo, y de esta manera se puede estimar poblaciones de la planta como un todo. Así, nosotros usamos el conocimiento biológico para desarrollar métodos de muestreo que son más exactos y tienen sentido biológico y que, además, permiten estimar poblaciones de las plantas como un todo. Cada planta y cada plaga tiene atributos análogos que pueden servir para simplificar los métodos de muestreo.

Estimación de la exactitud de nuestra muestra.

Todos hemos oído hablar de los métodos de muestreo secuenciales, pero muy a menudo es complicado utilizarlos en el campo; estos deben aplicarse cuando sea posible. Aquí voy a presentar un método más simple llamado Método de Regresión Iwao (véase Byerly et al. 1978, Hilgardia 48(8):257-282). Lloyd (1967) introdujo la noción de agregación promedia (M*) que es un índice de agregación.

$$M^* = M + \gamma^2/M - 1$$

Donde M es el promedio de población real pero desconocido y γ^2 es su variancia.
El índice M* y todos los parámetros γ^2 y M) pueden estimarse de datos de campo.

$$X^* = \overline{X} + S/\overline{X} - 1$$

La distribución de la población entre las unidades de muestreo puede inferirse de la muestra de X* x $\overline{X}$ para cada período de muestreo y la regresión resultante es

La regresión puede ser interpretada así:

α
- = 0 La unidad poblacional de dispersión es el individuo
- > 0 La unidad poblacional de dispersión es $\alpha + 1$

β
- < 1 La población está subdispersada, tendiendo a ser uniforme.
- = 1 La población está distribuída al azar.
- > 1 La población está agregada.

Se ve, entonces, que podemos estimar las unidades de dispersión (α) y también su forma (β). La exactitud de la muestra puede determinarse de los datos que ofrece la siguiente fórmula (Iwao y Kuno (1968).

$$N = (t^2/D^2) \; ((\alpha + 1)/\bar{X} + \beta - 1)$$

en donde N es el número de muestras que se requiere para obtener la exactitud D expresada como una fracción del promedio, α y β son los parámetros definidos antes, y t es la t de student que da la frecuencia con la que una muestra de tamaño n dará una estimación de precisión D o mejor (ejemplo: si t = 1, la frecuencia es 0.67).

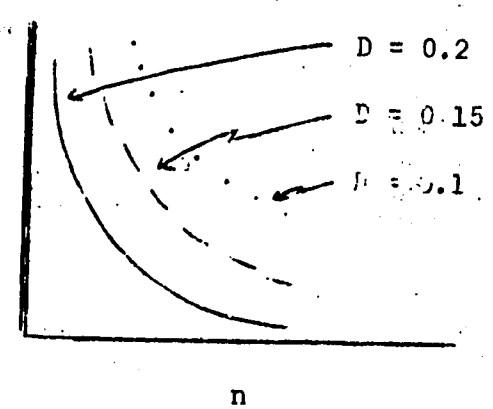


Figura 4. Una parcela del promedio de muestras sobre el número de muestras (n) requerido para alcanzar una precisión D.

Por lo tanto, vemos que a mayor grado de exactitud ($D \rightarrow 0$) mayor es el número de muestras requerido ($n \rightarrow \infty$). En la práctica D = 0.2 es usualmente satisfactorio, pero sucede que se desea mayor o menor grado de exactitud, en caso de que sea fácil tomar las muestras.

Las muestras que uno toma son arbitrarias y reflejan algo que queremos medir. Es de desear que reflejen algún atributo biológico útil. Los mismos métodos se aplican tanto a las muestras tomadas entre plantas y dentro de plantas- sólo cambia la distribución de los parámetros- como a las interpretaciones respectivas.

PLAGAS DE VERTEBRADOS Y LA AGRICULTURA EN AMERICA LATINA

G. Clay Mitchell*

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la humanidad es la producción de alimentos en cantidad suficiente para satisfacer el rápido crecimiento de la población. En muchos países la diferencia entre la población y los alimentos disponibles es extensa y aguda. Esto es cierto en América Latina a pesar de que una gran parte de la población (42%) se ocupa en la agricultura.

Además del déficit de producción, una gran cantidad de los alimentos y fibras que se producen se pierden por la destrucción o contaminación causada por las plagas y organismos. Casi toda la información publicada acerca de la pérdida de alimentos está enfocada a los micro-organismos o artropodos y solo se menciona a las plagas de vertebrados; pero los vertebrados tienen un impacto significativo en la producción agrícola aún cuando la cuantificación de la magnitud de este impacto es escasa y casi no existe en América Latina.

Los daños causados por los vertebrados a la agricultura implica una variedad de cultivos y de especies animales (principalmente ratas y aves). Las pérdidas directas causadas por los vertebrados ocurren durante el desarrollo de la cosecha y bajo las condiciones de almacenamiento después de la cosecha. Algunos daños pueden ser mecánicos, como cuando las cosechas son pisoteadas o removidas por animales que cavan la tierra en busca de insectos o cualquier otro alimento. Las pérdidas pueden alterar el valor alimenticio, como resultado por la contaminación de los alimentos con orina, heces, plumas o cabellos. Las pérdidas indirectas pueden ser causadas por los animales que hacen sus madrigueras en las represas o diques afectando la irrigación o causando el colapso total de éstas.

Algunas especies de las ratas pueden reducir el potencial de reforestación en forma significativa. Las aves, que suman a veces millones, pueden diesmar los campos de cultivo de semillas. Tienen gran importancia también las enfermedades que causan y que atacan al hombre o a los animales domésticos.

Métodos de control de vertebrados

La principal dificultad en el desarrollo de la tecnología para el control del daño causado por vertebrados en muchos países e intento de llevar el trabajo de laboratorio o de otras localidades geográficas directamente al campo en donde diferentes especies, cosechas y factores ambientales están involucrados. En el caso de las ratas, la mayor investigación y evaluación realizados para el desarrollo de métodos de control han sido

* Denver Wildlife Research Center. Denver, Colorado. USA.

dirigidos hacia el problema de las ratas en ciudades y poblaciones de clima templado en donde la plaga principal es la de *Rattus norvegicus*. Casi todos los esfuerzos del sector privado para desarrollar productos y sustancias químicas para el control de las ratas se han enfocado a este mercado. La transferencia de las técnicas de control de ratas de las localidades urbanas templadas en donde fueron desarrolladas a las áreas del trópico no ha sido efectivo.

El problema de los daños causados por las aves en América Latina es similar al problema encontrado en los Estados Unidos, involucrando los mismos tipos de cosechas y aves. y aún, las mismas especies en el caso de algunas aves migratorias. En estos casos, la transferencia de la tecnología directamente de un área a otra puede resultar más positiva. De hecho, recientes experimentos de campo realizadas por biólogos del DWRC en las localidades con daños de aves en América Latina y en algunos otros lugares dan crédito a esta hipótesis.

Actividades Internacionales del Denver Wildlife Research Center para el Control de Vertebrados

Durante los últimos años, el personal del Denver Wildlife Research Center (DWRC), bajo un contrato con AID ha estudiado los problemas para el control de plagas de vertebrados en los países desarrollados. Este trabajo ha demostrado que se pueden desarrollar soluciones prácticas para los problemas causados por las plagas. La mayor investigación sobre problemas de las ratas se ha realizado en el sudeste de Asia y está concentrada en un proyecto del Centro Nacional de Protección de Cosechas en las Filipinas, el cual desarrolló un medio efectivo para reducir el daño causado por la rata en los arrozales manteniendo cebos tratados con rodenticidas de acción prolongada. En áreas en donde el daño de las ratas era un factor importante que limitaba las ganancias del arroz, los experimentos de campo mostraron que la producción se duplicó cuando el programa de cebos tratados se utilizó en comparación con los métodos tradicionales de control. Los trabajos se resumen en los experimentos de campo que fueron llevados a cabo en pequeñas granjas "tratadas" con el método de cebos y granjas "sin tratar" en las que los agricultores llevaron a cabo actividades comunes de control sin interferencia alguna. En 1975, el Programa de Producción Nacional de Arroz de Filipinas MASAGANA 99 -- un programa de crédito para pequeños agricultores que abarca 500,000 hectáreas-- aprobó el establecimiento del programa de cebos tratados. Las pérdidas anuales de los pequeños agricultores promediaron un 5 por ciento. Los primeros resultados obtenidos indican que el método de cebos contínuos puede reducir las pérdidas a menos del 1 por ciento en la mayoría de las locales, lo que significa aproximadamente unos 70 millones para los agricultores.

Una plaga única en América Latina, que ha sido durante mucho tiempo fuente de pérdidas económicas y de trabajo para los productores de ganado en la región, es la de los murciélagos vampiros. La trasmisión de la

rabia paralítica (derriengue), la pérdida de sangre, la reducción en producción y otros factores hacen de este un problema de muchos millones de dólares. La investigación inicial sobre este problema se realizó en 1968, en una estación en México en cooperación con la Secretaría de Agricultura y el laboratorio de Denver. Dos métodos altamente eficaces, seguros y económicos, para el control de los vampiros fueron desarrollados y desde entonces se han adoptado y utilizado en una basta región de América Latina. Doce de los 19 países afectados por el problema de los vampiros han establecido programas de control basados en esta tecnología. Uno de los más amplios programas de control de vampiros y el más efectivo es el del Ministro de Agricultura de Nicaragua que se inició en enero de 1974. Desde el inicio del programa hasta finales de diciembre de 1977, se examinaron 270, 665 cabezas de ganado y se registraron 123,297 mordeduras frescas de vampiro. Durante este período se trataron intraruminalmente 148,142 cabezas de ganado y 2,696 vampiros recibieron el tratamiento tópico. Las observaciones 30 días después de aplicado el tratamiento mostraron una reducción del 91 por ciento en las mordeduras de vampiro en el ganado.

El programa de control de vampiros en Nicaragua estuvo activo de 1974 a 1977. Recientemente una universidad de los Estados Unidos realizó un estudio sobre los beneficios socio-económicos de este trabajo. El programa de control de vampiros tuvo un costo de US$130,000 anuales para el Ministerio de Agricultura. Los beneficios obtenidos, se valúan en 2,400,000 dólares anuales. Por cada dólar invertido en el programa de control se obtuvo una recuperación de 19 dólares.

En Colombia se inició un programa en cooperación con el Instituto Colombiano Agropecuario. La investigación enfocada al problema de los daños causados por las ratas a la cosecha de cocos mostró que los daños alcanzaban un 75 por ciento en el área donde los cocos eran la única producción agrícola. Un procedimiento de control desarrollado por el DWRC y los biólogos de Colombia redujo los daños en un 100 por ciento en los experimentos iniciales de campo.

El control del daño causado por las aves se ha limitado a experimentos de campo efectuados durante los cortos viajes de nuestros biólogos. Como se menciona anteriormente la posibilidad de transferir métodos desarrollados en los Estados Unidos para el control de los daños causados por las aves para tratar problemas similares en América Latina, con la misma clase de cosechas o aves parecidas, parece ser mucho más probable que en el caso de las ratas. Los resultados obtenidos en los estudios en América Latina indican que las sustancias químicas utilizadas con éxito en los Estados Unidos tienen un potencial similar en América Latina.

Una aspersión de Avitrol al 8 por ciento (4-aminopyridina) sobre las mazorcas fue capaz de permitir un período de protección adecuada contra el daño causado por las cotorras (y los mirlos) en los campos de maíz en Uruguay. Otro producto químico muy prometedor es el metiocarbo (4-(metilthio) 3,5-xylyl N-methylcarbamato). El metiocarbo ha demostrado ser un repelente seguro y eficaz para muchas especies distintas de aves cuando se aplica sobre las cosechas en proporciones tan pequeñas como de 1 libra por acre. Ya que la producción de cereales en los Estados Unidos está limitada a una

estación corta, el tiempo disponible para investigación de campo también es limitado. En las áreas tropicales de América Latina muchas de las mismas cosechas maduran casi todos los meses del año, permitiendo por esta razón períodos substancialmente largos para efectuar evaluaciones de campo y en consecuencia acortando el tiempo necesario para el desarrollo de procedimientos de control eficaces.

Parte central de América

Una de las principales plagas de A.Central es la rata del algodón (*Sigmodon hispidus*) que habita desde el sudoeste de los Estados Unidos, a través de México y América Central, hasta el norte de Colombia. Esta sección se dedicará a las pérdidas por las ratas del algodón, con excepción de Guatemala. Otras plagas de esepecies identificadas incluyen *Rattus rattus*, *Zygodontomys microtinus* y *Orthogeomys grandis*.

Belice

El daño es causado a los sitemas de riego en las áreas arroceras, por perforaciones en los diques. Se estima que el *Sigmodon* consume el 7 por ciento de la cosecha de arroz, los métodos comprenden el uso de gas, trampas y cebos con compuestos mercuriales.

Honduras

El *Sigmodon* consume entre el 10 y el 50 por ciento de la cosecha total del maíz. En 1973, el personal del Ministerio de Recursos Naturales de Honduras y el Denver Wildlife Research Center realizaron un estudio de los daños en el Valle del Bajo Aguan cerca de Choluteca. El 26 por ciento de la cosecha del maíz se perdió a causa de la rata del algodón. Las medidas de control incluyen la colocación de cebos con warfarina, clorofacinona, difacinona, racumin y cebos conteniendo un extracto de hojas de árbol madreado (*Glyricidia spium*). Para el control en las plantaciones de palma de aceite se utilizan cilindros de alambre para proteger los árboles jóvenes.

Nicaragua

El daño del arroz es muy severo, la estimación de pérdidas anuales son hasta del 26.5 por ciento cuando las poblaciones de las ratas son altas. El cultivo del maíz y el problema de daños son muy similares en toda América Central. La estimación de daños en Nicaragua oscila entre el 20 y el 40 por ciento de la cosecha. Los intentos de control comprenden trampas, cebos con rodenticidas, la quema de rastrojo, remover la tierra de los campos

y de los diques y cuando ocurren las explosiones de población de las ratas se utiliza la aspersión aérea de pesticidas que incluyen el paration y el endrin.

Panamá

En la parte central de Panamá el arroz en zonas altas es una de las principales cosechas de los pequeños agricultores. El tamaño promedio de las fincas es de menos de 2 hectáreas y las ratas causan serios daños. Estas pérdidas representan un factor económico considerable para los agricultores cuya subsistencia es dependiente del éxito de su cosecha anual. Se han reportado pérdidas "mayores" durante los brotes de población como el ocurrido en 1966-1967, con pérdidas de hasta el 100 por ciento en algunos casos. El principal medio de control es utilizando cebos. El cebo recomendado es 1 parte de fosfuro de zinc, 90 partes de harina de maíz, 9 partes de harina de arroz y 5 partes de aceite comestible. El gobierno manufactura el cebo y proporciona instrucciones sobre su uso.

Guatemala

La principal plaga de vertebrados en las altiplanicies de Guatemala es la tuza gigante (*Orthogeomys grandis*) que es el más grande del mondo y que pesa un promedio de 1 kilo (2 libras). En Guatemala este roedor se encuentra desde el nivel del mar hasta los 3,000 metros de altitud.

Un proyecto del Ministerio de Agricultura en el altiplano es estimular a los agricultores a formar terrazas en las laderas para reducir la erosión. Las madrigueras de este tuza gigante debilitan el suelo y la tierra fértil se deslava aún en los casos en que hay terrazas.

El Ministerio de Agricultura estima que este tuza gigante consume el 10 por ciento de todo el maíz producido en las tierras altas.

Métodos de control

Los tramperos profesionales llamados "tuceros" reciben de los agricultores US$1.00 por cada animal muerto. La técnica es colocar trampas de resorte largo"Víctor"en la madriguera de las tuzas. Las trampas son caras ($2.25 cada una) y éste no es muy efectivo para atrapar las tuzas.

Aves en América Central

Varias especies de aves se pueden clasificar como plagas. Estas incluyen el perico, el mirlo y el mirlo americano, palomas y zopilote aceite.

Quisiera mencionar brevemente una especie que afecta a toda la América Central. Los Arroceros (*Spiza americana*) que emigra a través de América Central en la primavera y en el otoño. Esta ave hiberna en Colombia, Venezuela y la Guyana y veranea en la parte sur de los Estados Unidos. La mayor parte de la población pasa a través del Caribe cuando emigra, pero algunos pasan por la América Central.

Los Arroceros son un problema agudo para el arroz.

Los tipos de control practicados son los cazadores de aves, el uso de armas de fuego, cohetes, espanta pájaros y explosivos de carburo. Los estudios de campo preliminares en Nicaragua indican que los repelentes químicos tienen un potencial para reducir el daño causado a las cosechas, pero se necesita considerablemente mayor información.

Islas del Caribe

El área del Caribe es única en dos aspectos: (1) con excepción de los cocoteros, todas las cosechas agrícolas importantes son de reciente introducción y (2) las ratas responsables de los daños (*el Rattus rattus, Rattus norvegicus y Mus musculus*) se introducen de la misma manera. Hay información disponible de algunos países y/o islas en la región, que incluyen la República Dominicana, Jamaica, Barbados, Trinidad y Tobago, Santa Lucía, Dominica, Grenada y las Islas Cayman. Las principales cosechas afectadas son el cacao, la caña de azúcar, los cocoteros, el maíz, el camote, el plátano, el arroz, la yuca y el cacahuate. La importancia relativa de cada cosecha y la extensión del daño varía de lugar a lugar.

Se practican varios métodos de control y la organización y extensión de los programas organizados también son variables. Un intento de control biológico, como la introducción de la mangosta (*Herpestes spp.*) ha evolucionado hasta convertirse en un problema de plaga de vertebrados.

El más severo problema de aves en el Caribe es un ave tejedora (*Ploceus cucullatus*) introducida en la isla de Hispaniola. Los nombres comunes de este pájaro son Madame Sara, Madame Saga o Chichiguao. En 1976 se produjeron 4 millones de toneladas cúbicas de arroz en la República Dominicana y la producción estimada debió haber sido un 8 ó 10 por ciento mayor si Madame Saga no hubiera ocasionado pérdidas.

Madame Saga costó al sector agrícola entre 5.1 6.5 millones en 1976. Pérdidas similares se esperan en el arroz y pérdidas aún mayores en el sorgo de Haiti.

Consideraciones para el Futuro del Control de Plagas de Vertebrados en América Central y el Caribe

En este año el Denver Wildlife Research Center establecerá un centro

de control de plagas de vertebrados en Haiti, que servirá también al Caribe. Los principales esfuerzos estarán dirigidos a Hispaniola con actividades adicionales en Jamaica y Guyana. Para 1981 está propuesta la creación de un Centro Regional de Investigación para América Central.

Se asume que la tecnología desarrollada en otros países puede ser utilizada con éxito en Hispaniola. Por ejemplo, el éxito del programa de cebos en las Filipinas está apoyado en la prácticas de cultivo y del transplante a mano del arroz. Este tipo de producción arrocera asegura que la gente permanece constantemente en los campos durante la época del crecimiento. Al estar en los campos es más fácil visitar las estaciones de cebos cada semana para reponer el cebo consumido.

En Haití y la República Dominicana la mayoría del arroz es trasplantado a mano en una forma similar a como se hace en las Filipinas. Creemos que puede hacerse una transferencia directa de la tecnología desarrollada en las Filipinas a la Hispaniola.

EL USO Y EVALUACION DE DEPREDADORES Y PARASITOS EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN AGROECOSISTEMAS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES

Keith L. Andrews*

I. Introducción

II. Control biológico natural

III. Control biológico aplicado

a) Manipulación de enemigos naturales
b) Aumento de enemigos naturales
c) Importación y establecimiento de enemigos naturales exóticos

IV. Métodos de evaluación de la eficacia de enemigos naturales

V. Control biológico como un componente de programas de manejo integrado de plagas para pequeños agricultores en Centro América y el Caribe.

a) La importancia de control biológico para pequeños agricultores
b) La integración de control biológico con otras tácticas de control
c) El contexto socio-político-económico de control biológico

I. INTRODUCCION

El control biológico ha sido definido en muchas formas por diferentes autores. Para nuestra discusión restringida se incluye todo fenómeno en que los enemigos naturales, es decir, depredadores o parásitos que restringen tasas de crecimiento de población y densidades de población de otras especies animales. Esta definición excluye el control biológico de malas hierbas, de patógenos o de productos no deseables de plantas o animales (como por ejemplo, estiércol). Todas estas son áreas de importancia creciente de control biológico, las cuales no serán discutidas aquí.

El control biológico, cuando es definido más ampliamente por algunos autores (12), incluye resistencia fitogenética, control genético, control autocidal, control microbiológico, etc. Esta definición es considerada por muchos autores como tan amplia que el término control biológico pierde su significado.

* U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Research Center, Denver, Co. 80225 U.S.A.

El control biológico se divide en dos partes principales: 1) El control biológico natural que comprende la regulación de la población por enemigos naturales, que toma lugar sin involucrar al ser humano; puede o no tener consecuencias económicas directas. 2) El control biológico aplicado, en el cual la actividad humana siempre juega un papel y siempre existe una meta, ya sea científica o económica.

Las ventajas generales asociadas con el uso de depredadores y parásitos en el control de plagas son:

1) El control biológico no causa ninguna contaminación ambiental. Los enemigos naturales son partes naturales de cualquier ecosistema.

2) El control biológico nunca ha causado ningún problema para la salud humana. Es seguro.

3) Los enemigos naturales son específicos, ya sea, para unos pocos o para un grupo bien definido de hospederos o presas. El control biológico provee control específico.

4) La resistencia a enemigos naturales es rara y posiblemente no existe. El control biológico una vez establecido es permanente.

5) El control biológico usa muy poca o ninguna energía proveniente del petróleo o del carbón.

6) El control biológico en la mayoría de sus formas es auto-renovable y, por lo tanto, es barato de usar y permanente.

En la única referencia encontrada y dirigida al papel del control biológico dentro del contexto de las necesidades de los pequeños agricultores con recursos limitados del trópico, la organización de cooperación y desarrollo económico (14) dice: "En los cultivos alimenticios de pequeños agricultores, que no están expuestos a fuertes aplicaciones repetidas de plaguicidas sintéticos orgánicos, los enemigos naturales nativos juegan un papel importante en mantener poblaciones de especies potencialmente destructivas a niveles que permiten a los agricultores suficientes cosechas para satisfacer las necesidades básicas de su familia."

"Se debe poner mayor énfasis en la investigación para identificar parásitos, depredadores y patógenos nativos de plagas; demostrar completamente su potencial como agentes de control biológico; derivar el mejor beneficio posible de ellos, y eventualmente usarlos en otras áreas y en otros países. El enfoque de control biológico se debe ampliar para incluir investigaciones sobre plagas además de insectos y malas hierbas."

"...Existe una necesidad considerable de investigación sobre la identificación de nuevos enfoques, de mejoramiento de agentes de control natural ya conocidos, en cuanto a las técnicas mejores de multiplicación y aplicación... y sobre la rentabilidad de su uso en el manejo integrado de plagas."

II. CONTROL BIOLOGICO NATURAL

DeBach (13) escribió que no podemos sobreestimar el tremendo grado de control biológico que ocurre naturalmente en todos los agroecosistemas. Este control natural proporciona la mayor parte de la fundación sobre la cual debe construirse el manejo ecológico de las plagas. Sin esto, no podríamos producir cultivos de ninguna magnitud o calidad; con esto, nos podemos concentrar en las pocas especies problemáticas que por una u otra razón no se tienen bajo control biológico.

Cualquier entomólogo de Centro América o del Caribe que ha visto de cerca la fauna de insectos en cualquier agroecosistema sabe tres cosas: 1) la gran mayoría de especies de fitófagos presentes nunca son suficientemente abundantes como para causar daño económico; 2) una gran parte de la fauna consiste en especies de insectos benéficos, que en gran parte son responsables de lo dicho en 1); 3) que el control biológico es de enorme importancia ecológica y económica en los trópicos.

El control biológico que ocurre en forma natural debería estudiarse con varios propósitos en mente:

1) Determinar cuáles organismos benéficos están presentes y son importantes bajo las condiciones del actual agroecosistema. Los estudios sobre identidad, biología, ecología y eficacia de las diferentes especies presentes nos permiten determinar cuáles especies son indispensables y cuáles son inefectivas bajo las actuales condiciones agrícolas. Las razones para los brotes actuales de plagas pueden volverse aparentes cuando comprendemos que existen lagunas en el control biológico.

2) Proporcionar la información necesaria para intentos inteligentes de conservación. Basándonos en la evaluación del actual agroecosistema sabemos cuales enemigos naturales son indispensables para la estabilidad del agroecosistema y para una producción agrícola económica. Esto nos da la información necesaria para juzgar cual impacto, si existe alguno, proponga cambios en el agroecosistema. Podemos juzgar si un esquema propuesto de multicultivos o cambio varietal, o un nuevo programa de fertilización, etc., podría afectar las plagas si sabemos qué efecto tendría tal cambio sobre los agentes indispensables de control biológico presentes. Si tal cambio pudiera causar un impacto negativo en los enemigos naturales deberíamos estar en contra, desde el punto de vista entomológico. Si no tuviera un impacto negativo sobre los enemigos naturales, le podemos dar el sello entomológico de aprobación.

3) Proporcionar la información necesaria para manipular o aumentar los enemigos naturales. Tales estudios pueden mostrar por qué un enemigo natural potencialmente valioso no está proporcionando el control de que es capaz, y pueden proporcionar información que nos permita aumentar su efectividad.

Best Available Document

4) Proporcionar la información necesaria para un trabajo de control biológico clásico. El control biológico clásico involucra un movimiento de dos vías: la exportación e importación de enemigos naturales. Después de estudiar la fauna benéfica en detalle, se sabe cuáles especies están presentes y cuáles ausentes. Aquéllos que están ausentes y que han probado ser valiosos en otras partes del mundo pueden ser importados. Si ya están presentes, los intentos de importar cualquier especie de insectos benéficos será un desperdicio costoso de tiempo (excepto cuando una raza o subespecie diferente puede ser más efectiva). La información respecto a cuáles especies están presentes y son efectivas en la regulación de poblaciones de plagas, también probarán ser importantes para otros países que querrán importar los benéficos.

En resumen, el control biológico natural siempre existe y es efectivo hasta un grado menor o mayor en regular las poblaciones de insectos fitófagos. En la mayoría de situaciones, aún ante la ausencia de actividad humana, es suficiente mantener las plagas potenciales bajo control económico. Deberíamos conservar, proteger y estudiar en detalle este control biológico natural. El estudio de las formas de control biológico natural constituye la base para la utilización de las tres formas de control biológico aplicado que se discuten a continuación.

IIIa. MANIPULACION

Los enemigos naturales presentes en un agroecosistema frecuentemente no son efectivos para controlar su población de hospederos o presas. Esta situación no puede cambiarse en aquellas especies que son intrínsecamente inefectivas. Sin embargo, si después de realizar estudios el entomólogo determina que algún factor o factores presentes en el agroecosistema están limitando la efectividad de un enemigo natural potencialmente valioso, el procedimiento lógico es la manipulación del ambiente o de las especies de tal manera que se logre un control más efectivo.

El propósito de la manipulación es aumentar la efectividad de una población de insectos benéficos naturales sin criarlos, ni liberarlos. La crianza en masa y liberación de enemigos naturales se discutirá en la parte III b.

Además de aumentar la efectividad de los enemigos naturales ya establecidos, las técnicas de manipulación pueden ser importantes en los esfuerzos de control biológico clásico, donde la creación de un ambiente óptimo y hospitalario podría significar la diferencia entre el éxito o el fracaso de los intentos de establecimiento.

Las técnicas de manipulación de importancia actual o potencial en Centro América entran en varias categorías amplias, que se mencionan a continuación:

1. Proveer sitios de crianza o refugios. La presencia de muchos enemigos naturales está limitada por la disponibilidad de sitios de refugio o nidos. Muchos autores han recomendado que se provea de refugios artificiales a poblaciones indígenas de *Polistes* spp. El grupo de entomólogos que trabajan en yuca en el CIAT recomienda esta práctica para el control del gusano cachón (*Erynnis* sp.).(19). Ellos recomiendan ranchos que son sencillos y baratos de construir y procedimientos sobre el manejo de las avispas.

2. Proveer fuentes alimenticias alternas o suplementarias. Esta puede ser una manera efectiva de aumentar la longevidad, fecundidad y supervivencia de muchas espeies. También puede ser útil para prevenir la emigración de un área en la cual las presas naturales han disminuído en densidad. Un ejemplo clásico (18) es el referente al control biológico del saltahojas de la uva en California por el parásito *Anagrus epos*. Para asegurar que haya cantidades de parásitos residentes al inicio de la época, pequeñas áreas de *Mora* sp. deben sembrarse a la orilla de los viñedos. La especie de saltahojas sin importancia económica que se encuentra en *Mora* sp. permanece activa durante los meses de invierno y sirve como hospedero alterno, previniendo la disminución de las poblaciones de parásitos que generalmente ocurre cuando las poblaciones de saltahojas de uva entran en diapausa.

En los intentos para establecer *Telonomus remus* para controlar *Spodoptera frugiperda* en El Salvador, Cortés y Andrews proporcionaron un ambiente para la liberación que proporcionó alimento permanente para *S. frugiperda;* estaba localizado cerca de fuentes de sombra y néctar para el parásito (20).

Las oportunidades para aumentar la efectividad de los complejos de enemigos naturales en Centro América usando esta técnica están casi completamente sin investigar. Plantas encontradas en cercos, por ejemplo, pueden ser sembradas y manipuladas de tal manera que podrían proporcionar alimentos alternos (hospederos, presas o néctar) para los enemigos naturales.

Se ha recomendado que las liberaciones de plagas pueden a veces ser necesarias para proporcionar el alimento necesario para mantener el complejo de enemigos naturales cuando los niveles de población de hospederos son bajos. Tal sugerencia, aunque teóricamente sólida, no es práctica. Los medios ideales de mantener poblaciones de insectos benéficos intactas, en situaciones así es proporcionando hospederas alternas sin importancia económica, como en el caso ya mencionado de los saltahojas en uva.

Deberá notarse en este contexto que la práctica de mantener la presencia de insectos benéficos proporcionándoles alimentos en hospederas alternas puede estar en disparidad con la necesidad de eliminar hospederas alternas de la especie dañina. Por ejemplo, no sería razonable tratar de mantener los parásitos de *Contarinia sorghicola* mediante el cultivo de zacate Johnson (*Sorghum halipense*) cerca de siembras de sorgo de grano.

Una medida de manejo mucho más práctica sería eliminar el zacate y por lo tanto los parásitos como la plaga.

3. Modificación del microclima. Al cambiar el microclima, frecuentemente de manera sutil, puede ser posible proporcionar un ambiente mucho más benigno para la actividad del enemigo natural.

Hambleton (1944) y Willie (1951), citados en (19), informaron que en Perú la gran humedad asociada con mucho riego en algodón fue hostil para la actividad de un depredador clave de *Heliothis zea*. Al reducir el riego el depredador se convirtió en un factor regulador importante.

La presencia de polvo en exceso sobre las plantas puede resultar en una actividad inefectiva de enemigos naturales. Parásitos y depredadores que son muy activos pueden disecarse después que se les cae la capa de cera de su cutícula a medida que se mueven a través de partículas de polvo. Van de Bosch (19) informa acerca de control inefectivo de ácaros y escamas en varios cultivos cuando hay capas de polvo agrícola en las plantas. El problema se evitó usando asperjadores para riego alto y otras prácticas sencillas. Cisneros (comunicación personal) informa acerca del mismo problema con escamas en cítricos en áreas costeras del Perú. Dos aplicaciones de agua más detergente son suficientes para modificar suficientemente el micro-ambiente para que la actividad de los parásitos proporcione control económico.

4. El uso de kairomonas y otros químicos que modifican el comportamiento. Varios productos químicos han demostrado experimentalmente que aumentan la presencia o efectividad de los enemigos naturales. Se ha utilizado un subproducto de lechería llamado Wheast para manipular poblaciones de *Chrysopa* sp. (12). Cuando se aplica en los campos, el Wheast atrae a los adultos de *Chrysopa* sp de las áreas vecinas, Las hembras ovipositan en el área tratada con Wheast, dando como resultado una mayor presencia larval y predación mejorada.

5. Evitar la mortalidad cataclística de enemigos naturales. Esta táctica, que puede también ser considerada como un método para conservar los enemigos naturales, puede ser de mucha importancia. En otras presentaciones hechas durante el curso se ha hecho mención del uso selectivo de plaguicidas para prevenir el daño excesivo de los complejos de enemigos naturales. La importancia de este uso selectivo de productos químicos no puede sobre-enfatizarse. También deberá notarse que las prácticas culturales pueden disminuir las poblaciones de enemigos naturales. El caso mejor documentado de tal disminución se refiere a la alfalfa en California. El corte mensual del cultivo virtualmente esterilizó el campo de insectos benéficos. Si en vez de cortar todo el campo una vez al mes el agricultor corta la mitad solamente en fajas cada 15 días, la fauna benéfica permanecerá intacta y proporcionará un control efectivo de las plagas (en 19).

Las ventajas asociadas con el uso del método de manipulación incluyen:

1. Los procedimientos generalmente son muy baratos de usar. Algunos no cuestan nada.

2. Algunos de los procedimientos son muy simples de explicar y usar.

Dos desventajas son:

1. Los procedimientos son todos preventivos en su naturaleza, no es posible reprimir brotes inmediatos usando los métodos.

2. Algunos de los procedimientos son ecológicamente sofisticados y por lo tanto requieren una comprensión detallada. Pueden ser difíciles de llevar a los agricultores y difíciles para que ellos los usen en forma efectiva.

Antes de terminar, creo que debo hacer notar que los esfuerzos de manipulación encierran más promesas para los pequeños agricultores de los trópicos que para los grandes agricultores de las zonas templadas. Los pequeños agricultores están muy diversificados en pequeña escala. La presencia de cercos consistentes de plantas vivientes proporciona una oportunidad única para manipular enemigos naturales a través de la selección a conciencia de las especies presentes. Las asociaciones de cultivo también proporcionan la oportunidad de manipular los enemigos naturales, una oportunidad que no se encuentran en el tipo de agricultura de monocultivo a gran escala.

III b. AUMENTO

El aumento de enemigos naturales generalmente involucra la crianza en masa de insectos benéficos en un insectario y a continuación la liberación en el campo. Ocasionalmente, en vez de la crianza en masa de los insectos, éstos pueden ser recolectados en el campo, empacados y transportados al sitio de liberación. Esta es la técnica más discutida de control biológico. Algunos críticos dicen que la liberación en masa de insectos tales como *Trichrogramma* no tiene efecto sobre la densidad y daño de las plagas. Los partidarios del método citan experiencias y evidencia circunstancial que según ellos muestra que las liberaciones controlan la plaga. Sin embargo, hay pocos datos concluyentes que muestren que el daño de las plagas se redujo y que los rendimientos aumentaron en lotes mayores en donde *Trichrogramma* fue liberado. No es suficiente que los partidarios informe sólo que el nivel de parasitismo de los huevos de las plagas aumentó. Si se encuentran presentes parásitos y depredadores de larvas efectivos, el aumento de tales parásitos de huevos puede simplemente estar interfiriendo con estos factores dependientes reguladores. Es necesario que los partidarios del método muestren evidencia más convincente del valor y rentabilidad del método. A pesar de la controversia, éste es ampliamente usado en América Latina, siendo México, Colombia y Cuba los mayores productores de parásitos de la región. La Administración de Fitosanidad de México, por ejemplo, produjo alrededor de 3×10^9 *Trichrogramma*

en la década después de 1964, para usar en algodón (Jiménez en 16). Actualmente El Salvador, Nicaragua y Costa Rica están produciendo *Trichrogramma* para usar principalmente en algodón.

Biosteres spp. que son parásitos de la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* han sido cultivados por OIRSA y liberados en Nicaragua, Costa Rica, El Salvador y talvez en otros países.

El aumento de *Lixophaga diatraea* y otros parásitos para el control de *Diatraea* spp. fue probado en Haiti antes de 1969 (Bennet en 16). *L. diatraea, Apanteles flavipes y Parathenesis claripalpus* están siendo usados actualmente en Panamá (L. Narváez, comunicación personal).

El uso más avanzado y diseminado del método de aumento ha sido en la Unión Soviética (3). Cinco especies comprendiendo casi 20 razas o biotipos son usados anualmente en 7.4 millones de hectáreas. La producción anual de insectos benéficos en sólo diez fábricas automáticas excede 50 x 10^9 insectos. Algunas liberaciones se hacen con la intención de reprimir algún brote de la plaga. La estrategia comúnmente usada, sin embargo, es la de liberaciones inoculativas.

Las liberaciones inoculativas se hacen a principios de la campaña para reestablecer una proporción favorable entre el enemigo natural y la plaga y prevenir que la población de la plaga aumente hasta cifras dañinas.

La táctica se reporta como benéfica en 8 ó 9 de cada 10 años. Se tiene cuidado de asegurarse que las liberaciones tengan todas las oportunidades de éxito. Se escogen especies y razas que sean apropiadas para las especies meta, el cultivo, la región y el micro-ambiente. Las liberaciones se calendarizan y se llevan a cabo cuidadosamente. La cantidad de parásitos por liberarse, así como el sitio de liberación depende de la identidad y densidad de la plaga, distanciamiento de siembra, cultivo, época y otros factores.

En Centro América, el uso de liberaciones inoculativas podría probar ser efectivo y económico. Los cambios de época seca-lluviosa frecuentemente tienen un impacto negativo sobre la fauna benéfica que es similar en su clase, aunque no en grado, a la de los inviernos rusos. Por ejemplo, las liberaciones de relativamente poca cantidad de ciertos parásitos en áreas grandes podría hacerse al principio de la época lluviosa. Tales liberaciones permitirían un incremento más rápido de los parásitos y depredadores y por lo tanto retardarían el aumento de la plaga. Existen algunos parásitos que podrían estudiarse para ser utilizados con el fin de prevenir niveles dañinos de *Diatrea* en maíz, sorgo y caña de azúcar. Alternativamente, podría liberarse depredadores al inicio de la época seca para acelerar el control biológico de ácaros en ciertos cultivos frutícolas.

Las ventajas del uso del aumento incluyen:

1. El uso de enemigos naturales puede tener un efecto inmediato o casi inmediato en reprimir una plaga que está a punto de llegar a un nivel

perjudicial. Alternativamente, tales liberaciones pueden hacerse con anticipación para prevenir brotes.

2. El método es más tangible que otros métodos de control biológico. Los agricultores ven que algo se está haciendo y por lo tanto se les puede convencer de que el control biológico está haciendo algo por ellos. El efecto sicológico puede ser sustancial.

3. El uso de liberaciones aumentadas puede resultar en menos aplicaciones innecesarias de insecticidas debido a: a) los agricultores no quieren interferir con el control biológico por el cual han pagado; y b) frecuentemente tenderán a tener menos temor de un brote.

4. La distribución, crianza y liberación de insectos benéficos puede proporcionar la oportunidad para industrias rurales y empleos.

También pueden mencionarse varias desventajas importantes:

1. Comparado con otros métodos de control biológico, el aumento es caro.

2. Falta mucho trabajo taxonómico, ecológico y económico que nos permita tomar decisiones inteligentes respecto a cuáles especies y razas de insectos benéficos pueden ser efectiva y económicamente usadas contra diferentes especies de plagas en diferentes cultivos y regiones.

3. Se ha presentado y se continuará presentando considerable abuso intencionado y no intencionado con respecto al uso del aumento. Tales abusos pueden causarle a todo el campo de control biológico problemas de credulidad.

4. El control de calidad puede ser difícil. La crianza contínua de insectos bajo condiciones del insectario y las presiones asociadas de selección no natural inevitablemente resultarán en cambios genéticos en la colonia. Si estos cambios no son favorables para la eficacia de los individuos liberados en el campo, el éxito del programa de control biológico estará en peligro. Una solución a este problema es que los insectos sean recolectados periódicamente en el campo y que los parásitos que emergen de ellos sean introducidos en la colonia del laboratorio para mejorar su acomodación genética.

La solución misma presenta varios problemas nuevos:

a) Una alta proporción de genes debe introducirse para que el procedimiento tenga efecto.
b) Si los insectos introducidos están en una desventaja selectiva en el insectario, contribuirán poco a mejorar su acomodación genética.
c) La colonia puede estar contaminada con patógenos, hiperparásitos, otras especies, etc.

Es importante que los entomólogos tomen el liderazgo en asegurarse que sólo altas cantidades de enemigos naturales eficaces sean producidas.

CUADRO 1. - . ALGUNOS INTENTOS DE CONTROL BIOLOGICO CLASICO EN CENTRO AMERICA, HAITI Y LA REPUBLICA DOMINICANA

Plaga	Enemigo(s) Natural(es)	Tipo de enemigo nat.	País	Año	Resultado
Zancudos Culicidae	Poecilia reticulata	Depredator	Panamá	1908	No establecido
Escama del coco Aspidiotus destructor Signoret	Chilocorus cacti (L.)	Depredator	Rep.Dominicana	1929	No establecido
	Pantilia castanea Mulsant	"	"	1937	Probablemente est.
	Cryptognatha nodiceps Marshall	"	"	1937	Falta información con respecto a la eficacia
Mosca prieta de los cítricos Aleurocanthus woglumi Ashby	Eretmocerus serius Silvestri	Parásito	Panamá	1931	Control Comercial
	Prospaltella opulenta Silvestri		Haití	1931	"
			Costa Rica	1933-4	"
	Prospaltella opulenta Silvestri	Parásito	El Salvador	1971	Control completo en Valles interiores
	Amitus hesperidum Silvetri	Parásito	El Salvador	1979	¿
Picudo de banana Cosmopolites sordidus (German)	Plaesius javana Erich	Depredator	Honduras	1942	No establecido
Mosca Mediterránea Ceratitis capitata (Wied.)	Biosteres(Opius) tryoni Cam	Parásitos	Costa Rica	1955 hasta el presente	No se ha informado de reducciones apreciables sin el uso de liberaciones masivas.
	B. oophilus		Nicaragua		
	B. longicaudatus compensans (Silv)				
	B. vandenboshi Full.				
	Pachcrepoideus vindemiae (Rond.)				
	Aceratoneuromyia indica (Silv.)				
	Tetrastichus giffardianus Silv.				
Cogollero Spodoptera frugiperda (J.E. Smith)	Telenomus remus Nixon	Parásito	Nicaragua	1978	No establecido
			El Salvador	1978-9	¿
Planococcus citri	Cryptolemus monstroziere	Depredator	Costa Rica	1975	Establecido en café Supresión reportada
Diatraea ssp.	Lixophaga diatraea (Town.)	Parásito	Panamá	-	Supresión reportada Cuando lib. inoculativas usadas.
	Apanteles flavipes (Cam.)	"			

Cuadro 2.- Enemigos naturales que pueden importarse a Centro América para el combate biológico de algunas plagas

	Plaga	Enemigo(s) natural(es)	País(es) de donde importar
1.	Chicharrita, *Empoasca spp.*	Anagrus spp., *Gonatocerus* spp.	Colombia
2.	Escarabajo o conchuela del frijol, *Epilachna varivestis* Muls.	*Pediobius foveolatus* Craw.	EE.UU.
3.	Barrenador de la caña, *Diatraea* spp.	*Lixophaga diatraeae* (Town.) *Apanteles flavipes* (Cam)	Cuba, México Trinidad
4.	Perforador de la hoja del algodón, *Bucculatrix thurberiella* Busk.	*Sympiesis* spp.	EE.UU.
5.	Picudo del algodón. *Anthonomus grandis* Boh.	*Bracon kirkpatricki* Wilk	EE.UU.
5.	Mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* Wied	*Opius* spp.	Hawaii, Trinidad
7.	Broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferr.	*Prorops nasuta* Waterson *Heterospilus coffeicola* Schm., *Ceraphron* sp.	Brasil, Uganda
8.	Escama roja de las Indias, *Selenaspidus articulatus* Morgan	*Aphytis roseni* DaBach	Perú
9.	Escama nieve, *Unaspis citri* Comstock	*Aphytis lingnanensis* Deb. *Telsemia* sp.	EE.UU., Fiji
10.	Escama del cocotero, *Aspididiotus destructor* Sign.	*Crytognatha nodiceps* Marsh.	Trinidad
11.	Ligosa, *Vaginulus plebeius* Fischer	*Antichaeta* spp	EE.UU.
12.	Gusano Cogollero, *Spodóptera frugiperda*, J.G. Smith	*Telenomus remus*	Trinidad
13.	Piojo de los Cítricos *Planococcus citri* (Risso)	*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.	EE.UU.
14.	Palomilla con Espalda de Diamante *Plutella xylostella* (L)	*Diadegma cerophaga* (Grav.) *Diadromus collaris* (Grav)	Australia Nueva Zelandia Indonesia

III c. IMPORTACION Y ESTABLECIMIENTO DE ENEMIGOS NATURALES EXOTICOS.

El control biológico clásico involucra la búsqueda, importación y establecimiento de enemigos naturales exóticos. La mayoría de los éxitos logrados han sido con especies de plagas que han invadido áreas fuera de su propio medio. El intento de los esfuerzos de control biológico natural es el restablecimiento en el área invadida por la plaga de los mismos agentes de control biológico que regulan la plaga en su área natal. Esto generalmente significa que si es exitosa, la densidad de población de la plaga será baja. También, se ha logrado algún éxito en controlar las especies nativas de plagas mediante la importación de parásitos o depredadores de especies exóticas de plagas relacionadas de cerca.

Parecería que en cualquier país la cantidad de esfuerzo científico gastado está bastante correlacionado con el número de éxitos con control biológico clásico. Aquellos países que han hecho más esfuerzos y por esto han tenido mayores éxitos han sido los miembros de la Comunidad Británica (Australia, Africa del Sur, Bermudas, Trinidad, Barbados y otros), los Estados Unidos, (especialmente California, Hawaii y Florida) y algunas islas del Pacífico, tal como Fiji.

La historia del control biológico en el área de interés de los participantes de esta conferencia comenzó en 1908 (Cuadro 1). El primer éxito se logró en 1931. Varios éxitos han sido reportados desde entonces. El control biológico clásico ha sido intentado por lo menos una vez en cada país representado en esta conferencia, con éxito reportado de por lo menos cuatro países. Probablemente la conclusión más impresionante que se puede sacar de este cuadro, especialmente al estudiarlo junto con el Cuadro 2, que presenta algunos de los enemigos naturales que podrían importarse a uno o más países representados en esta conferencia (comunicación personal, J. R. Quezada), es cómo el enfoque de control biológico clásico ha sido inexplotado. Su potencial en la región es grande.

Algunas de las ventajas asociadas con el uso del control biológico clásico son:

1. El resultado de una importación exitosa generalmente paga los costos del programa de importación en un corto tiempo y los beneficios continúan ocurriendo automáticamente año tras año mientras los enemigos naturales continúan ayudando a reprimirlos.

2. El control biológico clásico es auto-perpetuante, es decir, autorenovable. Una vez que un enemigo natural se ha establecido, no se necesita de ninguna otra actividad humana, excepto en lo que respecta a que los humanos eviten las prácticas que interfieren con la actividad de los insectos benéficos.

3. Los esfuerzos de extensión y educación son mínimos o no existen. La técnica puede tener efecto aún si los agricultores no saben que existe el insecto importado.

Frecuentemente se citan tres desventajas:

1. Se requiere la cooperación internacional.

2. Se requiere mucho tiempo para desarrollar y poner en operación el nuevo factor de control.

3. Pueden importarse insectos no deseados.

En defensa de este método debería decirse que se requiere mucho tiempo y esfuerzo para desarrollar y aplicar cualquier nueva técnica de manejo, incluyendo el desarrollo de nuevos medios de manejo químico. Siempre que se han observado los mecanismos de cuarentena establecidos, no se han importado a ningún país insectos indeseables.

IV. TECNICAS USADAS EN LA EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD DE ENEMIGOS NATURALES COMO AGENTES REGULADORES DE DENSIDADES DE POBLACION DE PLAGAS

La importancia de los enemigos naturales como agentes reguladores de población puede estimarse en diferentes formas. El resumen siguiente ha sido tomado en su mayor parte de (8) y (9), a quienes el lector deberá referirse para obtener mayores detalles.

1. Pueden llevarse a cabo estudios de laboratorio. Bajo condiciones artificiales los parámetros de población tales como la tasa de crecimiento de la población de las plagas y enemigos naturales bajo diferentes combinaciones de temperatura y humedad, pueden estudiarse. La capacidad de búsqueda, fecundidad, etc., de los insectos benéficos también puede estudiarse. Con suficientes datos y los modelos matemáticos apropiados, puede ser posible realizar predicciones tentativas acerca de la efectividad de los enemigos naturales bajo ciertas condiciones de campo.

2. Recolección y observación de campo de las plagas y sus enemigos naturales. La actividad de los parásitos puede ser cuantificada realizando muchas recolecciones de campo de grandes cantidades de estadíos de vida de las hospederas. Los insectos recolectados pueden criarse en el laboratorio y el porcentaje de cada estadío de vida muerto por parasitación por cada parásito puede ser determinado. La mayoría de las autoridades en la materia están de acuerdo en que aunque esta información es importante, no debería pensarse que sólo porque un parásito particular rinde el mayor porcentaje de parasitación, éste deba ser el agente regulador de población de mayor importancia. Debe estudiarse la mortalidad específica según edad, así como el porcentaje general de mortalidad. Otro factor que puede hacer que otros parásitos sean importantes es su hábito de alimentarse en las hospederas; algunos parásitos matan al chupar los jugos de individuos hospederos, a los que matan por parasitismo.

Es más difícil estudiar la predación que la parasitación, ya que la predación involucra un acto rápido que generalmente deja atrás poca o ninguna evidencia respecto a la causa de la muerte. Asimismo, algunos predadores están activos sólo unas pocas horas del día o de la noche. La observación directa es probablemente el mejor método que ha sido desarrollado para cuantificar la predación. Las poblaciones naturales pueden ser usadas en el caso de ciertos insectos encontrados en altas densidades, tales como áfidos y ácaros. Con otros insectos podría ser necesario colocar cantidades conocidas de presa y observarlas. El porcentaje total de la población muerta por los predatores, así como la identidad de cada predator importante puede ser determinado. El método obviamente es bastante tedioso y requiere una dedicación de 24 horas.

Las presas también han sido marcadas con marcadores radiactivos y liberadas en el campo. Algún tiempo más tarde todos los insectos presentes en el área de liberación son recolectados, la cantidad de individuos liberados se determina y en todos los otros insectos recolectados se verifica la presencia del marcador radiactivo. Aquéllos que contienen el marcador son depredadores de la plaga o depredadores de los depredadores de la plaga.

3. Cuadros de vida. El uso de cuadros o tablas de vida se discute en la discusión adjunta por Calvert en este volumen. Estos estudios detallados, a largo plazo de los factores de mortalidad específicos según la edad que gobiernan el crecimiento de la población de plagas son difíciles y costosos de desarrollar, pero pueden ser valiosos para determinar la importancia de los enemigos naturales.

4. Método de adición. Esta es una técnica que puede ser usada para determinar la importancia de un enemigo natural exótico, el que es introducido a un área nueva. Básicamente se hace una comparación de la densidad de población de la hospedera o presa antes y después de una introducción. Si la mortalidad aumentó y la densidad de población disminuyó al tiempo de introducción del enemigo natural (Fig. 1 a), entonces existe evidencia circunstancial de que el enemigo natural de hecho regula la densidad de la plaga. Sin embargo, si no hay ningún cambio (Fig. 1 b), debería llegarse a la conclusión de que el enemigo natural exótico no está interviniendo en reprimir la plaga. Una sola vez en la que la densidad disminuye y la mortalidad aumenta puede no ser suficiente para convencer a los escépticos, pero si los cambios se notan cada vez que el enemigo natural exótico está establecido en una nueva región o país; entonces, la evidencia circunstancial se convierte en una prueba de que el enemigo natural controla la plaga.

5. Métodos de exclusión o interferencia. Varios métodos diferentes han sido usados para excluir la actividad de enemigos naturales completamente y por lo tanto cuantificar todo el grado por el cual es responsable de la regulación de la población de la plaga. Los mismos métodos, si no se usan rigurosamente, pueden simplemente reducir el nivel de control natural; en este caso la interferencia con los agentes de control natural solamente demuestran que estos agentes tienen o no cierto impacto en la

densidad de la población de plagas, pero no permite cuantificar el efecto.

Todos estos métodos de esclusión o interferencia utilizan las comparaciones apareadas. Un tratamiento o lote en cada par se sujeta a niveles naturales de predación y parasitismo. En el otro lote, el control natural se minimiza de alguna manera u otra. Después de cierto tiempo, las densidades de población, mortalidad y promedios de crecimiento de población se comparan en dos lotes. Pueden usarse barreras mecánicas para excluir los enemigos naturales de los lotes. Estas barreras generalmente son jaulas. Las jaulas pueden cubrir ramas individuales, una sola planta (generalmente un árbol) o poblaciones de plantas (como en el caso de cultivos de campo tales como maíz o algodón). Varios criterios deben unificarse antes de que las conclusiones de tales pruebas puedan considerarse válidas. Primero, los enemigos naturales deben excluirse completamente de uno de los lotes aparejados y dejarle una entrada completamente libre al otro. Segundo, deberán dejarse barreras mecánicas para un ambiente natural; esto es, la temperatura, la humedad, los niveles de luz, etc. no deberán diferenciarse mucho de las condiciones normales de campo.

En vez de las barreras mecánicas, pueden usarse productos químicos selectivos para excluir los enemigos naturales de uno de los dos lotes. Si los enemigos naturales son virtualmente eliminados mientras la población de plagas se deja virtualmente intacta, entonces la comparación entre los lotes tratados y sin tratar será válida. Sin embargo, puede ser difícil encontrar un producto químico completamente selectivo. Aún más, ciertos productos químicos tienen un efecto parecido a las hormonas y en ciertas plagas estimulan la reproducción. El uso de trampas con cebos envenenados para matar los enemigos naturales ha sido probado y puede ser válido cuando los enemigos naturales son muy móviles y las plagas son sesiles.

Un método bastante tedioso pero probablemente el más valioso es el de la remoción manual. Personas entrenadas verifican uno de los lotes pares día y noche y quitan a mano o asustan cualquier enemigo natural que encuentren. Después de un tiempo (de casi tres meses) el promedio de crecimiento de la población, densidad y mortalidad puede ser comparado en los lotes con y sin enemigos naturales.

Un método final de interferencia involucra el uso de hormigas que chupan miel. Estos insectos están comúnmente asociados con áfidos, escamas y otros insectos que producen miel. Las hormigas pueden excluirse (generalmente químicamente) de uno de los lotes pares y a los enemigos naturales se les permite funcionar sin interferencia. Lotes con y sin hormigas se comparan para determinar si los enemigos naturales están causando algún efecto.

V a. LA IMPORTANCIA DEL CONTROL BIOLOGICO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES

El control biológico, que es importante en cualquier ecosistema, puede ser más importante en el contexto de sistemas para pequeños agricultores en el trópico que en sistemas más grandes o en las zonas templadas. Esto es una realidad, aunque el control biológico sea solamente parcialmente eficaz, porque:

1. Los agroecosistemas de pequeños agricultores son altamente diversificados y probablemente contienen una fauna benéfica más rica y más eficaz (esta idea no ha sido, según tengo entendido, estudiada en Centro América).

2. Los pequeños agricultores tienden a usar menos insecticidas, dosis más bajas, y a menudo hacen aplicaciones de una manera más selectiva que los grandes agricultores. Por eso la fauna benéfica no es inhibida tan severamente.

3. Los pequeños agricultores pueden estar dispuestos a usar técnicos de manejo de plagas que requieren más mano de obra, como es la manipulación de enemigos naturales en lugar de técnicas que requieren mucho capital.

4. Los niveles críticos que usan los pequeños agricultores, son por regla general, más altos que los niveles críticos usados por los grandes agricultores. Por eso, niveles más altos de población de plagas serán tolerados por pequeños agricultores.

V b. LA INTEGRACION DE CONTROL BIOLOGICO CON OTRAS TACTICAS DE CONTROL

El control biológico de plagas no es una panacea. Se debe de considerar como una de varias tácticas que puede ser incorporada en un programa de manejo integrado de plagas. Cuando el control biológico de una plaga particular es completo, es necesario usar procedimientos de manejo para las otras plagas existentes en el agroecosistema que no interfieran con el control biológico de la primera plaga.

Se pueden mencionar ejemplos en que el control biológico es una de dos o más tácticas, las cuales cuando se integran proveen control más satisfactorio de una plaga que cualquiera de las tácticas aisladas. La Figura 2 a representa una situación en que una plaga, en ausencia de enemigos naturales, alcanza un nivel de daño económico, necesitando aplicaciones más frecuentes de insecticidas. La Figura 2 b representa la misma especie con la presencia de enemigos naturales, los cuales parcialmente controlan su población. La especies de vez en cuando excede el nivel de daño económico. En la Figura 2 c, la integración de control biológico y el uso selectivo de insecticidas resultan en un control económico de la plaga.

En la Figura 3 se representa la resistencia fitogenética, la cual es parcialmente efectiva en reducir la tasa de incremento de la población de plagas; el control biológico, que también es parcialmente efectivo, y la combinación de ambos que resulta en la supresión de la población de la plaga.

V c. EL CONTEXTO SOCIO-POLITICO-ECONOMICO DEL CONTROL BIOLOGICO

El contexto socio-político-económico dentro del cual las tecnologías deben ser desarrolladas, dadas a conocer y utilizadas, puede ser en pro o en contra de la tecnología. Hay varios factores, los cuales favorecen el uso del control biológico en el sector de pequeños agricultores, mencionados en la sección anterior. Muchos otros factores deben ser discutidos antes de que podamos hacer cualquier conclusión relacionada con el potencial del método en un futuro inmediato.

1. Decisiones para determinar el empleo del control biológico deben incluir una comparación de la relación costo-beneficio de todas las tácticas disponibles. Se debe considerar todos los efectos, tanto positivos como negativos, fuera del área involucrada, es decir, los costos socioeconómicos asociados con cada alternativa. Al considerar los efectos anteriores, generalmente se favorece el control biológico en relación a otros métodos, especialmente el control químico. Sin embargo, si la alternativa macroeconómicamente racional es demasiado diferente de la alternativa microeconomicamente racional, se usará la última.

2. La pequeña escala a la que trabaja la mayoría de los agricultores que nos interesan, unida a su falta de organización, dificulta los esfuerzoas que se realicen para implementar el control biológico. Los pequeños agricultores que tratan de manejar las plagas empleando control biológico, tienen que enfrentarse a dificultades considerables si sus vecinos usan métodos opuestos, especialmente cantidades elevadas de plaguicidas. El empleo efectivo de enemigos naturales se ven intensificado cuando existe cooperación entre todos los agricultores de una región. A menudo es suficiente con la cooperación voluntaria para obtener éxito, pero más frecuentemente se necesita contar con algún tipo de organización legal de control de plagas o cooperativas de agricultores. El potencial para la cooperación en este campo es elevado.

3. El factor limitante más importante para el desarrollo del control biológico en la región es la ausencia de interés que han manifestado las agencias gubernamentales e industriales. Solamente OIRSA y algunos individuos aislados, que a menudo trabajan sin el apoyo completo de sus agencias, se han comprometido en actividades serias de control biológico. No será sino hasta que alguna(s) agencia(s) cuenten con la autoridad y con los fondos necesarios para trabajar a gran escala en actividades de control biológico, que se logren progresos importantes en nuestra región.

Figura 1a.

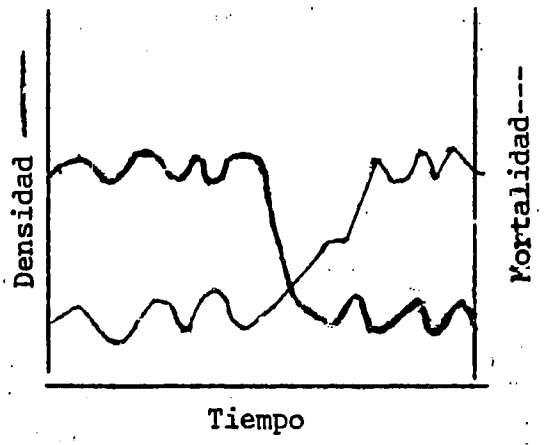
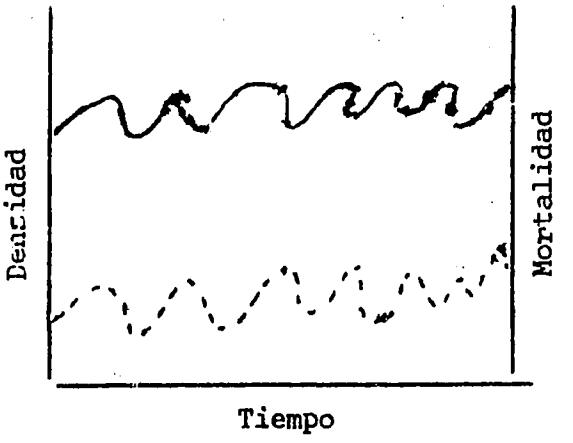


Figura 1b.



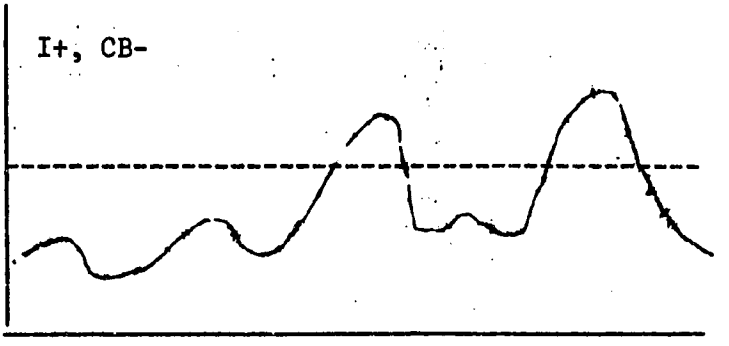


Figura 2b.

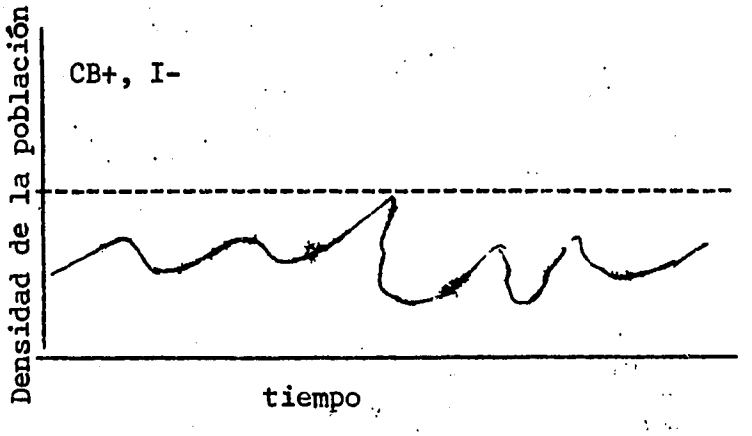


Figura 2c.

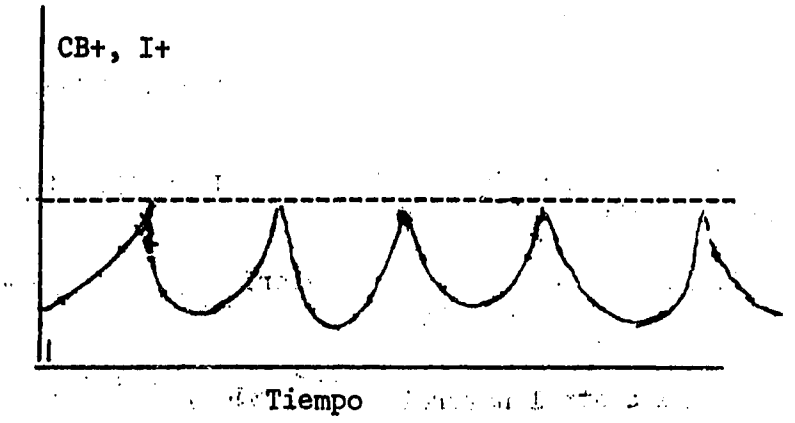


Figura 2a.

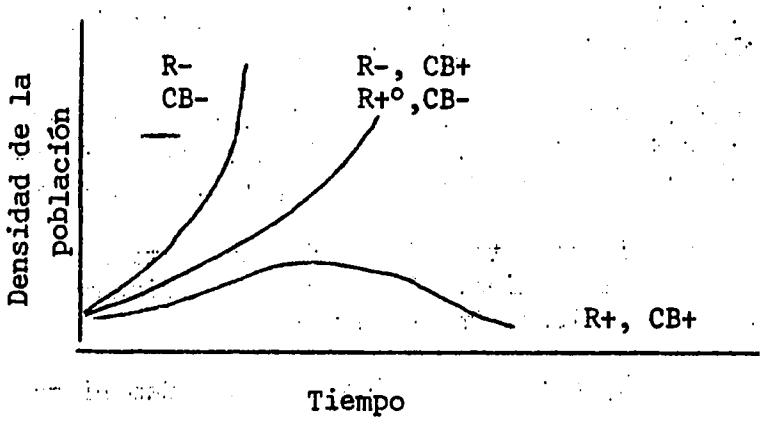


Figura 3.

LITERATURA CONSULTADA

1. BALDUF, W. V. The bionomics of entomophagous coleoptera. 1969. E. W. Classey Ltd., England.

2. _____. The bionomics of entomophagous insects. Part II. 1974. E. W. Classey Ltd., England.

3. BEGLEYAROV, G. A. y A. I. SMETNIK. Seasonal colonization of entomophages in the U.S.S.R. Chapter 9 in ibid.

4. BEINGOLEA, G. O. Rol del control natural. Capítulo 7 en ibid.

5. BOLLER, E. F. y D. L. CHAMBERS. Quality aspects of mass-reared insects. Chapter 7 in ibid.

6. CIAT. Informe anual para 1975.

7. COPPEL, H. C. y MERTINS, J. W. Biological insect pest supression. 1977. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

8. DeBACH, P. y B. R. BARTLETT. Methods of colonization, recovery and evaluation. Chapter 14 in DeBACH, P. Biological control of insect pests and weeds. 1964. John Wiley & Sons, Inc., New York.

9. _____ y B. HUFFAKER. Experimental techniques for evaluation of the effectiveness of natural enemies. Chapter 5 in Huffaker, C. B. Biological control. 1969. Plenum Press, New York.

10. _____. Biological control by natural enemies. 1974. Cambridge University press.

11. DOUTT, R. L. y J. NAKATA. 1965. Parasites for control of the grape leafhopper. California Agriculture 19:3.

12. HOGEN, K. S. y R. L. TASSAN. 1970. The influence of food wheast and related *Sacchoromyces fragilis* yeast products on the fecundity of *Chrysopa carnea*. Can. Entomol. 102:806-11.

13. INTRODUCED PARASITES and predators of arthropod pests and weeds: a world review. Agriculture Handbook No. 480. Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture. 1978.

14. MORRISON, R. K. y E. G. KING. Mass production of natural enemies. Chapter 6. in Ridgeway, R. L. y S. B. Vinson. Biological control by augmentation of natural enemies. 1977. Plenum Press, New York.

15. REPORT OF the steering group on pest control under the conditions of small farmer food crop production in developing countries. Organization for Economic Co-operation and Development. March 1977.

16. RIDGEWAY, R. L., E. G. KING y J. L. CARRILLO. Augmentation of natural enemies for control of plant pests in the Western Hemisphere. Chapter 13 in ibid.

17. ROMAN CORTES, M. y K. L. ANDREWS. 1979. Los enemigos naturales nativos e importados de las principales plagas de maíz en El Salvador. XXV Reunión del PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras.

18. STARLER, N. H. y R. L. RIDGEWAY. Economic and social considerations for the utilization of augmentation of natural enemies. Chapter 15 in ibid.

19. VAN DEN BOSCH, R. y A. D. TELFORD. Environmental modification and biological control. Chapter 16 in ibid.

20. _____ y P. S. MESSENGER. Biological control. 1973. Intext Educational Publishers.

21. _____, R. Conceptos y ejemplos de control biológico. Capítulo 4. Principios generales de control integrado de plagas y enfermedades con énfasis en maíz y soya. Abril 17-Mayo 26, 1978. Tomo II. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

ALGUNAS PRACTICAS COMUNES PARA COMBATIR INSECTOS EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES

Joseph L. Saunders*

Actualmente, el concepto de sistemas ha llegado a tener mucha influencia en el enfoque y solución de los problemas que enfrentan los agricultores.

Para lograr la protección del cultivo es de importancia primordial comprender el sistema de producción en su totalidad y luego aprender a manipular los distintos componentes en forma ecológica y económicamente favorable para el agricultor. El enfoque de sistema sirve para sintetizar y evaluar esta información en forma integral. Los componentes del sistema son sus elementos básicos. Considerando que un componente está integrado a su vez por varios factores, es posible elevar o cambiar la clasificación, considerando varios componentes conjuntos como un subsistema, y que varios subsistemas constituyen un sistema (Fig. 1). Los subsistemas interactúan entre sí y cada uno está compuesto por distintos elementos, tal como se representa en el ejemplo de los componentes entomológicos que constituyen el subsistema que podemos denominar "Insectos". Los componentes proveen de estructura al sistema, y la interacción entre ellos constituyen la fisiología del mismo.

Agrosistema
|
Subsistemas

Cultivos: Malezas Suelos Insectos Enfermedades Animales Otros
↓
Componentes entomológicos

Herbívoros que comen malezas | Polinizadores | Plagas herbívoras de los cultivos | Depredadores | Parásitos

Figura 1. Algunos ejemplos de los elementos del agroecosistema.

Las prácticas más frecuentes que se incluyen en el manejo de plagas en sistemas de cultivos de pequeños agricultores son las que involucran prácticas culturales y/o uso de plaguicidas. Las prácticas culturales han

* Entomólogo, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

evolucionado con la agricultura tradicional principalmente entre los agricultores de subsistencia, y la aplicación de agroquímicos representa una incorporación tecnológica relativamente reciente a las prácticas comunes de manejo.

I. PRACTICAS DE COMBATE CULTURAL

El combate cultural de plagas es realmente una aplicación práctica del enfoque de sistemas, siendo natural que el campesino, muchas veces sin entender los detalles, considere automáticamente todos los subsistemas (suelos, cultivos, malezas, insectos, enfermedades, etc.) como una sola unidad de manejo. El agricultor sabe que si maneja uno de los componentes en cierta forma, sus esfuerzos se recompensan con una cosecha mayor, aunque el agricultor no reconoce que esta práctica ha favorecido el sistema total sólo por combatir una plaga.

Combinaciones de cultivos

La diversidad de componentes que existe en los sistemas de producción de cultivos utilizados por pequeños agricultores, tiende a bajar naturalmente el riesgo de pérdidas debidas a insectos, enfermedades y malezas. Normalmente se considera que los cultivos asociados, o sea cultivos mixtos o en secuencia, sufren menos daño de plagas cuando se seleccionan especies botánicas no relacionadas. En la selección de cultivos, hay que considerar siempre otros componentes y subsistemas, para asegurarse de que existe compatibilidad entre los factores, especialmente entre los que influyen en la competencia entre cultivos y entre cultivos y malezas. La dispersión espacial y cronológica de los cultivos es un factor que influye en la dinámica de poblaciones de plagas. La colonización de los cultivos por plagas insectiles, puede estar afectada por la existencia de más de un cultivo creciendo simultáneamente, y esto puede modificar la manera en que responden los insectos a estímulos visuales y olfatorios. El desarrollo de las poblaciones de plagas es afectado por cambios de microclima, de calidad nutritiva del hospedero y confusión en estímulos que afectan tanto la alimentación como la reproducción. La dispersión puede afectar tanto al estado adulto como a la larva, cuando hay cultivos hospederos y no hospederos creciendo simultáneamente.

Combate de malezas y preparación del suelo

Tradicionalmente los agricultores, al empezar a cultivar, han eliminado las malezas con algún instrumento. Después del corte, las prácticas de manejo varían, y se puede considerar la quema, la incorporación de residuos al suelo, el amontono, el uso de mulch y varios combinaciones de estos factores. Generalmente, con las formas tradicionales de combate de malezas, los problemas con las plagas son moderados.

A medida que avanzó la evolución de los sistemas de producción de cultivos, los agricultores empezaron a mecanizar el combate de malezas con diferentes formas de arar, dejando consecuentemente el suelo desnudo. Esta práctica, en muchos casos, aumenta los problemas con plagas del follaje y raíces, pero en otros, como en el caso de los barrenadores del tallo del maíz, el arado puede constituir una disminución del ataque.

Ultimamente, el uso de herbicidas ha reemplazado en parte el combate manual y mecánico de las malezas. La incorporación del combate químico de malezas nos ha dado una herramienta para lograr una estabilidad más aceptable en las poblaciones de plagas, pero aún falta mucha información en la cual basarse para hacer recomendaciones. Muchos pequeños agricultores, quizás más que los técnicos, han concluído que hay menos problemas de plagas cuando siembran con labranza mínima.

Fechas de siembra y cosecha

Aunque la mayoría de los agricultores entienden, al menos en parte, la asociación de épocas de siembra con enfermedades, normalmente no tienen idea clara del efecto de épocas sobre plagas. A menudo dicen que van a sembrar de acuerdo con la luna, pero generalmente no lo hacen, y lo que más influye es la llegada de suficiente humedad para sembrar. Desafortunadamente ocurre que esta época de alta humedad coincide con la renovación de la actividad de las plagas insectiles. Hechos como la siembra simultánea de los campos de sorgo sobre una área grande para bajar la incidencia de *Contarinia soghicola*, requieren una coordinación que usualmente está fuera del alcance de los pequeños agricultores de un área.

Los agricultores a veces reconocen que cosechar lo más pronto posible disminuye las pérdidas por pájaros y otros vertebrados, pero aún así, a menudo atrasan la cosecha; también tienden a aumentar los problemas con las plagas de granos almacenados que atacan el producto maduro en el campo, antes de la cosecha.

II. USO DE PLAGUICIDAS

En los últimos años el pequeño agricultor ha entrado en la época del uso de plaguicidas; pero generalmente esta fracción está menos preparada para este evento que el resto de los agricultores.

Variación regional

El porcentaje de pequeños agricultores que usan plaguicidas es extremadamente variable, y oscila entre 0% en algunas localidades hasta casi 100% en otras. A menudo, es difícil determinar por qué algunos agricultores en un área determinada usan plaguicidas y otros no lo hacen. Algunas

de las razones más comunes para usar productos químicos son: 1) el vecino lo sugirió; 2) temor de perder la cosecha al observar plagas o daños; 3) por recomendación de un agente de extensión; 4) recomendación de algún vendedor; y 5) deseos de modernizarse -o de parecer moderno-.

Algunas de las razones para no usar plaguicidas son: 1) falta de recursos financieros; 2) temor personal a los venenos; 3) creencia de que "esterilizarán el suelo'; 4) no poseer pulverizador; 5) no poder conseguir los productos químicos necesarios; 6) no considerar que las plagas sean un problema puesto que no puede medir las pérdidas; y 7) temor de que no funcione, puesto que ha visto fracasos (probablemente debidos a un uso incorrecto del producto) en otras ocasiones.

Un factor obvio, que ejerce bastante influencia y afecta tanto el porcentaje de agricultores que usan plaguicidas como las cantidades usadas, es la proximidad de plantaciones comerciales extensivas que usan cantidades elevadas de estos productos. Muchos pequeños agricultores trabajan como jornaleros temporales en plantaciones grandes y ahí aprenden el efecto de los plaguicidas en la producción, y a veces, el uso correcto de diferentes productos. Algunos campesinos, de los que trabajan ocasionalmente en plantaciones de bananos, algodón, o café, pueden discutir sobre plaguicidas según su categoría (insecticidas, fungicidas, nematocidas o herbicidas) y tienen un conocimiento apropiado de los productos individuales. Por otra parte, la mayoría de los agricultores de zonas aisladas, a menudo se refieren a todos los productos químicos, inclusive los fertilizantes, como "medicina" y, en consecuencia, cuando usan plaguicidas, el índice de mal uso es elevado.

Los peligros creados por la pronta aceptación del uso de plaguicidas y por la transferencia de tecnología desde la agricultura de grandes plantaciones al ámbito de acción del pequeño agricultor son varios. Algunos herbicidas, que dan buenos resultados cuando se aplican al algodón, al café, y aún al banano, pueden resultar desastrosos cuando se emplean en cultivos alimenticios, particularmente en campos donde existe el multicultivo.

Algunos plaguicidas sumamente tóxicos pueden resultar menos peligrosos cuando se emplean en las grandes plantaciones por personal debidamente adiestrado; pero resultan muy peligrosos usados por pequeños agricultores carentes del equipo, la protección adecuada y el debido conocimiento sobre el compuesto y su uso.

La proximidad de concentraciones de pequeños agricultores a grandes plantaciones, -por ejemplo algodón- influye sobre la necesidad de aplicar plaguicidas. En operaciones a gran escala, la fumigación aérea causa cambios marcados y a veces irreversibles en los agroecosistemas de pequeños agricultores. Normalmente altera el principal factor positivo -un adecuado equilibrio biológico natural- que estaba en favor del pequeño agricultor antes del establecimiento de la plantación comercial en las cercanías, pues modifica el balance biológico natural que mantenía las plagas a un nivel aceptable antes de establecerse la explotación comercial.

Aplicación de plaguicidas

Los métodos de aplicación de plaguicidas deben ser muy prácticos en términos de costo y de la capacidad del agricultor para aplicarlos. La herramienta principal que el pequeño agricultor de América Central usa es la bomba de espalda operada manualmente. Esta ha sido aceptada porque es relativamente barata, fácil de operar y versátil. Desafortunadamente, a menudo se encuentran en malas condiciones y frecuentemente gotean, quedando el operador mojado con el plaguicida que está usando. Generalmente no se dispone de guantes o el agricultor no los usa; las caretas (mascarillas) son casi desconocidas y a menudo, al igual que los guantes, no son cómodas bajo condiciones tropicales de alta temperatura y humedad; las botas pueden usarse o no, y la ropa generalmente es también poco adecuada. Esta ausencia de un atavío protector, unida a la ignorancia de la toxicidad de los plaguicidas, crea un peligro de primera magnitud para la persona que está empleando estos productos químicos.

Frecuentemente los polvos se aplican sacudiéndolos en un calcetín viejo o en un pedazo de tela, y los gránulos se aplican a mano, o, a veces, con un tarro, siempre sin la protección de guantes y generalmente sin ropa adecuada para cubrir los brazos y el cuerpo. La mayor parte de los agricultores no se cambian de ropa ni se bañan, sino hasta que el trabajo del día haya concluído, no importa a qué hora terminen.

El tratamiento para la semilla consiste generalmente en humedecerla, ya sea con agua o gasolina, y luego mezclarla con aldrín o con clordano en el recipiente que las contiene. El proceso se hace con las manos desnudas, y generalmente se siembra inmediatamente después, sin lavárselas. Tomando en cuenta estas prácticas, podemos decir que los agricultores se han visto favorecidos por el uso poco frecuente de plaguicidas, así como por el corto tiempo de exposición a los mismos. En algunas áreas y países, ya no se consigue aldrín ni clordano y algunos agricultores están empezando a usar productos más tóxicos de la misma forma como usaban los productos anteriores.

Plaguicidas empleados

La selección del plaguicida generalmente está basada en lo que se consiga localmente y resulte más barato. Con frecuencia el campesino desconoce el marco de efectividad o la toxicidad del producto en cuestión, y existe una tendencia a considerar que todos los plaguicidas son más o menos lo mismo. Es común ver a un agricultor manipulando un producto altamente tóxico tal como está acostumbrado a hacerlo con el DDT. Asimismo, es posible que desconozca por completo el efecto tóxico del plaguicida sobre la cosecha. Es común que se considere -y a menudo se venda- aldrín, clordano o BHC como el mismo producto para tratamiento de semilla o control de plagas en el suelo. El BHC es tóxico para las plántulas de maíz, pero el agricultor que desconoce este hecho, a menudo se asombra cuando sus semillas no germinan.

Desafortunadamente, la naturaleza selectiva de algunos plaguicidas que son a la vez útiles y seguros, a menudo se malinterpreta como falta de efectividad. Sevin, por ejemplo, ofrece un buen control de insectos defoliadores como crisomélidos en los frijoles, pero como no es efectivo contra áfidos y ácaros, existe la tendencia a desechar totalmente el producto. Esto tiende a favorecer una parcialización hacia el uso de productos altamente tóxicos, como por ejemplo parathion, que mata todo. El agricultor, con los conocimientos que posee, seguramente escoge un plaguicida barato, con un amplio espectro, que pueda usarse contra toda una gama de plagas en diversos cultivos.

Pérdidas de cultivos

La comprensión que tiene el campesino de las pérdidas causadas por las plagas en sus cosechas, difiere bastante de uno a otro, pero en general puede decirse que conoce poco sobre el asunto. Como consecuencia de esto, a veces acepta fácilmente las sugerencias que se le hacen, y otras se muestra renuente a recibirlas.

El campesino toma medidas de control en todo el campo, o no toma ninguna en absoluto. Generalmente, no deja ni una porción de campo sin tratamiento, y por otro lado, no tiene oportunidad de ver ensayos de plaguicidas con un testigo sin tratamiento para apreciar el efecto de los daños. A menudo se enfatizan demasiado unas cuantas perforaciones causadas por insectos que aparecen en las hojas, mientras que se ignoran los efectos más serios que tienen las malezas durante la primera parte del ciclo de crecimiento.

Un ejemplo de distribución inoportuna de prácticas de control de plagas como factor de daño causado por plagas y pérdida de cosechas, es la deshierba manual o la aplicación de herbicida 35-45 días después de la siembra. En esta época, frecuentemente las malezas están más grandes que las plantas del cultivo, y les han impuesto una severa competencia. La idea de que la mano de obra es abundante resulta frecuentemente una suposición incorrecta, pues algunas veces no consideramos la disponibilidad de obreros según las épocas. La falta de mano de obra en épocas críticas es quizá el factor limitante más importante, que determina la extensión de terreno que un individuo puede cultivar, así como es la razón principal que justifica el uso de herbicidas.

Uno de los errores cometidos a menudo por los pequeños agricultores en la aplicación de plaguicidas es el uso de herbicidas de contacto para combatir malezas perennes; esto tiene apenas un efecto de poda o de quema, y sólo resulta en aplicaciones continuas cada 15-20 días, lo que lo vuelve una práctica cara e ineficiente. Otros errores son: mezclar dos productos químicos de diferentes casas comerciales que contienen el mismo ingrediente activo, lo que tiene como resultado una duplicación de la dosis; mezclar varios productos químicos, bombas, o brebajes de brujas, con la esperanza de que algo bueno resulte, lo que es una práctica cara y ecológicamente errónea; usar dosis insuficientes, lo que tiene como resultado

que la plaga no se controle, con el consiguiente desperdicio de materiales y de trabajo; usar en forma equivocada las diferentes clases de plaguicidas, p. ej. un fungicida por un insecticida; usar equivocadamente los plaguicidas dentro de la misma categoría, p. ej. uso de 2,4-D para controlar gramíneas; no usar adherente cuando existe condiciones de alta pluviosidad, etc.

La lista de usos incorrectos puede hacerse bastante larga y seguramente que aquéllos que hayan trabajado con pequeños agricultores podrían, trabajando en conjunto, escribir un compendio de anécdotas sobre este tema que resultaría de tamaño respetable.

RESISTENCIA DE LA PLANTA HOSPEDERA A INSECTOS EN SISTEMAS DE CULTIVOS

Frank B. Peairs*

Introducción

Se ha comprobado que la resistencia genética a insectos es un componente muy efectivo de manejo, pero todavía no ha sido usado tanto como la resistencia a enfermedades. Este componente se utilizará más y más en el futuro por tener las siguientes ventajas (Kogan, 1975):

1. Especificidad - resistencia de la planta hospedera (RPH). Normalmente es específica para una plaga o un complejo de plagas y no tiene ningún efecto adverso directo para los insectos benéficos.

2. Efecto acumulativo. Los efectos de RPH se acumulan en generaciones sucesivas, aunque no hay resistencia al nivel de inmunidad.

3. Persistencia. Normalmente las variedades resistentes mantienen su eficacia por mucho tiempo.

4. Armonía con el ambiente. El riesgo del uso de RPH para la vida humana y silvestre es mínimo.

5. Facilidad de implementación. El único cambio necesario por parte del agricultor es la semilla.

6. Compatibilidad. RPH es compatible con otros componentes de manejo, tal como se muestra a continuación.

La definición clásica de resistencia a insectos en la planta hospedera es la de Painter (1951) " ...La cantidad relativa de las cualidades heredables de la planta que influyen el grado último del daño causado por un insecto. En la agricultura práctica representa la capacidad de una variedad específica de producir una cosecha de buena calidad más grande que variedades ordinarias bajo el mismo nivel poblacional del insecto".

Painter (1951) dividió la resistencia en tres categorías mayores:

1. No preferencia. En que una planta demuestra un grado de resistencia por ejercer un efecto adverso en el comportamiento del insecto.

---

* Entomólogo, Programa Nacional de Investigación Agropecuaria, Secretaría de Recursos Naturales, Comayagua, Honduras.

2. Antibiosis. En que una planta es resistente por ejercer una influencia adversa en el desarrollo y/o sobrevivencia del insecto.

Desde el punto de vista práctico a menudo es difícil distinguir entre estas dos categorías, porque efectos adversos en el comportamiento del insecto, especialmente comportamiento de alimentación, podrían influir sobre el desarrollo y/o la sobrevivencia.

3. Tolerancia. En que una planta es capaz de aguantar una población insectil sin pérdida de vigor o rendimiento.

A veces es conveniente separar tolerancia de no preferencia y antibiosis porque no involucra un efecto adverso al insecto. Al nivel de campo la diferencia no es tan importante; los tres tipos de resistencia nos ayudan a convivir con los insectos. En el ejemplo del Cuadro 1, la variedad tolerante no interfirió con la penetración del elotero en el canal de las estigmas, pero hubo cantidad de pelos con suficiente valor nutricional para que las larvas maduraran antes de llegar al grano. Zapalote Chico tuvo características que no permitieron a las larvas penetrar mucho en el canal y además hubo mortalidad y/o migración en un 60%. Zapalote Chico, entonces, demuestra antibiosis y/o no preferencia.

Cuadro 1. (a) Posición media de largas de *Heliothis zea* en tres maíces dulces 12 días después de una infestación uniforme, Georgia, 1975 - 1977.

Variedad	Tipo de Resistencia	Posición (b)		
		1975	1976	1977
Zapalote Chico (c)	Antibiosis/ no preferencia	1.29	1.36	1.65
471-U8-1	Tolerante	2.59	3.65	3.55
Ioana	Susceptible	7.05	6.90	7.30

(a) Datos tomados de Wiseman *et al.* 1978.

(b) 0 = sin infestación; 1 = larvas comiendo en el tercio apical del canal de las estigmas; 2 = larvas comiendo en el tercio medio del canal de las estigmas; 3 = larvas comiendo en el tercio basal del canal de las estigmas; 4 = larvas comiendo las estigmas en el punto de la mazorca; 5 = larvas comiendo en la mazorca. Los números más altos indican más penetración en la mazorca.

(c) 60% de las larvas se encontraron perdidas.

Utilización de la Resistencia Genética en Sistemas de Cultivos

En los sistemas de cultivo tradicionales, especialmente los que no cuentan con mucha energía externa, los agricultores dependen más que todo de prácticas culturales, controles biológicos naturales y RPA para controlar sus problemas insectiles (aunque hoy en día hay una tendencia hacia un uso mayor de insecticidas químicos). Mucha de dicha resistencia es del tipo tolerancia, dado que gran cantidad de variedades criollas producen mucho más follaje del que necesitan para formar el máximo del producto económico. Por ejemplo, el maíz tropical criollo normalmente produce dos veces el follaje necesario para un rendimiento máximo. Es decir, que la planta puede perder la mitad de su follaje y todavía rendir su máximo de grano.

En el concepto de manejo integrado de plagas un componente de manejo tiene que ser compatible dentro del sistema entero del cultivo y especialmente tiene que ser compatible con los demás componentes de manejo. A continuación se discuten algunos de estos componentes y la manera como la RPH se integra con ellos.

Prácticas culturales. Uno de los problemas mayores para un fitomejorador que trabaja con resistencia genética a los insectos es incorporar la resistencia en variedades aceptables por el agricultor. Si eso pasa, la resistencia debe ser compatible con cualquier práctica cultural porque el único cambio en el sistema es la semilla usada.

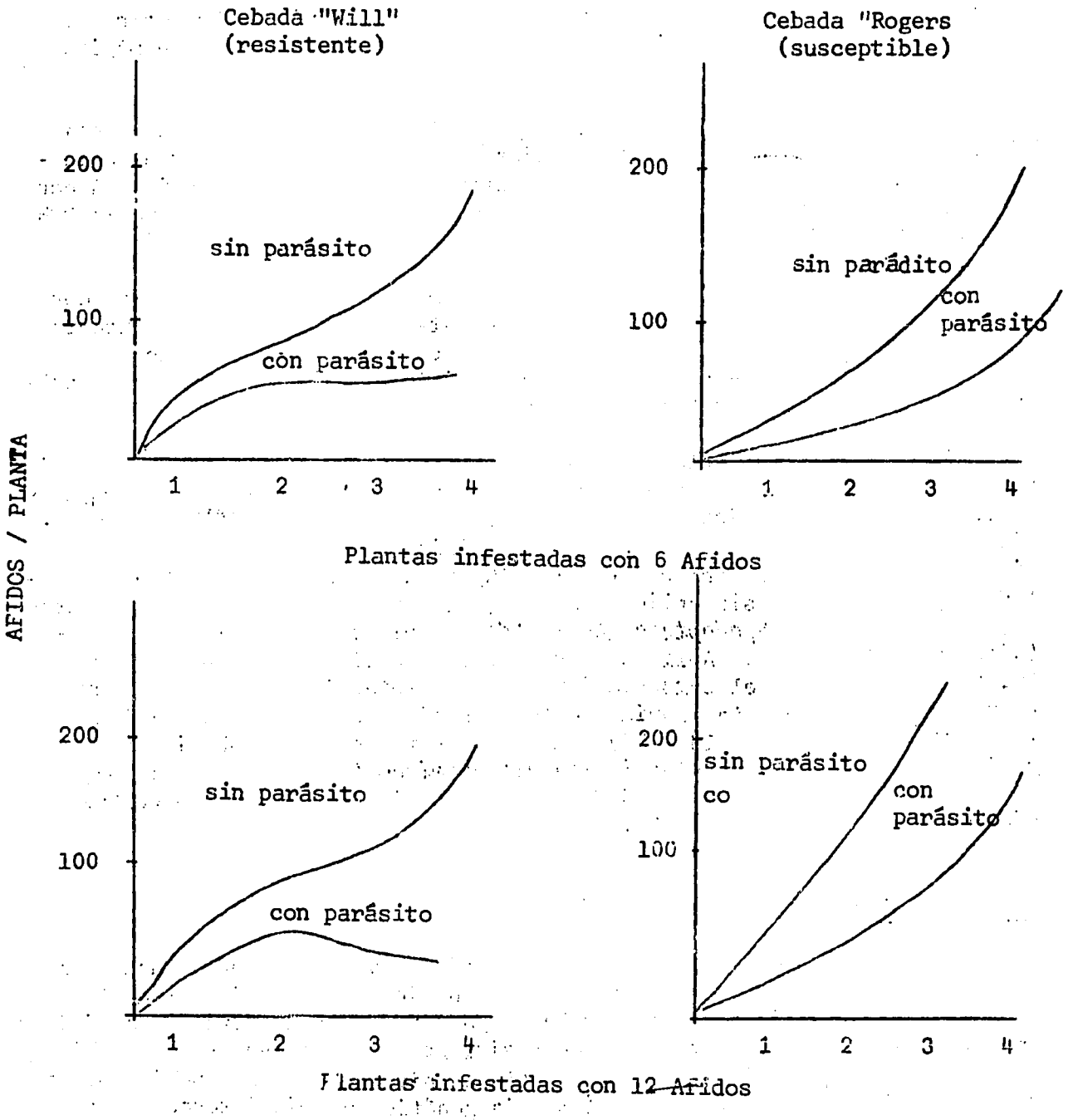
Sin embargo, los factores ambientales influyen sobre la RPH y es posible que los niveles de la RPH se vean afectados por cambios en los sistemas de cultivo. La fertilidad del suelo afecta el nivel de resistencia en varios cultivos. En Asia, el contenido de sílice en el suelo afecta la resistencia en arroz al barrenador *Chilo supressalis* (Sasamoto, 1958). Plantas de maíz en suelo sin aplicación de N, P, o K, o tratado con N mostraron menos resistencia a *Spodoptera frugiperda* que plantas en suelos con P o K (Wiseman *et al.* 1973). Aplicaciones foliares de elementos menores como Zn, Cu, Fe y S afectaron el comportamiento de alimentación del mismo insecto (Leuck *et al.* 1974). La sequía afectó la resistencia en pepino al ácaro *Tetranychus urticae* (Gould 1978). Las temperaturas altas inhibieron la resistencia en trigo al áfido *Schizaphis graminum* (Singh y Wood, 1963), mientras que la baja intensidad de luz lo inhibió al hymenóptero *Cephus cinctus* (Holmes *et al.*, 1960).

Control biológico.

a) Parásitos y depredadores. Una interacción favorable ocurre cuando el organismo benéfico no es suficientemente efectivo por sí solo para mantener la plaga por debajo de niveles económicos. En estos casos, aún un nivel bajo de resistencia podría ayudar al benéfico para reducir la tasa de crecimiento hasta un nivel donde el benéfico pueda ser útil. (Ver. Fig. 1). La resistencia genética podría interactuar con

estos agentes de control biológico en una manera desfavorable por reducir el nivel de presa tanto que el organismo benéfico no puede sobrevivir. Si ese nivel de presa es menos que el nivel de daño económico probablemente no es un problema práctico a nivel de campo.

Fig. 1. Aumentos del áfido *Schizaphis graminum* con y sin una hembra del parásito *Lysiphlebus testaceipes* en cebada resistente al áfido (var. "Will") y en cebada susceptible al áfido (var. "Rogers") (a)



(a) Datos tomados de Starks et al. 1972.

b) Enfermedades. Los efectos adversos de la resistencia también pueden disponer un insecto a una enfermedad (ver Cuadro 2). Es menos probable que un insecto debilitado por resistencia es menos afectado por una enfermedad, pero se han reportado interacciones neutrales.

En el estudio citado aquí resistencia y el patógeno en combinación redujeron peso larval y sobrevivencia. La resistencia en línea B52 interactuó con el patógeno para intensificar la infección por larva y mortalidad debido a que la enfermedad aumentó con el nivel de resistencia.

Cuadro 2 (a). Influencia de resistencia en maíz al barrenador del tallo (*Ostrinia nubilalis*) en la eficacia del patógeno, *Nosema pyraustae*, en Iowa, 1971-1974.

Variable (b)	WF9 Susceptible		R101 ó B14 Intermedio		B 52 Resistente	
	PA(c)	PB	PA	PB	PA	PB
Larvas/planta	4.8	8.1	3.6	6.8	1.9	3.9
Peso larval (mg)	111.1	116.5	111.8	115.6	99.8	105.2
Nivel de infección (Esporas/mg x 10^4)	4.7	7.0	14.9	5.4	17.1	6.7
% de control debido al *Nosema pyraustae*.		44.2	48.1		54.5	

(a) Datos tomados de Lynch y Lewis, 1976.

(b) Los números son promedios de seis muestras.

(c) PA = Nivel de patógeno alto; PB = Nivel de patógeno bajo.

Control químico. Hay varios ejemplos de interacciones favorables entre la resistencia genética y los insecticidas químicos que permiten una reducción en la cantidad del producto usado y, por consiguiente, una reducción en los costos de producción y en los peligros asociados con el uso de insecticidas. La variedad del cultivo, la especie de insecto y la sustancia química usada afectan estas interacciones (ver Cuadros 3 y 4).

Aunque no todas las interacciones parecen muy útiles, estos datos indican de manera evidente que puede sacarse mucho provecho de la interacción resistencia/insecticida.

Cuadro 3. Valores de las DL50 dérmicas de tres insecticidas aplicados a larvas de *Heliothis zea* y *Pseudoplusia includens* alimentadas 10 días en soya resistente (ED 73-371) o susceptible (Bragg).

Insecticida (b)	*Heliothis zea*		*Pseudoplusia includens*	
	ED 73-371	Bragg	ED-73-371	Bragg
Paratión Metílico	7.96	5.86	21.82*	87.65
Metomil	6.81*	13.42	1.81	2.24
Bacillos	566.25*	1195.2	16.81	40.94

(a) Datos tomados de Kea *et al.*, 1978.

(b) Las cifras son promedios de dos dosis con la mortalidad determinada después de cinco días en el caso de *B. thuringiensis* y dos días en los demás.

* Diferente estadísticamente (P = 0.05) de la otra variedad.

Cuadro 4 (a). Control de *Heliothis zea* en soya resistente (ED 73-371) o susceptible (Bragg) con tres insecticidas en el campo, en Carolina del Sur, 1976.

Variedad	Paratión (b) Metílico	Metomil	*Bacillus thuringiensis*
ED 73-371	52*	63.6	56.0*
Bragg	27	45.6	4.4

(a) Datos tomados de Kea *et al.*, 1978.

(b) Las cifras indican el porcentaje de control.

* Diferente estadísticamente, (P = 0.05) de la otra variedad.

Vale la pena, después de discutir las ventajas de resistencia genética, apuntar unos problemas asociados con este componente de manejo. Esto enfatizará que no hay una sola solución a nuestros problemas fitosanitarios y que siempre se debe pensar en un control que integra los componentes de manejo disponibles en el sistema de cultivo actualmente en uso.

(a) Falta de niveles de resistencia suficientes para lograr un control económico. Esto podría suceder en el caso de una plaga muy voraz y polífaga, por ejemplo, la babosa en frijol.

(b) Enlace genético entre la resistencia y otras características deseables. Mucha de la resistencia en sorgo a la mosquita de la flor *Contarinia sorghicola* está asociada con grano rojo, que no es aceptable para consumo humano.

(c) Aumentos de una plaga en un cultivo hospedero tolerante que afectan un cultivo hospedero alternativo. La mosca blanca, *Bemisia tabaci*, puede aumentarse mucho en la soya sin afectarla mucho, pero poblaciones semejantes en frijol común podrían causar mermas de rendimiento significativas, especialmente por las enfermedades que transmite *Bemisia*.

(d) Enlace genético de resistencia a una plaga con susceptibilidad a otra. Pubescencia imparte resistencia en la soya a la chicharrita *Empoasca fabae*, pero el adulto del barrenador de la vaina, *Grapholitha glycinivorella*, prefiere poner sus huevos en vainas pubescentes (Kogan, 1975).

(e) El desarrollo de biotipos o razas de una plaga que no están afectados por la resistencia. Esto es muy común entre los patógenos y ha sido reportado con insectos, especialmente entre los áfidos.

El Desarrollo de Variedades Resistentes a Insectos

El primer paso en este proceso es estudiar la biología del insecto en la planta hospedera, especialmente el comportamiento de alimentación. Esto imparte dos tipos de información.

(1) Si se sabe dónde y cómo come el insecto, también se sabe donde manifestará la planta resistencia al insecto.

(2) Si se conoce la biología "normal" del insecto en la planta, es posible identificar genotipos que afectan adversamente al insecto.

Para entender la biología "normal" del insecto, es necesario aprender como medir la resistencia (ver Dahms, 1972). Se pueden medir efectos directos al insecto (medidas de tasa desarrollo, fecundidad, cambios en peso, oviposición, migración, mortalidad), efectos directos a la planta (medidas de rendimiento, sobrevivencia, o daño como % de defoliación, achaparramiento o

(3) Tamizar colecciones de germoplasma para identificar (1) variedades de uso inmediato y (2) padres útiles para cruzamiento. Hay bancos de germoplasma en muchos cultivos que pueden proveer muchos materiales apropiados.

(4) Empezar un programa de cruzamiento y selección. El tipo de esquema de mejoramiento recomendado viene de las maneras de reproducción posibles en el cultivo y del tipo de control genético de la resistencia. Los esquemas para el desarrollo de resistencia a insectos son iguales a los elaborados para cualquier otra característica de control genético similar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. DAHMS, R. G. 1972. Techniques in the evaluation and development of host-plant resistance. J. Environ Qual. 1:254-9.

2. GOULD, F. 1978. Resistance of cucumber varieties to *Tetranichus urticae* - genetic and environmental determinants. J. Econ. Entomol. 71:682-5.

3. HOLMES, N. O., R. I. LARSON, L. K. PETERSON y M. D. McDONALD. 1960. Influence of periodic shading on the length and solidness of the internodes of Rescue wheat. Can. J. Plant. Sci. 40:183-7.

4. KEA, W. C., S. G. TURNIPSEED y G. R. CARMER. 1978. Influence of resistant soy-beans on the susceptibility of lepidopterous pests to insecticides. J. Econ. Entomol. 71:58-60.

5. KOGAN, M. 1975. Plant resistance in pest management. Ch. 4. in R. L. y W. Luckmann (eds.), Introduction to Insect Pest Management, John Wiley & Sons, New York. 587 p.

6. LEUCK, D. B., B. R. WISEMAN y W. W. McMillian. 1974. Nutritional plant sprays: Effect on fall armyworm feeding preference. J. Econ. Entomol. 67:58-60.

7. LYNCH, R. E. y L. C. LEWIS. 1976. Influence on the European corn borer of *Nosema pyraustae* and resistance in maize to sheatl-collar feeding. Environ. Entomol. 5:143-6.

8. PAINTER, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. MacMillian Publ. Co., New York. 520 p.

Previous Page Blank

9. SASAMOTO, K. 1958. Studies on the relation between silica content of the rice plant and the insect pests. VI. On the injury of silicated rice plant caused by the rice stemborer and its feeding behaviour. Jap. J. Appl. Entomol. Zool. 2:88-92.

10. SINGH, S. R. y E. A. WOOD. 1963. Effect of temperature on fecundity of two strains of greenbug. Econ. Entomol. 56:109-10.

11. STARKS, K. J., R. MUNIAPPAN y R. D. EIKENBARY. 1972. Interaction between plant resistance and parasitism against greenbug on barley and sorghum. Ann. Entomol. Soc. Amer. 65:650-5.

12. WISEMAN, B. R., N. W. WIDSTROM y W.W. MAC MILLAN. 1978. Movement of corn earworm larvae on ears of resistant and susceptible corns.

13. _____, D. B. LEUCK y W.W. MAC MILLIAN. 1973. Effects of fertilizers on resistance of Antigua corn to fall armyworm and corn earworm. Fla. Entomol. 56:1-7.

MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A ENFERMEDADES*

Gustavo A. Enríquez**
Jorge Soria V.***

INTRODUCCION

Se estima que la producción del cultivo del cacao a nivel mundial, sufre pérdidas de entre 10 al 25% por enfermedad.

En vista del poco éxito tenido en el uso de productos químicos en la mayoría de las enfermedades y el alto costo de los mismos para su uso, en el control particularmente de *P. palmivora*, entre los pequeños agricultores (especialmente en épocas de precios bajos) en varios centros experimentales se han hecho esfuerzos por seleccionar material resistente a estas enfermedades para usarlos en programas de mejoramiento genético.

Para realizar mejoramiento genético para resistencia a enfermedades de cacao, se han usado dos métodos principales:

1. Selección de árboles que muestran resistencia o tolerancia a la enfermedad, bajo condiciones de infección natural o por medios artificiales. Una vez comprobada la reacción de resistencia, el árbol es propagado vegetativamente y se convierte en clones.

2. Incorporación de la resistencia en descendencias de padres resistentes o de diferente reacción. Para este fin, se producen descendencias legítimas, mediante cruzamientos dirigidos y se estudia el grado de transmisión genética de la resistencia a las descendencias, antes de recomendarles como resistentes.

En el presente trabajo se recopilan los avances logrados hasta la fecha en el mejoramiento genético, para resistencia de las siguientes enfermedades: Podredumbre de la mazorca (*P. palmivora*); Escoba de bruja (*C. perniciosus*); Hinchazón del retoño (swollen shoot virus); Mal de machete (*C. fimbriata*) y Monilia (*M. roreri*). No se incluyen trabajos sobre otras enfermedades, debido a que en el contexto mundial tienen menos importancia, o también se dispone de menos información.

---

* Adaptado de: ENRIQUEZ, G. A. y SORIA V., J. Mejoramiento genético para resistencia a cinco enfermedades de cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 35 p.

** Ph. D., Jefe del Programa de Plantas Perennes, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

***Ph. D. EMBRAPA, Brasil

Muchos de los programas de cacao han seguido uno o varios de los siguientes procedimientos para llegar a desarrollar un programa de mejoramiento para la enfermedad.

1. Registros de reacción a infección natural en condiciones de campo.

2. Estudio de los métodos de inoculación para detectar fuentes de resistencia a la población local y la introducción.

3. Estudio del mecanismo y la herencia de el o los factores que controlan la tolerancia o la resistencia.

4. Estudio del mecanismo de resistencia anatómica, fisiológica y bioquímica.

5. Estudios de las variaciones en tolerancia de los mismos tipos o variedades de cacao en diferentes áreas ecológicas, con relación al ecotipo del patógeno (strain) del área determinada.

6. Estudios biológicos de los diferentes ecotipos del organismo. Estudio de la variabilidad patogénica.

PODREDUMBRE NEGRA DE LA MAZORCA - *Phytophtora palmivora* (Butl.) Butl.

La podredumbre de la mazorca causada por *P. palmivora* es una de las enfermedades que mayores pérdidas ocasiona a los cultivadores de cacao en todas las áreas de cultivo; sin embargo, es difícil encontrar mazorcas afectadas por el organismo en la parte del Amazonas donde ha sido localizado el centro de origen del cultivo. En algunos otros lugares como la parte costanera del Pacífico en Ecuador, aunque la enfermedad está presente, su efecto no es económicamente importante y con las prácticas que se aplican para controlar otras enfermedades, se mantiene lo suficientemente bajo el nivel del inóculo, como para ser peligroso. Quizá la razón sea el hecho de que las lluvias están presentes en la época caliente, mientras que la época seca es más fría. Es muy posible pues que el origen y distribución de la enfermedad sea diferente al del cacao. Si éste es el caso, es lógico que la mayoría de los individuos con la resistencia a la enfermedad se debe encontrar donde el patógeno y el huésped han convivido por largo tiempo.

METODOS PARA INOCULAR EL PATOGENO

Varios son los métodos para inocular el patógeno en diferentes órganos de la planta de cacao. En el presente trabajo se resumirán siete de estos métodos.

1. Inoculación a mazorcas separadas de la planta. Este método ha sido usado por varios autores, aunque con pequeñas variaciones que se resumen en la siguiente metodología.

Se toman del campo mazorcas sanas bien desarrolladas pero aún no maduras, se lavan con agua corriente, luego se ponen en cajones que tengan una reserva

de agua, pero no debe estar las mazorcas en contacto con el agua o entre ella.

Se practican dos inoculaciones sin hacer heridas, con 0,1 ml de una suspensión de zoosporas, una cerca del pedúnculo y la otra en la parte cercana a la punta de la mazorca, ambas en la parte superior del lomo.

La infección se registra haciendo medidas diarias del diámetro promedio (2 sentidos) de la mancha. En general, la caja debe permanecer con el % de humedad relativa, al momento de abrir la caja para tomar los datos se debe rociar agua sobre la mazorca para restituir el % de humedad relativa ambiental.

2. Inoculación de trozos de tejido de mazorcas. Método desarrollado por Prendesgast en 1965.

Se toman trozos de mazorcas de 5 cm^2, sin dañar la epidermis, de la parte central de la mazorca sana, desarrollada, pero no madura. Se debe esterilizar previamente la mazorca, con una solución de 5% de Hipoclorito de Sodio o un equivalente. Dos trocitos de cada mazorca se inoculan, poniendo 0,1 ml de una suspensión de zoosporas en la parte central de la epidermis y se pone a incubar en una caja a 100% de humedad relativa. A los cuatro días se registra el número de trocitos infectados. Se debe usar por lo menos unas 10 mazorcas por cada cultivar, lo que daría un total de 20 trocitos tratados, el número de repeticiones puede ser aumentado a discreción del investigador.

3. Inoculaciones a las mazorcas directamente en el árbol. Hay muchos sistemas muy similares descritos en la literatura que pueden resumirse en una sola metodología general como resumen de varios autores.

En mazorcas sanas bien desarrolladas se inocula en dos lugares de la mazorca, lateralmente opuestos, usando una gota de 0,1 ml de una suspensión de zoosporas. La suspensión se pone sobre la mazorca en un recipiente que puede ser hecho de plasticina o de arcilla para que no se escurra. La mazorca debe ser cubierta con una funda de polietileno que contenga unos 10 ml de agua destilada para mantener una humedad relativa permanente. Sobre el nivel del agua, se debe perforar ligeramente la funda con la finalidad de que la bolsa no se llene de agua de lluvia. La funda se amarra cuidadosamente al pedúnculo de la mazorca o a la rama del árbol. En general, se debe evitar la luz solar directa al momento de la inoculación. Tres días después de la inoculación, sin remover las fundas de polietileno se debe separar los recipientes de arcilla o plasticina que se usan, lo que deben caer al fondo de la bolsa. Las fundas se deben mantener durante la prueba para proteger las mazorcas inoculadas.

Las lesiones se deben medir diariamente y tomar el diámetro promedio en forma similar que el caso anterior. Una variable que se puede usar, es el inóculo como una mezcla de micelio y suspensión de esporangios. Se puede usar también una herida, de aproximadamente 1 mm al punto de inoculación. También se puede rociar completamente la parte inferior de la mazorca con un aspersor de Vilbiss.

Este método tiene la ventaja sobre el de mazorcas removidas del árbol, que no se necesita cámara para las pruebas y además de que parece que las mazorcas pierden un poco de resistencia al ser separadas del árbol. Otra variación del método, es la descrita por Screenivasan que consiste en hacer crecer una colonia en un medio puro de cultivo, sobre granos de trigo esterilizados y cada grano es usado como fuente de inóculo, dándole un medio adecuado para que el organismo pueda seguir viviendo por un período largo, hasta tener la oportunidad de infectar la mazorca, la cual si es susceptible, mostrará síntomas a los dos días de inoculada, momento que puede retirarse el medio en el cual está soportado el grano infectado. Este método puede ser económicamente aplicado en grandes extensiones a campo abierto con gran facilidad.

4. Inoculaciones a plantitas provenientes de semilla o ramillas enraizadas o a ramas en el árbol En este método, desarrollado por Zentmayer y Zentmayer y colaboradores se puede aplicar a varios tipos de rama o plantitas en desarrollo (no menores de seis meses de edad), haciendo un corte vertical con una cuchilla bien afilada en la corteza, en la cual se inserta un disco de unos 3 - 4 mm, de un cultivo del patógeno crecido en agar V-8, de tal suerte que el agar quede dentro de la herida. Luego se cubre la herida con una bandita plástica, en la cual se puede o no adicionar una motita de algodón húmedo con agua destilada, para mantener una buena humedad atmosférica y mantener las plantas inoculadas en un invernadero bajo buenas condiciones de humedad relativa y protegidas de la acción directa del sol. Entre los 18 - 25 días la enfermedad debe desarrollarse y se pueden comenzar a hacer las evaluaciones, dependiendo del material.

Algunas variaciones pueden ser introducidas a este método como la de Amposan y colaboradores que han servido para hacer estudios genéticos de la herencia a la resistencia.

5. Inoculaciones a las hojas. Desde que este método fue desarrollado por Siller y McLaughlin y por Hansen, en los años 1950 y 1961 respectivamente, muchos cambios han sido introducidos como los propuestos por Galindo y Salazar, citado por Lawrence y el de este último investigador. Básicamente este método consiste en rociar una suspensión de micelio, zoosporas o aplicar discos de agar con micelio o una suspensión de una mezcla de agar medio y zoosporas, a las hojas, ya sean de plántulas de semillas o de ramillas enraizadas o a hojas de árboles creciendo en el campo. Las hojas inoculadas, especialmente en el campo, deben ser cubiertas por una funda de polietileno, para mantener la humedad relativa alta, conteniendo unas 10 ml de agua destilada, en este caso la funda debe ser perforada para que haya fácil y rápido intercambio de gases. Se debe evitar el efecto directo al sol o a la sequedad. Las lesiones y su desarrollo se deben medir diariamente.

6. Inoculaciones a las raíces. Este método, descrito por Turner y Asomaning, Asomaning en 1964 y por Weststeijn en 1965 y 1966 citado por Lawrence, puede también tener algunas variaciones al ser aplicado en diferentes localidades. En general consiste en aplicar al suelo

una cantidad estandar de una suspensión de zoosporas alrededor del tronco de la plantita en unos 3 o 4 cm de separación. También puede sumergirse las raíces de plantitas al momento de trasplantar del semillero al vivero. El método de calificación o medida del daño también puede variar; puede ser hecho por simple inspección del daño ocasionado a la raíz y la planta, o por medio del peso seco de las plantas inoculadas, comparadas con un testigo apropiado. Cada método de evaluación, dependerá de los objetivos y de las condiciones de la investigación.

7. Inoculaciones a la semilla. Hay varias tecnologías para inocular semillas, algunas de ellas una metodología muy similar a la desarrollada por Hollyday para hacer pruebas de resistencia a "Escoba de Bruja" ha sido utilizado por Amponsah y colaboradores, y Amponsah y Agase-Nyako.

En este método se pone a germinar semillas entre papeles absorbentes húmedos, bajo condiciones de oscuridad por 4 días. Estas semillas se introducen por tres minutos en una suspensión del patógeno, la cual se prepara de la siguiente manera: se toma una cantidad adecuada de cultivo del patógeno que está creciendo en platos petri, en agar de avena por 6 días, se mezcla en una licuadora a baja velocidad en una cantidad adecuada de agua para luego diluirlo en una proporción de 10 cajas petri por un litro de agua. Esta sería la solución madre, luego se diluye en agua otra vez, en una proporción que puede variar alrededor de 1:15. Una vez sumergidas las semillas germinadas, se trasplanta a un semillero que debe estar esterilizado por cualquier método. Luego se cuentan las semillas que emergen alrededor de los 10 días y un chequeo final al finalizar unas 8 semanas, cuando se pueda tomar datos del daño a la planta.

Lawrence describe algunas variaciones, entre otras las más importantes son: la germinación de la semilla se hace en agua corriente por dos días, la inoculación se hace goteando 0,1 ml. a una semilla en una caja adecuada, una suspensión de zoosporas y luego siembra de las semillas en suelo esterilizado. Las lecturas del daño deben hacerse un poco más tarde. La suspensión de zoosporas que Lawrence recomienda es la equivalente a 1×10^5/ml de concentración. Una concentración más alta no da buenos resultados.

Hay mucha discrepancia de los estudios genéticos en la literatura consultada, llegándose a creer que hay dos especies del patógeno que enmascaran los resultados.

El Cuadro 1 constituye una lista de los clones reportados como resistentes en varias partes del mundo. No se pretende endosar que todo el material citado sea resistente en otro lugar distinto del sitio y la cepa de estudio.

Cuadro 1. Material reportado como tolerante o resistente a la Podredumbre Negra de la mazorca.

CULTIVAR	
ACU-85	ICS-51
C-26	ICS-63
C-73	ICS-81
C 34 P 10	14 C-67
C 34 P 25	K-5
C 34 P 45	K-6
C 34 P 50	K-51
C 34 P 176	Lafi-7
CAS-1	Maracuja
CAS-2	Na-32
CATONGO	Pa-24
CC-3	PA-30
CC-38	Pa-35
CC-41	Pound-7
CC-42	T 60
CF-176	T 60/877
Chico	T 65/7
Común	T 87
D-70	TSA-729
EEG-8	TSH-516
EET-59	TSH-565
EET-376	TSH-774
GA-11	WACRI-P4/9
GS-50	23X
ICS-1	
ICS-5	
ICS-6	
ICS-43	

ESCOBA DE BRUJA - *Crinipellis perniciosus* Stahel

La "Escoba de Bruja" es una enfermedad que entre los años 1905 a 1925 devastó las plantaciones del norte de América del Sur, incluyendo Trinidad. Ocurre como enfermedad endémica en las poblaciones silvestres de cacao en la Hoya Amazónica. Su ataque destruye brotes nuevos, cojines florales y frutos.

Desde 1933 científicos de Trinidad recorrieron las zonas cacaoteras del Amazonas y colectaron todo el material que creyeron que fuera resistente. Entre los clones obtenidos se encontró que los 'Scavina' (SCA) tenían bastante resistencia y que el 'SCA-6' era inmune. Pero como no podía ser utilizado como clon debido al tamaño de sus semillas, se cruzaron con otros clones. De esta manera se logró inducir la resistencia en los híbridos y además se descubrió que eran muy vigorosos y tempranos en producir, alcanzando por lo general más producción que sus padres.

En Ecuador los clones 'Silecia 1' y 'Silecia-5' fueron utilizados como padres dentro del programa de mejoramiento obteniéndose el clon 'EET-400' y 'EET-399' que son tolerantes a la Escoba y resistentes a otras enfermedades.

El autor observó en 1961 que las plantas de 'SCA-6' en Ecuador, presentaban unas escobas, especialmente la llamada "Chirimoya", luego se notó que toda la descendencia también había perdido la resistencia; en 1965 se reporta en Trinidad las primeras infecciones de las descendencias de los clones Scavina que habían sido inmunes.

Aún se está evaluando mucho material proveniente de las últimas colecciones de cacao silvestre, realizadas en los últimos años en Brasil, Colombia, Ecuador y Bolivia, con la esperanza de encontrar algún material inmune para esa nueva forma del patógeno.

El Cuadro 2 contiene los principales clones reportados como resistentes o tolerantes, pero una revisión completa de esta lista se hace necesaria debido a la aparición en Ecuador y Trinidad de esta nueva forma del patógeno.

PUDRICION ACUOSA CAUSADA POR *Monilia roreri* Cif. y Par.

La Monilia es una enfermedad que apareció a comienzos de siglo en la parte norte de América del Sur. En Surinam fue descubierta en 1915 y en Ecuador fue encontrada en 1916, como una enfermedad que causaba daños muy graves entre las plantaciones. En diciembre de 1978 fue descubierta en Cahuita, Costa Rica.

Desde que se conoció la enfermedad, se trató sin éxito de hacer inoculaciones artificiales a las mazorcas en el árbol. Algunas mazorcas separadas del árbol fueron inoculadas bajo condiciones de invernadero. En Colombia, Naundorf y sus colaboradores trabajaron por varios años, sin mucho éxito, tratando de desarrollar un método para provocar inoculaciones artificiales en

Cuadro 2. Material clonal reportado como resistente a "Escoba de Bruja"

CULTIVAR		
Cuira - 38	Playa ALTa - 3	TSA - 654
Caño la Palma - 63	Playa ALTa - 4	TSH - 565
Caño la Palma - 170	Playa ALTa - 5	TSH - 792
EET - 332	Panaquirito - 87	T - 9/15
EET - 333	P - 7	T - 12/11
EET - 377	P - 30	T - 24/12
EET - 381	Pa - 7	T - 86/2
EET - 392	Santa Cruz - 6	T - 19/9
EET - 399		
EET - 400	Santa Cruz - 10	T - 50/32
EET - 404	SCA - 3	T - 60/887
EET - 400	SCA - 24	T - 60/1887
La Concepción - 168	SCA - 5	T - 79/501
La Mariquita - 169	S - 27	T - 85/799
Moreno muro - 50	SCA - 6	U - 6
Mx - 68 - 24	SCA - 12	UF - 11
Mx - 68 - 32	SIC - 28	UF - 12
Mx - 69 - 21	SIC - 801	UF - 29
Mx - 70 - 29	SIC - 802	UF - 613
Mx - 73 - 38	SIC - 806	Y - 44
Mx - 75 - 2	SIC - 864	
Mx - 75 - 12	SIC - 823	12-B
Mx - 78 - 25	SIC - 831	SC-10
Mx - 79 - 2	SIC - 848	
Mx - 82 - 62	SNK - 12	
Mx - 97 - 3	SNK - 13	
Mx - 97 - 7	SNK - 16	
Mx - 97 - 10	SNK - 30	
Mx - 97 - 17	SNK - 416	
Ocumare - 61	SNK - 64	
Playa AITa - 1	TSA - 644	

mazorcas. Más tarde, estos mismos autores encontraron que la infección podía mejorarse al hacerla con la participación de insectos, como con el *Mesistorhinos tripterus* F., lo cual fue confirmado por otros autores, pero no quedó muy claro el valor del método por la posible intervención de otros insectos en el proceso.

En 1961 Bejarano desarrolló en Ecuador una metodología, con la cual aseguró un porcentaje muy alto de infección en condiciones de campo y sus resultados se podrían repetir fácilmente. El método en general, ya había sido practicado anteriormente por varios autores.

La metodología se puede resumir así: se hacen polinizaciones manuales, con la finalidad de conocer la edad de la mazorca al momento de la inoculación. Las mazorcas son protegidas con fundas de polietileno, para evitar infecciones naturales. Las mazorcas pueden ser inoculadas a cualquier edad, pero las mazorcas tiernas son las más fáciles de infectar. Se prepara una suspensión (no es crítica la relación) con 1 gramo de esporas en 100 a 10.000 ml de agua destilada. Entre más concentrada sea la suspensión, se obtiene mayor porcentaje de mazorcas infectadas. Se rocían las mazorcas, retirando las fundas y luego restituyéndolas tan pronto se inocule. No es necesario hacer ninguna lastimadura, ni usar insectos, para obtener un buen porcentaje de infección. Las mazorcas inoculadas se califican aproximadamente a los dos meses, tiempo en el cual se desarrolla la enfermedad. Las fundas de polietileno deben permanecer con agua en el interior, pero deben ser perforadas para que no se llenen y su nivel se mantenga a una altura conveniente.

No se ha descubierno aún material inmuno a Monilia, pero de las pruebas de Ecuador, se conocen que hay clones que consistentemente tienen menor número de mazorcas infectadas, entre ellos figuran: de la serie EET: 233, 296, 381, 382, 387, 406 y el clon 'SCA-12'. A pesar de que todos estos clones son citados como resistentes, en la práctica solamente 'EET-233' y 'SCA-12' parecen mostrar tolerancia.

VIRUS DE LA HINCHAZON DEL BROTE EN CACAO (CSSV)

La infección del cacao con el virus de la hinchazón del brote (swollen shoot) cepa I_A, reduce los rendimientos en los árboles en un 25% en el primer año, el 50% después del segundo año y casi totalmente después del tercer año, época en la cual la mayoría de los árboles están muertos o muriendo.

Esta enfermedad junto con la Pudrición Negra de la Mazorca (*P. palmivora*) son las enfermedades más importantes en la zona cacaotera del Africa Occidental.

Posnette y colaboradores han trabajado desde los años 40 desarrollando métodos de inoculación del virus, con la finalidad de encontrar material resistente en las poblaciones de cacao amelonado. Pronto fue evidente que

había más tolerancia en las poblaciones de cruces con cacao Amazónicos, por lo que la mayoría de los trabajos se están haciendo con esas poblaciones, de materiales provenientes de Trinidad. El mejoramiento en Africa Occidental se hace por medio de cruces dialélicos con árboles sobresalientes o tolerantes y usando métodos de inoculación como semillas germinando, plantitas y plantas adultas.

Legg y Lockwood diferencian la resistencia y la tolerancia de la siguiente manera: resistencia se refiere al proceso de infección en sí, mientras que tolerancia se refiere a la reacción del huésped cuando es infectado.

La selección de árboles en las fincas, donde ha habido un fuerte ataque de virus ha permitido descubrir strains del virus menos virulentos, que protegen los árboles del efecto de los virus más virulentos, cuando atacan previamente un árbol, este mismo fenómeno se ha podido observar al hacer injertos de material infectado en las pruebas de resistencia por esa metodología.

La tolerancia al virus ha sido observada como una característica que es altamente influenciada por factores genéticos como por factores medio ambientales. Entre los factores medio ambientales, el vigor del árbol parece jugar un papel bastante importante, el estado nutricional de la planta también juega un papel muy importante, pues una deficiencia de Zinc parece ser especialmente efectiva en acrecentar la susceptibilidad de los árboles al virus, una adecuada fertilización por lo tanto, tiende a disminuir el efecto destructivo del virus; esto tiene también relación con el sombreamiento, pues si un cacaotal tiene mucho sombreamiento sus plantas son más débiles y por lo tanto se debe esperar un rápido desarrollo de la enfermedad. Brunt en 1975 encontró que poco importa el estado nutricional de la planta o el sombreamiento y que el material era igual de afectado en cualquier circunstancia bajo las condiciones de su trabajo.

El método más antiguo para seleccionar material resistente fue el del injerto del material infectado sobre las plantas que se desea probar; este método daba buenos resultados y generalmente tanto el patrón como el injerto tenían el mismo daño cuando los brotes se desarrollaban; en algunas ocasiones el daño era muy poco o el injerto no prendía, esto se adujo a la protección, debido a la presencia de una infección previa como se dijo anteriormente. El método fue usado ampliamente en todas las estaciones experimentales, pero traía consigo otros problemas, como la lentitud de la selección del material. Por medio de este sistema se probó también la resistencia a otros virus.

Más tarde se encontró que entre los insectos vectores de la enfermedad, por lo menos dos de ellos podrían ser usados para transmitir la enfermedad artificialmente (*Pseudococcus njalensis* y *Ferrisa virgata*). *P. njalensis* fue el más usado para transmitir la enfermedad, aunque la crianza y uso de este chinche harinoso presenta algunos problemas. Pronto fue el método más generalizado para determinar resistencia tanto en plantas y plántulas como en semillas.

La ninfa del insecto es el mejor estadío para este tipo de trabajo,

aunque el insecto en otros estadíos también puede servir. Los insectos se deben dejar hambrientos por algunas horas, o sea que no coman, luego ponerlos en hojas jóvenes que tengan síntomas, por espacio de cuatro horas por lo menos para que puedan comer y al mismo tiempo adquirir el virus. Luego se ponen sobre las plantas unas 30 ninfas por espacio de tres horas. El virus no es persistente en el insecto. Pasadas unas ocho semanas se puede comenzar a observar y medir los daños y los síntomas.

Siguiendo casi la misma metodología descrita anteriormente se pone a alimentar los chinches harinosos que vienen de partes infectadas con virus, sobre semillas germinadas de 2 - 3 días o en embriones más frescos, removiendo una parte de un cotiledón. Estos métodos quizá son los más fáciles y que más se están usando actualmente, pues han sido los que más correlacionan con los datos de campo y los que menos espacio ocupan en el laboratorio e invenaderos. Los síntomas además asoman entre los 15 - 25 días lo cual también acorta el tiempo de la prueba.

Legg y Kenten encontraron que haciendo la inoculación a mano en las semillas de cacao, se obtenía los mismos resultados que cuando se hacía con el chinche harinoso, por lo tanto propuso el método como un medio de acelerar las pruebas de descendencias. Una razón para usar este método es que la inoculación por el insecto no es altamente reproducible, y por eso es que había que usar un número alto (30 chinches harinosos). Además la preparación que se usa para la inoculación mecánica puede ser altamente purificada, lo que garantizaría un poco más la infección.

Adomoko y Owusu discutieron las diferencias entre la inoculación mecánica y la inoculación por medio del chinche harinoso, encontrando que hay más ventajas en la inoculación con el insecto, debido a los hábitos de alimentación que le permite penetrar con su prosbosis mucho más profundamente que lo que se puede penetrar mecánicamente, además el insecto puede llegar a tejidos de transporte de savia, lo cual aseguraría la inoculación, cosa que no siempre es posible con la inoculación mecánica.

Los mismos argumentos se pueden usar al inocular hojas y tallos, puesto que el insecto tiene más habilidad para poner el inóculo en el floema y en los tubos de sieve, que la inoculación mecánica; además se debe tomar en cuenta que el virus en el insecto es circulatorio y no reproductivo.

No es conveniente inocular semilla que tenga varios días de germinadas pues Owusu y Adomoko encontraron que a esa edad las plantitas producen un inhibidor del virus lo que impide la inoculación.

En el Cuadro 3 se presentan los principales cultivares reportados como resistentes o tolerantes. La mayoría de ellos han sido usados como padres y no se está recomendando para plantaciones clonales.

Cuadro 3. Material reportado como tolerante o resistente al CSSV, usado como padres.

CULTIVAR	
C-23	T 62/799
C-77	T 9/21
F-85	T 12/26
Iquitos 85-D;	T 12/113
INE-76/122	T 12/150
IMC-76	T 12/151
Na-33	T 17/359
Na-34	T 85/799
Na-32	T 17/521
Standar 537	T 65/10
T 61/1313	T 73/55
T 62/958	T 101/5
T 17/524	T 101/42
T 62/977	T 72/20
T 2/21	T 90/1345
T 17/433	T 101/1950
T 62/891	T 101/2540
T 81/1792	SCA 12
T 81/1880	
W 41	

MAL DEL MACHETE *Ceratocystis fimbriata*

En 1964 se demostró experimentalmente que había gran variabilidad en la resistencia a *C. fimbriata* en las poblaciones de cacao. Mientras tanto, muchos de los países afectados por esta enfermedad habían venido observando que había poblaciones de cacao muy susceptibles a la enfermedad, tales como los de origen criollo y sus poblaciones derivadas y como muchos de los Trinitarios. Dentro del Complejo Forastero, el cacao "Nacional", fue considerado como susceptible.

En 1964 Delgado y en 1965 Delgado y Echandi describieron el método para evaluar la resistencia a *C. fimbriata*, tanto en cultivares de cacao como en especies de *Theobroma*. Con esta metodología fue posible encontrar un buen número de árboles resistentes, aunque ya otros autores habían venido haciendo intentos por desarrollar una técnica con este propósito.

La técnica de Delgado básicamente consiste en hacer crecer el hongo en trocitos de ramas maduras, divididas por la mitad longitudinalmente, bajo condiciones controladas de temperatura y alta humedad ambiental. Soria y Esquivel y Soria y Salazar pronto detectaron que la prueba producía resultados algo diferentes cuando cambiaba la estación del año, aunque no cambió el rango o la posición de resistencia relativa de los cultivares probados.

Con la finalidad de resolver el problema de los pequeños cambios que pueda ocasionar el medio ambiente, Small propuso un índice (Indice C), el que consistía en inocular al mismo tiempo que el material en prueba, uno o dos cultivares altamente susceptibles para comparar con las lecturas del material en prueba. El usó los cultivares 'ICS-1' y el 'ICS-95', dando el nombre de Indice C_1 y C_{95} con la finalidad de compararlos y tener un punto de partida para clasificarlos en forma más estricta.

También, con la finalidad de buscar un Indice más exacto y cuantitativo, Ruiz y colaboradores idearon un método colorimétrico, basado en la estimación del grado de clorosis inducida por el organismo hospedante. Este método parece tener la ventaja de basarse en una medida más exacta, pero también, puede ser afectado por variaciones ambientales, cambiando la reacción de acuerdo con la fisiología de la planta. Quizá, se podría obviar este problema trabajando con Indices indicadores de la susceptibilidad, lo cual daría más confianza al método. La ventaja que tendría este método es que se puede usar solamente la toxina y no el patógeno, pudiéndose aplicar la metodología en áreas donde no haya la enfermedad sin peligro de transmitirlo, lamentablemente no se ha seguido perfeccionando el método.

Cuadro 4. Material reportado como tolerante o resistente al "Mal de Machete" o "Muerte súbita".

C U L T I V A R	
ACT-1-5	Monasterio 65
ACT-1-9	OC-61
AX-3-25	OC-71
DE 52-B	P-16A
C 87-P 146	P-168
C 87-P 137	P 24 B
C 88-P 111	PA-12
C 90-P-62	
C 91-P 64	P 11-A
C 94-P 25	P 12-A
C 94-P 35	P 12-B
C 94-P 48	P 14-A
C 83 - P 105	P 18-A
C-91-P 64	P 18-B
IMC-53	P 19-A
IMC-11	P 19-B
IMC-27	P 25-A
IMC-31	P 30-B
IMC-60	PA-303
IMC-57	
IMC-76	Pound-12
IMC-67	Panaquirito-87
Monasterio 5	P-12
Monasterio 11	SCA-12
Monasterio 44	SPA-9

TENDENCIAS MODERNAS EN EL FITOMEJORAMIENTO PARA LA RESISTENCIA DEL HOSPEDERO Y SUS IMPLICACIONES EN EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS

H. David Thurston*

En este trabajo no se tratará de explicar los procedimientos del fitomejoramiento para la resistencia en el hospedero; existen muchos libros sobre el tema y el tiempo de que disponemos no nos permite entrar en detalles. Espero exponer más o menos detalladamente la importancia que reviste la resistencia de la planta hospedera; la manera como los agricultores pueden aprovechar esta resistencia para producir más alimento a menos costo; la confusa terminología empleada en la resistencia de plantas hospederas; la variación que existe entre diferentes plagas; las modernas tendencias en fitomejoramiento y; finalmente, el empleo de la resistencia de las plantas hospederas en un programa integral de manejo de plagas. Como fitopatólogo que soy, haré énfasis en ejemplos que utilizan enfermedades, pero los mismos principios generalmente se pueden aplicar a otras plagas.

Una de las causas principales del éxito de la agricultura moderna ha sido el desarrollo de cultivos resistentes a las enfermedades. Según Young (7), en los Estado Unidos.

"Antes de 1900 sólo unos pocos miles de acres estaban cultivados con variedades desarrolladas mediante investigaciones orientadas al desarrollo de resistencia. En la actualidad, aproximadamente el 75% de los terrenos dedicados a la agricultura en los Estados Unidos están cultivados con variedades resistentes desarrolladas por fitomejoradores y por fitopatólogos desde principios de este siglo. En lo que respecto a ciertos cultivos, como por ejemplo alfalfa y granos menores, el 95% de los terrenos están cubiertos por variedades que son resistentes a una o más enfermedades".

Como principio, la resistencia implica cambiar al hospedero de tal manera que los patógenos causen menos daños. Considerando el número de plantas cultivadas y la cantidad relativamente pequeña de enfermedades que padecen, puede decirse que la resistencia es una característica común, y que la mayoría de las plantas son resistentes a la mayoría de los patógenos. Sin embargo, conforme el hombre ha desarrollado la agricultura, las poblaciones vegetales se han vuelto más uniformes y, por lo tanto, más susceptibles, especialmente a patógenos introducidos.

La historia del caucho ilustra con un ejemplo reciente lo que puede suceder cuando una planta silvestre se convierte en monocultivo. En el habitat nativo de *Hevea*, en la selva del Amazonas, se encuentran alrededor

* Department of Plant Pathology, Cornell University

de seis árboles de *Hevea* por acre. Cada árbol está separado de otros árboles de caucho por el follaje de árboles de otros géneros que actúan a manera de barreras para las esporas llevadas por el viento. El tizón suramericano de la hoja (causado por *Microcyclus ulei*) era una enfermedad poco conocida que causaba pocos daños en aquella época en que el caucho se recogía en la selva de árboles silvestres de *Hevea* y era la fuente principal para los mercados mundiales (Langford, 1944). Cuando se empezó a cultivar *Hevea* en grandes plantaciones *M. ulei* se convirtió en un serio problema y destruyó miles de acres del cultivo en América del Sur. Actualmente el 95% del caucho empleado en el mundo se produce en Asia (donde no existe *M. ulei*), mejor que en el Continente Americano, donde tuvo su origen.

Esencialmente el mecanismo de la herencia de resistencia a las enfermedades es el mismo que el de la herencia de otros caracteres. La resistencia a las enfermedades puede heredarse de una manera simple o de una manera sumamente compleja. Desafortunadamente la herencia compleja (que confiere diversidad genética y, por lo tanto, mayor estabilidad) es la más difícil de obtener. La herencia simple o heredada cualitativamente (debida a uno o a varios genes) rara vez se mantiene más de unos pocos años; una excepción es la resistencia monogénica a algunos patógenos fungosos, bacteriales o virales que se encuentran en el suelo y que se ha mantenido muchas décadas. Esto se debe probablemente a la lentitud con que se dispersan los patógenos, virus y bacterias del suelo, en la naturaleza. La frecuente pérdida de resistencia monogénica a *Puccinia graminis* (roya del tallo del trigo) y a *Phytophtora infestans* (tizón tardío de la papa), ilustra la capacidad de los patógenos fungosos distribuídos por el viento para producir y diseminar nuevas razas que pueden vencer la resistencia simple.

El uso de variedades resistentes para controlar enfermedades vegetales en los trópicos varía bastante. Algunos cultivos, tales como yuca o coco, han recibido poca atención; mientras que otros cultivos, por ejemplo, caña de azúcar, hubiera desaparecido como especies cultivadas debido a las enfermedades, de no haber sido por el descubrimiento y desarrollo de variedades de resistentes. La base primordial del control de muchas enfermedades de cultivos tropicales es el uso de variedades resistentes. Como ejemplo podemos citar el mosaico de la caña de azúcar, el mal de Panamá del banano, la hoja blanca de arroz y la mancha de la hoja (*Microcyclus*) del caucho.

En la mayoría de los cultivos tropicales tales como maíz, arroz, yuca, frijoles, cacao, hortalizas, frutas y especies forestales hay una gran diversidad de resitencia a enfermedades. La misma diversidad se encuentra en relación con muchas otras características. Esta diversidad es, sin lugar a dudas, una de las razones por las cuales las enfermedades rara vez causan desastres cuando los pequeños agricultores usan prácticas de cultivo inadecuadas, poco o ningún fertilizante, fuentes de semilla y de material de propagación que nunca han tenido la aprobación de una agencia gubernamental, y no emplean nematicidas, insecticidas, fungicidas o herbicidas.

Según Jennings (3) las variedades nativas no mejoradas (land races) no son inferiores per se y, en efecto, pueden representar lo mejor para las condiciones donde se las cultiva. Además, señala, la diversidad genética de estas razas de la tierra asegura, por lo menos, resistencia parcial o tolerancia a las tensiones del medio ambiente y al ataque de plagas. Así las variedades nativas brindan un cierto índice de seguridad y ayudan a que el agricultor obtenga, por lo menos, un rendimiento de subsistencia aún en los años peores. Debe tratarse al máximo de que en los trópicos se use inteligentemente la diversidad en el agroecosistema, especialmente en programas de mejoramiento.

Debe evitarse el uso de la resistencia heredada simple o resistencia monogénica (herencia cualitativa) que puede ser superada por la aparición de nuevas razas fisiológicas, siempre que se pueda disponer de buenas fuentes de resistencia heredada cuantitativamente. Sin embargo, no debe descartarse el empleo de resistencia heredada simple, ya que se dispone de suficiente ejemplos que muestren que en algunos casos se ha mantenido por muchos años, lo que hace su uso digno de tomarse en cuenta. No se ha demostrado en forma concluyente que la resistencia heredada cuantitativamente o herencia compleja (también conocida como "gene menor", herencia horizontal, resistencia parcial, resistencia de campo, etc.), se destruya rápidamente cuando aparecen nuevas razas. Se necesita mucha más información, en un gran número de plantas tropicales, sobre la naturaleza, valor y utilización de este tipo de resistencia. Debe darse alta prioridad a la investigación para obtener esta información en los trópicos. En el International Rice Research Institute se está estudiando la resistencia heredada cuantitativamente con el fin de obtener resistencia más estable a *Pyricularia oryzae*, que causa el añublo del arroz.

En lo que respecta al fitomejoramiento para resistencia a enfermedades, los trópicos presentan ventajas sobre las zonas templadas. A menudo es posible en los trópicos obtener dos y, a veces, tres generaciones en un año. Esto puede apresurar los procedimientos de cruzamiento y ensayo y reducir el tiempo entre el cruzamiento original y la entrega de la semilla a los agricultores. Además, los ensayos de enfermedades con mucha frecuencia pueden efectuarse en el campo bajo condiciones óptimas en los trópicos, reduciéndose así la necesidad de instalaciones costosas de laboratorios e invernaderos.

El empleo de variedades resistentes a las enfermedades es la manera más simple, más efectiva y, más económica de controlar las enfermedades en las plantas. En el caso de muchos cultivos tropicales tales como pastos, la mayoría de las especies forestales, muchos cereales, algunas raíces y tubérculos, caña de azúcar, y otras, el desarrollo de variedades resistentes es la única esperanza de controlar las enfermedades. Cuando un pequeño agricultor puede usar una variedad resistente a las plagas, esto significa que no tendrá que controlar la plaga por medio de plaguicidas, métodos de cultivo, control biológico u otros métodos y así el costo, para todos los agricultores, será mínimo.

La resistencia de plantas hospederas es una parte integral del control integrado de plagas y debe realizarse un esfuerzo concienzudo para determinar la función que puede desempeñar. Muy a menudo este factor es ignorado o añadido a un patrón de control integrado de plagas como un corolario.

Terminología de la Resistencia de Plantas Hospederas

Es necesario reconocer que mucha de la culpa por la confusa terminología empleada en describir la resistencia en plantas hospederas es de los miembros de mi disciplina -fitopatología. Se emplean muchos términos para describir lo que parece ser la misma cosa.

Primero diferenciemos resistencia de tolerancia. Generalmente la resistencia se caracteriza por un número o cantidad menor en la población de la plaga. Una población tolerante puede tener la misma cantidad de enfermedad que un genotipo similar (o casi-isogénico), pero es capaz de tolerar la plaga y no sufre disminuciones de rendimiento que causen pérdidas económicas. La tolerancia puede ser un atributo muy útil.

Para dar un ejemplo de cuán confusa es la situación en terminología sobre plantas hospederas, en 1971 compilé una lista (4) de dieciseis términos usados para describir la resistencia horizontal y, desde esa época se han añadido muchos más a este número. Probablemente todos describen el mismo tipo de resistencia, pero algunos describen la mecánica de la herencia (genes múltiples, poligénica, herencia cuantitativa) y ciertos tipos de resistencia (resistencia parcial, resistencia de campo, resistencia no específica, resistencia general, resistencia no hipersensitiva). Para evitar mayor confusión y, aunque no son términos que me agraden particularmente, usaremos los términos resistencia horizontal y resistencia vertical introducidos por Van der Plank (5) en 1963. Estos términos tienen amplia aceptación y, quizá son tan buenos como cualesquiera otros.

En este punto es necesario hacer un poco de historia. En la mayoría de los primeros ensayos de mejoramiento para resistencia se usó la resistencia vertical debido a que es mucho más simple trabajar con ella. Es mucho más fácil trabajar con uno o unos pocos genes (resistencia vertical) en un programa de mejoramiento que con una gran cantidad (resistencia horizontal). Así, se buscaron reacciones de hipersensibilidad que dieran una reacción de incompatibilidad entre el genotipo del hospedero y el genotipo de la plaga, o inmunidad casi completa. Algunos ejemplos clásicos son mejoramiento para resistencia a roya en trigo y resistencia a tizón tardío en papa. Desafortunadamente, pronto se descubrió que un patógeno podría producir nuevas razas y que, sin verse afectado por la resistencia vertical, estaría en capacidad de vencer esa resistencia vertical. Por ejemplo, la aparición de la raza 15 B de *Puccinia graminis f. tritici* (roya del tallo del trigo) a principios de la década de 1950 causó una gran epidemia que hizo necesaria una reevaluación del valor de la resistencia vertical. En la actualidad, y debido en parte al estímulo causado

por los libros de Van der Plank, tanto la resistencia horizontal como la resistencia vertical son consideradas en términos de su efecto sobre las epidemias.

Una buena cantidad de trabajos recientes muestra que la resistencia horizontal limita el índice de resistencia progresiva de las plagas. Se han desarrollado fórmulas matemáticas que muestran como se incrementan las poblaciones de plagas hasta alcanzar proporciones epidémicas. La resistencia progresiva se compara con el interés simple y con el interés compuesto en un préstamo bancario. Evidentemente que las plagas que presentan un interés compuesto continuo son las más explosivas.

Se dispone de ecuaciones matemáticas para computar la resistencia progresiva tanto en plagas con interés compuesto como con interés simple, así como el "índice de infección o infestación aparente". Las limitaciones de espacio y tiempo no permiten una discusión amplia sobre estas ecuaciones, pero es conveniente mencionar que nos ofrecen una herramienta útil para analizar epidemias y el valor relativo de resistencia vertical y horizontal, así como la importancia de las plagas con interés compuesto continuo, o con interés simple. Estos estudios también ayudan a analizar la necesidad de utilizar la resistencia vertical u horizontal en un programa de mejoramiento para resistencia a una plaga específica.

La resistencia horizontal es muy valiosa pra combatir plagas que producen grandes cantidades de inóculo y que se diseminan fácilmente (tales como los hongos que causan tizón tardío en la papa, añublo en arroz y roya del tallo de trigo). Estas osn plagas de interés compuesto continuo. La resistencia vertical es muy útil para combatir plagas de interés simple. Algunos ejemplos son resistencia a muchas enfermedades que actúan en el suelo, la mayoría de los virus, bacterias, nemátodos y muchos insectos. Un ejemplo clásico de la resistencia controlada por un solo gene dominante (resistencia vertical) y que se indentificó por primera vez en 1909 es la resistencia al hongo que causa amarillamiento en el repollo (*Fusarium oxysporum f. conglutinans*)(6).

Para resumir, tanto la resistencia horizontal como la resistencia vertical son valiosas y tanto los científicos que arguyen que la resistencia vertical no debería usarse, como aquéllos que dicen que la resistencia horizontal es demasiado difícil para ser usada por un fitomejorador, están equivocados. Lo que quiero enfatizar aquí es que se necesita conocer la epidemiología de la plaga y su variación para saber cuales tipos de resistencia serán de máxima utilidad para combatir una plaga específica.

Las variedades multilineares ("multiline varieties"), son otra innovación reciente en el control de plagas por medio de fitomejoramiento. Las variedades multilineares son producidas mezclando físicamente semillas de líneas diferentes genotípicamente con resistencia vertical o genes que tienen un fenotipo similar. La resistencia vertical en este caso, puede producir un efecto parecido al de la resistencia horizontal.

En el IRRI, en las Filipinas, he visto trabajos en los que se emplean variedades multilineares que parecen ser bastante efectivas para controlar el añublo del arroz. En el medio oeste de los Estado Unidos se ha obtenido éxito en el cultivo de avena con el empleo de multilíneas resistentes a la roya.

Otra técnica moderna en el fitomejoramiento son las pirámides de genes (muchos genes verticales introducidos en un genotipo hospedero). La hipótesis detrás de este concepto es que una "pirámide de genes" se comportará como resistencia horizontal en todos los casos excepto frente a las "super" razas más especializadas.

Variación en las Plagas

La variación genética de las plagas es un fenómeno casi universal y conduce a una pérdida de resistencia a las plagas (1). Los hongos son notorios por su capacidad para producir nuevas razas de un patógeno que puede vencer la resistencia de un hospedero. Por ejemplo, se han descubierto más de 300 razas de *P. graminis f. tritici* empleando 12 hospederos diferenciales. Si se añadieran unos pocos diferenciales más el número de razas se elevaría a miles. El hongo que produce el añublo del arroz (*Pyricularia oryzae*) es también famoso por su capacidad de producir muchas razas.

Aunque hay pocos ejemplos de malezas que han desarrollado resistencia a los herbicidas, existen algunas. Los virus, las bacterias y los nemátodos también producen nuevas razas, pero no con la frecuencia que lo hacen los hongos. Los insectos son notorios por su capacidad de desarrollar resistencia a los insecticidas. En algunos casos, esta capacidad para desarrollar resistencia a los insecticidas puede permitir a los insectos vencer la resistencia de las plantas hospederas.

El principio que se debe recordar es que las poblaciones de plagas tienen la capacidad de variar. Es necesario estudiar esta variación para predecir, con algún grado de confianza, el futuro de una nueva variedad resistente, especialmente cuando se emplea la resistencia vertical.

La resistencia vertical a una enfermedad con interés compuesto continuo puede extenderse por uno o dos años, mientras que la resistencia horizontal puede durar décadas. Algunos científicos predicen que la resistencia horizontal durará eones geológicos. Esto es dudoso y necesita ser ensayado concienzudamente.

Pueden producirse nuevos biotipos o razas por cambios genéticos originados en mutaciones, recombinaciones sexuales o heterocariosis. Es poco lo que puede hacerse para evitar que las plagas varíen, pero sí es mucho lo que puede hacerse para que sus variaciones genéticas no conduzcan a pérdidas de alimentos o de fibra.

Cultivos de Células y de Organos

Recientemente, los científicos han podido cultivar órganos y células individuales de plantas in vitro. Esta capacidad abre la posibilidad de seleccionar in vitro (p. e. de una población de células en un plato petri) poblaciones resistentes a las plagas. El próximo paso es regenerar plantas a partir de las células resistentes y se están haciendo progresos en estas investigaciones.

Las disminuciones en la variación genética de muchas especies agrícolas hace imperativo el desarrollo de nuevos enfoques para extender el ámbito de la hibridización en plantas más allá de los límites presentes de compatibilidad sexual. Actualmente, se ha tenido éxito en relativamente pocos cruces interespecíficos.

El triticale, un híbrido entre trigo y centeno, ilustra el valor potencial de los cruces interespecíficos. Combina el alto contenido de proteína y la capacidad de dar rendimientos elevados del trigo, con el alto contenido la rusticidad del centeno y, es resistente a razas de roya a las cuales es susceptible el trigo. Actualmente se cultiva triticale en una extensión de 400.000 hectáreas en 52 países y rápidamente se está convirtiendo en un importante cultivo alimenticio a nivel mundial (2).

Si se pudieran desarrollar técnicas para alcanzar cruces interespecíficos similares de diverso germoplasma, las implicaciones en cuanto a protección contra las plagas serían enormes. Algunas especies cultivadas no son resistentes a muchas plagas, pero las especies silvestres a menudo contienen esta capacidad de resistencia. Las especies silvestres relacionadas con nuestros cultivos alimenticios apenas si se han aprovechado como fuentes de resistencia contra plagas. Ocasionalmente en la naturaleza ocurren cruces interespecíficos de manera casual o como resultado de técnicas convencionales de fitomejoramiento, pero es dudoso que con estos métodos tradicionales se alcancen logros espectaculares en hibridización interespecífica. Las técnicas de cultivo de células vegetales son prometedoras en cuanto a lograr el éxito con cruces interespecíficos de plantas superiores. Se ha tenido éxito en aislar protoplastos viables que se reproducen por medio de división celular en algunos géneros vegetales. También se ha inducido a estos protoplastos a fusionarse, pero la falta de marcadores selectivos para reconocer los híbridos y, la incapacidad de regenerar células híbridas en plantas completas aún constituyen serios problemas. En las futuras investigaciones que se efectúen sobre técnicas de cultivo de tejidos se incluirán estudios diseñados para seleccionar nuevos híbridos interespecíficos con mayor resistencia a las plagas.

Mantenimiento de la Diversidad Genética en las Poblaciones de Cultivos

La estrecha base de germoplasma con que contaban muchos cultivos alimenticios y productores de fibra originaba una susceptibilidad al ataque de plagas cada vez mayor (1). La epidemia de tizón en la hoja del maíz

("southern corn leaf blight") sufrida por el maíz en los Estado Unidos en 1970, las epidemias de tungro que sufrió el arroz en Asia, también en 1970, son ejemplos recientes de esta susceptibilidad creciente. Esta susceptibilidad se origina en la uniformidad genética estimulada por las demandas del mercado, por la mecanización de la agricultura y por las regulaciones gubernamentales.

La mejor protección contra la vulnerabilidad genética es la diversidad genética de los cultivos. Desafortunadamente, la mayoría de las prácticas agrícolas modernas estimulan una uniformidad cada vez mayor. Muchos cultivos agrícolas que se propagan vegetativamente tales como variedades de papa, yuca y manzanas, son completamente uniformes. Los clones de estos cultivos son idénticos genéticamente e igualmente susceptibles a las plagas. Algunos cultivos que se autopolinizan tales como trigo y frijol son bastante uniformes en comparación con cultivos con polinización cruzada. Aunque el maíz tiene polinización cruzada los híbridos son bastante uniformes debido a la producción de líneas puras y a la reproducción dentro de la misma raza ("inbreeding").

El empleo de genes citoplásmicos tales como el "Texas male-sterile cytoplasm" también introdujo, con resultados desastrosos (p.e. la epidemia de tizón sureño del maíz que causó la pérdida del 10% de la cosecha de maíz en los Estados Unidos en 1970), la uniformidad citoplásmico dentro de las muchas variedades de maíz que se cultivan en los Estados Unidos. Parecida uniformidad citoplásmica se encuentra en sorgo, millo, remolacha azucarera, cebollas y algodón.

Todas las variedades de arroz y trigo de alto rendimiento contienen los mismos genes para la característica de enanismo que permite que estas variedades reciban fuertes dosis de fertilizantes. Por supuesto que las variedades de alto rendimiento presentan otras características. En los países en via de desarrollo son muy importantes los monocultivos de variedades con poca diversidad genética tales como caucho, cacao, café y bananos.

Resistencia y Control Integrado de Plagas

Los sistemas de control integrado de plagas ofrecen un rico potencial para aumentar la producción de los cultivos y mejorar el ambiente para los humanos. Para obtener éxito en los sistemas integrados de manejo de plagas es necesario emplear más de una estrategia de control de plagas. Pueden emplearse control cultural, plantas resistentes a las plagas, control biológico, plaguicidas y otras técnicas, dependiendo del cultivo, de la localización geográfica y de otros factores.

Las prácticas de control de plagas basadas en la genética del cultivo son las más apropiadas para el control de patógenos, nemátodos e insectos. El combate de los daños causados por pájaros, roedores y otros vertebrados pueden también mejorarse con medios genéticos. Sin embargo, el potencial para desarrollar plantas resistentes a malezas es menor. El mejor método continúa siendo la búsqueda de plantas que estén mejor adaptadas y sean

más competitivas que las malezas usuales. El fitomejoramiento para resistencia es generalmente un proceso caro y a largo plazo.

Producir nuevas variedades de papa es un proceso caro, Plaisted (comunicación personal) ha estimado que normalmente se necesitan 200.000 plántulas para obtener una que valga la pena lanzar al mercado y, un millón de plántulas para encontrar una variedad nueva que eventualmente se usará en un porcentaje elevado en los Estados Unidos. Generalmente han de transcurrir 15 años o más desde el momento en que se efectúa un cruzamiento hasta que se produzca una variedad reconocida. En Nueva York se ha evaluado el costo de producir y evaluar 200.000 plántulas en US$200.000,00 (R.L. Plaisted, comunicación personal). De modo que producir una nueva variedad en los Estados Unidos que sea usada por los agricultores podría costar más de un millón de dólares. El costo de producir nuevas variedades es elevado y debe ser comparado con los beneficios potenciales que produciría.

Probablemente la forma menos cara para controlar las enfermedades para los agricultores, grandes y pequeños, es el empleo de variedades resistentes. Debe considerase cuidadosamente el valor de la resistencia en plantas hospederas el diseñar sistemas de control integrado de plagas.

BIBLIOGRAFIA

1.- Horsfall, J.G. (Chairman). 1972. Genectic vulnerability of main crops. Nat. Acad. Sci. Washington, D.C. 307 pp.

2.- Hulse, J.H. and D. Spurgeon. 1974 Triticale. Sci. Am. 231 (2): 72-80

3.- Jennings, P.R. 1976. The amplification of agricultural production. Sci. Am. 235(3):180-194.

4.- Thurston, H.d. 1971. Relationship of general resistance: late blight of potato. Phytopathology 61:620-626

5.- Van der Plank, J.E. 1963. Plant diseases: epidemics and control. Academic Press. New York. 206 p.

6.- Walker, J.C. 1952. Diseases of vegetable crops. McGraw Hill. New York. 529 p.

7.- Young, R.A. (Chairman). 1968. Plant disease development and control. Nat. Acad. Sci. Pub. 1656

CONCEPTOS BASICOS SOBRE EL MANEJO DE GRANOS ALMACENADOS

Theodore A. Granovski*

Para satisfacer las demandas de alimentos presentes y futuros los gobiernos han hecho énfasis sobre dos aspectos:

1. Disminuir el crecimiento de la población.

2. Aumentar el suministro de alimentos ampliando la relación producción/importación.

El mundo ha estado, y está, en una reñida competencia entre la producción de alimentos y el crecimiento de la población. La población del mundo es aproximadamente 4,25 mil millones de personas; pero cuando incluímos los animales (vacas, cerdos, pollos, etc.) que también consumen productos alimenticios, vemos que la población real es equivalente a, aproximadamente, 20 mil millones de habitantes. Miles de millones de dólares se han destinado a ayudar a que los países en vías de desarrollo produzcan alimentos; sin embargo, no se han hecho inversiones similares en cuanto a pérdidas post cosecha, ni se está consciente de la necesidad de determinar y reducir tales pérdidas. Por lo tanto, es obvio que en el futuro inmediato deberá hacerse énfasis en reducir las pérdidas de alimentos que ocurren durante y después de la cosecha.

Repasemos la cadena por la que pasan los alimentos (Bourne, 1977). Qué sucede con los alimentos que produce el agricultor? Es la misma cantidad producida la que llega al consumidor?; Desde que el producto es transportado desde el productor hasta el consumidor ocurren muchas pérdidas cuyas causas pueden ser los pre-procesos, el transporte, el almacenamiento, el procesamiento, el empaque y el mercadeo. Estimaciones conservadoras (NAS, 1978) indican que en 1976 se perdieron por lo menos 107 millones de toneladas de alimentos; con sólo la cantidad que se perdió de cereales y legumbres podría satisfacerse la demanda de calorías de 16[illegible] millones de personas, que es el 3.98% de la población total del mundo y el 27.1% de la población que padece hambre.

Como especialistas en agricultura, tradicionalmente hemos discutido sobre problemas de la producción. Hemos estudiado y hablado de la producción en áreas planas y muy grandes; en condiciones más difíciles, como en las zonas montañosas; en tierras tropicales recién abiertas. Se han discutido métodos modernos y flexibles de combatir las plagas de tal forma que cuando llegue el momento de cosechar, el agricultor esté satisfecho de tener

---

*Departamento de Entomología, Texas A&M University, Texas, E.E.U.U.

un buen producto suficiente para suplir las necesidades de la familia.

Pueden utilizarse muchos métodos de combate al tiempo de la cosecha. Normalmente el finquero sabe que a los roedores, pájaros e insectos también les gustan los granos y sabe que si no guarda bien la cosecha puede perderla a causa de tales plagas.

El tratamiento que se da a los granos está influenciado por el o los conceptos que se tenga de los mismos granos. Estos son considerados como: 1) una mercancía; 2) riqueza; 3) un organismo vivo; 4) alimento para el hombre.

Toda persona que trabaje con granos almacenados desarrolla ciertos conceptos y actitudes hacia su trabajo y hacia el producto que está manejando (Wilbur, 1974). Estos conceptos dependen de las relaciones que tenga la persona con los mismos granos. Depende de si ha sido o es el que los cultivó, el que los cuidó, el consumidor, si trabaja en una fábrica, si es el administrador, un funcionario del estado o de la industria privada, el vendedor, el comprador, un agente aduanero con o sin experiencia, si está informado sobre los problemas básicos que se presentan en el almacenamiento de los granos. La percepción y el conocimiento que uno tiene cambia a medida que obtiene nuevas experiencias.

Mercancía: Los granos almacenados tienen mucho en común con ciertos artículos comerciales de peso similar tales como madera, cemento, grava o algodón en pacas. Todas estas mercancías pueden ser compradas y vendidas, transportadas y almacenadas. Para cada una de ellas existe un trabajo de cargar, transportar, descargar, empacar, registrar, almacenar y proteger. Estas actividades requieren insumos de mano de obra definidos y/o equipo pesado. Normalmente se concede especial atención a los aspectos mecánicos, rapidez y costos de manejo, y otras actividades que involucran mano de obra y que elevan los costos y al final los transfieren al consumidor. Desafortunadamente el concepto de que los granos son mercancías que deben manejarse y entregarse tan rápido como sea posible prevalece entre quienes manejan los granos. Mientras que tan pobre concepto no se modifique poco podrá hacerse para que los comerciantes de granos mejoren la calidad y la limpieza en el trato dado a los granos que se les encomienda.

Riqueza: Mucha gente considera que los granos son o una expresión de riqueza o una fuente de riqueza. Su principal interés en los granos está en la riqueza que ellos representan. Los granos en la bodega son como dinero en un banco. Se hacen ciertas consideraciones en tal forma que en lugar de pérdidas haya alguna ganancia en el valor del grano desde que se almacena hasta que se vende. Pero el interés en mantener la calidad es sólo temporal. Cuando el grano comienza a deteriorarse, se vende y los comerciantes subsiguientes sufren alguna pérdida por deterioro. Un productor que cosecha 5.000 medidas de maíz y lo vende a $2,oo la medida recibe $10.000. Si es un buen negociante, inmediatamente deposita su dinero en un banco confiable; pide al banquero que le dé el balance de su cuenta con cierta regularidad. Sin embargo, muchas veces los granos, ya sean de propiedad privada u oficial se almacenan en graneros viejos en mal estado. Los

huecos en el techo y las paredes dejan pasar el agua, los insectos, los roedores y los pájaros. Finalmente, el grano se vende; pero la calidad y la cantidad han disminuído tanto por causa de las plagas que su valor es mucho menor a los $10,000 que hubiera recibido inicialmente. Sin embargo, si el grano se ha almacenado por suficiente tiempo el valor puede haber aumentado y estar, por ejemplo, a $3,oo por medida. Si todo fuera así y el negociante vendiera las 5.000 medidas a $3,oo cada una conseguiría $15.000 lo cual significaría obtener $5,000 de ganancia sólo por almacenar apropiadamente el grano. Pero en lugar de eso, a causa de la falta de almacenamiento y manejo apropiados el grano se deteriora; se llena de insectos; algo se pierde comido por roedores y pájaros; otra parte se ha descompuesto a causa de los hongos, de tal forma que ahora el grano se vende sólo en $1,50 por medida. Si esto sucede, el productor o el negociante conseguirá solamente $7.500 en lugar de los $15.000 que pudo haber conseguido; sufrió una pérdida de $7.500 como resultado de su conocimiento deficiente de lo que son las técnicas apropiadas en el almacenamiento de granos.

Organismo vivo: Los granos son semillas. Cada semilla es un organismo vivo que respira, requiere alimentación y tiene el potencial de crecer y desarrollarse. Las semillas deben recibir esencialmente los mismos cuidados que se dan a otros organismos vivos si se desean mantener en esta condición. Estas condiciones se ven influenciadas por muchos factores ambientales, externos e internos a la semilla como tal. Entre éstos los más importantes son: temperatura, humedad, presión, oxígeno y dióxido de carbono, organismos que causan enfermedades, insectos y roedores. Si quien maneja los granos los considera como organismos vivientes, querrá mantener la calidad del embrión en cada grano de tal manera que tenga buena viabilidad cuando sea el momento de sembrarlos. Sin embargo, si los granos no se almacenan apropiadamente, el porcentaje de germinación puede reducirse marcadamente.

Alimento para el hombre. Directa o indirectamente los granos suministran alimento al hombre. En este sentido el país que tenga un buen sistema de almacenamiento de granos y buena calidad de granos en los graneros, será fuerte. Un país cuyos canales de comercialización de granos y cuyos sistemas de manejo de granos sean inadecuados, es esencialmente un país pobre. El país podrá importar más y más alimentos para su pueblo, pero estará también alimentando más y más a los hongos, insectos, roedores y pájaros que habitan el país junto con la gente. Se ha hecho referencia a un país del Asia, en donde en un año las pérdidas fueron suficientes como para haber podido llenar un tren cuyos vagones ocuparan la vía desde San Francisco a Nueva York; es decir, aproximadamente 2.800 millas. Este es un ejemplo de un país que no tiene un buen sistema para manejar sus granos. No queremos que a los países americanos les pase esto. Es importante que tratemos de mantener los sistemas de manejo de granos al más alto nivel posible. Los granos almacenados pronto se llenan de insectos, roedores, mohos, etc. Estas plagas contaminan el interior y el exterior de los granos con sus cuerpos muertos, pieles, materias fecales, olores, pelos, orines. Una vez que los granos se contaminan así, es imposible limpiarlos adecuadamente

en los procesos de molinería. En realidad, consumimos alimentos contaminados.

Si tomamos en cuenta nuestro agricultor típico en los países americanos, vemos que él debe proteger sus granos para disponer de suficiente alimento durante el año. El debe conocer las opciones con que cuenta para almacenar su producto. Debe guardarlo en bolsas o en algún tipo de frasco? Debe almacenarlo en el campo o debe buscar alguna manera sencilla de mantenerlo cerca de su casa, por ejemplo, en un árbol? El grano puede guardarse en cajas o en bolsas.

El grano puede almacenarse en recipientes de madera especialmente construídos que eviten la entrada del agua, que permitan una circulación adecuada del aire y que protejan el contenido de los insectos, los pájaros y los roedores. También pueden construirse silos de metal que almacenan perfectamente los granos. Por ejemplo, en la América Central estos silos pueden colocarse dentro de la casa o en el patio. Algunos sistemas muy avanzados pueden incluir instalaciones para carga y descarga y para almacenar grandes volúmenes de granos. Pero a menudo los aspectos sanitarios del ambiente en general y del sitio de almacenamiento en sí no es adecuado. Todos los sistemas tienen necesidades comunes para que el almacenamiento resulte exitoso:

* El grano debe secarse antes de almacenarse.

* El grano debe clasificarse antes de almacenarse.

* El local donde se guardan los granos debe limpiarse y desinfectarse antes de depositar el grano, ya que tales lugares son sitios seguros para rodores, insectos y pájaros.

* El grano debe tratarse para evitar el desarrollo de plagas propias de los productos almacenados, que ya podrían estar en el grano.

Las pérdidas en los granos pueden ser inducidas por varios factores, a saber: microorganismos, insectos, ácaros, roedores, errores en el manejo, condiciones de almacenamiento inadecuadas, extremos de temperatura, de humedad y cambios químicos en el producto.

El Cuadro 1 presenta estimaciones de la pérdida total de maíz, arroz y otros granos desde 1947 a 1949, producidas sólo por insectos que atacan diferentes productos almacenados en varios países latinoamericanos. Es interesante que el porcentaje menor de pérdidas representado es 14% y que éste corresponde a un país de la zona templada. Los países centroamericanos pierden de 25% a 50% del total de la producción de granos; esta pérdida incluye únicamente la causada por insectos. Si quisiéramos agregar las pérdidas causadas por microorganismos, roedores, derramamientos, etc, la magnitud sería mayor.

Cuadro 1. Estimaciones de pérdidas de maíz, arroz y otros granos durante 1947 a 1949 causadas por insectos que atacan granos almacenados, en varios países*.

País	% de pérdida
Honduras	50
Haití	47
Costa Rica	45
Nicaragua	30
Guatemala	25
El Salvador	25
Uruguay	14

Tomado de: Parkin, E. A. 1955. An assessment and reduction of losses caused by insects to stored foodstuffs. Ann. Rev. of Entomology, Vol. 1:223-235.

El Cuadro 2 presenta datos estimados de pérdidas, obtenidos de un estudio más reciente hecho por la FAO.

Cuadro 2. Pérdidas totales estimadas de maíz en varios países latinoamericanos*.

País	Pérdida total en %	
	Máxima	Mínima
Bolivia	18.0	18.0
Brasil	40.0	15.0
México	25.0	10.0
Nicaragua	30.0	15.0
República Dominicana	18.6	18.6
Venezuela	25.0	10.0

Tomado de: FAO. 1977. Analysis of an FAO survey of postharvest crop losses in developing countries. AGP Document, Misc/27. 143 pp.

Por lo tanto el grano destinado a consumo humano debe manipularse con cuidado. El hombre tiene que ser cuidadoso cuando lo carga y lo descarga, cuando lo almacena en su granero, cómo lo almacena para que no esté expuesto a la humedad y a las variaciones de temperatura, así como a otros factores que aumentan las pérdidas.

La cadena de los alimentos tiene muchos peligros potenciales. Los objetivos de un sistema moderno de comercio de granos son eliminar las pérdidas y tratar de evitar las filtraciones dondequiera que se presenten. Deberían tener un sistema en el que lo que el productor produzca sea recibido por el consumidor. Una producción abundante permitiría una recepción generosa por parte del consumidor sin que tenga que pagar precios excesivamente altos por pequeñas cantidades de productos. Pero, como sucede corrientemente, hay cierta gente que busca en la basura de los mercados para recoger lo que se ha caído y clasifica los granos para colocarlos nuevamente en la cadena de los alimentos que van a matar el hambre.

La producción de un solo agricultor en una finca pequeña es sumamente importante. Aunque él sólo produzca para él y una o dos familias, debemos preguntarnos si esta producción no es tan importante, o quizá más importante, como la de los grandes productores. Si el gran productor sufre una pérdida del 15% en su operación total, esto puede significar la diferencia entre tomar una vacación en las playas de su país o ir a Miami; pero si el pequeño productor pierde el 15% de su cosecha, esto puede significar la diferencia entre comparar zapatos o andar descalzo, o entre tener algo o no tener nada para vender a su vecino.

La pregunta es: ¿Hay algún país que pueda soportar la pérdida de la cosecha total de un año, cada año de por medio o cada cinco años? Si un país pierde el 50% de la producción del grano a causa de las plagas cada año, la pérdida real es igual a perder la totalidad cada año de por medio. En el caso del país que pierde el 20% de sus cosechas debido a plagas cada año, la pérdida es equivalente a perder el total de sus cosechas cada cinco años. Podemos nosotros, especialistas en cuestiones agrícolas, permitir que esto suceda? No podemos continuar promoviendo la selección de semilla mejorada, fertilizantes e insecticidas, equipo agrícola, variedades resistentes a las enfermedades y por otra parte desatender el producto después de cosechado. Es tiempo de que reexaminemos nuestra posición y afrontemos la situación de la década venidera, reduciendo las pérdidas poscosecha.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BOURNE, M. C. 1977. Postharvest food losses - the neglected dimension in increasing the world food supply. Cornell International Agriculture Memeograph 53, Cornell University, New York. 49 pp.

2. CHRISTENSEN, C. M. 1974. Storage of cereal grains and their products. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minn. 549 pp.

3. FAO. 1977. An analysis of an FAO survey of postharvest crop losses in developing countries. Food and Agriculture Organization, AGP Document, AGPP:Misc/27. 143 pp.

4. HALL, D. W. 1970. Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas. Food and Agriculture Organization Agric. Div. Paper No. 90. 350 pp.

5. LINDBLAD, C., y L. BRUBEN. 1976. Small farm grain storage. Action/ Peace Corps. and VITA. Vita Publications 35 E.

6. NAS. 1978. Postharvest food losses in developing countries. National Academy of Sciences, Wash. D. C. 206 p.

7. PARKING, E. A. 1955. The assessment and reduction of losses caused by insects to stored foodstuffs. Ann. Review of Entomol. Vol. 1: 223-235.

8. RAMIREZ GENEL, M. 1966. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Compañía Editorial Continental, S. A., México, D. F. 300 p.

10. WILBUR, D. A., R. QUINTANA y W. R. YOUNG. 1962. Efectos de la altitud sobre unos insectos y el daño que causan al grano almacenado. Agricultura Técnica en México 12:49-54.

11. _____. 1974. Concepts about stored grain. pp. 127-130 in: Manual of grain and cereal product insects and their control. Dept. of Grain Sci. & Ind., Kansas State Univ., Manhattan, JS. 286 pp.

EVALUACION DE PERDIDAS POSCOSECHA

Theodore A. Granovsky*

El hambre y la desnutrición son, probablemente, los problemas más graves que afronta el mundo de este momento y que afrontará en el futuro. Este es el punto que debemos tratar.

Cuando visualizamos la producción/utilización mundial de alimentos como un sistema, la pérdida y el deterioro son importantes factores limitantes. Sería conveniente contar con estimaciones confiables y comparables de las pérdidas

Por ahora, parece que solamente contamos con el método del "ojo por ciento" ("guess-timates") de pér idas: 10%, 20% o quizás aún 35% pero cuál fue la metodología empleada pra preparar estas estimaciones?

Elevar la producción de alimentos mediante el aumento en la extensión de terreno dedicada al cultivo o en el rendimiento por hectárea es un concepto fácilmente comprensible y que se adapta fácilmente a los métodos de cultivos empleados en todo el mundo. El reducir las pérdidas poscosecha es algo que se hace con menos facilidad. Con frecuencia los beneficios que podrían obtenerse, mediante la aplicación de técnicas de reducción de pérdidas poscosecha, se ven oscurecidas por el problema de saber cómo medir las pérdidas contra una base desconocida de producción. Es obvio que si usted ingnora cuánto produce, difícilmente podrá saber el nivel de pérdidas que está soportando.

En este trabajo se reseña la naturaleza del problema de las pérdidas poscosecha de alimentos; lo que se conoce en relación a la cantidad de pérddidas, dónde ocurren las pérdidas; se analiza un ensayo de metodología realizado en El Salvador; y se discute el manual AACC/LIFE manual de evaluación de pér idas poscosecha de granos.

Para lograr avances en la reducción de pérdidas poscosecha de alimentos se necesita identificar y eliminar las limitaciones para la aplicación de la tecnología existente. La limitación más importante puede ser falta de fondos, pero es igualmente posible que actúen como limitaciones la falta de conocimientos, falta de personal capacitado, falta de incentivos locales, y también aspectos políticos y culturales.

Según Bourne (1977) en los países de desarrollo se ha reconocido hace bastante tiempo que el suministro inadecuado de alimentos es uno

* Department of Entomology Texas A&M University

de los problemas mundiales que necesitan atención. Organizaciones multilaterales y bilaterales han reconocido este problema y han dedicado una gran proporción de su ayuda para elevar la producción de alimentos. Hay tres maneras principales para elevar el suministro de alimentos:

a) Aumentar el área productiva. Esto incluye actividades como desmontar y desarrollar nuevas tierras, introducir y diseñar sistemas de irrigación, etc.

b) Elevar al rendimiento por unidad área de los cultivos cosechados. Esto incluye actividades tales como el desarrollo de nuevas variedades de alto rendimiento, uso más extensivo de fertilizantes, producción de plantas y animales que sean resistentes a enfermedades, y control de pérdidas en el campo ocasionadas por insectos, enfermedades y roedores.

c) Producir más cosechas por año. En esta categoría se incluye sistemas de cultivos múltiples en los cuales se cosechan varios cultivos por año.

Todos estos métodos para elevar la producción de alimentos han obtenido una serie de éxitos; sin embargo, la verdadera meta de estas actividades no es elevar la producción de alimentos. La meta real es poner más alimentos en la boca de la gente y esto requiere no sólo producir más alimentos sino mover este alimento a través del sistema de transporte hasta el centro de consumo. Por lo tanto, otro aspecto cuya importancia hasta el momento, ha pasado inadvertida para aumentar los alimentos disponibles para el mundo es:

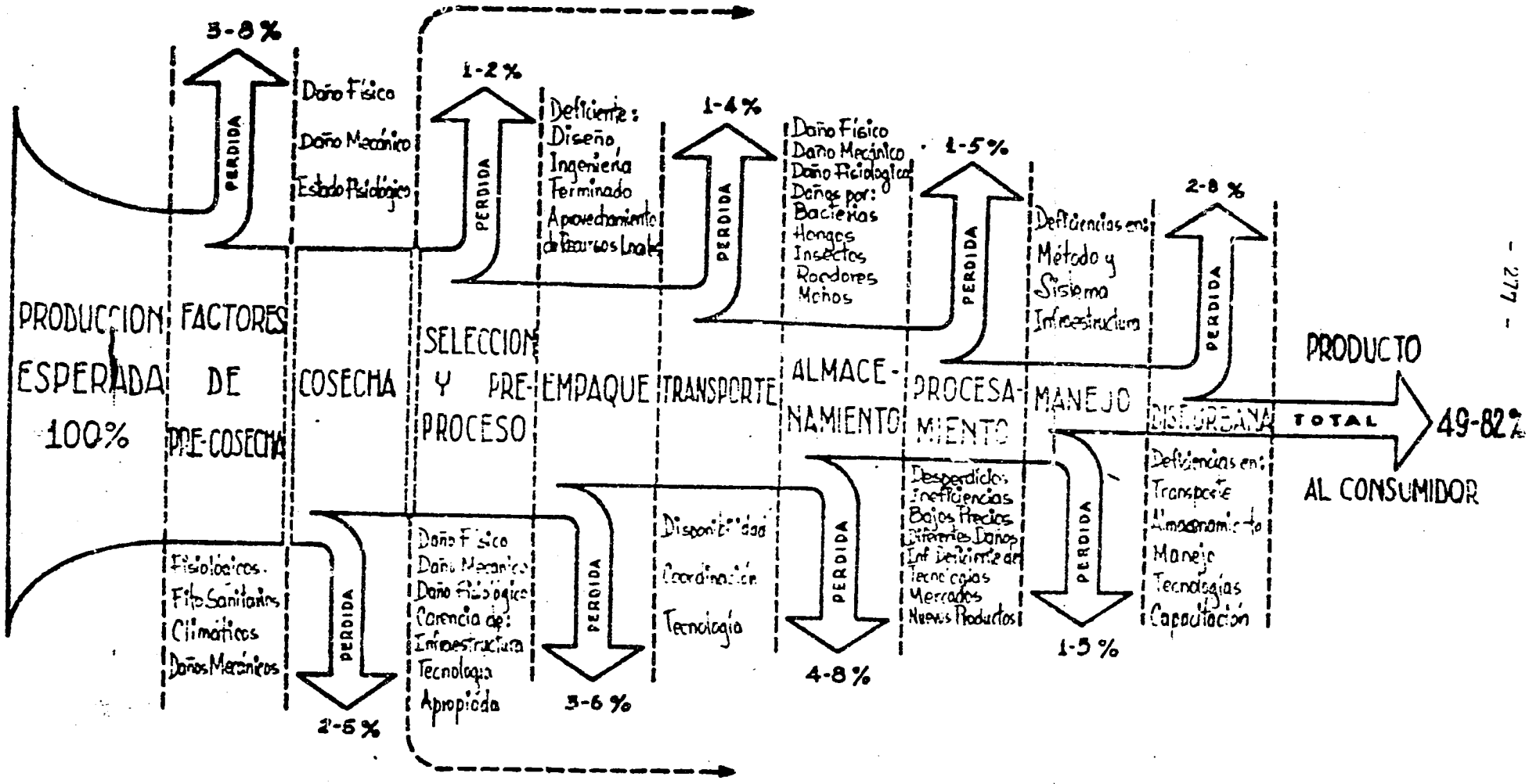
d) Reducir las pérdidas postcosecha. Esta es la actividad de tapar los agujeros en la "tubería conductora de alimentos", el sistema mediante el cual los alimentos viajan del productor al consumidor (ver Figuras 1 y 2). Spurgeon (1976), de manera muy acertada, ha llamado esta reducción en las pérdidas postcosecha "La cosecha escondida". En la Figura 3 (Amézquita et al. 1977) ilustra y sugieren pérdidas, paso a paso, conforme los productos avanzan desde el productor al consumidor.

Según un reciente estudio efectuado por la Academia Nacional de Ciencias (1978) sobre pérdidas postcosecha ocurridas en países en vías de desarrollo: "Muchos observadores creen que una reducción del 50% en las pérdidas postcosechas de alimentos en los países en vías de desarrollo reducirían grandemente, o incluso eliminarían, la necesidad actual de algunos países de importar cantidades elevadas de alimentos. Esta reducción ha sido fijada por la 7a. Sesión Especial de la Asamblea General

Figura 3.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE POST-COSECHA

% DE PERDIDAS POR COMPONENTE



IICA 1977
R. AMEZQUITA
L. FLORES

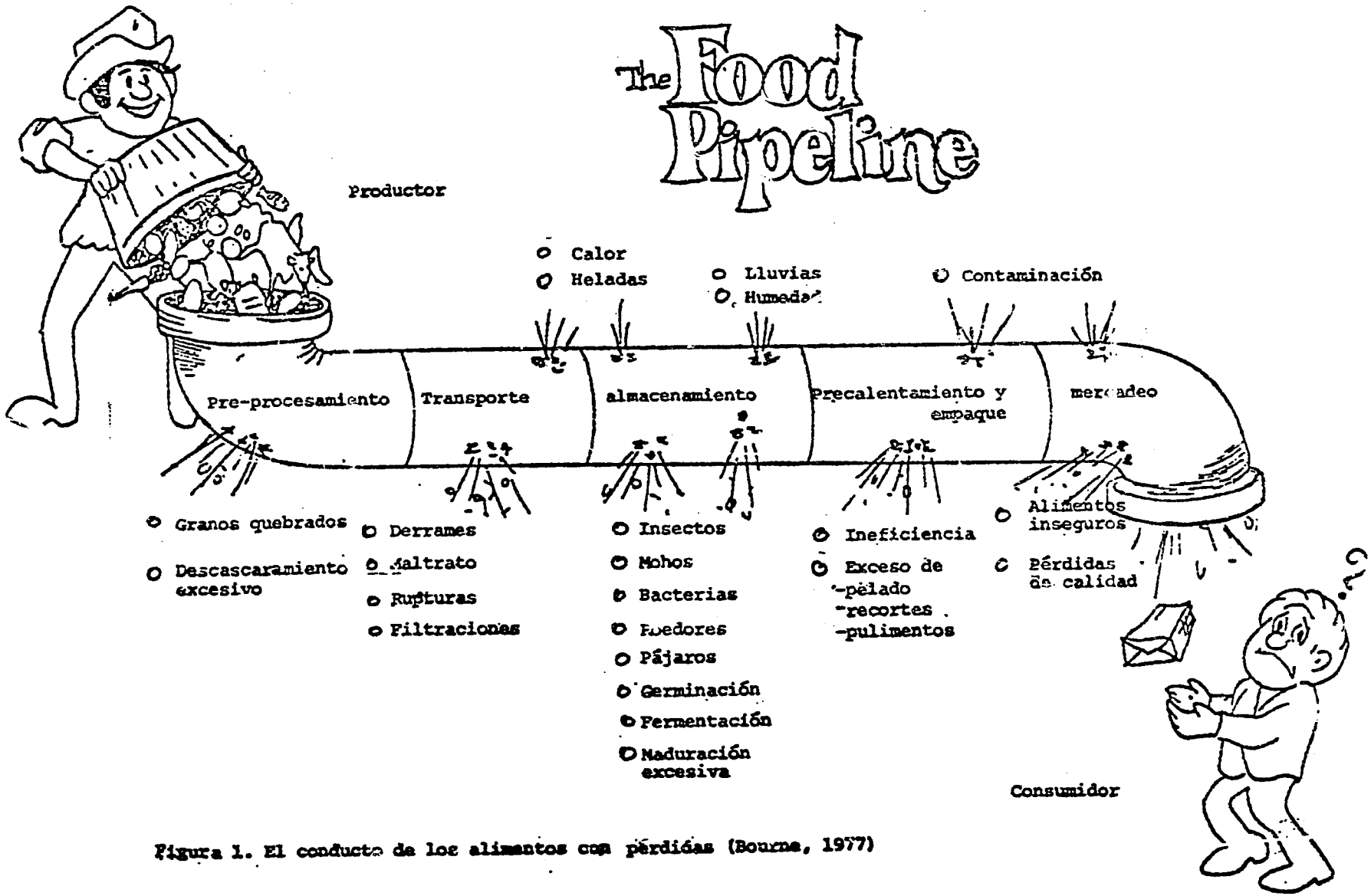


Figura 1. El conducto de los alimentos con pérdidas (Bourne, 1977)

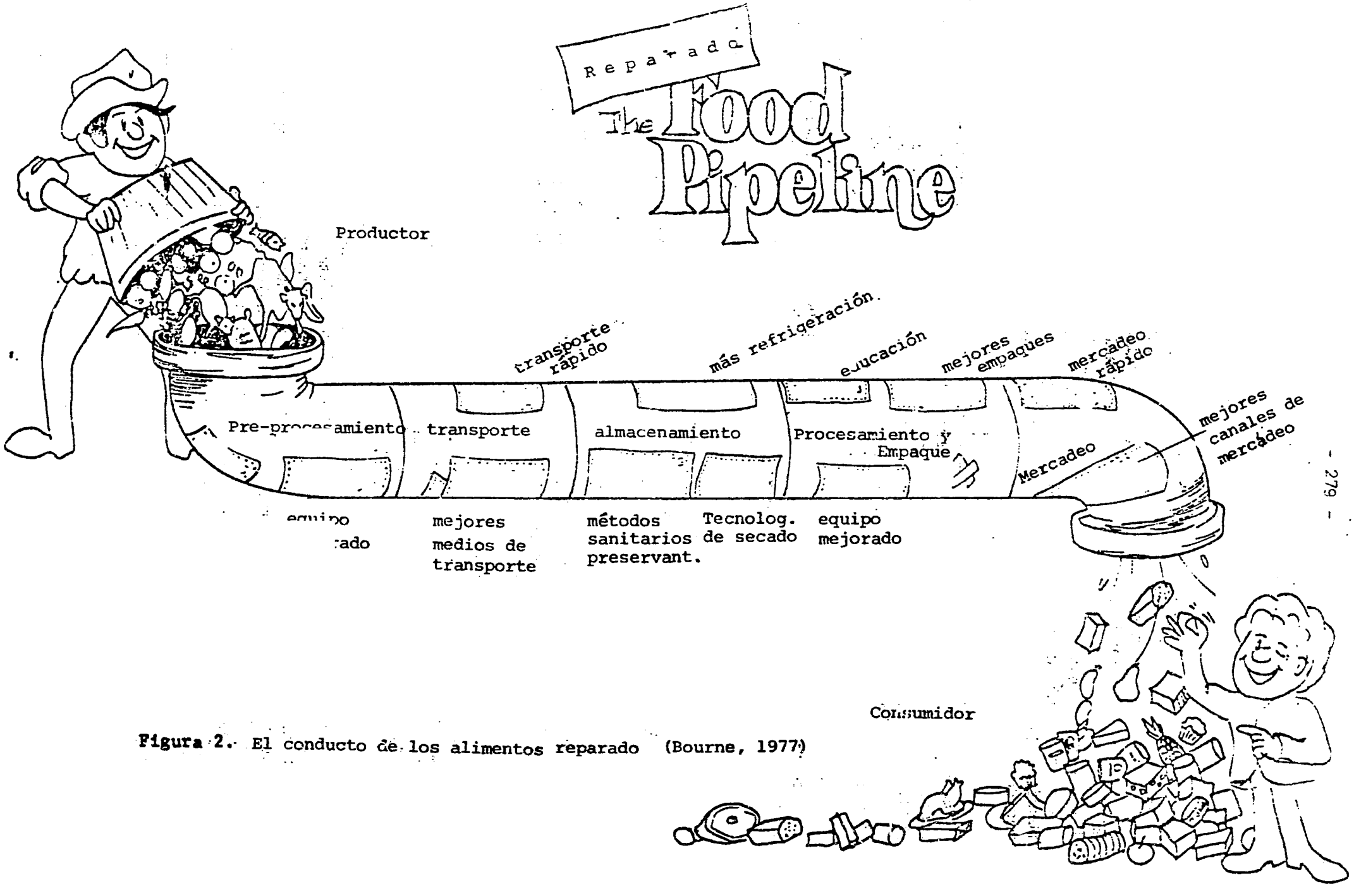


Figura 2. El conducto de los alimentos reparado (Bourne, 1977)

de las Naciones Unidas en 1975 como una meta para ser lograda en 1985. Según las proyecciones, la producción anual de cereales para esa época llegará a 450 millones de toneladas, y las pérdidas mínimas proyectadas pueden alcanzar por lo menos 45 millones de toneladas, valoradas en 7.4 miles de millones de US Dólares de 1976. Según los cálculos efectuados, las pérdidas mínimas de productos perecederos y pescado en 1985 estarán valoradas en más de US dólares cuatro mil millones, lo que resultaría en pérdidas de alimentos en los países en vías de desarrollo valoradas en más de US dólares once mil millones".

Sin embargo, algunas veces se dice que los aumentos en la producción pueden compensar las pérdidas ocurridas en el sistema de manejo postcosecha. Pero debe existir la conciencia de que el aumento en la producción debe ser mayor (tanto en cantidad total como en porcentaje) para compensar las pérdidas específicas, según demuestra el siguiente ejemplo:

Supóngase que se cosechan 100 toneladas de grano y que hay una pérdida del 20% (20 toneladas) en el sistema postcosecha. Existen dos maneras para producir las 100 toneladas de grano que se necesitan:

a) eliminar la pérdida del 20%,

b) elevar la producción a 125 toneladas (un aumento del 25%) de modo que después de perder el 25% de las 125 toneladas quedarán 100 toneladas para ser consumidas.

En otras palabras, se necesita un aumento del 25% en la producción para compensar por una pérdida del 20% de pérdida postcosecha. De igual manera, se necesitaría un aumento del 100% en producción para compensar por una pérdida del 50% postcosecha.

Sin embargo, la información que refleja las estimaciones de una manera global o, aún, a nivel nacional, no son particularmente útiles a un agricultor particular, o a un comerciante en granos, para decir si una operación de granos es o no es deseable. El necesita convencerse, mediante éxitos prácticos, de cualquier metodología nueva.

Las pérdidas pueden variar según el cultivo, la variedad, el año, la plaga y la combinación de plagas, la longitud del tiempo de almacenaje, por los métodos de pelado, secado, manejo, almacenamiento, procesamiento, transporte y distribución, por la velocidad a que se le consume, y de acuerdo al clima y a la cultura dentro de las cuales se produce y se consume el alimento. Dada esta enorme variabilidad, no es de sorprenderse que falte información confiable en lo que respecta al tipo, localización, causas y magnitud de las pérdidas postcosecha de granos. Es necesario convencer a los productores, a los intermediarios, y a los gobiernos para que apliquen las técnicas conocidas para controlar las plagas y los factores de manejo que evitarán o reducirán las pérdidas.

A menudo las pérdidas ocurren debido a factores precosecha, consideradas como 3 - 8% por Amézquita et al. (1977) y, entre estos, se incluirían daños causados por insectos, enfermedades de las plantas, granizo, etc. A partir de la cosecha, las pérdidas no se consideran importantes pero, como indican Amézquita et al., pueden ser considerables. Aunque las pérdidas no sean excesivas en cada punto, su efecto total es apreciable.

Si utilizamos las cifras que presentan Amezquita et al. para una producción esperada de 1000 kg de maíz, tenemos las pérdidas resultantes como se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Ejemplo de pérdidas potenciales postcosecha en 1000 Kg de maíz.

Componenete	Pérdida, %[a]	Pérd. de peso, kg.	Peso restante, kg.
Inicio	-	-	1000
Pérdidas precosecha	3 a 8	30.0 a 80.0	970 a 920
Pérdidas durante la cosecha	2 a 5	19.4 a 46.0	950.6 a 874
Selección	1 a 2	9.5 a 17.5	941.1 a 856.5
Pérdidas durante el empaque	3 a 6	28.2 a 51.4	912.9 a 805.1
Pérdidas durante el transporte	1 a 4	9.1 a 32.2	903.8 a 772.9
Pérdidas durante el almacenamiento	4 a 8	36.2 a 61.8	876.6 a 711.1
Pérdidas durante el procesamiento	1 a 5	8.7 a 35.6	858.9 a 675.5
Pérdidas durante el manejo	1 a 5	8.6 a 33.8	850.3 a 641.7
Pérdidas durante la distribución urbana	2 a 8	17.0 a 51.3	833.3 a 590.4
	18 a 51	166.7 a 409.6	- -

[a] Cifras de porcentajes de pérdida sugeridas por Amézquita et al. 1977

Cuadro 2.- Ejemplo de ,000 kg. de grano almacenados por el agricultor

Mes	Consumo Mensual kg.	Kilogramos restantes	Pérdida %	Pérdida mensual de peso Kg.
1	100	1100	1	11
2	100	1000	2	20
3	100	900	4	36
4	100	800	6	48
5	100	700	8	56
6	100	600	10	60
7	100	500	12	60
8	100	400	15	60
9	100	300	19	57
10	100	200	25	50
11	100	100	35	35
12	100	0	-	-
TOTAL	1,200 kg	-	137%	493 Kg

Si simplemente añadimos los porcentajes de pérdida en cada paso, tal como se muestra en la primera columna (pérdida, %), obtendremos la conclusión incorrecta de que ocurrieron pérdidas por un total de 18 a 51%. Las columnas 2 (pérdidas en peso,Kg) y 3 (peso restante,kg) muestran que las pérdidas fueron en cada paso del componente.

En el ejemplo, las pérdidas totales de peso fueron 166.7 de 409.6 kg, lo cual es una pérdida de 16.67% a 40.96% en vez de la cifra equivocada de 19 a 51%

Otra manera en la cual el porcentaje de pérdida puede ser involuntariamente exagerado ocurre con el agricultor de subsistencia, quien cultiva una cosecha al año y la almacena para su uso personal. Si su grano ha sido debidamente secado, la mayoría de sus pérdidas serán causadas por insectos y quizá, roedores. Las pérdidas durante los primeros ros meses de almacenamiento pueden ser bajas, pero conforme avanza el tiempo los insectos aumentan substancialmente hasta justo antes de la cosecha siguiente, cuando es posible que haya un alto procentaje de pérdida. Sin embargo, este elevado porcentaje de pérdidas (a final del período de almacenamiento) se aplica a una cantidad muy pequeña del grano almacenado para el año y, por lo tanto, la pérdida total es considerablemente menor que si se tratara de la cantidad total almacenada. Bourne (1977) ofrece un excelente ejemplo sobre este asunto; el Cuadro 2 ha sido adaptado de su trabajo. Los datos iniciales parecen indicar una pérdida de 137%, la que es imposible, pero realmente solo ocurrió una pérdida de 41.1%.

Por lo tanto tenemos, $\frac{493}{1200} \times 100 = 41.1\%$ pérdida acumulativa de peso para el año sobre el peso total de grano almacenado.

Una inspección del grano en el segundo mes mostraría una pérdida del 2%, 20 kg, lo que presenta poca razón para preocuparse, pero en el siguiente mes la pérdida es del 10%, 60 kg, y ya eso sí daría motivo de preocupación.

MANUAL PARA EVALUACION DE PERDIDAS POSTCOSECHA

Debido a que la confiabilidad y exactitud de las estimaciones de pérdidas efectuadas anteriormente están siendo seriamente cuestionadas, y la posibilidad y necesidad de estudios nacionales y otros a gran escala están siendo puestos en tela de juicio, la atención se enfoca hacia necesidades prácticas.

Existe la necesidad de contar con métodos confiables y objetivos para generar las estadísticas a nivel local, de modo que puedan ser empleadas para planificación regional y local.

Antes de que se pueda dar inicio a programas integrados de producción y suministros, arreglos de crédito, y promoción de extensión, a escala mayor que hoy día, se está de acuerdo en que debe desarrollarse y probar una metodología para evaluar las pérdidas. Aunque la variabilidad en las pérdidas postcosecha dentro de, y entre los diferentes países en vías de desarrollo, es grande, hay ciertos principios básicos de almacenamiento de granos que pueden ser aplicados universalmente y que deben ser empleados.

La existencia de un marco de referencia que resulte en una comprensión de donde y hasta qué punto ocurren las pérdidas, estimula el enfoque de los principios de prevención en situaciones con potencial favorable de pérdidas/beneficio.

En el pasado han existido generalidades que se aplican a parámetros nacionales e internacionales, los cuales han carecido de un enfoque hacia los problemas individuales que componen el todo. También se ha desarrollado técnicas específicas para realizar mediciones precisas de situaciones específicas en donde se presta atención a las prioridades nacionales y regionales.

El interés en desarrollar una metodología uniforme está en que ésta acercará la meta de utilizar más completamente los recursos alimenticios del mundo, reduciendo las pérdidas postcosecha de granos (PPCG) en los países en vías de desarrollo.

El proyecto para desarrollar una metodología para evaluación de PPCG estuvo dirigido por la Asociación Americana de Química de Cereales, con la Liga para la Educación Internacional de Alimentos, y financiado por la AID. También se contó con la cooperación del Instituto de Productos Tropicales, la FAO, GASGA, la industria privada, las universidades y varios consultores. La metodología resultante AACC/LIFE se puede obtener actualmente de:

VITA
3706 Rhode Island Avenue
Mount Rainier, Maryland 20822
USA

LIFE
1126 Sixteenth Street, N.W. Room 404
Washington, D.C. 20036
USA

Debe entenderse desde el principio que la determinación de las pérdidas postcosecha de granos necesita una mezcla de conceptos de varias ciencias. Las pérdidas de granos no existen independientes de las influencias humana y social. La evaluación de pérdidas y los programas de reducción necesitan ser mirados dentro del panorama local. En la planificación y ejecución de dichos esfuerzos, es imprescindible contar con sensibilidad para comprender las diversas culturas. En el manual AACC/LIFE se indica quién, qué, cómo y dónde se debe obtener información confiable y útil sobre y dentro de las organizaciones locales, tanto domésticas como sociales, en relación con los individuos y con la cultura con que se está trabajando.

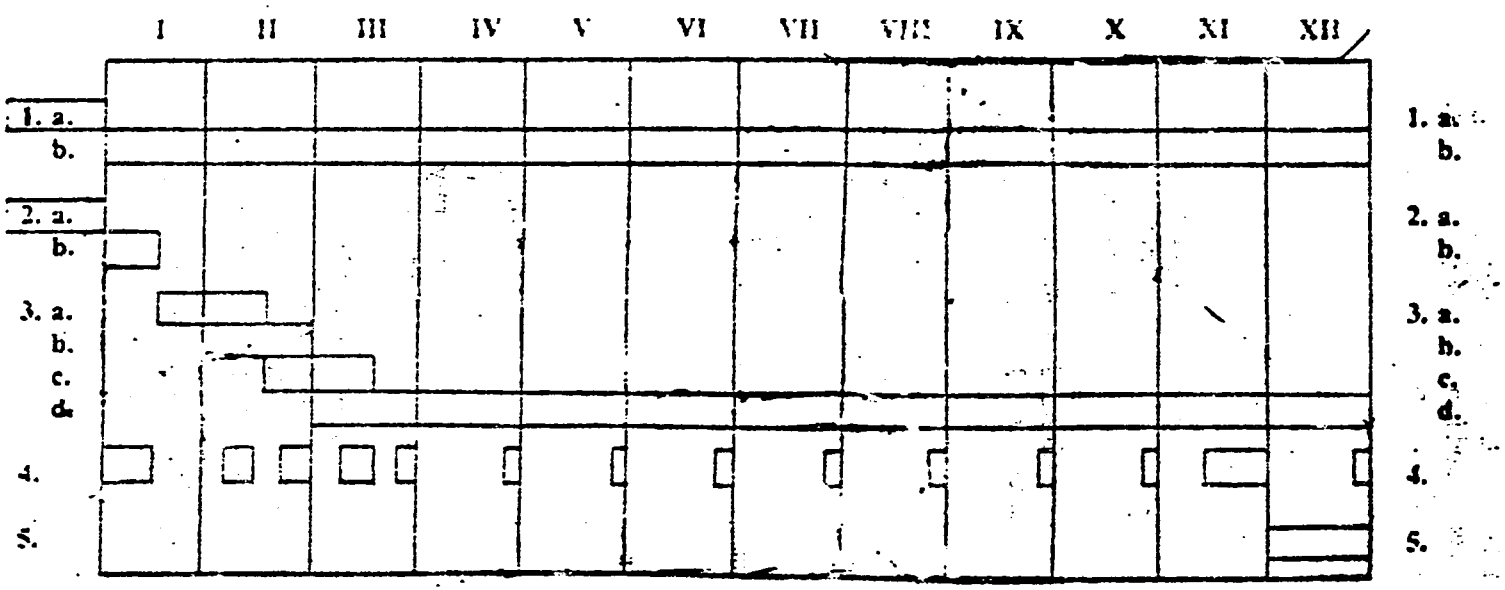
El manual trata principalmente de pérdidas de peso. Las pérdidas de peso tal como se usan en el manual son las pérdidas de peso del alimento que podría haber sido consumido si se hubiera mantenido en el conducto de alimentos.

Las pérdidas de alimento pueden ser directas o indirectas. Una pérdida directa es la desaparición de alimento por derrame o consumo por insectos, roedores, pájaros; por otra parte la pérdida indirecta es el descenso en la calidad hasta el punto en que la gente rehusa consumir ese alimento. Esta definición está orientada hacia la gente. Alimento significa aquellos artículos que la gente come normalmente, y excluye aquellos artículos que la gente no comería normalmente. Si el alimento es consumido por la gente entonces no está perdido. Si no es consumido por la gente por cualquier razón, eso significa que está perdido y se considera una pérdida postcosecha; este es el punto de vista tomado en el manual AACC/LIFE.

En la Figura 4 se muestra el reconocimiento básico, el itinerario y el plan (preparado por el autor y empleado en el manual AACC/LIFE). El tiempo necesario para el reconocimiento dependerá del tamaño del país y de la facilidad de llegar a los sitios que serán muestreados. La selección de los agricultores que participarán debe efectuarse tan pronto como sea posible de modo que la información básica pueda ser recogida mediante reconocimientos detallados (J. M. Adams y G. W. Harman, 1977). Para conocer las metodologías de reconocimiento completas, por favor consultar el manual AACC/LIFA.

Evidentemente, la existencia de una metodología para evaluar las pérdidas postcosecha de granos no reducirá por sí sola esas pérdidas. Será útil en muchos programas operacionales de pérdidas postcosecha, contribuyendo a la meta total de reducir las pérdidas postcosecha de alimentos. Además, de servir como una herramienta de evaluación muy necesaria, la metodología y otras actividades propuestas en este proyecto pueden servir como medio de persuadir a todas las personas y entidades involucradas de que el cambio es necesario y que las técnicas efectivas para reducir las pérdidas están esperando ser aplicadas. Aún las limitaciones financieras pueden desaparecer cuando las prioridades sean reordenadas. El objetivo primordial de una metodología de evaluación es hacer posible la necesaria justificación y suministrar la motivación esencial para introducir medidas diseñadas para reducir las pérdidas de alimentos.

Best Available Document



1. a. Familiarícese con el país durante varias semanas o meses antes de salir al campo.
   b. Continúe adquiriendo conocimientos sobre el país durante el año de actividad.

2. a. Basándose en la lectura, evalúe cuales áreas podrían ser muestreadas durante el reconocimiento.
   b. Identifique las áreas de muestreo representativas, en unión de funcionarios nacionales.

3. a. Determine la calidad y cantidad previas a la madurez fisiológica de los cultivos que se van a estudiar, según las áreas y variedades que se van a muestrear.
   b. Determine la condición de máximo rendimiento según la cantidad y calidad de los cultivos, por área y variedad.
   c. Determine la calidad y cantidad de los cultivos en el momento de la cosecha.
   d. Determine la calidad y cantidad conforme el grano se mueve por los canales de mercadeo.

4. Análisis y compilación de la información.

5. Preparación y distribución del informe.

Figura 4. Distribución del tiempo durante un reconocimiento de pérdidas (Adaptado de T.A. Granovski, Kansas State University).

MARCO DE REFERENCIA

Esta sección está tomada en su totalidad del manual AACC/LIFE, Capítulo II; escrito por los autores y compiladores del manual, K.L. Harris y C.J. Lindblad.

"Este manual trata de granos alimenticios, cereales y leguminosas y la palabra está empleada en su sentido amplio para incluirlos a todos. Trata esclusivamente de la pérdida de alimentos de la cadena alimenticia y en un sentido amplio sigue las definiciones de Bourne (1). En él, la definición de trabajo del término "pérdidas postcosecha de alimentos" se establece como sigue:

POSTCOSECHA significa después de la separación del medio y sitio de crecimiento inmediato o de producción del alimento.

La postcosecha se inicia cuando el procedimiento de recolectar o separar el alimento comestible de su sitio de producción ha sido completado. No es necesario llevar el alimento lejos de su sitio de producción, pero debe ser separado del medio que lo produjo por un acto deliberado humano con la intención de iniciar el proceso que lo llevará a la mesa.

No incluye los pasos necesarios entre la cocción y el momento de ingerirlo, conforme lo dice Bourne, y está de acuerdo con Bourne en que"no cubre las ineficiencias que puedan existir en el metabolismo humano y la utilización del alimento".

Por lo tanto, en este manual, el camino termina cuando el grano o el alimento preparado con el grano, o ambos, llegan a punto donde es finalmente preparado (cocinado) para su consumo.

Se puede identificar tres períodos durante los cuales el alimento puede perderse, y cada uno presenta problemas característicos, así como medios para superar estos problemas.

a. Precosecha: son pérdidas que ocurren antes de que se inicie el proceso de cosecha; por ejemplo, pérdidas en un cultivo en el campo debido a insectos, malezas y enfermedades.

b. Cosecha: Son pérdida que ocurre entre el inicio y el final del proceso de cosecha; por ejemplo, pérdidas debidas a rupturas durante la cosecha de grano.

c. Postcosecha: Son pérdidas que ocurren desde el momento en que se termina la cosecha hasta el momento en que el grano va a ser consumido por seres humanos.

La postcosecha se mezcla, en grados diversos, con porciones del período de maduración-secado y, a menudo, no es posible hacer diferenciaciones marcadas. Así, el maíz que se deja en el campo para que se seque es maíz que también se tiene para ser almacenado. Este manual no implica que deban efectuarse distinciones artificiales marcadas.

Las pérdidas al momento de la cosecha y las pérdidas postcosecha a menudo se combinan en una pérdida total debido a que existe elementos comunes entre ambas.

Un término descriptivo apropiado para estas actividades combinadas sería "pérdidas postproducción". A continuación se presenta una representación esquemática que muestra la relación entre los diversos tipos de pérdidas de alimentos:

1. Precosecha
2. Cosecha
3. Postcosecha

POSTPRODUCCION

Además de lo que Bourne llama el grano ya cosechado, este manual incluye la cosecha madura que queda en el campo, ya sea que está en su posición original o no, para que se seque, o que se mantiene, o ambos, hasta que se recoge de la posición en que creció; p.e. el maíz secándose/almacenado en muchas regiones de América Latina.

ALIMENTO significa el peso de material comestible, sano, que normalmente sería consumido por seres humanos, medido sin humedad.

Las partes no comestibles como cáscaras, tallos (y) hojas no son alimento. El alimento para

consumo animal "feed" no es alimento (a menos que sea de interés específico para el ejercicio de evaluación individual).

El método de medir la cantidad de alimento en la cadena postcosecha debería ser en base al peso expresado libre de humedad. Habrá momentos cuando la información de pérdidas en unidades nutricionales y pérdidas económicas sean también necesarías pero éstas no deberían ser los medios principales de medir las pérdidas de alimento postcosecha.

PERDIDAS DE GRANOS, tal como se usan en este manual, se relacionan con la pérdida en peso del alimento que hubiera sido consumido si se hubiera mantenido en el conducto de alimentos.

PERDIDA significa cualquier cambio en la disponibilidad, comestibilidad sanidad o calidad del alimento que evita que sea comido por seres humanos.

Las pérdidas de alimento pueden ser directas o indirectas. Una pérdida de alimento es la desaparición del artículo por derrame, o consumo por insectos, roedores y pájaros. Una pérdida indirecta es el descenso de calidad hasta el punto en que la gente rehusa consumir ese artículo.

Esta definición está centrada en la gente. "Alimento" significa aquellos artículos que la gente consume normalmente y excluye aquellos artículos que la gente normalmente no consume. Si el alimento es consumido por la gente, entonces no está perdido; si no es consumido por la gente por cualquier razón, entonces, se le considera una pérdida postcosecha.

Las pérdidas de alimentos son, a veces, simplemente como son definidas localmente o cómo ocurren localmente. Por ejemplo, el grano que es desechado por decoloración es una pérdida.

Pérdida en el proceso ocurre cuando se eliminan porciones comestibles de la cadena de alimentos causadas por el proceso por derrames o por rupturas. Las granzas del arroz no son comestibles; por lo tanto, su eliminación no constituye una pérdida. Los pedacitos de granos de arroz excluídos de la cadena

de alimentos son una pérdida. El afrecho de arroz es comestible para algunos, no así para otros. El manejo de cada situación necesita ser definido claramente conforme ocurra. Las tuzas u elotes del maíz no son una pérdida. El hollejo del maíz es eliminado al hacer semola. No así al hacer otros muchos alimentos. Como se maneje ésto necesita ser definido en cada caso particular.

Cuando ocurre deterioro en la calidad que resulta en una périda de peso o que el alimento no sea consumido, p.e. rechazo en el mercado, el alimento rechazado es una pérdida. En este volumen, la calidad se toma en cuenta únicamente en su relación a pérdidas en peso de alimentos, pero como se la trate dependerá de cada caso particular.

El término "insecto" incluye los insectos verdaderos (antrópodos de seis patas) y ácaros que dañan granos.

Los términos pérdidas microbiológicas y pérdidas microbianas se emplean indistintamente para referirse a pérdidas causadas por mohos, levaduras y bacterias.

LITERATURA CITADA

1. BOURNE, M.C. Postharvest food losses - the neglected dimension in increasing the world food supply. Cornell International Agriculture Miemograph 53 (1977)

ENSAYO DE METODOLOGIA EFECTUADO EN EL SALVADOR

Theodore A. Granovsky*

Los objetivos del proyecto de El Salvador fueron: (1) evaluar la metodología para evaluación de pérdidas en el campo de maíz, desde el momento en que las plantas fueron dobladas para que el maíz se secara, hasta la cosecha, (2) establecer y evaluar la metodología para un análisis precosecha de pérdidas acumulativas en campos de maíz; (3) evaluar pérdidas postcosecha de almacenamiento en la finca y (4) ensayar la posibilidad de emplear un pequeño grupo de individuos semi-adiestrados para colectar muestras en el campo para ser transportadas al laboratorio, y evaluar las pérdidas. Estos estudios se efectuaron en campos cuya extensión varió entre 1/2 y 10 manzanas (0.3 - 5.8 acres) ubicados en tres áreas de El Salvador: Ilobasco, San Juan Opico, y Nueva Concepción. Las muestras fueron colectadas por agentes de extensión agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA) y procesados en el laboratorio de semilla certificada de CENTA.

Tiempo utilizado de los colectores: Los consultores de LIFE estuvieron en El Salvador por un total de 6 semanas. Durante una visita inicial de dos consultores de LIFE efectuada a finales de 1977, éstos establecieron contactos básicos con USAID, CENTA, y efectuaron algunas visitas preliminares al campo. Del 14 al 27 de agosto, uno de los consultores regresó para iniciar el proyecto. Se compró el equipo necesario, se elaboraron diversos formularios y se brindó orientación general a los individuos que se encargarían de colectar y procesar las muestras de grano. A mediados de octubre un consultor retresó por una semana para definir los procedimientos de recolección de los datos que se debería tomar durante la cosecha. Durante el lapso comprendido entre el 17 y el 22 de abril de 1978 cuatro consultores regresaron para finalizar el proyecto, revisar el progreso hecho y los problemas que se hubieran presentado y evaluar la posibilidad de participación de mujeres en proyectos futuros que pudieran desarrollarse. La evaluación final del proyecto fue realizada por cuatro consultores de LIFE durante el 1° al 5 de mayor de 1978.

Tiempo utilizado en el país: El tiempo de los agentes de extensión y del personal del laboratorio de semillas fue donado por CENTA. Los agentes de extensión generalmente programan actividades con un año de tiempo, sin embargo pudimos añadir nuestro trabajo a sus actividades. Para ayudar a los agentes cooperamos financieramente para que pudieran

*Ensayo efectuado en coloboración con el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, CENTA.

emplear varios trabajadores a tiempo parcial para recoger muestras. El personal del laboratorio de semillas de CENTA estaba relativamente desocupado durante el período de Agosto de 1977 a enero de 1978. Por lo tanto, el procesamiento de las muestras de pérdidas les suministró actividades para llenar el tiempo que tenían disponible.

Gastos: Se pagó un total de $400 a CENTA por varios aspectos de trabajo de campo: p.e. salarios y maíz Además, se gastaron $285.72 en El Salvador en algunos materiales necesarios -repisas metálicas, papel, bolsas plásticas, enfriadores de "styrofoam", etc. Además, se tomó en cuenta el costo de varios consultores de LIFE.

Resultados básicos: Las muestras se colectaron, se analizaron y se recopilaron datos sobre cambios en contenido de humedad, cambios peso-volumen, así como indicaciones sobre dónde ocurren las pérdidas, especialmente aquellas que se presentan en el campo. El hecho de que se colectaran y procesaran muestras es importante por sí mismo. Aparentemente el procesamiento de muestras en el laboratorio de semillas de CENTA tuvo éxito. Las revisiones efectuadas en algunos de los procedimientos y formularios fueron incorporados en el manual AACC/LIFE. Los datos sobre contenido de humedad indican que la dobla del maíz se hace cuando el contenido de humedad era de más o menos 46-50%. A partir de este momento la humedad gradualmente decreció hasta alrededor de 15.3 ± 1.0% al momento de la cosecha. Dependiendo del tratamiento postcosecha que le den los agricultores al maíz, el contenido de humedad fue reducido hasta 7.1%. Esto es bastante interesante si consideramos los medios bastante limitados de que disponen estos agricultores para secar su grano; el contenido de humedad fue 11.4% en Ilobasco, y 13.1% en San Juan Opico. La causa de máxima pérdida de grano parece ser el resultado de hongos en el campo, aunque los roedores e insectos también tienen su parte, pero debido a los procedimientos de colección de datos iniciales este aspecto no fue determinado con más precisión.

Problemas encontrados: Probablemente la falta de adiestramiento adecuado de los muestreadores causó los mayores problemas, que no se dedicó suficiente tiempo para instruirles adecuadamente sobre como deberían tomarse las muestras. Además, algunos problemas al colectar mazorcas, selección no al azar, parece que ocurrió en algunos parcelas. Se propone una revisión del método para recolección de muestras. Algunos de los formularios iniciales parecen poco adecuados y se han cambiado. Parece erróneo que un solo consultor sea responsable de la mayoría de este proyecto. La interacción de dos o tres consultores en el campo hubiera facilitado la organización del proyecto. Se sugiere que en el futuro por lo menos dos consultores sean responsables de organizar otros ensayos. Uno podría ser especialista en cultivos, en este caso un especialista en maíz; el otro podría ser un consultor en evaluación de pérdidas de grano. Mediante esta interacción entre los especialistas, se podría, posiblemente, eliminar algunos de los problemas que ocurrieron en este estudio.

Best Available Document

Métodos de muestreo alternativos propuestos: Parece necesario efectuar un análisis de pérdidas presecado en el momento en que se doblan las plantas. Debería efectuarse un segundo muestreo en el momento de la cosecha para determinar las pérdidas ocurridas entre el momento de la dobla y el momento de la cosecha. Se propone que cualquiera muestra futuras sean obtenidas por unidades móviles que recorrerían el campo recogiendo muestras y transportándolas al laboratorio para ser procesadas. Esto solucionaría, en parte, el problema de la utilización del tiempo del personal de extensión y aseguraría la formación de un grupo bien adiestrado en recolección de muestras. Las muestras deben ser completamente procesadas en el laboratorio de semillas. Esto significaría el empleo de personal adicional en el laboratorio de semillas, pero la calidad de la información resultante se vería bastante mejorada. Cuando los grupos de muestreo no estén recogiendo muestras, ellos podrían ser enviados, a solicitud de los agentes de extensión, a través del país para ofrecer presentaciones a los agricultores sobre métodos apropiados de cosecha, secado, desgrane, almacenamiento y fumigación. También se propone que se preparen boletines de extensión, juegos de filminas y películas en español para ser utilizadas en forma generalizada por los agentes de extensión sobre los varios aspectos del secado, almacenamiento y fumigación de granos. Otra propuesta sería la necesidad de prestar más atención a la conveniencia de efectuar fumigaciones más adecuadas a los granos. En el Salvador se emplean actualmente dos productos, phostoxin y disultito de carbón. De estos dos, parece que el phostoxin se usa de forma muy incorrecta: p.e. fumigación de sacos de grano dentro del hogar.

CONCLUSIONES

Es aparente que la disponibilidad de una tecnología no asegura automáticamente su aplicación. Ya sabemos cómo almacenar grano por 20 años de manera que esté seguro. Sin embargo, esta no es la manera más económica de mantener cantidades de grano, a menos que haya una necesidad de almacenarlo por ese período tan largo. El grano no puede ser almacenado de manera segura y a la vez económica sino por el tiempo que sea absolutamente necesario, y esto es al niv al cual debe operar el almacenamiento -cerca de los márgenes seguros, observando cuidadosamente para ver las fallas a tiempo y sabiendo como solucionarlas cuando suceden.

Los agricultores y otras personas involucradas en el negocio de los granos son personas sensatas que no sufren pérdidas a propósito. Las pérdidas que ocurren están fuera de su control por una multitud de razones. Las razones pueden ser físicas, sociales, educacionales, o fuera de la capacidad de los insumos. Mientras tanto, se aumenta la producción, conforme cambian los patrones de mercadeo y uso, en efecto, conforme el grano se sale de los patrones culturales establecidos, las pérdidas continuarán creciendo a menos que aparezcan nuevas tecnologías para acomodar los nuevos patrones de producción.

Best Available Document

REFERENCIAS

ADAMS, J.M. and G.W. HARMAN. 1977. The evaluation of losses in maize stored on a selection of small farms in Zambia with particular references to the development of methodology. Tropical Products Institute, London, G-109. 149 pp.

AMEZQUITA, R.; J. LA GRA; G. MENDOZA; J. MANSFIELD; and FRANK. 1977. La problemática de Post-Cosecha: Situación actual y enfoque metodológico para realizar diagnósticos y elaborar programas y proyectos de reducción de pérdidas de post cosecha. Presented at IICA Seminar on reduction of postharvest losses of agricultural products in the Caribbean area and Central America. Santo Domingo, Republica Dominicana, 8-11 Agosto. Documento IV-A. 126 pp.

BOURNE, M.C. 1977. Postharvest food losses -the neglected dimensión in increasing the world food supply. Cornell International Agriculture Mimeograph 53, Cornell University, New York. 49 pp.

GRANOVSKY, T.A. 1976. Survey of grain losses, a reality. Dept. of Entomology, Kansas State Univ., Mimeo, 19 pp.

LINDBLAND, C.; and L. BRUBEN. 1976. Small farm grain storage. Action/ Peace Corps and VITA. VITA publications 35E.

NAS. 1978. Postharvest food losses in developing countries. National Academy of Sciences, Wash. D.C 206 pp.

SPUREON, D. 1976. "Hidden Harvest". International Development Research Center, Ottawa, Canada.

USDA/ESA/KSU. 1979. Proceedings of Symposium on prevention and Control of insects in stored-food products. April 9-13, 1978. Manhattan, Kansas. 375 pp.

DOCUMENTACION DE LA LITERATURA SOBRE ENTOMOLOGIA ECONOMICA

Humberto Jiménez-Saa*

RESUMEN

Se sugieren procedimientos generales para consultar en una biblioteca, haciendo énfasis en la consulta de fuentes secundarias ("abstracts", índices, etc.). Se describen algunos aspectos de tres fuentes secundarias de información sobre entomología (Review of applied entomology. Series A: Agricultural; Indice Agrícola de América Latina y el Caribe; Biological Abstracts) y de cuatro entidades que suministran por correo fotocopias de la literatura sobre ese tópico (IICA-CIDIA; BLLD; CIAT; CATIE). Se hacen comentarios sobrea de la conveniencia de presupuestar fondos y de programar tiempo suficiente para poder consultar la literatura.

SUMMARY

General procedures to consult a library are given with special emphasis on secondary sources (abstracts, indexes, etc.). Three secondary sources (Review of applied entomology. Series A: Agricultural; Indice Agrícola de América Latina y el Caribe; Biological Abstracts) and four institutions that offer photocopies of technical papers by mail (i.e. IICA-CIDIA; BLLD; CIAT; CATIE) are described in general terms. Comments are made about the convenience of having both funds and time available to make use of technical literature.

A. Como Consultar en una Biblioteca

Los procedimientos para encontrar información técnica agrícola son variados. Mucho depende de la experiencia del usuario, del tiempo disponible para encontrar la información, de la existencia de medios adecuados para informarse. Una manera directa y fácil es preguntar a un colega con experiencia y acostumbrado a manejar la literatura del tópico en cuestión.

Vamos a suponer que usted es quien necesita encontrar información sobre un tópico determinado; supongamos que usted conoce las bases generales

* Ing. For., M.S., Especialista en Información, CATIE.

pero no conoce a fondo la literatura reciente sobre el tópico, y que no hay un colega experimentado a quien consultar; supongamos también que usted puede visitar una biblioteca medianamente organizada. Si en el lugar donde usted está no hay biblioteca, trate de buscar apoyo para viajar a un sitio donde sí la haya (lea el aparte C en las páginas 300 y 301 de este mismo escrito).

El procedimiento para encontrar la información en una biblioteca medianamente organizada podría ser: (Fig. 1)

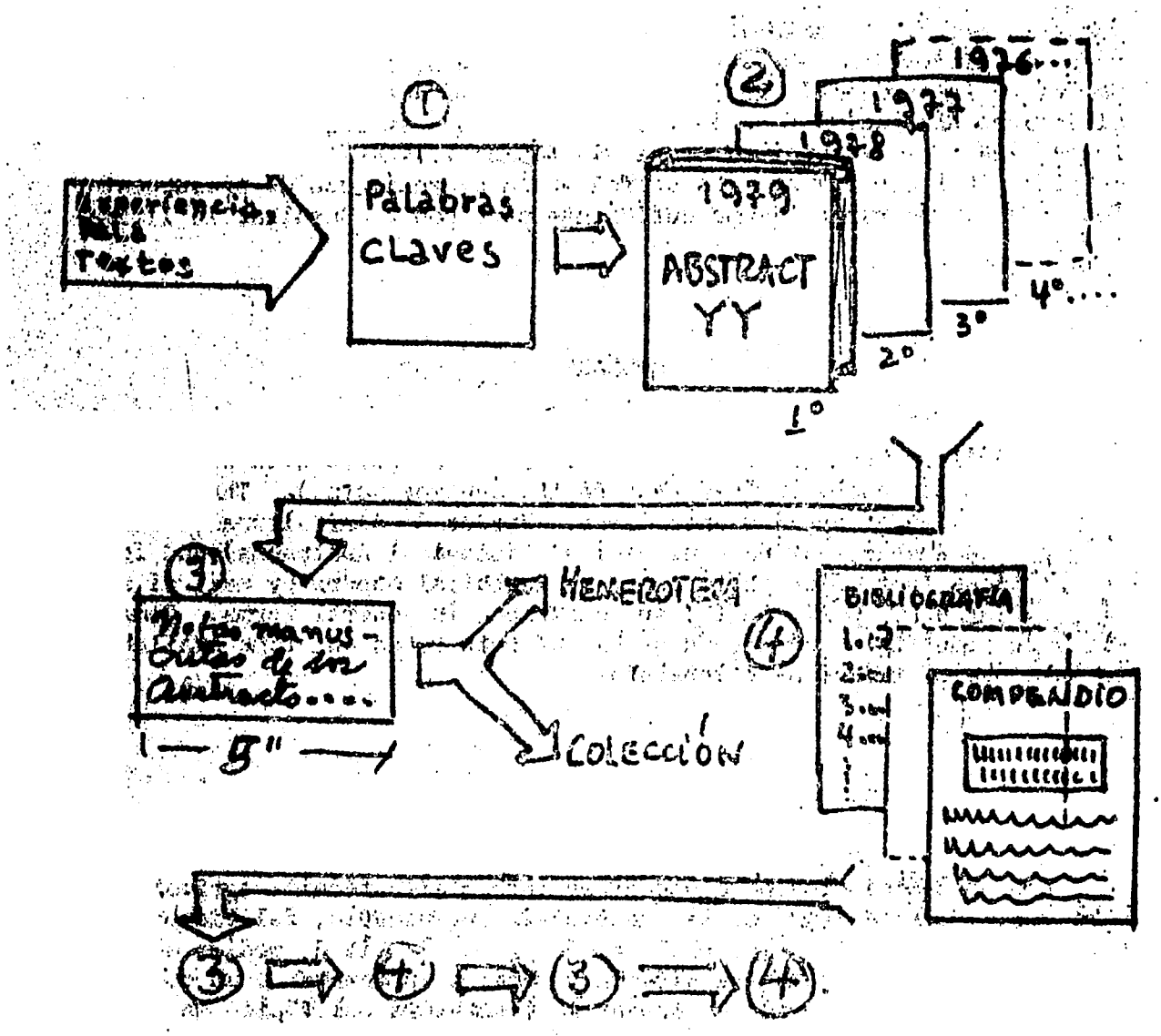


Fig. 1. Las revistas de compendios y los Indices, lo mismo que la "bibliografía citada" son auxiliares poderosos de la investigación bibliográfica.

1. Consulte una revista de compendios (vea los apartes B.1, B.2, B.3). Inicie la búsqueda consultando los números más recientes.

   a. Selecciono las palabras claves que le parecen más convenientes y pertinentes.

   b. Inicialmente sólo lea las referencias y los compendios sin hacer anotaciones; así podrá familiarizarse con el tema y hacer decisiones sobre el tipo de literatura que más conviene a su caso.

   c. Haga anotaciones en tarjetas o fichas (muy cómodas son las de 3 x 5 pulgadas de cartulina bristol), o en un cuaderno especialmente escogido para el efecto. (Evite hacer anotaciones en hojas sueltas porque pasado algún tiempo le será difícil almacenar y utilizar eficientemente ese tipo de materiales).

   d. Anote en las tarjetas o en el cuaderno la referencia bibliográfica completa y, si lo cree conveniente, el "abstract" o compendio.

   e. No haga anotaciones de varias obras en una sola tarjeta; en cambio, en algunos casos puede necesitar varias tarjetas para una sola obra; en esos casos una ("engrape") esas tarjetas.

   f. Todavía usted no se ha movido de la mesa de lectura. Cuando ya haya seleccionado las referencias de unos cuantos documentos de interés para su caso, vaya al paso 2.

2. Consulte los documentos seleccionados que se encuentren en su biblioteca.

   a. Recuerde que los documentos bien escritos están redactados en forma clara, directa, definida; hay economía de palabras. Por lo tanto, lea cuidadosamente.

   b. Recuerde que los escritos científicos generalmente tienen un compendio ("abstract"); si lee primero el compendio sabrá si vale la pena leer todo el escrito.

   c. Recuerde que casi todos los escritos serios tienen una lista de referencias bibliográficas. Examinando estas referencias usted podrá irse en abanico o "en cadena" y pasar al paso 3.

3. Consulte también documentos cuyas referencias aparecen en los materiales que acaba de consultar.

   a. Esto significa que usted podría irse "en cadena" y cubrir prácticamente lo más importante en el tópico involucrado (en Documentación se llama a este procedimiento abanico o árbol de documentación).

   b. También aquí preste atención a las sugerencias de los apartes 1.c - 1.e de este mismo escrito.

B. Las Revistas de Compendios e Indices

Desde el punto de vista documentario podemos dividir las fuentes de información en primarias y secundarias.

Fuentes primarias son aquéllas que contienen información "de primera mano": el autor investigó o hizo una serie de observaciones o deducciones y las plasmó en un documento. Ejemplos son las revistas científicas ("journals"), los boletines técnicos, cierto tipo de informes, etc.

En la "Biblioteca Conmemorativa Orton" de Turrialba hay aproximadamente 40 revistas dedicadas total o parcialmente a aspectos de entomología. Existen obras de referencia que pueden ayudar a seleccionar las revistas que se deseen adquirir, por ejemplo el Directorio Ulrich (ver referencia No. 7). La edición 1975-1976 de este Directorio trae bajo el encabezamiento BIOLOGY; entomology, 127 revistas de importancia en el mundo. En ese Directorio se da una cantidad grande de información sobre cada revista, como dirección postal de los editores, precios, periodicidad, etc.

Fuentes secundarias son aquéllas que contienen información tomada de fuentes primarias. Los libros de texto son generalmente fuentes secundarias; las revistas de compendios ("Abstracts") y los Indices son otro tipo de fuentes secundarias.

En 1969 se calculó que en el mundo había 692 servicios de compendios e Indices Agrícolas. En una encuesta realizada en 1971 se calculó que 230 de los servicios de compendios existentes ofrecen 1.137.000 referencias sobre agricultura, pesca y alimentos cada año. En 1969 ya había 223 bibliotecas agrícolas de nivel superior en América Latina; estas bibliotecas eran atendidas por cerca de 1000 funcionarios y guardaban cerca de 2.500.000 volúmenes de libros y folletos y más de 120.000 títulos de publicaciones periódicas, provenientes de todo el mundo. (Información adicional sobre este asunto puede encontrarse en la referencia No. 5 de este mismo escrito).

A continuación se indican algunas de las características de dos revistas de compendios y un Indice que pueden ayudar bastante en la búsqueda de literatura técnica sobre plagas de plantas.

1. Review of Applied Entomology. Series A.: Agricultural

Publica 12 números al año. Trae compendios de aproximadamente 6.000 documentos por año. Tiene índices de temas e índice de autores.

En mayo de 1979 la suscripción anual costaba £ 90 (90 libras esterlinas; o sea US$200,oo aproximadamente). Los volúmenes atrasados se venden con descuento de hasta 50% en órdenes de más de 10 volúmenes. Para

suscripciones dirigirse a:

Central Sales CAB
Farnham House
Farnham Royal
SLOUGH SL2 3 BN
U. K. (Inglaterra)

La gran mayoría de los artículos que aparecen en Review of Applied Entomology (y en todas las revistas de compendios del CAB) se ofrecen en forma de fotocopias. En mayo de 1979 cada página fotocopiada costaba 12 p. (12 peniques; o sea aproximadamente US$ 0.27) incluyendo los costos del correo. En cada número del Review viene información pertinente para utilizar los servicios de fotocopia.

2. Indice Agrícola de América Latina y el Caribe

Publica cuatro volúmenes al año. Trae las referencias de 14.000 a 18.000 documentos por año. Aproximadamente 800 se refieren a plagas de plantas. Tiene índices de palabras claves y de autores.

En julio de 1979 la suscripción anual costaba US$ 30.000. Para suscripciones dirigirse a:

IICA
Dirección de Información Pública
Apartado 10281
San José, Costa Rica.

3. Biological Abstracts

Publica 24 números al año (2 volúmenes de 12 números cada uno). Trae los compendios de aproximadamente 150.000 documentos por año. Tiene índices de temas, de conceptos, de autores y de biosistemática.

En julio de 1979 la suscripción anual en los Estados Unidos costaba US$ 1270.00. La dirección postal es:

Biological Abstracts
2100 Arch Street
Philadelphia, Pennsylvania 19130
U.S.A.

C. En mi lugar no hay biblioteca. Qué hacer?

1. Reflexiones generales

Estamos conscientes de que no en toda parte hay bibliotecas adecuadas. Pero también estamos conscientes que de una buena revisión de literatura puede depender el acierto o desacierto de muchas decisiones en Investigación y Desarrollo. Si las decisiones involucran gran cantidad de dinero, vale la pena que se hagan las inversiones necesarias para poder revisar adecuadamente la literatura.

Esta inversión puede significar no sólo dinero sino también tiempo.

a. Dinero

Podría ser conveniente comprar por correo fotocopias de algunos documentos (ver aparte C.3, páginas 8 - 10 (Fig. 2).
Podría ser conveniente que alguien viajara al lugar donde haya una buena biblioteca o centro de documentación (inversión en sueldo, pasajes y viáticos).

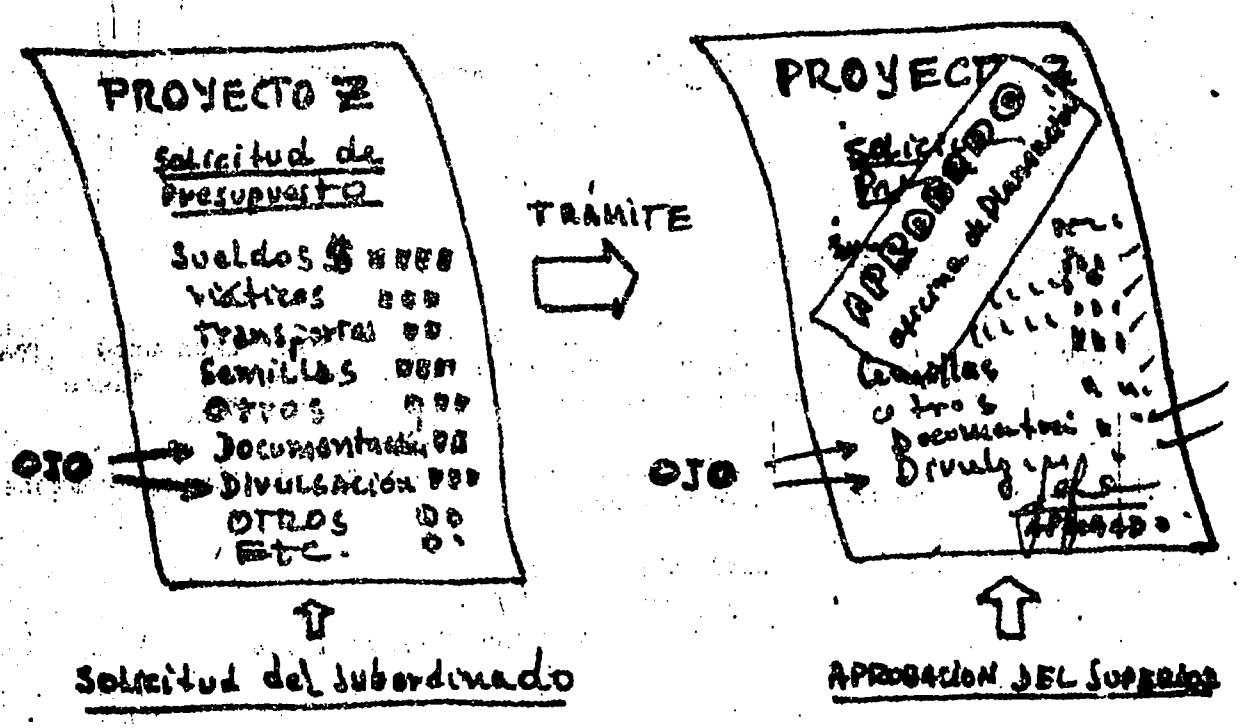


Fig. 2. Los aspectos relacionados con información técnica deben incluirse en el presupuesto de cada año.

b. Tiempo

Podría ser conveniente el decidir que todo el grupo de personas involucradas destinen unas cuantas semanas a enterarse de lo que hizo el resto de la Humanidad con relación al problema en cuestión (el contenido de una biblioteca es parte de la herencia de la Humanidad). (Fig. 3).

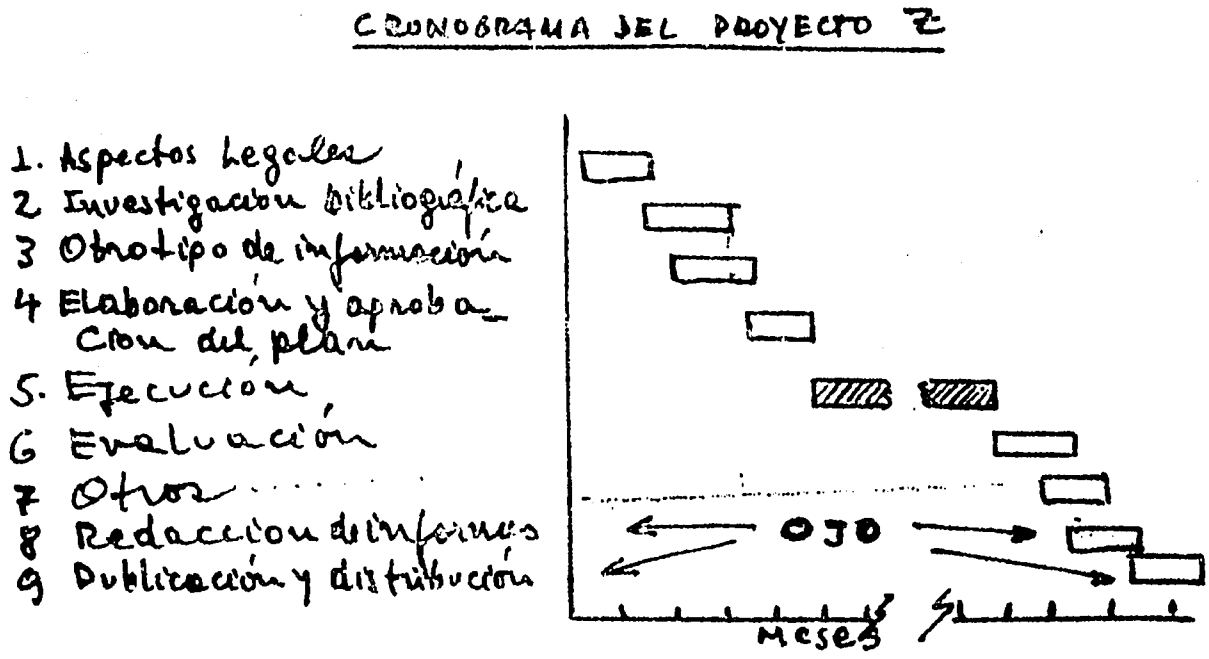


Fig. 3. Es indispensable programar el tiempo necesario para documentarse y para divulgar los resultados.

2. Adquirir fuentes secundarias

Cuando se trata de adquirir revistas viene un problema de recursos financieros. Es muy común -desafortunadamente- que los profesionales agrícolas no dispongan de presupuesto para documentación e información. La culpa es de ellos mismos. Mi comentario al respecto es el siguiente: si son investigadores o profesionales de la base (es decir, que no toman las decisiones financieras) deben solicitar que se destine presupuesto para tales efectos. Si son los profesionales que toman las decisiones, deben no sólo apoyar tales solicitudes sino que, por otro lado, deben exigir a sus colaboradores que se documenten adecuadamente (ver Fig. 2) (ver algunos comentarios adicionales en las referencias Nos. 4 y 6).

Sugiero entonces que, cuando las circunstancias lo ameriten, se compren por lo menos las fuentes secundarias descritas en los apartes

B.1 - B.3 y las revistas y obras básicas de referencia más importantes. Teniendo esto se pueden utilizar los servicios de fotocopias que ya existen (ver párrafos siguientes). (Fig. 4).

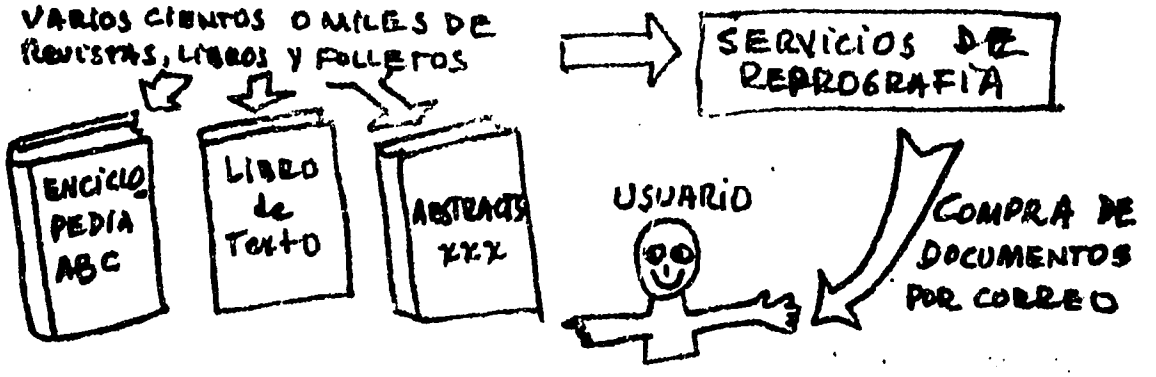


Fig. 4. Cuando no se dispone de suficientes recursos para instalar una biblioteca podrían adquirirse algunas fuentes secundarias y comprar por correo sólo aquella literatura primaria que se necesite en cada actividad.

3. Servicios de fotocopias por correo

Actualmente existen varios servicios de reprografía que atienden solicitudes por correo. En tres de las publicaciones cuyas referencias aparecen al final de este escrito (1, 2, 3) ustedes podrán encontrar información sobre este asunto.

A continuación se describen algunas de las características de cuatro servicios de fotocopias por correo. Las entidades que se mencionan ofrecen también otros servicios; los interesados pueden dirigirse a ellas para adquirir información adicional.

IICA-CIDIA

Ofrece, entre otros servicios, fotocopias de documentos agrícolas; es particularmente eficiente en satisfacer pedidos relacionados con literatura agrícola latinoamericana, dado que en la biblioteca de Turrialba se depositan la gran mayoría de los documentos incluídos en el Indice Agrícola de América Latina y el Caribe (ver aparte B.2, página 5).

En junio de 1979 cada página fotocopiada costaba US$0.15, incluyendo en este precio los costos de correo. Para obtener las fotocopias se puede pagar con cheque girado a IICA-CIDIA; para mayor facilidad se pueden

utilizar las estampillas o cupones del AGRINTER. Los pagos pueden hacerse en dólares de E.E.U.U. o en moneda nacional; para esto el interesado puede dirigirse a las oficinas del IICA localizadas en cada una de las capitales de los países miembros de la OEA. Normalmente en el Ministerio de Agricultura, o su equivalente, pueden dar la dirección postal de la oficina de IICA.

Para obter fotocopias de los documentos y para información adicional, dirigirse a:

IICA-CIDIA
Biblioteca
CATIE, Turrialba
Costa Rica

The British Library, Lending Division

Esta entidad ofrece fotocopias de documentos. Normalmente el usuario debe esperar sólo dos semanas desde el momento de poner la solicitud al correo hasta obtener la fotocopia de la publicación. Para comprar las fotocopias deben adquirirse previamente cupones que posteriormente hacen las veces del dinero de pago. En julio de 1979 se ofrecían libretas de 20 cupones a £ 33 (33 libras esterlinas). Debe enviarse un cupón por cada 10 páginas (o fracción de 10 páginas) fotocopiadas de cada documento.

La dirección postal es:

The British Library, Lending Division
Boston Spa
Wetherby, West Yorks
England LS 23 7 BK

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT

Ofrece, entre otros servicios, las páginas de contenido de varias revistas agrícolas incluyendo revistas que tratan de Protección Vegetal. También ofrece fotocopias de documentos agrícolas. En julio de 1979 cada página fotocopiada costaba US$ 0.15 incluyendo los costos del correo. También se pueden utilizar las estampillas del AGRINTER.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE

Se ofrecen fotocopias por correo de la literatura relacionada con sistemas de cultivo para pequeños agricultores. Las instrucciones se dan en la hoja rosada que se adjunta. En el futuro inmediato se establecerá un servicio similar al descrito en la hoja rosada, pero relacionado con Ciencias Forestales. Ambos servicios (el de Sistemas de Cultivo y el de (Ciencias Forestales) ofrecen, obviamente, parte de la literatura sobre

entomología económica.

Tal vez la colección más completa sobre plagas de plantas en el Istmo Centroamericano la posee el Dr. Joseph L. Saunders, Entomólogo del CATIE. Su colección está a disposición de quien visite la sede central del CATIE en Turrialba. La dirección postal se da en la hoja rosada adjunta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BOYLES, P. J. y BUNTROCK, H. Survey of the world agricultural documentation services. Roma, FAO, 1973. 259 p.

2. CLIFFORD, R. A., LEON, M. J. DE y FLORES, J.E. Estudios de los sistemas de información agropecuaria en Panamá. Guatemala, IICA, 1976. 207 p. (Publicación Miscelánea No. 140).

3. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Estudio de los Sistemas de Información y Datos Agropecuarios en Centroamérica. San José, Costa Rica, 1975. 2 v. (Publicación Miscelánea No. 128).

4. JIMENEZ-SAA, H. Investigación y documentación agrícola en América Latina. Desarrollo Rural en las Américas (Costa Rica) 8(3): 207-225. 1976.

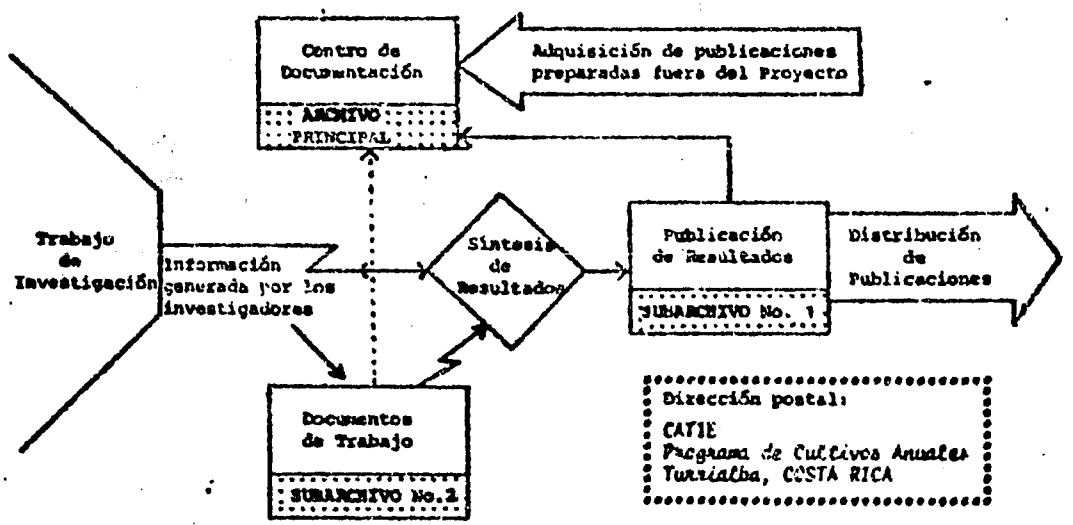
5. _____. Disponibilidad de documentos agrícolas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 12 p.

6. _____. Los latinoamericanos no divulgan la información que generan; breve análisis de la situación. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 17 p.

7. ULRICH's INTERNATIONAL PERIODICALS - DIRECTORY; a classified guide to current peridicals, foreign and domestic. New York, Bowker (Last Edition).

CATIE
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Programa de Cultivos Anuales

FLUJO DE INFORMACION EN EL PROYECTO DE SISTEMAS DE CULTIVO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES



1. **ARCHIVO PRINCIPAL.** Centro de Documentación. Aquí ingresan tanto documentos publicados en el CATIE (SUBARCHIVO No. 1) como publicados afuera del CATIE (sistemas de cultivo de las regiones tropicales; suelos, clima y otros datos básicos del Istmo Centroamericano; memorias de las reuniones anuales del PCCMCA). También ingresan los documentos del SUBARCHIVO No. 2.

2. **SUBARCHIVO No. 1.** Publicaciones. Este SUBARCHIVO contiene las publicaciones sobre sistemas de cultivo preparadas en el CATIE.

3. **SUBARCHIVO No. 2.** Documentos Trabajo. Este SUBARCHIVO contiene documentos no publicados (formularios, memorandos, diseños, informes, etc.) con información generada durante el trabajo de investigación del Proyecto de Sistemas de Cultivo para Pequeños Agricultores. Los usuarios de este SUBARCHIVO son, principalmente, los funcionarios que directa o indirectamente están vinculados al Proyecto. En el futuro próximo la información de este SUBARCHIVO se procesará con la ayuda del Centro de Cómputo del CATIE. Los documentos de este SUBARCHIVO no se distribuyen libremente.

CONSULTA DE LOS ARCHIVOS Y ADQUISICION DE FOTOCOPIAS

4. Las listas del ARCHIVO PRINCIPAL y del SUBARCHIVO No. 1 pueden adquirirse sin costo.

5. Todos los documentos pueden consultarse libremente en el ARCHIVO PRINCIPAL.

6. Cualquier persona puede recibir sin costo alguno (personalmente o por correo) una copia de cada uno de los documentos del SUBARCHIVO No. 1. (Los documentos de este SUBARCHIVO que no estén disponibles pueden adquirirse comprando fotocopias de ellos; el procedimiento se indica a continuación).

7. Para comprar fotocopias de los documentos pueden seguirse los siguientes procedimientos:

   a. Quienes visiten la sede del CATIE en Turrialba, pueden hacer fotocopiar los documentos pagando US$0,10 (o su equivalente en colones de Costa Rica) por cada página fotocopiada.

   b. Quienes soliciten fotocopias por correo deben pagar US$1,50 por las primeras 10 páginas fotocopiadas y US$0,15 por cada página adicional (este precio cubre los costos de correo). El pago puede hacerse: (1) por medio de cheque en US$ a la orden de CATIE girado contra cualquier banco de los Estados Unidos de América. (2) utilizando los cupones o estampillas del AGRIINTER que se adquieran (pagando en moneda nacional) en las oficinas del IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA). El IICA tiene oficinas en todas las capitales de los países miembros de la OEA. Normalmente en el Ministerio de Agricultura, o su equivalente, pueden dar la dirección de la Oficina del IICA.

Humberto Jiménez-Saa
Mayo, 1979

Best Available Document

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
Departament 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

FANNY 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 Cristobal, 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 II

		Página
LISTA DE CONFERENCISTAS		4
PRINCIPIOS DE CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS	Louis A. Falcón	6
FORMULACION Y APLICACION DE PLAGUICIDAS	Virgil H. Freed	32
DINAMICA QUIMICA: TRANSPORTE Y COMPORTAMIENTO DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN EL AMBIENTE; UN PROBLEMA EN SALUD AMBIENTAL	Virgil H. Freed	48
MANIPULACION, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DESECHO DE PLAGUICIDAS	Virgil H. Freed	65
TOXICOLOGIA DE PLAGUICIDAS Y SU EMPLEO POR PERSONAS NO EDUCADAS	Virgil H. Freed	85
PRACTICAS PARA EVITAR LA CONTAMINACION A NIVEL DE PEQUEÑO AGRICULTOR	Virgil H. Freed	96
PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACION DE PLAGUICIDAS EN SISTEMAS DE CULTIVO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES	Myron Shenk	102
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	113
EL MANEJO Y SUPRESION DE LA RESISTENCIA 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 (*GOSSYPIUM HIRSUTUM L.*) POR EL BELLOTERO (*HELIOTHIS ZEA BODDIE*) Y POR EL PICUDO (*ANTHONOMOUS GRANDIS* BOH)	Andrew Gutiérrez y G. Leon Quant	173
FITOMEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA EN PAPAS	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 Vulumen II		302

CONTENIDO VOLUMEN III

Reportes Nacionales

	Página
Lista de participantes	3
PANAMA	4
COSTA RIC	27
NICARAGUA	50
HONDURAS	76
EL SALVAD	81
GUATEMALA	96
REPUBLICA DOMINICANA	123
HAITI	137

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL
DE INVESTIGACION 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

312

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL
DE INVESTIGACION 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

313

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.

314

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 PLAGUICIDAS	Virgil H. Freed	32
DINAMICA QUIMICA: TRANSPORTE Y COMPORTAMIENTO DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN EL AMBIENTE; UN PROBLEMA EN SALUD AMBIENTAL	Virgil H. Freed	48
MANIPULACION, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DESECHO DE PLAGUICIDAS	Virgil H. Freed	65
TOXICOLOGIA DE PLAGUICIDAS Y SU EMPLEO POR PERSONAS NO EDUCADAS	Virgil H. Freed	85
PRACTICAS PARA EVITAR LA CONTAMINACION A NIVEL DE PEQUEÑO AGRICULTOR	Virgil H. Freed	96
PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACION DE PLAGUICIDAS EN SISTEMAS DE CULTIVO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES	Myron Shenk	102
RELACION ENTRE EL TIPO DE LABRANZA Y LA INCIDENCIA DE PLAGAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES	Joseph L. Saunders y Myron Shenk	113
EL MANEJO Y SUPRESION DE LA RESISTENCIA A LOS PLAGUICIDAS	George P. Georghiu	120

315

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 fordo, 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

3/6

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 (*GOSSYPIUM HIRSUTUM L.*) POR EL BELLOTERO (*HELIOTHIS ZEA BODDIE*) Y POR EL PICUDO (*ANTHONOMOUS GRANDIS* BOH)	Andrew Gutiérrez G. León 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

317

CONFERENCISTAS

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

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

Ted Granovsky, Ph.D.
Departament 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.
Departament of Entomology
Hilgard Hall
University of California
Berkeley, CA 94720
U.S.A.

G. Clay Mitchell, Ph.D.
U.S. Departamente 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.

eith 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

318

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 días 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 alimento. 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 sí 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 munco, 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 condicir 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 déficit 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 peligra, 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 extimaciones 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.

321

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 son 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 los 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

328

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 CIF 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 acticidad 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 dotadas 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

323

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	78	105	38	140	50
América	250	120	48	20	17	30	25
Asia	1080	855	79	355	42	525	61
TOTALES	1690	1255	74%	480	38%	695	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 o 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 efectivas 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 aceptabilidad 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.

Best Available Document

326a

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 armóniosamente. 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 limpias 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 principalemnte 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 IIIB; pág.20)

Al aplicar una estrategia de CIP es conveniente dibidir 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

328

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 funcionrios 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 presocecha) puede indicar las situaciones problemas 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 paracela. 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 del la cosecha. Esta información se tabulada 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 desaparación 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 dd desviaciones.

330

Cuadro III A. Los requisit. s 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 distribuída apropiadamente

2. Condiciones agronómicas apropiadas

2.1 Utilizar un suelo con las características físicas y químicas correctas.

3. Manejo eficiente

31. 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).

331

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 infraroja, 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: (predatores,parásitos y patógenos), conservación, estimular la ocurrencia natural, aumento por medio de introducciónes, 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.

332

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 establemimiento 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 incluír 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 dispobible 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)

234

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 subregiónes.

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.

335

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 c 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.
Permítase 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 del la cosecha.

2) Datos observados y pronóstico que muestren la aparición, actividad, abundancia y desaparación de plagas.

3) Status de factores naturales de mortalidad.

4) Justificaciónes 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.

336

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.

337

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 perí os 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 (PP_2).

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

Poonóstico del plagas tprincipales

Pronóstico de cosechas

339

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 realzada 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. Indentificar las desviaciones de los patrones esperados y determinar las causas.

34

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 trátese 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

341

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 Metodología

1) Determinar si una plaga es responsable de las desviaciones que presentan los patrones de crecimiento, desarrollo y formación del rendimeinto 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 o 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. Asímismos 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:

348

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 influído sobre la densidad de la población y su actividad

PC.3 Controle los factores naturales de mortalidad y determine 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 abundacia, actividad e impacto de los predatores, parásitos y patógenos en la parcela y en su proximidad.

4) Efecto de los predatores, parásitos y patógenos sobre sus hospederos e influencia sobre los 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, predatores 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. Usese 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 ecológicamanete adecuadas y compatibles con el ambiente.

4.1 Requisitos de información

1) Patrones observados y previstos de crecimiento, desarrollo y formación del 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.

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 contribuído 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 diluente 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.

Best Available Document

346

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, suspendabilidad. 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 fluídas 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

348

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

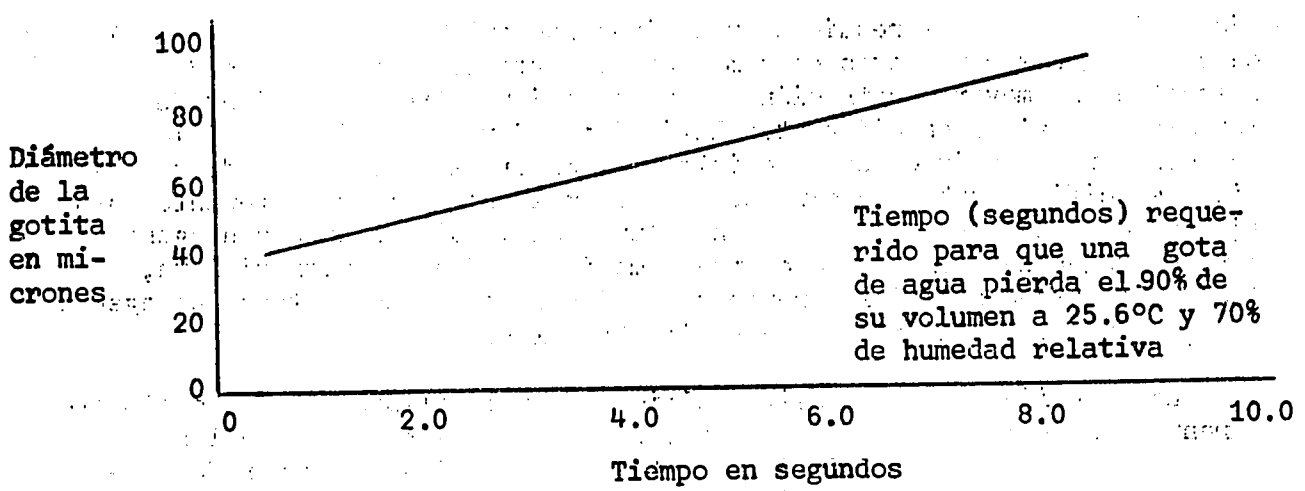
Considérese el problema del arrastre de plaguicidas durante su aplicación. Cualquier material que no llegue al área-objetivo es ineficaz y, por lo tanto, constituye una pérdida. El arrastre es debido en parte, naturalmente, a factores ambientales, p. ej.: el viento, el método de aplicación, etc. Pero 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.

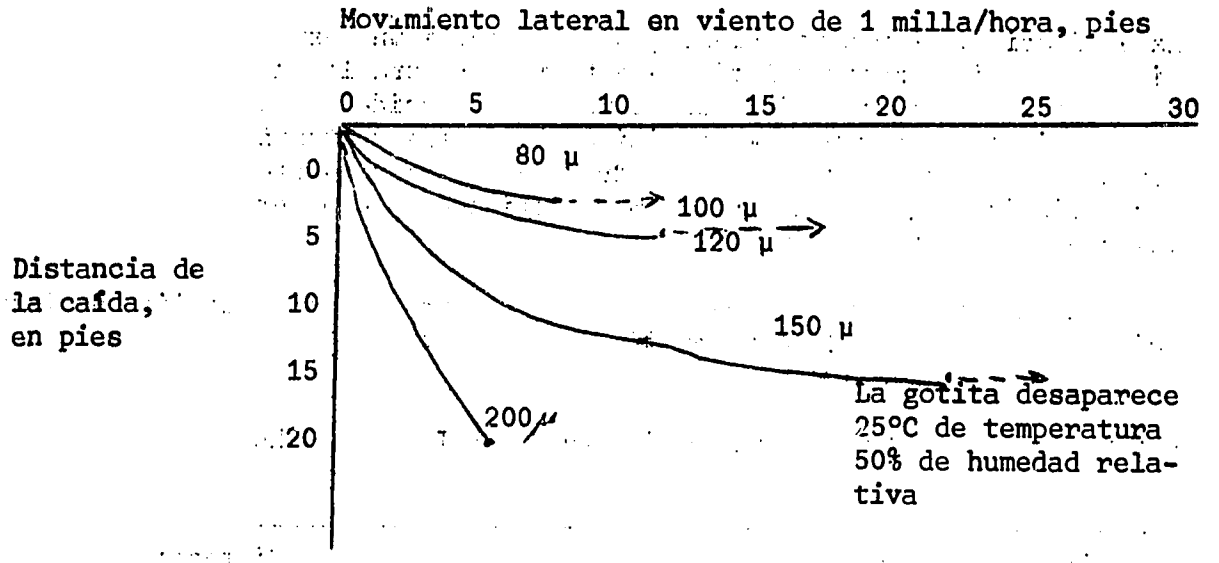
Cuadro 3. Velocidad de evaporación (H O, 86°F, 50% de humedad relativa)

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

350



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)	5.6×10^{-4}	7.8×10^{-7}	2.3×10^{-6}
Fenitrotion (20°C)	2.2×10^{-4}	2.7×10^{-7}	8.7×10^{-7}
Malation (20°C)	3.4×10^{-4}	5.8×10^{-7}	1.5×10^{-6}
Paration (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}
Metyl dursban (20°C)	3.4×10^{-5}	3.8×10^{-8}	1.5×10^{-7}
Dicapthon (20°C)	3.6×10^{-6}	$\sim 1.5 \times 10^{-8}$	$\sim 1.5 \times 10^{-8}$
1,2-Diclorobenzeno (23.2°C)	1.30	4.25×10^{-3}	3.71×10^{-3}
m-Xyleno (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% R.H.)	22.0	1.81×10^{-2}	1.54×10^{-2} [b]

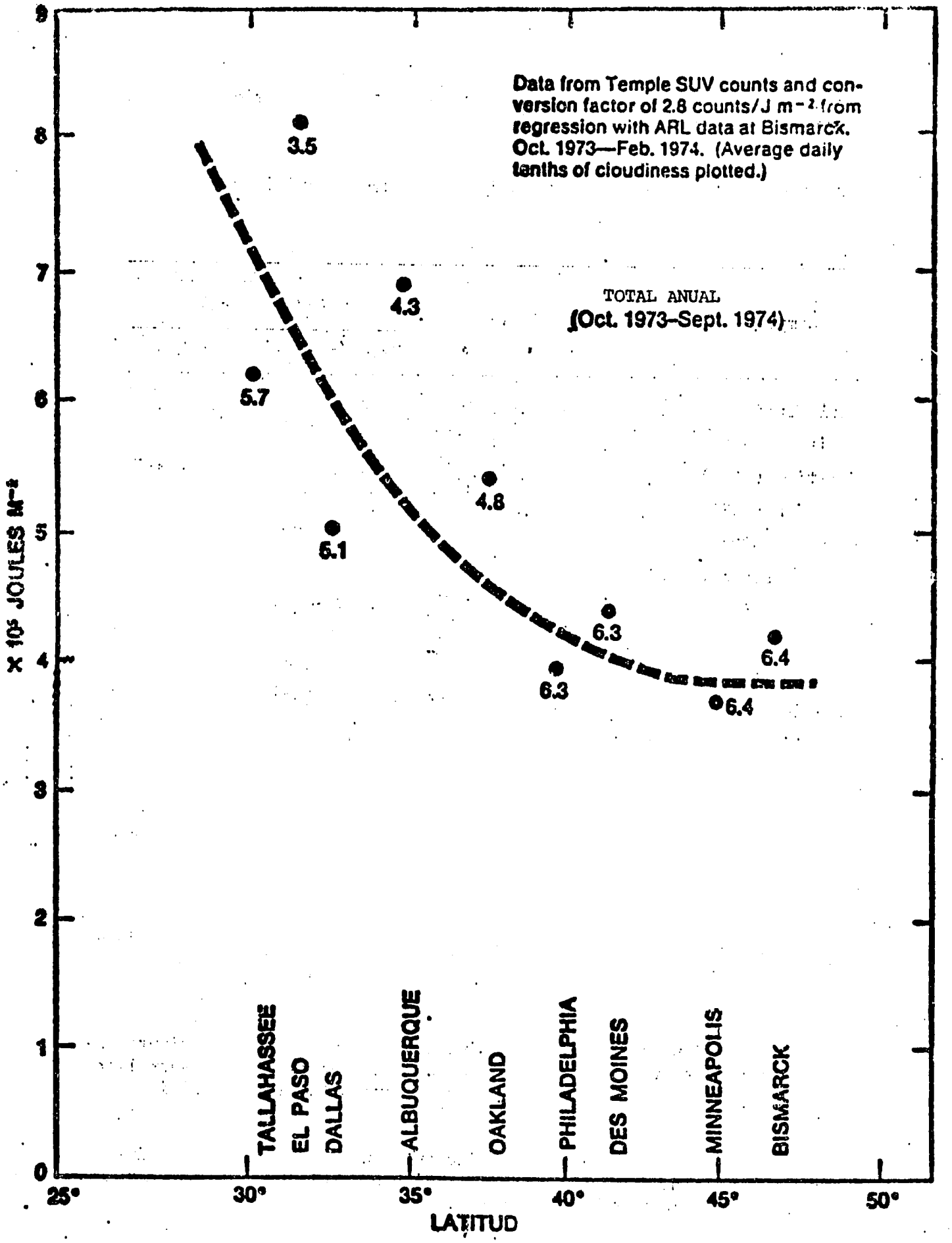
[a] $Q_{cal} = \bar{\beta} P(M/2RT)1/2$, donde $\bar{\beta}$ es la constante de evaporación promedio y tiene un valor de $\bar{\beta} = 1.94 \times 10\text{-}5$ (± 11% S.D.); P es la presión de vapor a una temperatura T (R).

[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.

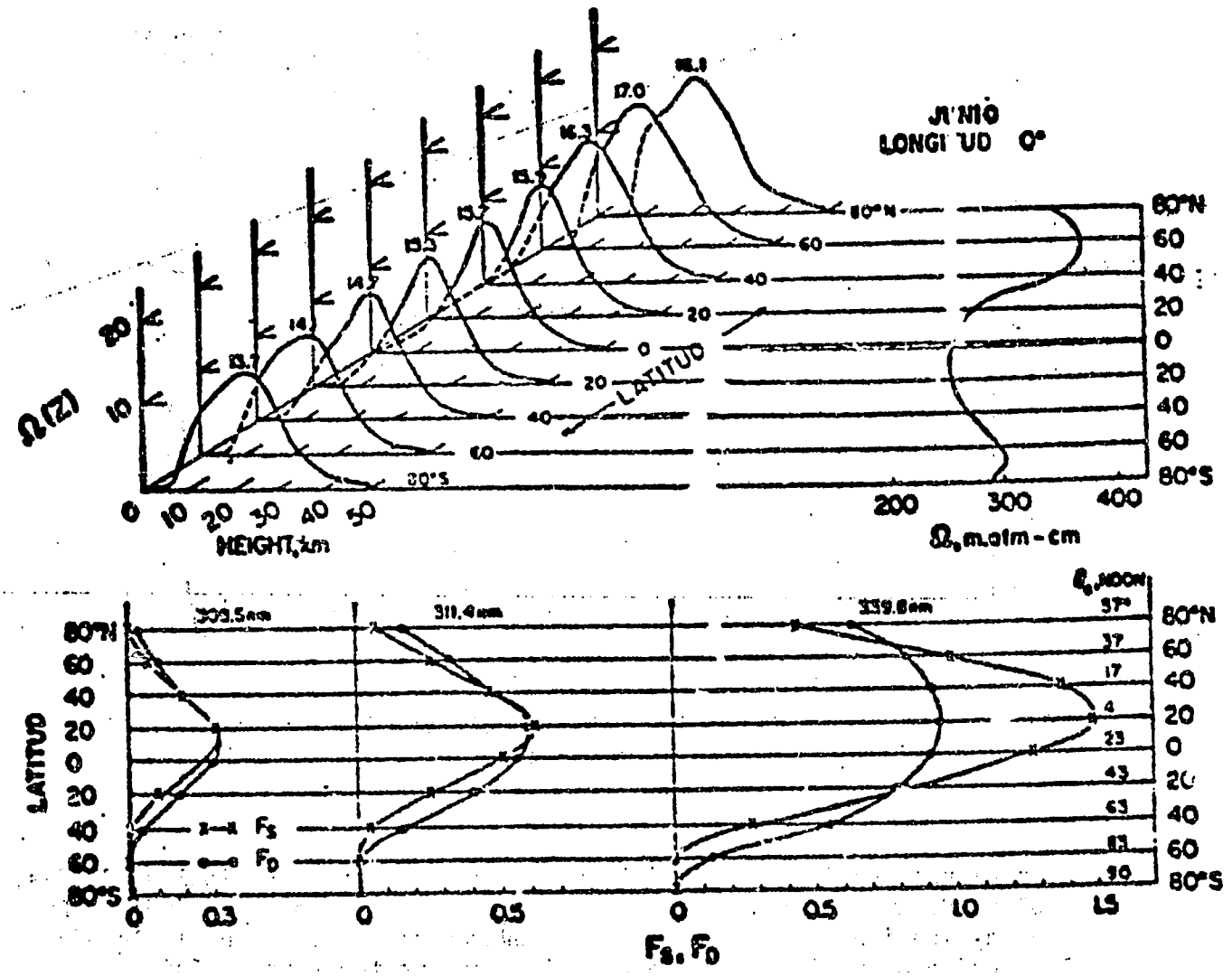
Ustedes bien saben que estas pérdidas pueden reducirse mediante encapsulación, pero yo lo desafío a que use su ingenio para desarrollar otros métodos que pudieran ser necesarios para situaciones especiales o ciertos productos químicos.

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.

358

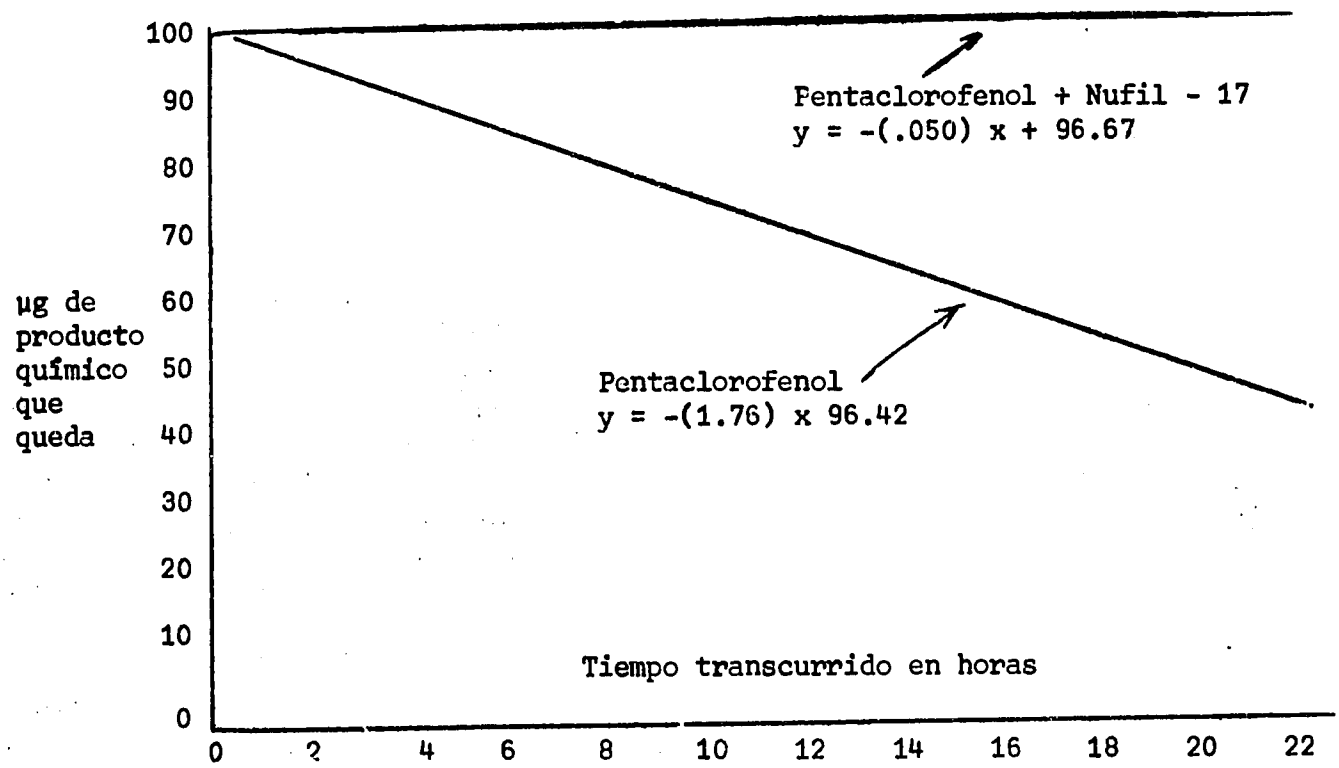


Variación de radiación UV-B con latitud para nueve ciudades en E.U.



Cálculo de la variación latitudinal del flujo directo (S_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 $\pi \cos \theta_o$. El valor de (θ_o, 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)

355

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 metílica, 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

356

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.

Cuando se trata de equipo mecánico grande, especialmente de aeroplanos, el tipo y el tamaño de las boquilla y su arreglo en la avioneta dependerán del tipo de avioneta y aplicación que se vá 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 distribuídos 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 sustituídas, 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.

361

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 físico,químicas y biológicas. Esto se muestra en el Cuadro 1. Estas propiedades al interaccionar 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

Etapas	Procesos
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

362

Cuadro 1. Propiedades de algunos plaguicidas usados corrientemente.

Compuesto	Peso molecular	pf(°C)	pe(°C)	Solubilidad en H_2O (temp. °C)	Presión de vapor	Coeficiente de partición Octanol/H_2O
DDT	354.5	108.5		0.0034 (25)	1.9×10^{-7} (20)	1.55×10^{6}
Dieldrin	381	175 -176		0.25 (25)	1.9×10^{-6} (20) 2.6×10^{-6} (20) 2.0×10^{-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)	6.4×10^{2}
Malathion	330	2.85		145 (20) 300 (30)	0.55×10^{-5} (20)	781
Parathion	291	6.1		11.9 (20) 11 (40)	3.78×10^{-5} (20) 1.96×10^{-5} (20) 4.39×10^{-6} (20) 5.7×10^{-6} (20)	6.4×10^{3}
Leptofos	412	70.2-70.6 71.5-72.0		.0047 (20) .03 (25)		2.0×10^{6}
Clorpyrifos	350.5	42 -43.5		.4 (23)	1.87×10^{-5} (23)	1.29×10^{5}
Phosalone	368	48		10 2.15 (20)		2.0×10^{4}
Carbaryl (Sevin)	201	142		114 (24)	<0.005 (26)	
Propoxur (Baygón)	209	91.5		~2000 (20)	3×10^{-6} (20)	
Clorpropham (CIPC)	213.7	41.4	247	102.3 (25)		
EPTC (Eptam)	189		235	375 (25)	1.55×10^{-1} (25) 1.62×10^{-2} (23) 1.97×10^{-2} (24)	
Atracina	215.7	173 -175		33 ± 3.4 (25)	3.0×10^{-7} (20)	
Monurón	199	174 -175		262 (25)	5×10^{-7} (25) 5.7×10^{-7} (25) 9×10^{-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.

364

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:

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

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 $N_1 \ldots N_5$ 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 Botzmann 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:

365

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.

	Datos físico-químicos	Relacionados con:
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.

366

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.

367

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:

Sustancia química + suelo ——————→ complejo + suelo

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 -ΔG y es, por lo tanto, un índice de adsorción.

En general, se ha demostrado que la adsorción de plaguicidas sigue un comportamiento del tipo Fuendlich. 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 indicado, 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.

362

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 constitiyentes 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

Best Available Document

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 accción fumigante como el uso de propoxur para el controlde 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:

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

370

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]
Diclorofentión (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^{-2}[b]

[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 $\bar{\beta} = 1.94 \times 10^{-5}$ (±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.

371

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 redunda 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 o por medio de todos estos procesos. En muchos compuestos que se usan como plaguicidas, la captación puede relacionarse con una propiedad físico-químico 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.

$$K_o = \frac{C\ grasa}{C\ agua}$$

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 adsorbilidad 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 destruído 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:

Sustancia química + luz ——→ Productos

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:

Paratión + Agua ——→ Paranitrofenol + Fosfato

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
Cloropyrifos	53 días
Malatión	10.5 días
Dicaptón	29 días

373

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 influída 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, endonces conociendo su velocidad de descomposición o su energía de activación, se puede calcular su persistencia a otra temperatura mediante la ecuación de Arhennius:

$$\log \frac{K_2}{k_1} \times \frac{\Delta h}{2.3\ R} \times \frac{\Delta T}{T_2 - T_1}$$

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 degradadación, y la concentración disminuirá aun cuando se efectúen

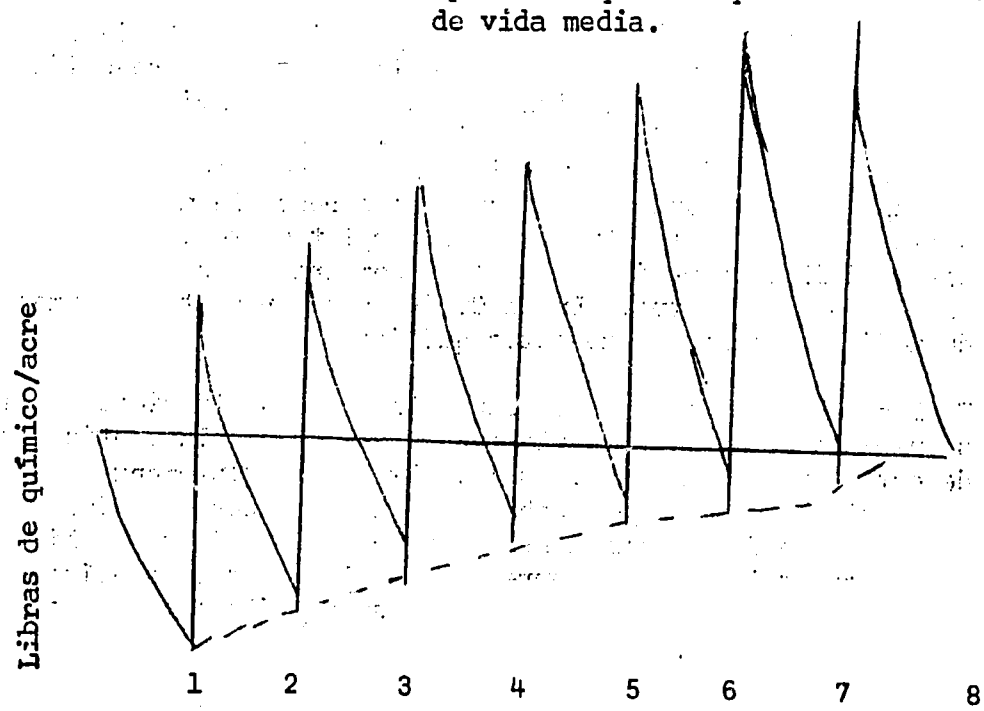
374

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.



375

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 ejem , 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.

376

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 desgarro 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.

378

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 herramentas 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 emegencia 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 protegen 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.

381

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. Aquéllos 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.

382

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 decontaminación 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.

383

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.

384

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

385

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.

386

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 desdobla 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 manufacturero 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 hidroclórico, 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

389

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*

Compuesto	Temperatura °C
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.

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 muchs 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 desechar 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

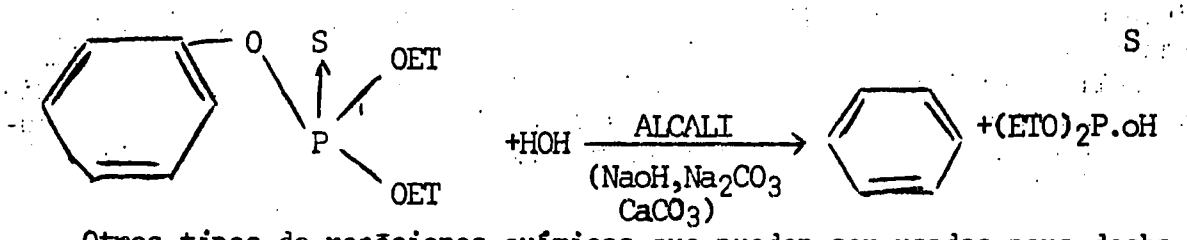
$$C_8H_9Cl_5 + 18Cl_2 \longrightarrow 8CCl_4 + 9HCl$$

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 hidrocarbonatos 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})

$$2As + 5S \longrightarrow As_2S_5 \text{ (insoluble)}$$

392

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 ee 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 inorgánicos 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

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

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

Best Available Document

394

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 estañones de mayor tamaño el residuo que quede 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 estañones, 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 estañón. 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

396

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.

398

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 sutancias, 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 inmanente 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 inmanente, que si se manipulan con las precauciones debidas presentan pocos riesgos de envenamiento. 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 mobilidad 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 ó 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, posee 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 ED_{50}, LD_{50} o LC_{50} 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 hidrocarbonos polinucleares, finalmente, causa tumores en los animales; los tumores pueden ser dañinos, aun cuando los hidrocarbonos 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

400

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 caminara 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 desdoblar 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. Ultimamente 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 educadas a comprender mejor los plaguicidas y la manera de evitar sus efectos adversos.

403

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
5	V	Fracción de un mililitro

404

Cuadro 2.- Valores agudos LD_{50} 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 LD_{50} por vía dérmica para el dimethoate, estos valores fueron determinados por la Sección de Toxicología bajo condiciones estandar.

Fuente: Hayes, W.J. 1963

405

Cuadro 3.- Valores agudos LD_{50} 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
Metoxycloro	(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

106

Cuadro 4.- Valores agudos LD_{50} de ditiocarbamatos en ratas

Compuesto	Valor LD_{50} (mg/kg)
Ferbam	17.000
Ziram	1.400
Maneb	7.500
Zineb	5.200
Nasam	395

Fuente: Hayes, W. J. 1963

Cuadro 5.- Valores agudos LD_{50} 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 sustituídos 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 empaca 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

agroquímico específico destruye una cantidad de organismos benéficos mientras controla la plaga, es mejor buscar otro que pueda ser usado en forma más selectiva y que cause menos daños a los organismos que no se desee eliminar.

El agroquímico apropiado también requiere una evaluación de sus propiedades en relación con la aplicación. Por ejemplo, si hubiera que escoger entre un plaguicida muy volátil y uno menos volátil, uno escogería el menos volátil para proteger a la persona que lo fuera a aplicar. De igual manera si se fuera a aplicar un plaguicida al suelo, se escogería uno poco soluble, que presentaría menos peligro de lixiviación, sobre otro igualmente efectivo pero más soluble y que, por lo tanto, podría causar contaminación de las aguas.

Otro factor importante es la formación de los agroquímicos. Desafortunadamente, los biólogos han presentado poca atención a adaptar las formulaciones a las condiciones climáticas y de los cultivos, y los químicos se han preocupado principalmente de que las formulaciones se mantengan durante su almacenaje en buenas condiciones para ser usadas en el campo. No ha sido sino en años recientes cuando se ha tratado de desarrollar fórmulas de agroquímicos que puedan soportar los rayos del sol cuando están más fuertes, que no sean lavados por la lluvia, y que sean menos volátiles.

Almacenaje en la finca

Los derrames y los envases defectuosos pueden contribuir a la contaminación de los alimentos y del agua y causar peligros innecesarios a los seres humanos. Por esta razón, los plaguicidas deben almacenarse en un sitio seguro, de ser posible en un edificio separado o en un armario que cierre bien, y, mejor aún, al que se le pueda poner llave. El área de almacenamiento debe estar bien lejos de las fuentes de agua y de arroyos para que, aún en el caso de accidentes, éstos no se contaminen. Es deseable que, aún en el caso de pequeños agricultores, se cuente con el equipo indicado para hacerle frente a un derrame. Esto incluye material absorbente, o aún recipientes de tierra seca que pueda ser arrojada inmediatamente sobre el sitio en donde ocurrió el derrame de modo que absorba el producto químico. También deben incluirse guantes de caucho para manipular el producto, especialmente cuando se estén haciendo mezclas y, en caso de necesidad, máscaras apropiadas y ropa protectora. Aunque es más difícil llevar el agua hasta el sitio en donde se van a mezclar los agroquímicos, y además se gasta más tiempo haciéndolo, es más conveniente hacerlo que contaminar un arroyo o un pozo con el producto químico.

Aplicación

Es poco lo que se necesita decir sobre las precauciones que deben tomarse al aplicar plaguicidas para evitar contaminación. En primer lugar, no debe aplicarse plaguicidas al agua, a no ser que se trate de controlar algunas plagas en esa corriente de agua. No importa si el agroquímico va a ser

41

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 desvíen y contamienen 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 porciento 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 antes 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 diluído. Además, si cuando se desocupa un envase, éste es enjuagado tres veces y el agua del enjuague se añade a la bomba de aspersión, 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

417

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

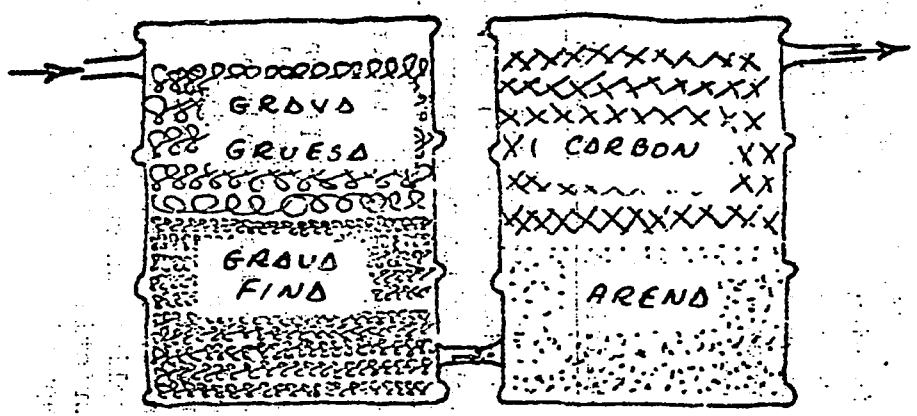
Ya ustedes deben haberse dado cuenta de que todo lo que se ha dicho con anterioridad se basa en el compartir el conocimiento necesario con aquéllos que emplean plaguicidas, si éstos tratan de evitar problemas de contaminación. Es mi creencia que el medio más efectivo de asegurarnos que se haga buen uso 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 veríamos al pequeño agricultor adoptar prácticas seguras que sean compatibles con buenas prácticas agrícolas.

413

Formas de Aplicación.

Pozo de eliminación



114

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.

415

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 + s,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 estañón (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

416

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 un 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 estañón 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 estañones/ha. Una mezcla común por estañón 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.

417

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

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 kg/cm^2		Cambio debido a: 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

419

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.

4/20

Las temperaturas altas con humedad relativa baja pueden resultar en la evaporación más rápida de la aspersión 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 2.8 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:

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

Ejemplo: una aplicación en 100 m^2 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.

471

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

Entonces:

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

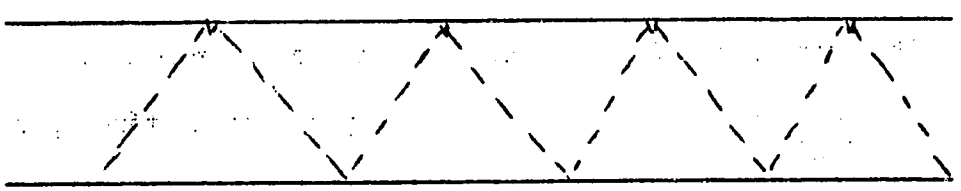
Calibración de aspersoras de tractor

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/cm^2). 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.

422

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:

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

Ejemplo:

Cobertura del aguilón = 6 metros
Descarga por boquilla = 1.5 litros
Descarga de aguilón de 12 boquillas = 18 litros
Area cubierta por la aspersora = 6 m x 100 m = 600 m^2

$$\frac{18 \text{ litros} \times 10\,000\ m^2/ha}{600\ m^2} = 300 \text{ litros/hectárea}$$

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:

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

Ejemplo:

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

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

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 eólogica, a la compactación del suelo, a la contaminación ambiental y al uso excesivo de energía en las maquinarias. Problemas de esta magnitud, han influído 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)

425

de enfermedades y plagas. Lewis (1976) ha concluído 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 redunda 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 granos 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 zeae-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 otros 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, 1967; 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 substrato verde debido a la presencia de malezas o sustrato verde claro por malezas secas y residuos sobre el suelo, no fueron atrayentes 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 glyfosato, la población de maíz se mantuvo sin el uso de insecticida y, por consecuencia, el rendimiento fue alto.

428

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 insecticidas 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.

429

3. BOOSALIS, M. G. y B. DOUPNIK, Jr. 1976. 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. MOLDENHAUR. 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.

430

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. Reptr. 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. 1966. Interactions of crop density of field beans, abundance of *Aphis favae*.Scop., virus incidence and aphid control by chemicals. Ann. Apl. Biol. 57-406-23.

EL MANEJO Y SUPRESION DE LA RESISTENCIA A LOS PLAGUICIDAS1/

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

432

¿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 esporozoas, 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	Antimalárnicos	Coccidiostatas	Fungicidas	Insecticidas	Esterilizantes químicos	Nematocidas	Rodenticidas	Herbicidas	Irradiación
Bacterias	x				x					
Esporozoas		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 el 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 acetílica 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 pirotroides. 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 Georghiou y Taylor, 1976).

	GRUPOS DE PLAGUICIDAS							
	DDT	Ciclod	OP	Carb.	Otros	Med.	Agr.	Total
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]

[1] Incluye 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.

434

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 genomo R con los factores de disposición (idoneidad, oportunidad).

B. Biológicos
   a. Biótico
      1. Renovación de la generación
      2. Progenie por generación
      3. Monogamia/poligamia; partenogenesis
   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, *Panonichus*

436

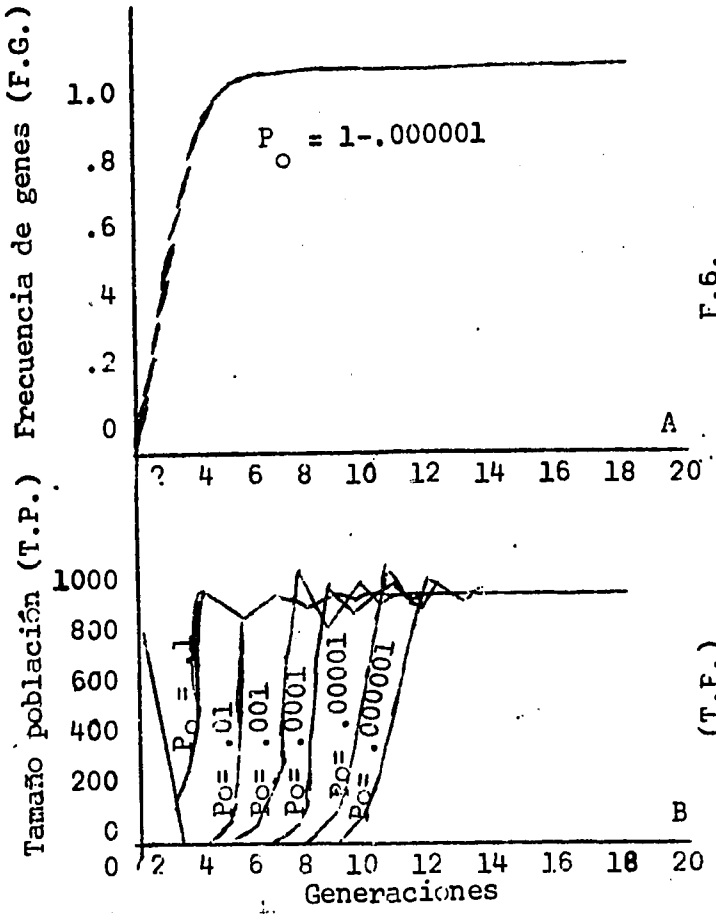


Fig. 1.- Cambio en la frecuencia del gene (A) y tamaño de población (B) bajo selección cuando la frecuencia inicial Po de R alelos varía de 0.1 a 0.000001.

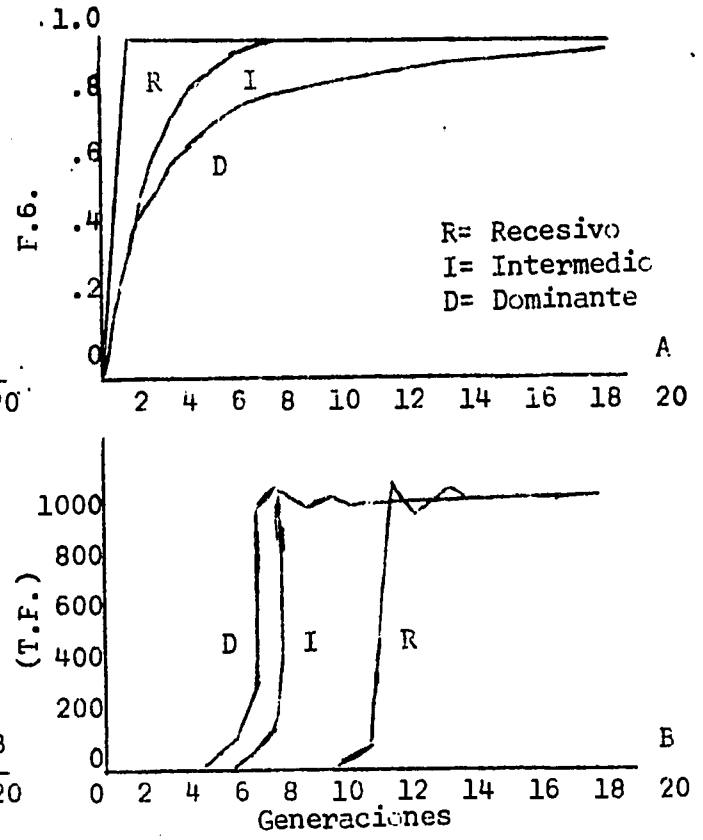
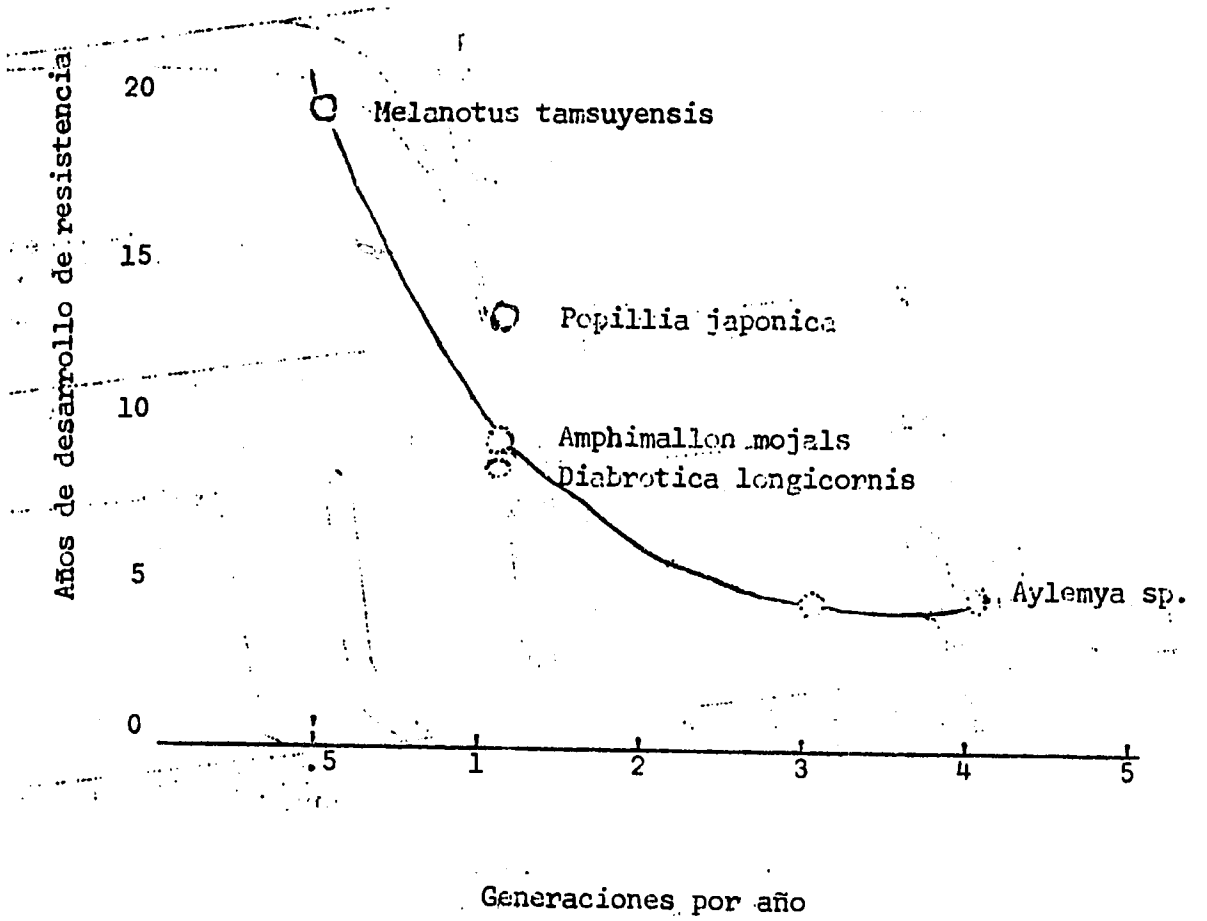


Fig.2.- Cambios en la frecuencia del gene (A) y tamaño de población (B) bajo selección cuando el alelo R es dominante, intermedio o recesivo, y la frecuencia R inicial es Po=0.0001

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/dieldrín 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 *Amfimalon 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 tamsugensis*, 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 polífagas 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.

428

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.

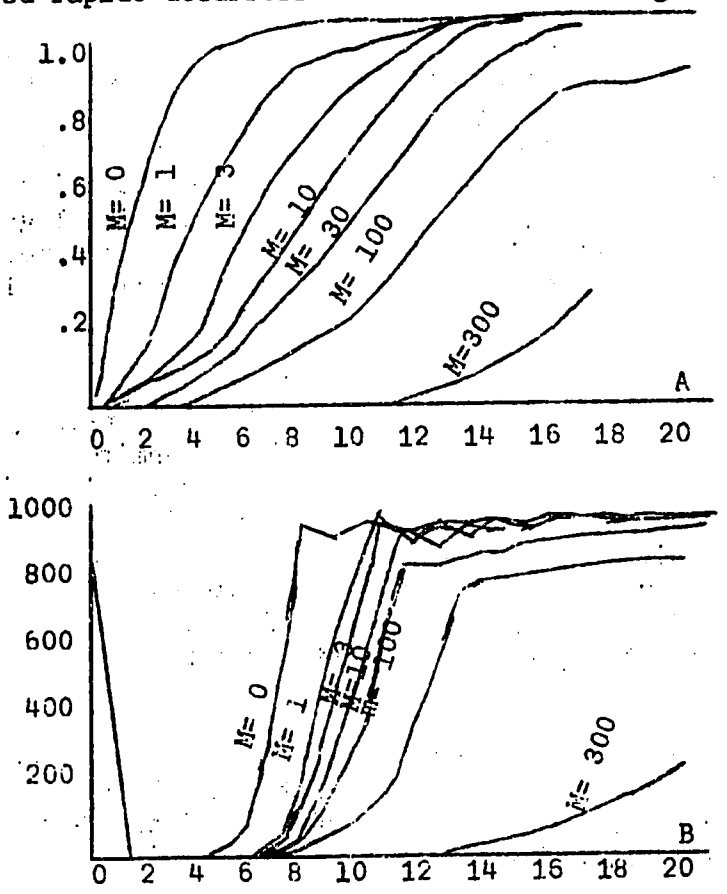


Fig. 4.- Cambios en la frecuencia del gene (A) y tamaño de población (B) cuando el número de inmigrantes M por generación varía de 0 a 300.

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 tratami 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 aspersión.

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.

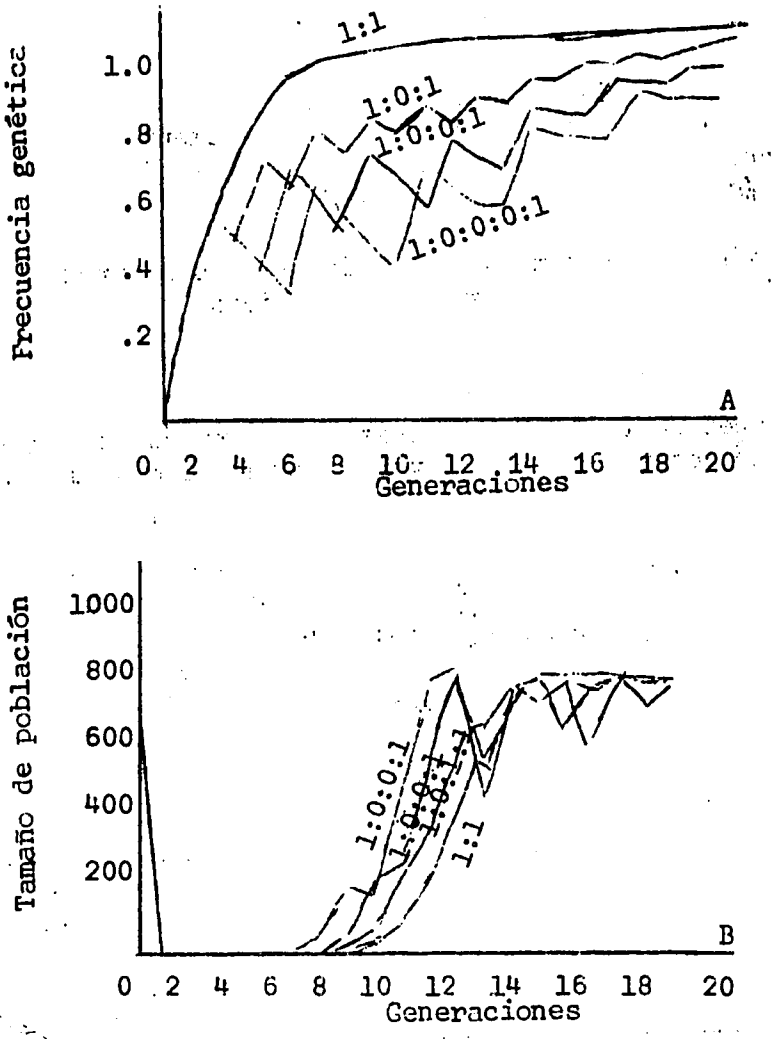


Fig. 5.- Efecto de selección alternante, presión y desventaja reproductora de R en la evolución de alelos resistentes (A) y tamaño de población.

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.

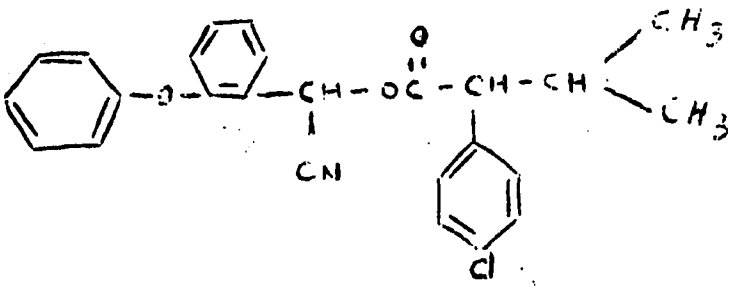
Sin embargo, si se aplica una fuerte presión de selección sin tener en cuenta los "factores operacionales" que se mencionaron anteriormente, eventualmente se desarrollará resistencia al nuevo compuesto químico.

Un ejemplo reciente es el de los pirotroides sintéticos. La toxicidad del Pydrín, un pirotroide, 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 pirotroide ha sido encontrada en la cepa de *Culex fatigans* de carbamato-R (Cuadro 4).

La continuación del tratamiento con pirotroides 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}	Indice de resistencia en: LC_{95}
Culex fatigans				
Susceptible	.0027	.0082	-	-
Propoxur-R	.016	.03	5.9	3.7
Culex tarsalis				
Susceptible	.007	.021	-	-
Parathion-R	.0064	.016	0.9	0.8
Anopheles albimanus				
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.

442

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 destoxicación 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 butoxido de piperonil (b.p.) no produjo sinergismo, 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 destoxicación 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 mediddas 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. Prov. 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.

444

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.

445

Antes de profundizar en esta breve discusión, es necesario acentuar que la palabra trópico usada sin adjetivos, es un concepto relativamente amplio que ecológicamente comprende los trópicos bajos húmedos, los trópicos bajos secos, los trópicos húmedos-secos, los trópicos 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 concepto. Normalmente, el concepto de trópico para las personas habituadas a vivir en países templados, se reduce al trópico bajo húmedo y aquellas 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 incertidumbre 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 literatura 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 sistema 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 particular, la existencia misma de él nos indica ya un alto grado de resistencia, o tolerancia a los fitopatógenos y las pestes que no son sino integrantes de un ambiente, frente a los cuales ya se ha hecho selección en un proceso muy similar a la evolución en los seres vivos.

Cualquiera que sean las razones para usar el cultivo mixto y cualquiera que sean las consecuencias de él, la pregunta que surge desde el punto de vista fitopatológico es que si a través de modificaciones en el manejo del cultivo mixto se pueden o no regular en forma favorable (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 integra el sistema mixto o si existe interacción entre los componentes desde el punto de vista enfermedades (en otras palabras si existe interacción entre componentes para modificar el microambiente y consecuentemente la relación patógeno hospedante), si existe interacción entre no-hospedante y patógeno para regular la cantidad de inóculo disponible para el hospedante; si existe interacción entre patógenos al competir por tejido disponible; y por último si existe interacción entre 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

446

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*.

448

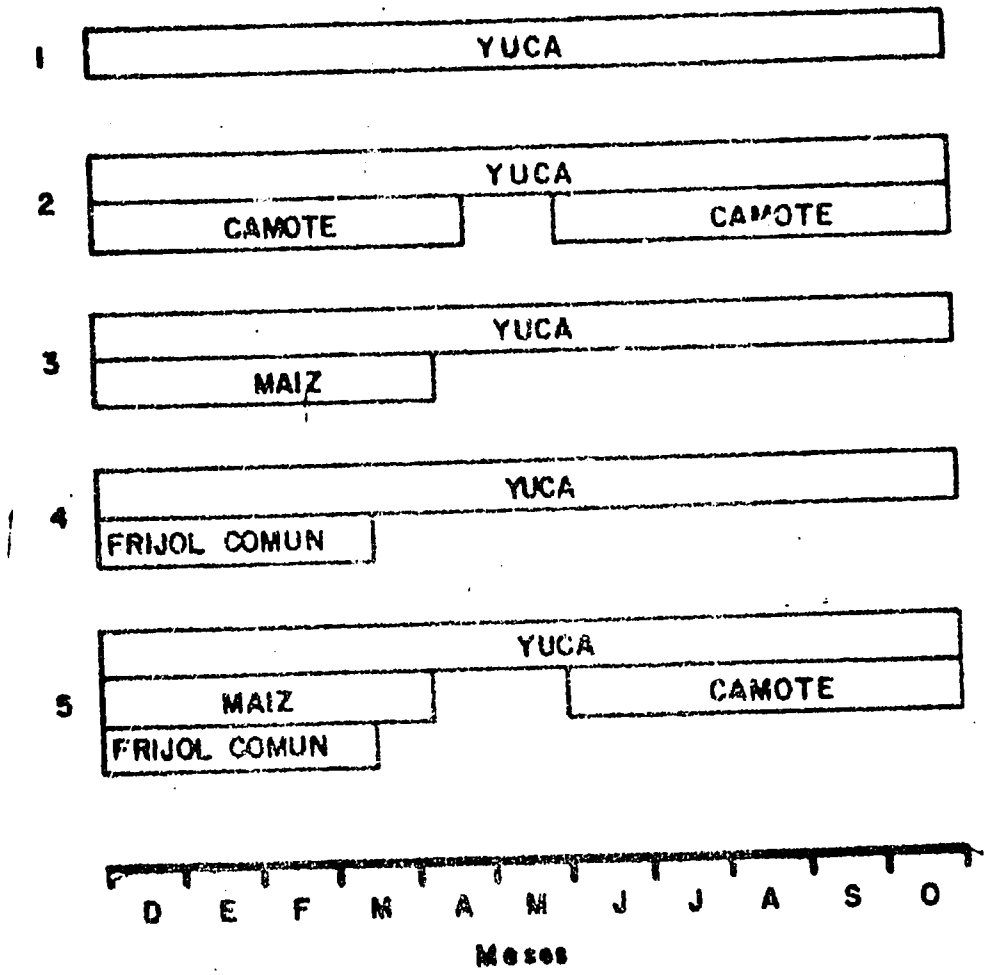


Figura 1. Sistemas de cultivos probados en Turrialba, Costa Rica, para determinar la influencia del intercultivo sobre el desarrollo de enfermedades en la yuca. (De Larios y Moreno, 1976)

449

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

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

52

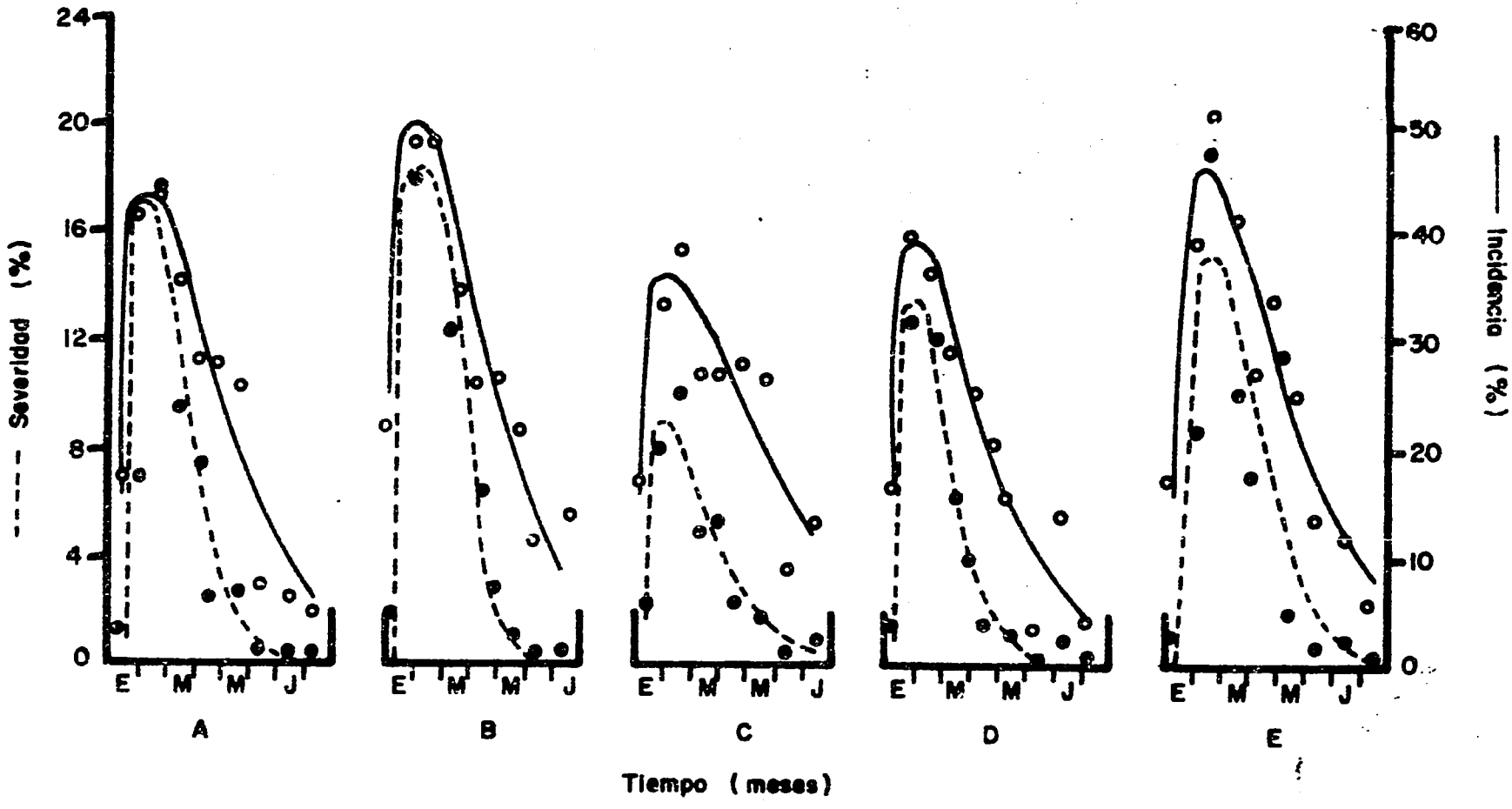


Figura 2. Valores de incidencia y severidad de la peste ceniza de la yuca (*Oidium manihotis*) en diferentes sistemas de cultivos: A) Yuca monocultivo; B) Yuca y maíz; C) Yuca y frijol común; D) Yuca y camote; E) Yuca, maíz, frijol común y camote. (Adaptado de Larios y Moreno, 1976)

Cuadro 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 Cultivo1/	Tasa de infección2/	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, nuestran 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 fijol cultivado individualmente y en asocio 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.

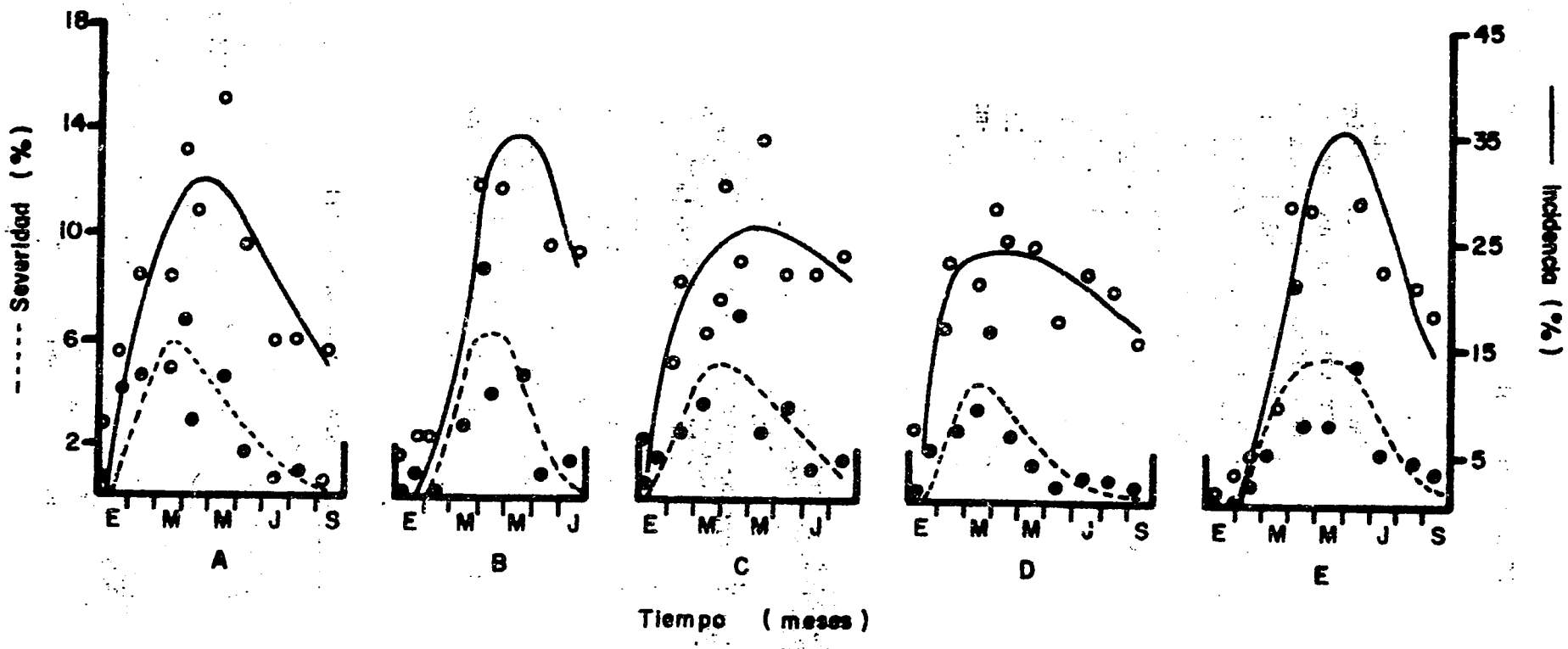


Figura 3. Valores de incidencia y severidad de la roña de la yuca (*Sphaceloma* sp.) en diferentes sistemas de cultivos: A) Yuca en monocultivo; B) Yuca y maíz; C) Yuca y frijol común; D) Yuca y camote; E) Yuca, maíz, frijol común y camote. (Adaptado de Larios y Moreno, 1976).

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 cultivos1/	Tasas de infección2/	
	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 día (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).

455

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 contínua. 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 fríjol. 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 fríjol 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

456

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 ésto se le da una cierta importancia al estudio de sus enfermedades principalmente en monocultivo y en asociación con maíz.

457

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 Cultivos1/	61 ds		66 ds		73 ds		79 ds		88 ds	
	I2/	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 Cultivos1/	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 m^2 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 variadades 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 signinicativamente 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.

454

Cuadro 7. Reacción de variedades de frijol de costa a Ascochyta phaseolorum (en por ciento) en dos épocas de cultivo y dos sistemas de siembra1/. (Tomado de Moreno, R., 1976)

	--------VI-IX 1974--------		--------XII-II 1975--------	
Variedades	Fc	Fc + M	Fc	Fc + M
Producer	83,44 abc2/	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).

460

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 movimiemto de inóculo.

461

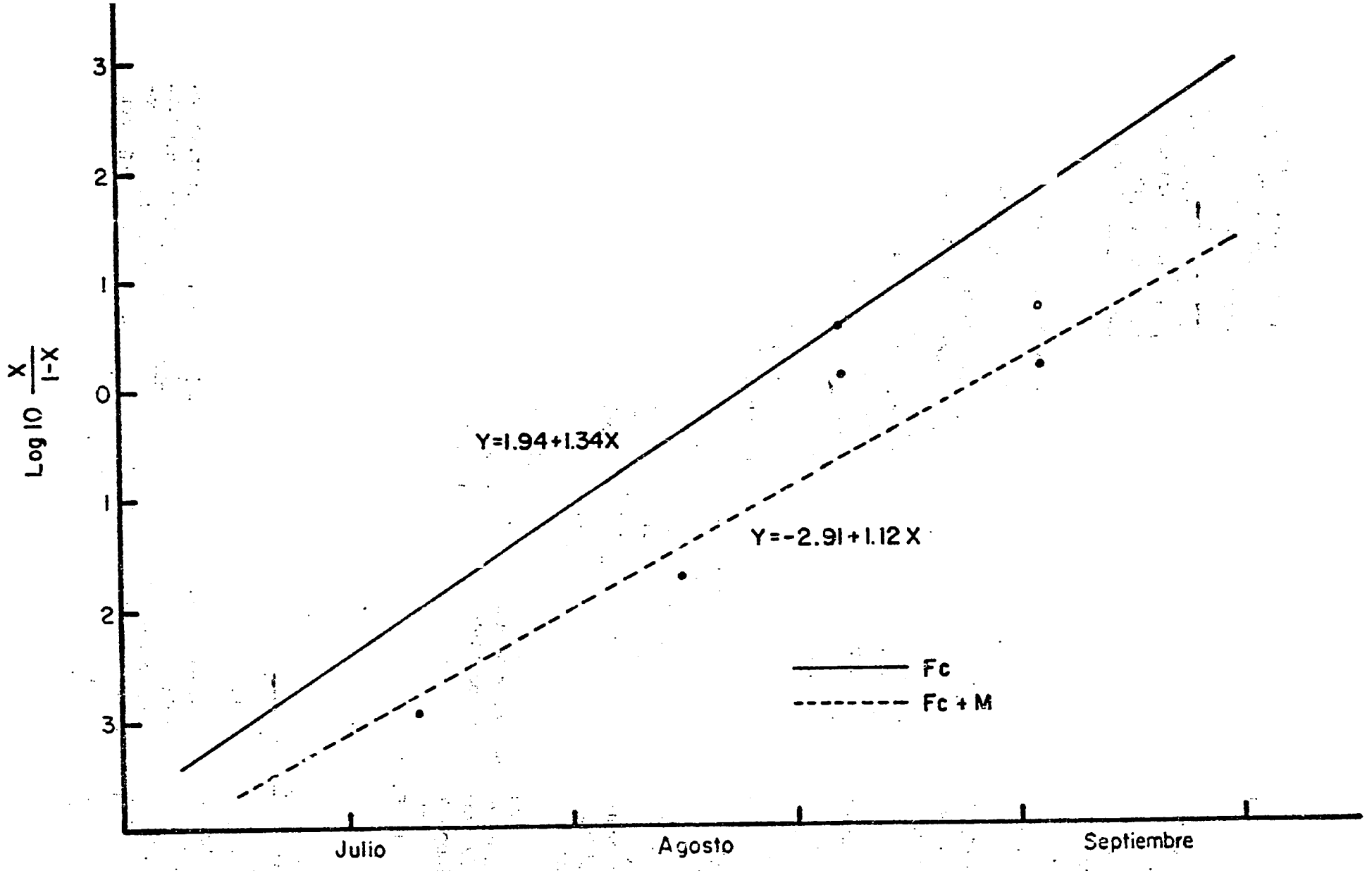


Figura 4. Incremento en el tiempo de *Ascochyta phaseolorum* en frijol de costa cultivado en asociación con maíz y en monocultivo durante 1974. Los símbolos significan: Fc = frijol de costa en monocultivo; Fc + M = frijol de costa asociado con maíz.

162

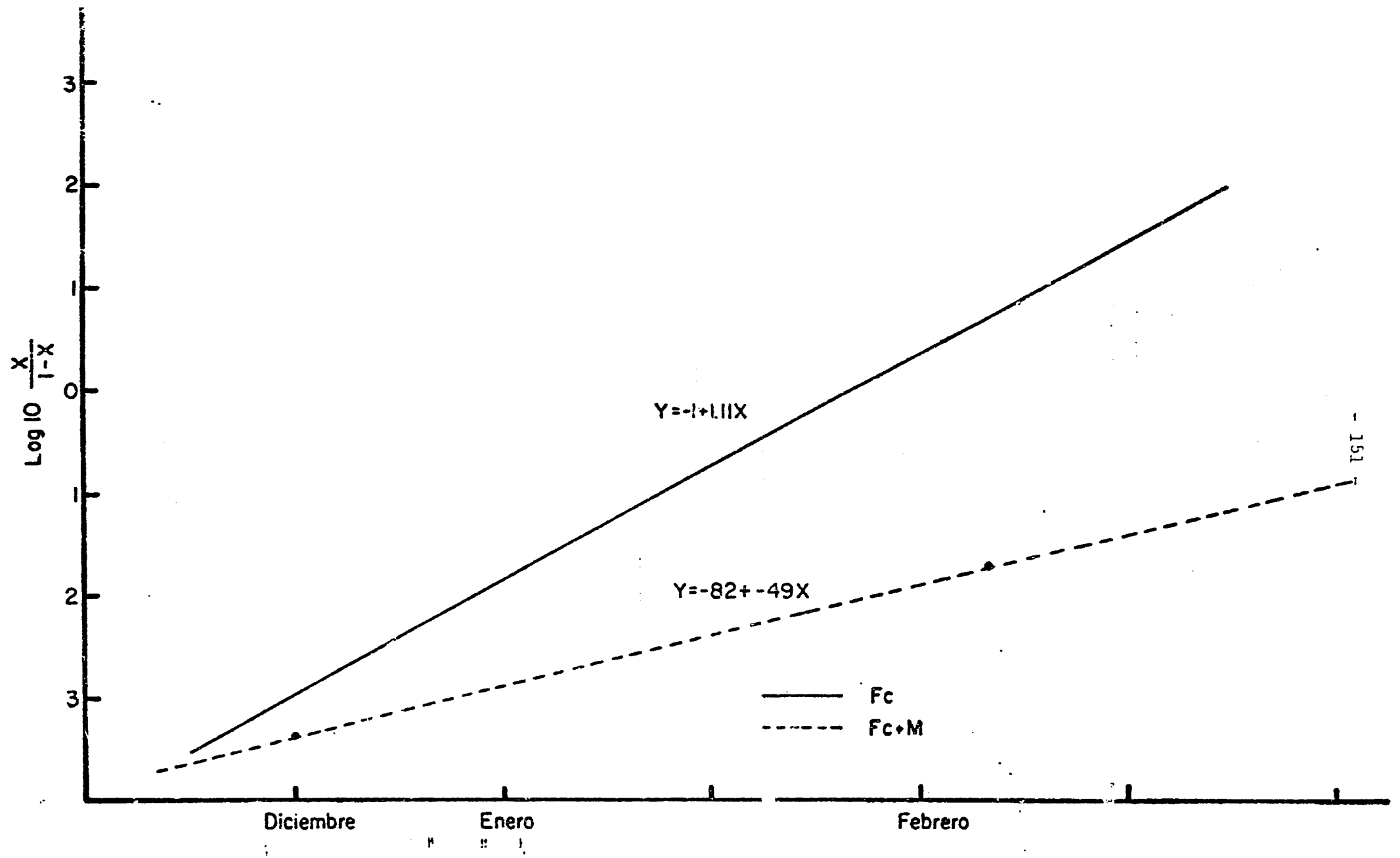


Figura 5. Incremento en el tiempo de *Ascochyta phaseolorum* en frijol de costa cultivado en asociación con maíz y en monocultivo durante 1975. Los símbolos significan: Fc = frijol de costa en monocultivo; Fc + M = frijol de costa asociado con maíz.

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**	Fc + M
Julio - Setiembre, 1974	64	677,40	21,50 (19,3 - 22,9)	93,3[illegible]	50,18
Diciembre - febrero, 1975	66	168,80	19,9 (18,0 - 21,6)	78,37	4[illegible],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. Fitopatología Brasileira Vol.3. 1978 (In print).

2. LARIOS, J. y MORENO, R. Epidemiología de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. II milíu polvoroso y roña. Turrialba 26 (4): 389-398. 1976.

3. _____. Epidemiología 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. Fitopatología 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(radiación solar, estructura de las hojas, masa foliar, temperatura, densidad, H20, N2)

Los escritos de Hesketh y otros (1971) y de Baker y Hesketh (1969) fueron piedras angulares para el desarollo 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

466

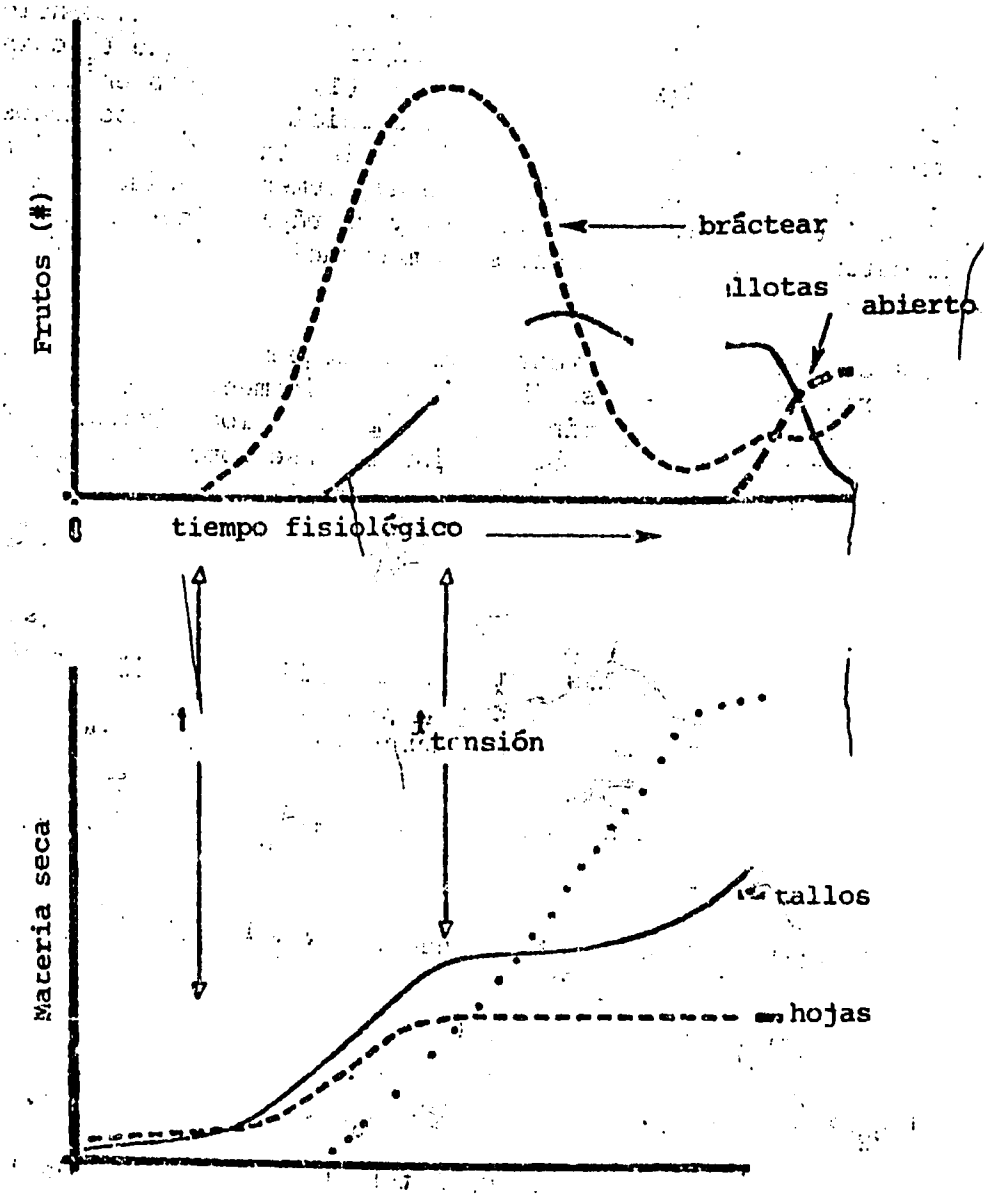


Fig. 1. Tendencias simuladas (A) de brácteas, bellotas y frutos maduros y (B) acumulación de materia seca en tejidos del tallo, de las hojas y de los frutos.

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 suminstro (q) en el tiempo (t) se describe así:

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

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_s). Si se examina la figura 1 se ve que t_s 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:

$$\Delta\hat{d} = \overset{3}{\Sigma}\Delta\Theta_i + \Delta d_L + \Delta d_R + \Delta d_S + \Delta d_{Ft},$$

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 $\hat{d} \leq q_t$ (es decir, $F = q/\hat{d} > 1$), entonces $\Delta C_t = q_t - \Delta\hat{d}_t$, de otra manera ocurre el siguiente esquema de prioridades:

1.- $q_1 = q_t - \underset{i=1}{\overset{2}{\Sigma}}\Delta\Theta_1$, donde $\Theta_3\Delta t = (\Theta_{Ft} + \Theta_L + \Theta_S + \Theta_R)\ \Delta t$

2.- $F_1 = q_1/(d_{Ft} + d_{Ft})\cdot \Delta t$, donde $0 \leq R_1 \leq 1, q_1 > 0$ y $\overset{*}{\Theta} = \Theta_3 - \Theta_{Ft}$

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

4.- SI $q_2 > 0, F_2 = q_2/(d_S + d_R + d_L + \overset{*}{\Theta}_3)\Delta t$, para $q_2 > 0$ y $0 \leq F_2 \leq 1$.

5.- $\Delta C_t = q_2 - \overset{*}{\Theta}_3 + d_S + d_R + d_L\cdot\Delta\ t\cdot F_2$ (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 .

463

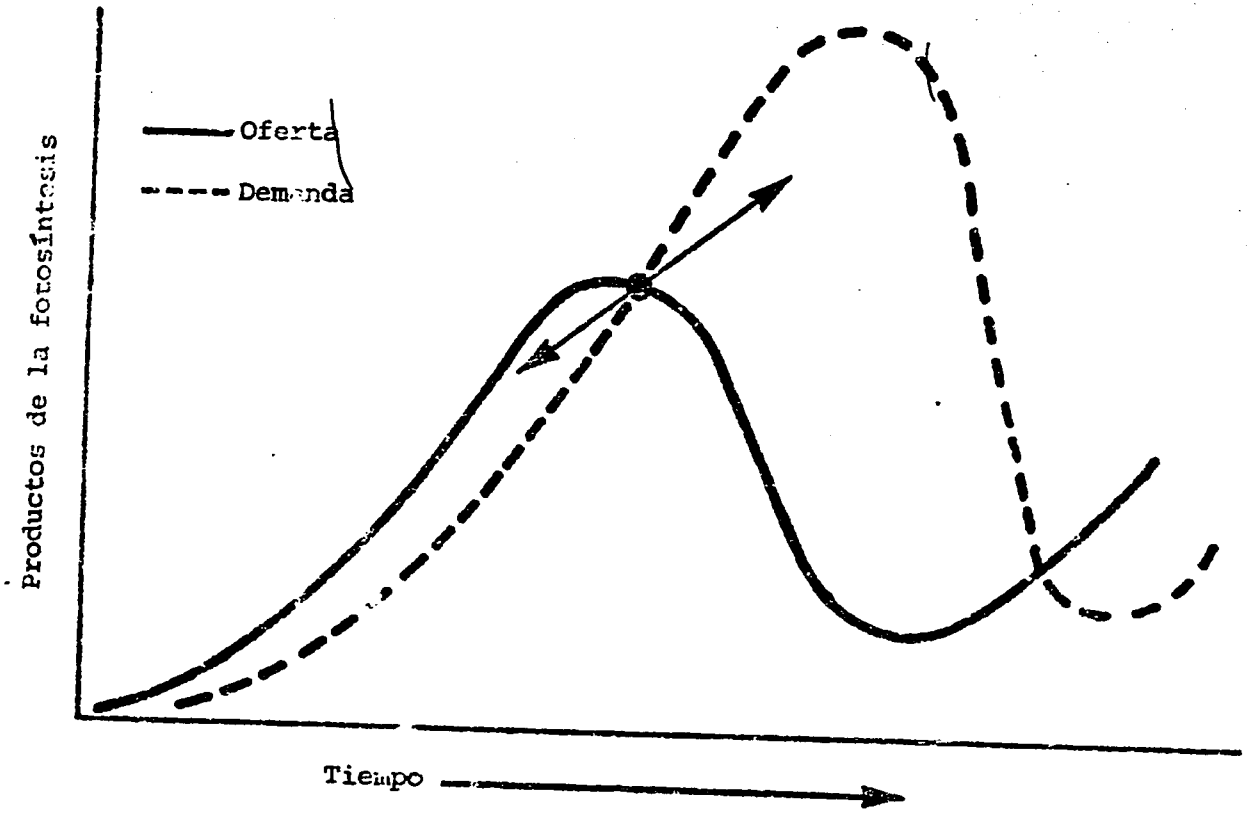


Fig. 2. Tendencias estilizadas en suministro (fotosíntesis más reservas) y demanda (costos de respiración más necesidades de los tejidos) de carbohidratos.

469

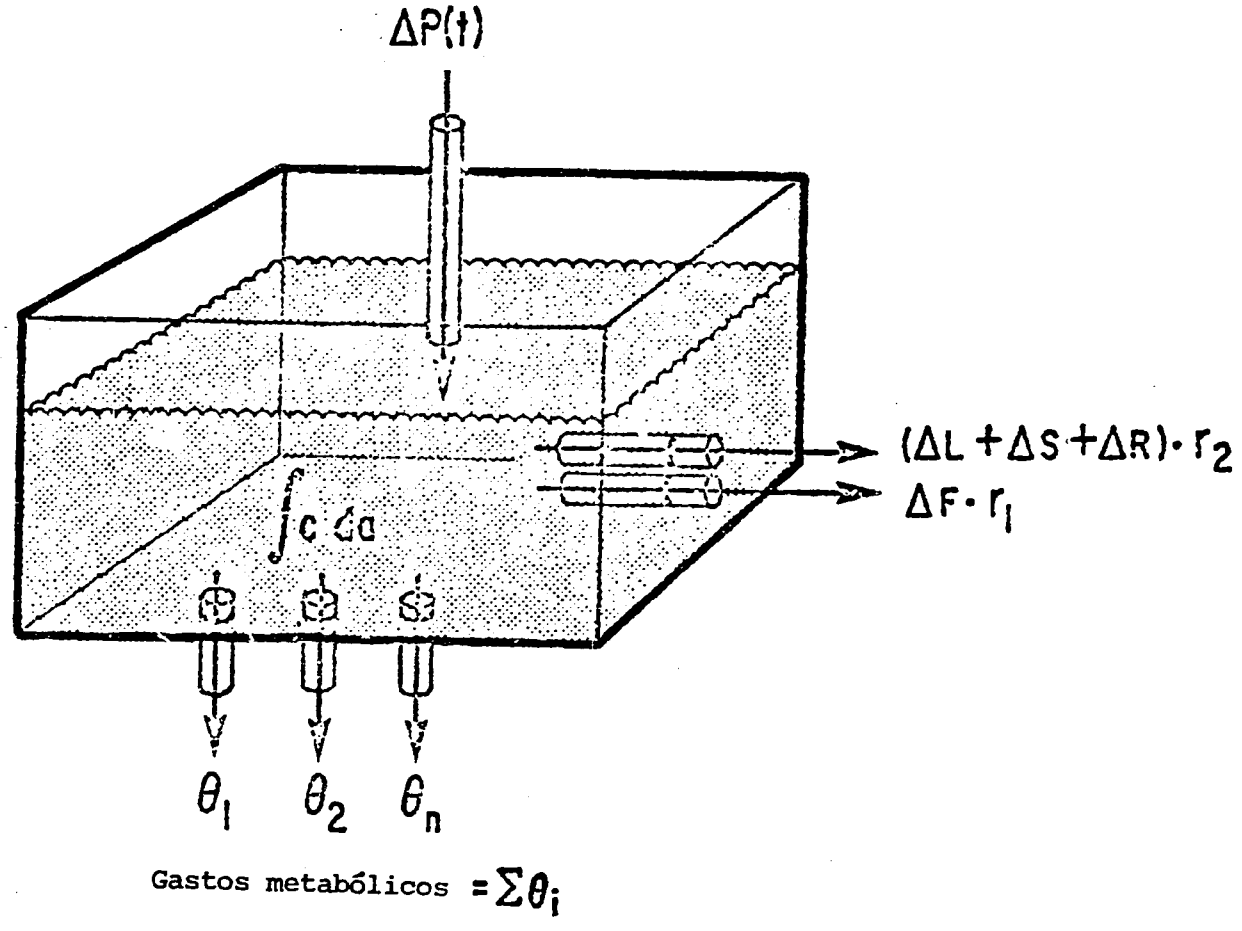


Fig. 3. Representación del modelo de la asociación metabólica. Los niveles de salida indican las prioridades y r_1 y r_2 representan la relación oferta/demanda para los frutos y partes vegetativas, respectivamente.

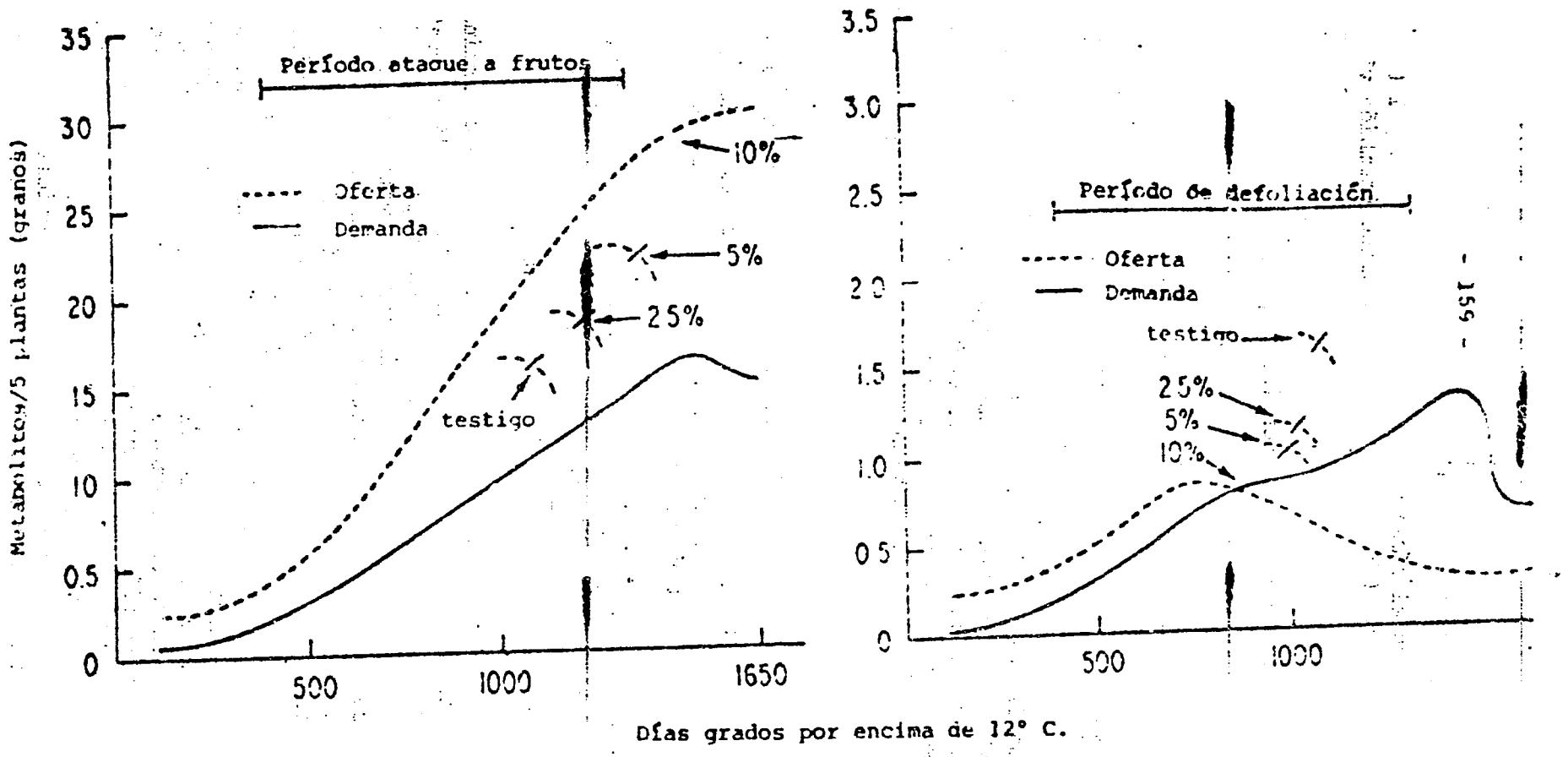


Fig. 4. Efectos de varios eles de reducción de frutos (A) y de defoliación (B) en la ter cia de oferta y demanda de carbohidratos.

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).

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

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

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,Δd_L y hace que la planta destine los productos de la fotosíntesis a cicatrizar heridas (Δw). Si el insecto ataca el fruto y, digamos, lo mata inmediatamente, provoca una reducción en Δd_{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

472

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.

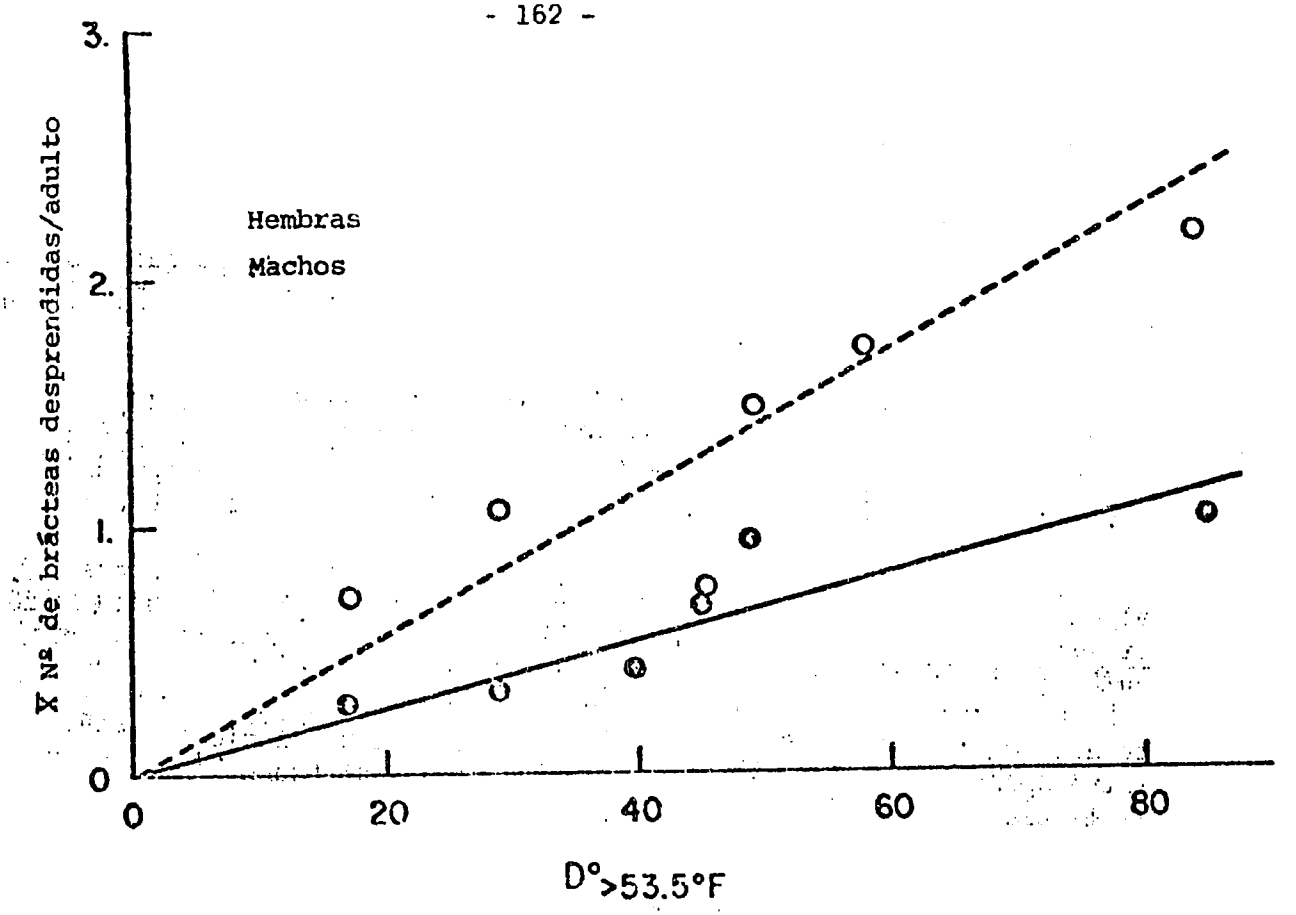
Lygus hesperus. Lygus es la plaga clave del algodón en California (Falcon et al., 1971) y los plaguicidas utilizados para combatirla han ocasionado aumentos secundarios de otras plagas no combatidas. Existe considerable controversia en las regiones desérticas de los Estados unidos, donde se cultiva el 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

473



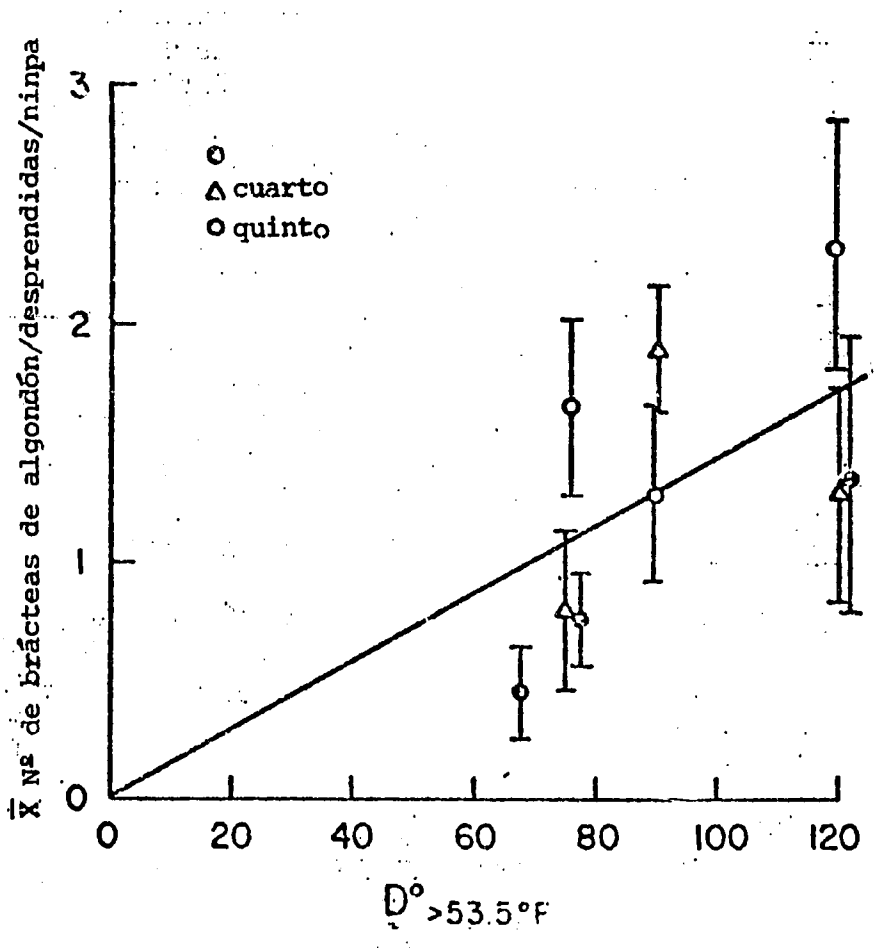


Fig. 5. Relación entre longitud del ataque y número de bráteas pequeñas comprendidas: (A) adultos y (B) inmaduros.

474

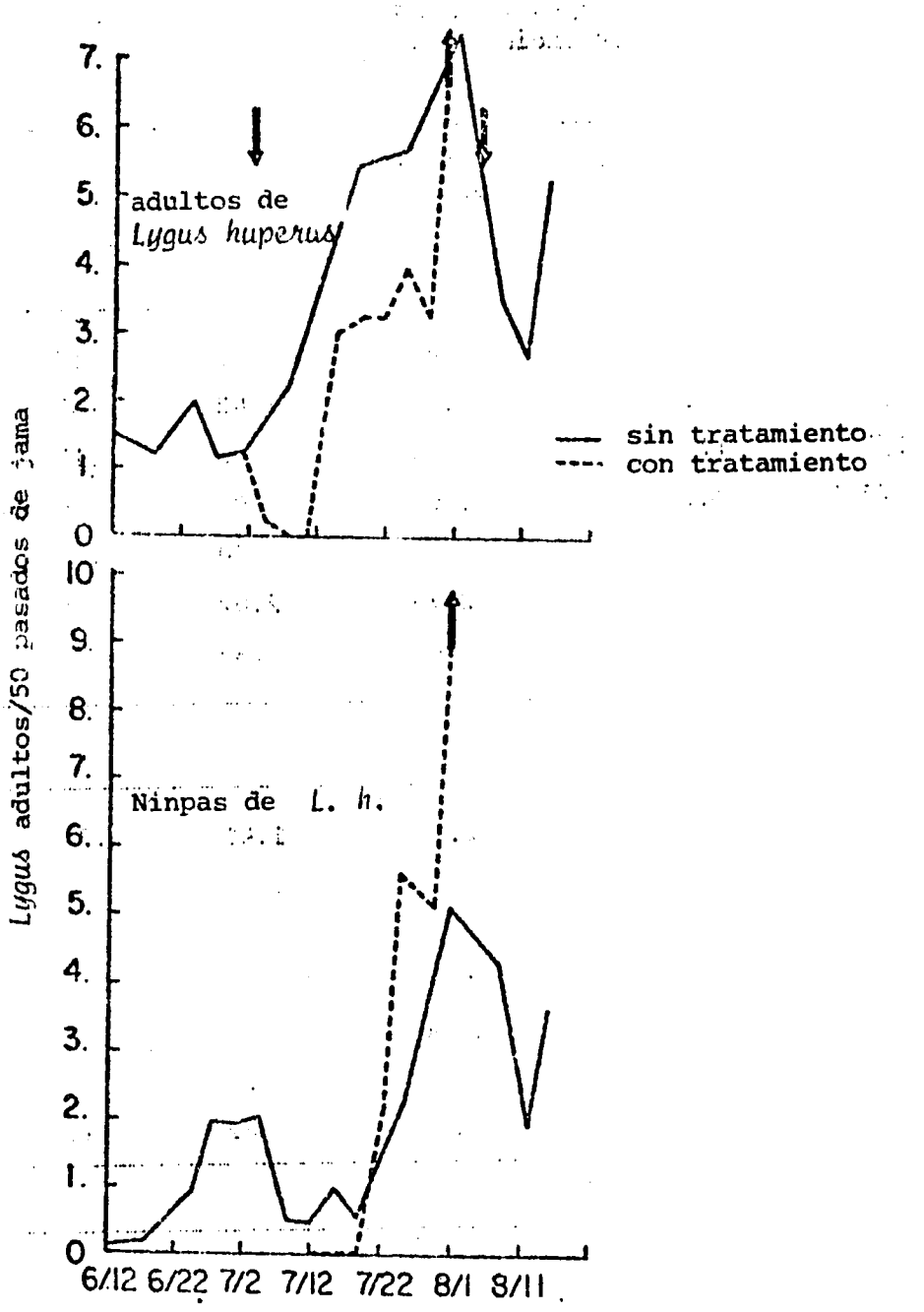


Fig. 6. Tendencias observadas en *Pygus hesperus* en 1974 en Corcoran, California; (A) adultos y (B) ninfas. Las flechas punteadas indican aplicaciones de guicidas y las líneas punteadas indican las poblaciones resultantes en las áreas tratadas. Todos los conteos son por 50 pasadas de jama("Sweep counts").

475

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	$\bar{X}$ desprendimiento	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.

176

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).

477

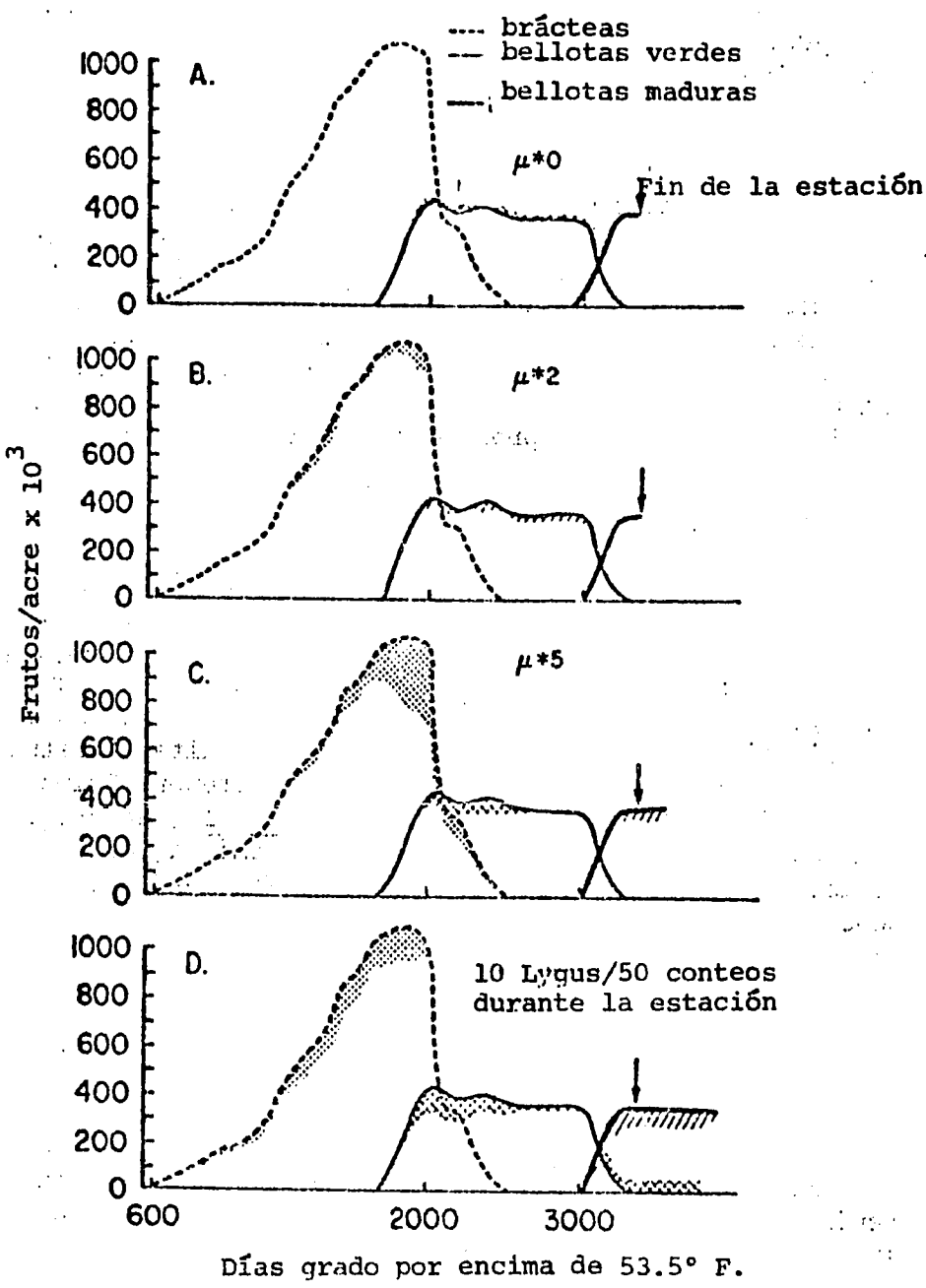


Fig. 7. Efectos simulados X5 observados en poblaciones de *Lygus* (A = ver Fig. 6) en los patrones de fructificación: B = 2XA; C = 5XA; D = X10 *Lygus*/50 pasadas de jama). El área sombreada indica en donde los datos se separan de las observaciones. Nótese que los 50 conteos se ajustaron en el modelo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

478

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	Bellotas 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.

479

El picudo. La interacción de esta plaga con el algodón (*G. hirsutm*) 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 abcisión 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 bja producción de F 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.

480

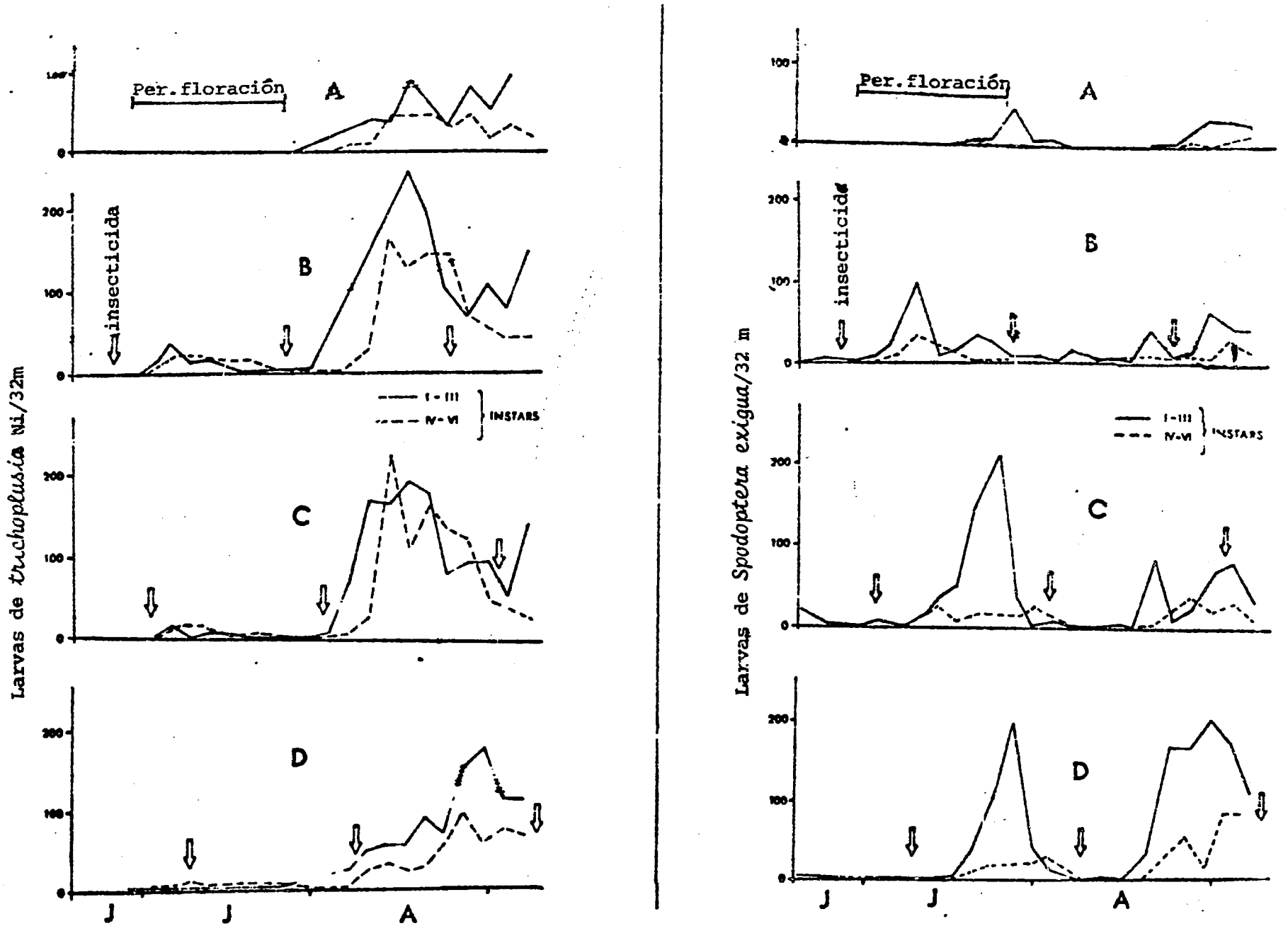
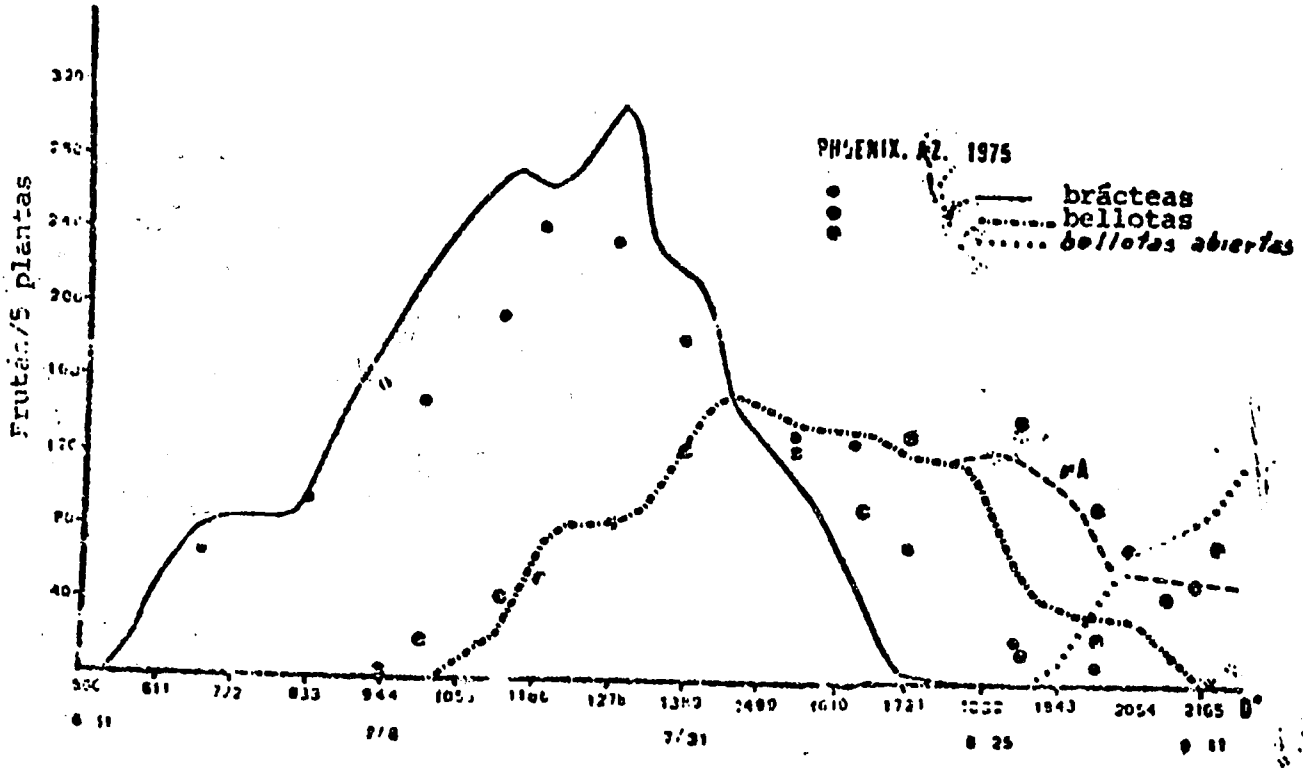


Fig. 8. Cantidades observadas de larvas pequeñas (-) y grandes (---) de *Trichoplusia ni* (derecha) y *Spodoptera exigua* (izquierda) en 32 m de algodón. Las flechas descendentes indican las aplicaciones de insecticida (A es el testigo). En el modelo , todos los conteos se ajustan a una base por planta.



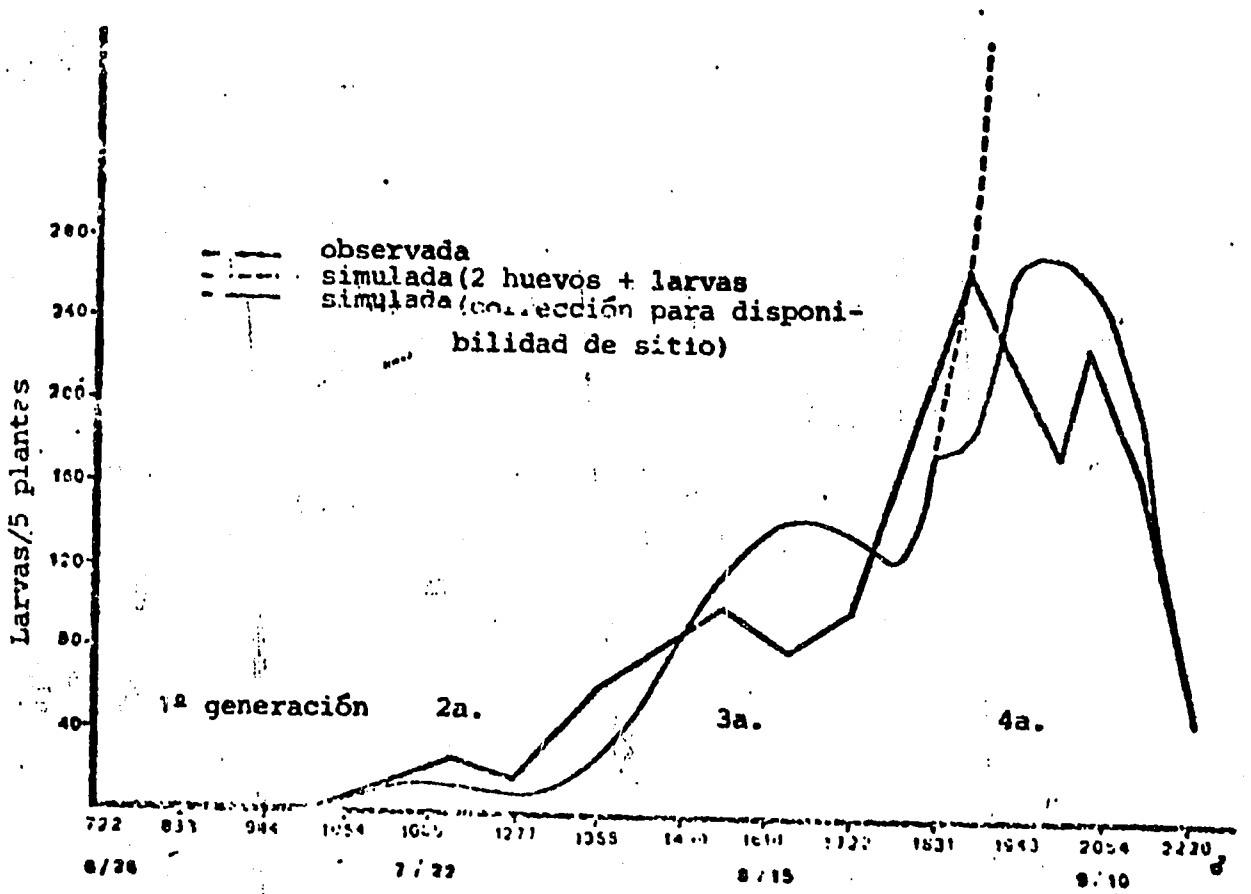


Fig. 9. Tendencias observadas y simuladas de fructificación (A) y larvas de bellotero rosado en Phoenix, Az. 1975.

482

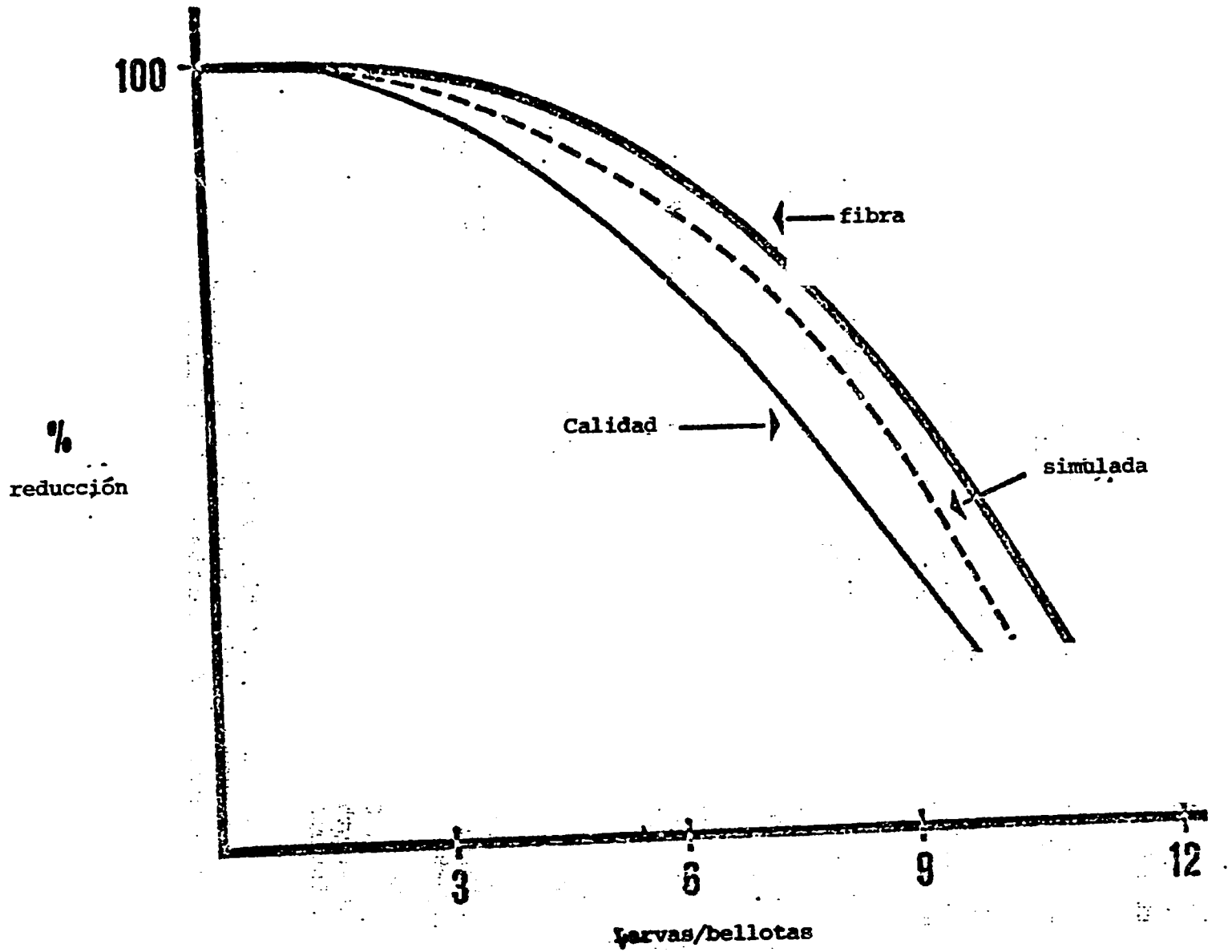


Fig. 10. Relación entre el % de pérdidas en calidad de semilla y fibra (A), rendimiento de fibra (B) y de semilla (C) y el número de larvas de bellotero rosado por bellota.

483

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.

484

ESTIMACION DEL UMBRAL ECONOMICO DE DAÑOS CAUSADOS AL ALGODON (*Gossypium hirsutum* L.) POR EL BELLOTERO (*Heliothis zea* Boddie) Y POR EL PICUDO (*Anthonomous 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 algodonera del sur de los Estados Unidos y en gran parte del resto del Continente Americano, el picudo (*Anthonomous 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 (cf. Stern *et al.*, 195) no han tenido mucho éxito debido aque 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.

Best Available Document

485

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 algodonales 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 absición 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 ferología 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 belloteros, La Calera 1970 (1 d) presentó números elevados de belloteros y picudos, mientras que el campo Escote 1972 (1 c) presentó solamente belloteros. 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.

485/A

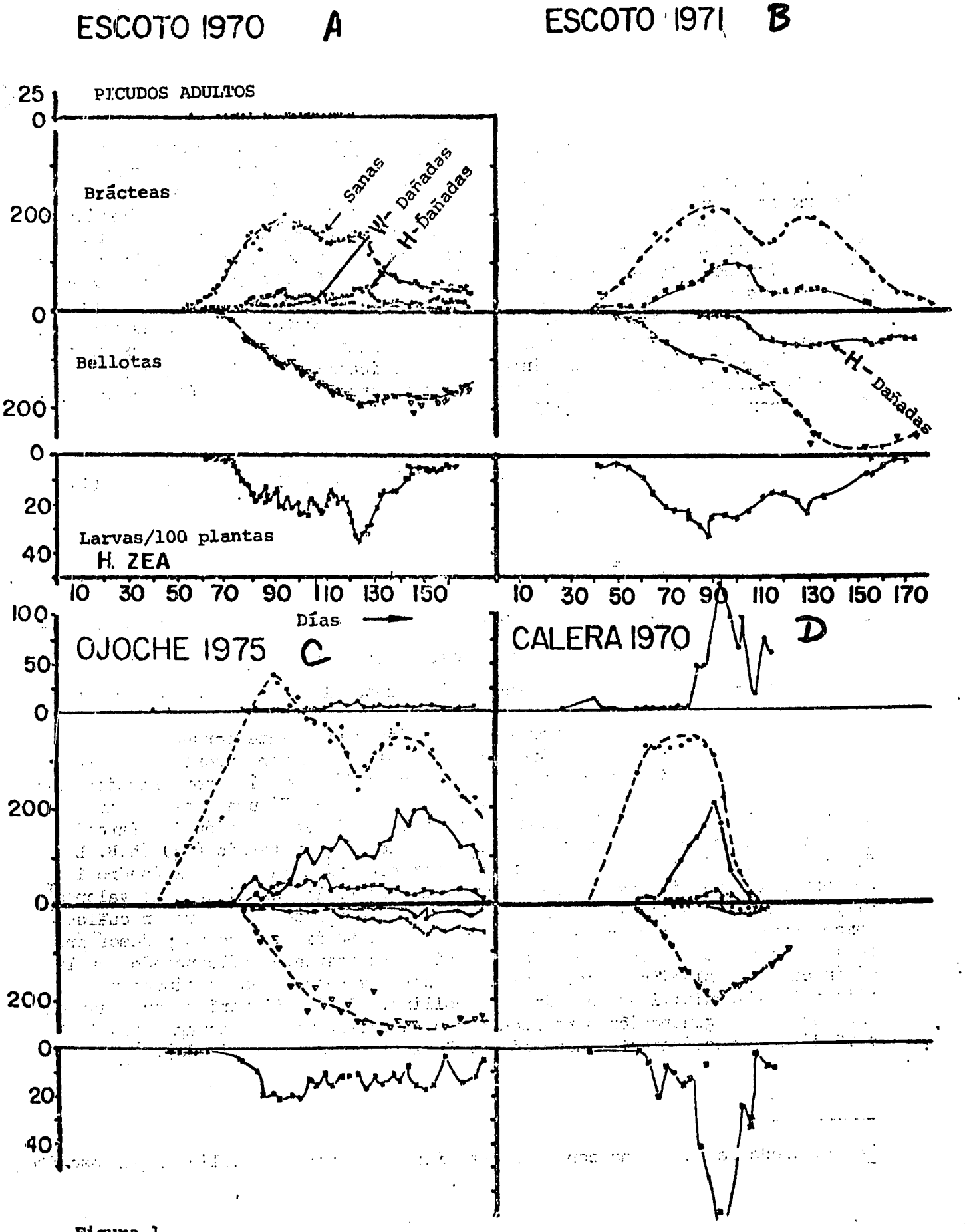

ESCOTO 1970 A
ESCOTO 1971 B
PICUDOS ADULTOS
Brácteas
Sanas
W- Dañadas
H-Dañadas
Bellotas
H- Dañadas
Larvas/100 plantas
H. ZEA
Días
OJOCHE 1975 C
CALERA 1970 D

Figura 1.

486

Estimación del número acumulativo de frutos dañados. Ambas plagas causan daños a las brácteas y a las bellotas pequeñas, ocasionando abcisión. 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 abcisión 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.

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

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

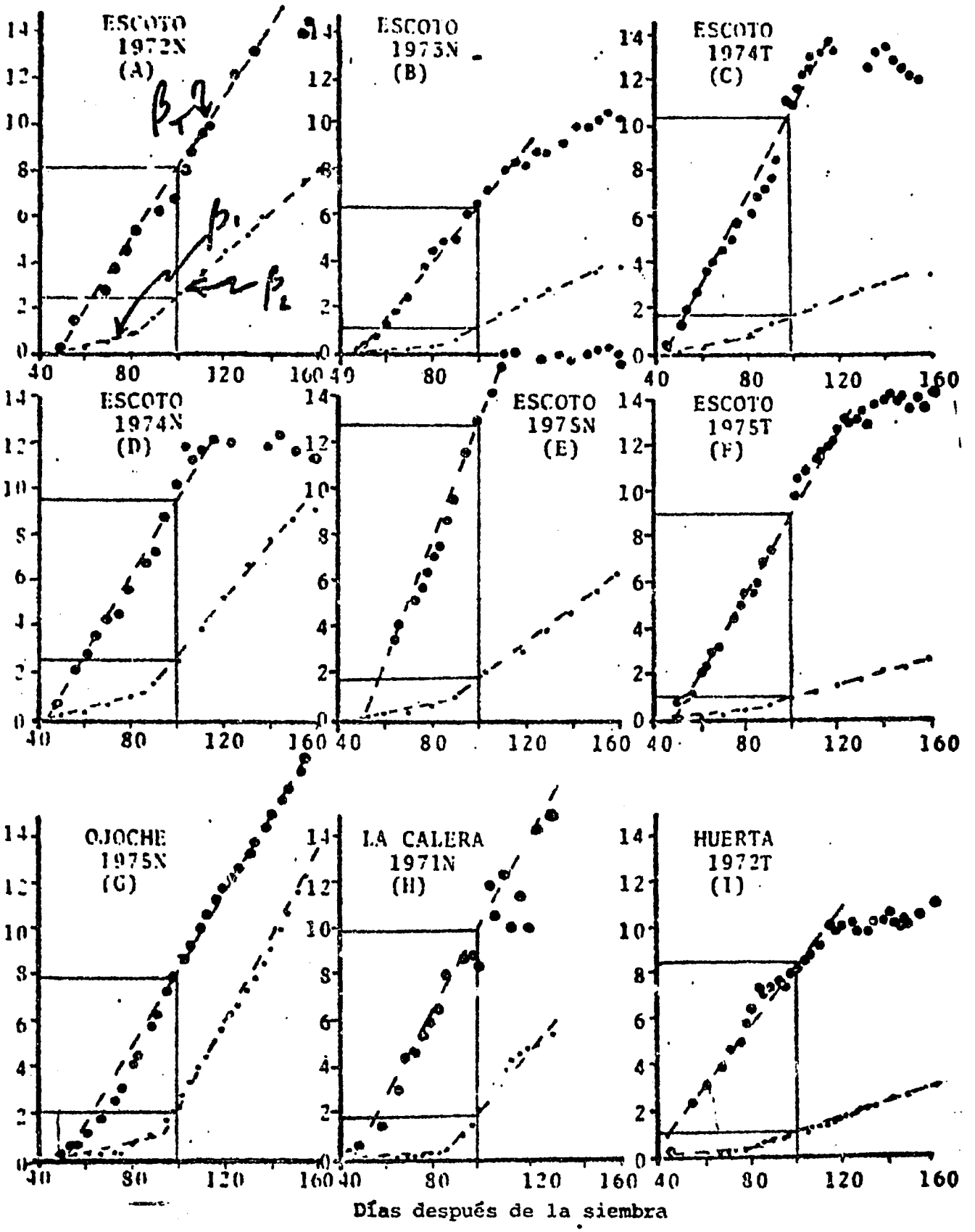
donde: S = el número acumulativo de frutos dañados desde el tiempo t_o a t;

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 $\beta 1$ y $\beta 2$ 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.

488

Cuadro 1. Indice 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.
Con tratamiento	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
Sin tratamiento	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	[illegible].66	3.15	28.000
	Escoto	1976	H	320	18.18	14.00	3.33		1.30	--
	Ojoche	1974	H	220	22.67	10.40	2.30	--	2.17	18.500
	Ojoche	1975	H	220	17.67	17.88	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 abcisión 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 linear 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 linear (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 linear pero sí dependiente de la densidad. Estas funciones sugieren respuestas funcionales de tipo I y II respectivamette (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.

490

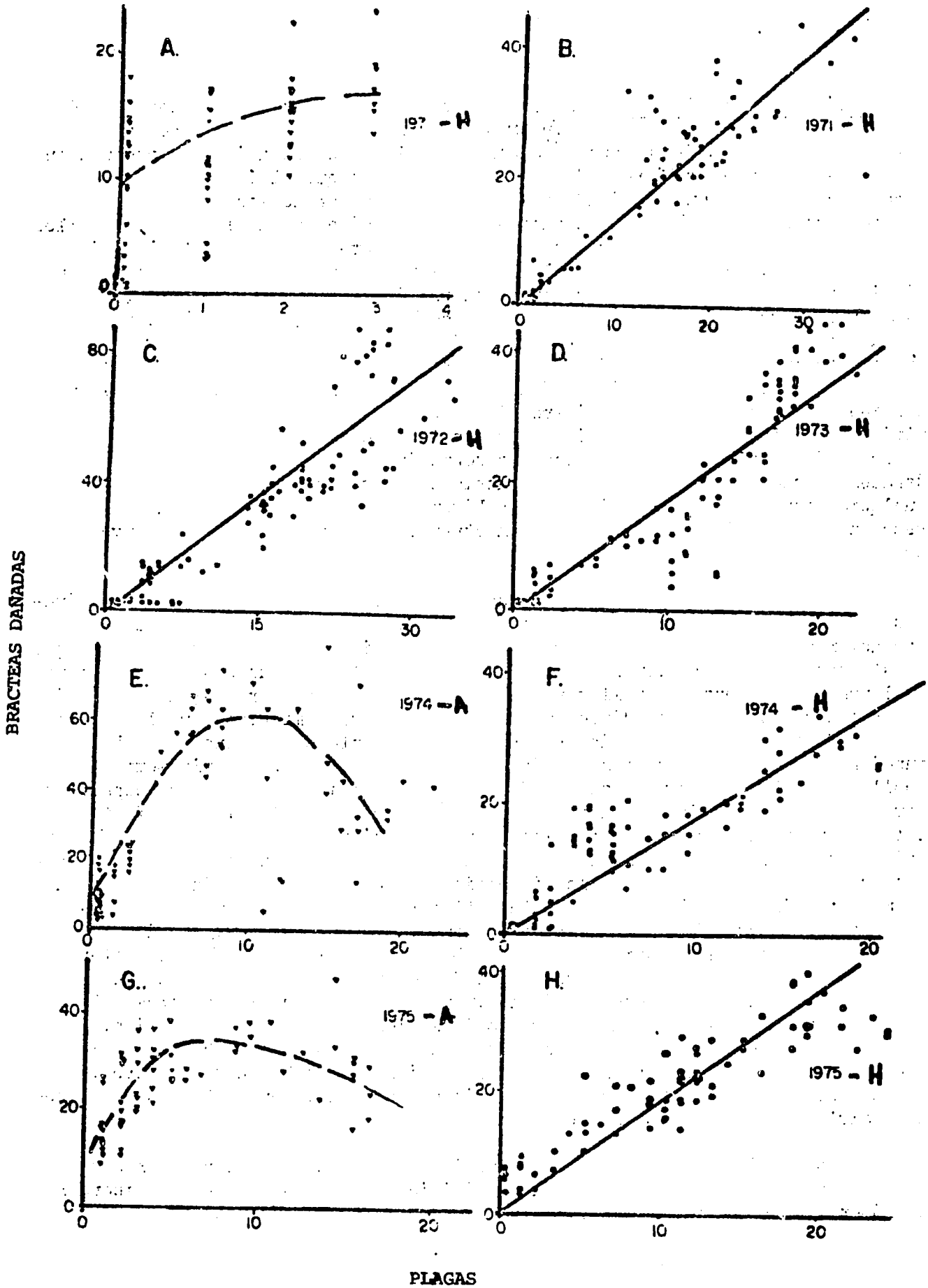

A.
197 - H
B.
1971 - H
C.
1972 - H
D.
1973 - H
E.
1974 - A
F.
1974 - H
G.
1975 - A
H.
1975 - H
BRACTEAS DAÑADAS
PLAGAS

Figura 3.

491

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 desarro-lo del algodón esplica 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.

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

donde:

Y = el número de bellotas por 10^3 por 1.4 hectáreas;

C = rendimiento máximo previamente observado en la parcela particular;

α = 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 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.

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

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)

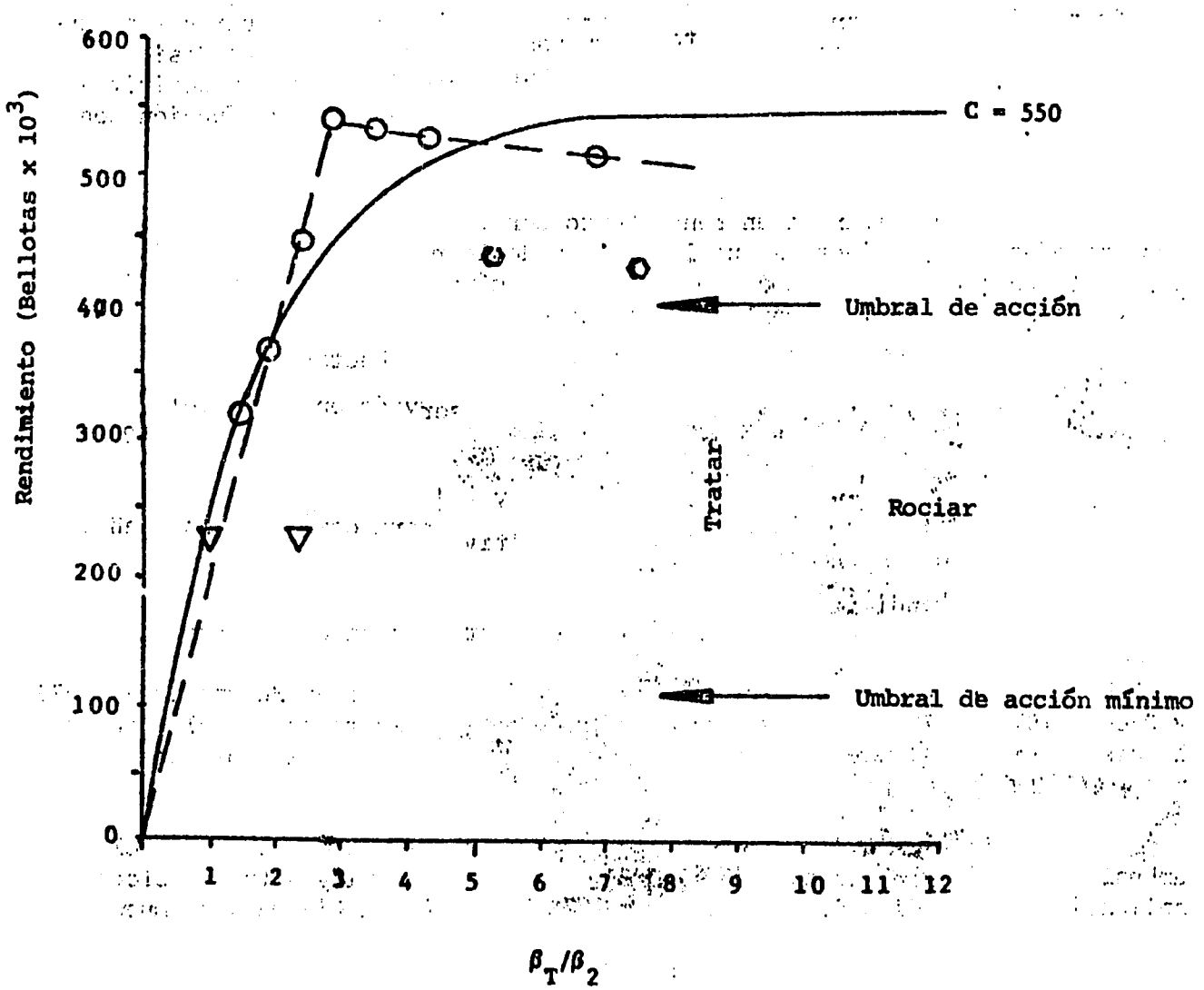


Figura 4. Representación gráfica del rendimiento final y la relación β_T/β_2 para las diversas cosechas de escoto (cuadro 1)

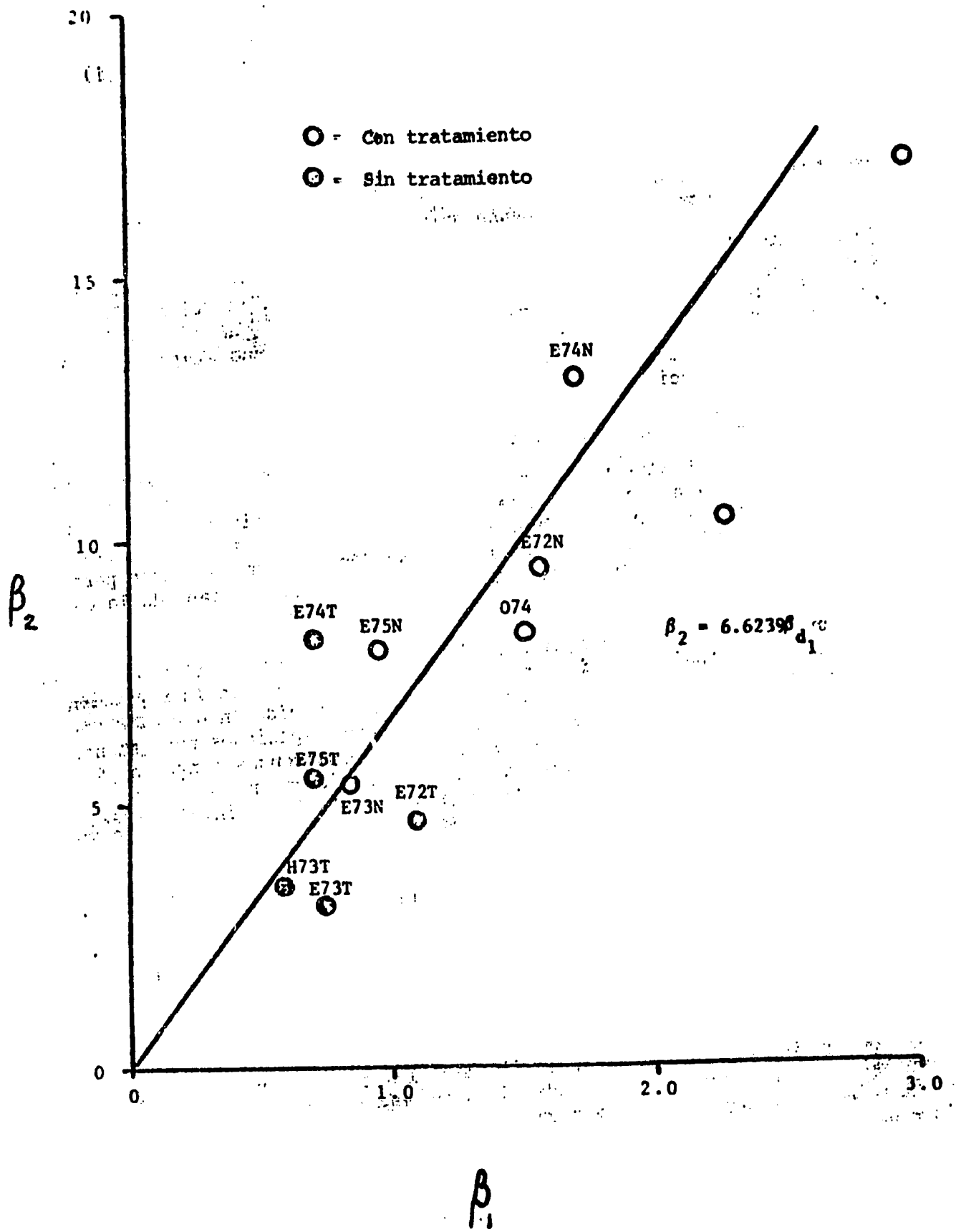

20
15
10
5
0
0
1.0
2.0
3.0
O = Con tratamiento
O = Sin tratamiento
E74N
E72N
074
E74T
E75N
E75T
E73N
E72T
H73T
E73T
$\beta_2 = 6.6239\beta_{d_1}$
β_2
β_1

Figura 5.

494

Aparentemente las reglas de decisión serían:

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

$$P_y Y(x) > P_x \cdot M$$

(2) De otra manera no efectuar ninguna aplicación. (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).

$$\beta_2 = 0.30\ (\pm 1.39) + 4.79\ (\pm 0.78)\ \beta_1$$

$$r^2 = 0.77, \quad N = 13 \qquad (4)$$

$$\beta_2 = 4.94\ \beta_1 \text{ (una regresión forzada)}$$

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:

$$Y = C(1-e^{-0.63\beta_T/(4.49\ \beta_1)}) \qquad (5)$$

495

Ahora bien, de los datos presentados en la Figura 2 es evidente que números 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 substituto 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).

$$\hat{Y} = C_i(i-e^{-\alpha\beta_T/\beta_S}) \qquad (6)$$

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_s). 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).

496

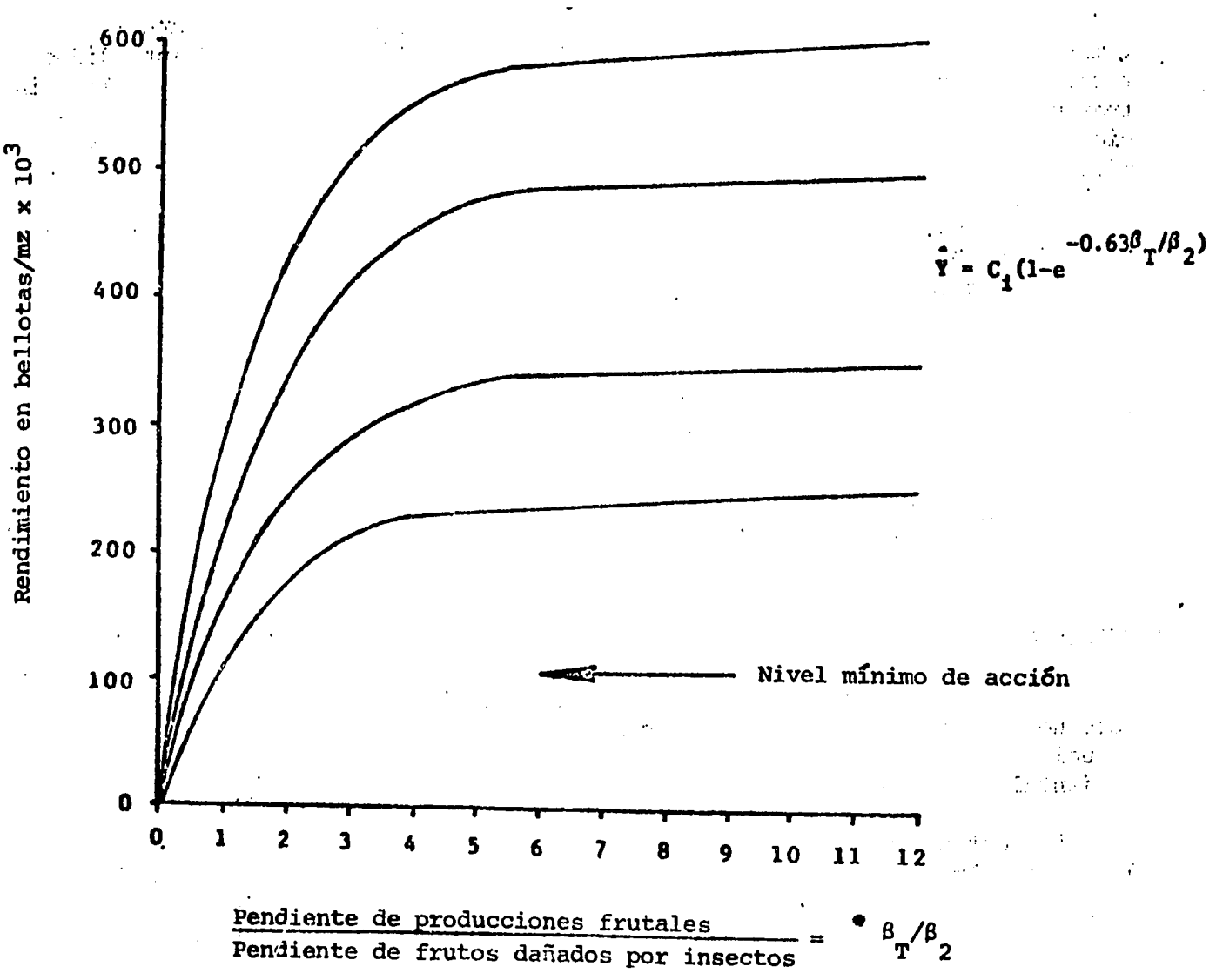


Figura 6. Indice de daños tempranos relacionados con el índice tardío

497

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_S) puede ser empleado como substituto 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 abcisen, 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

498

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. *tubersum* (tuberosum) y S. *tuberosum* subsp. *andigena* (andigena), sino también especies cultivadas como S. *juzepzukii*, S. *ajanhuri*, 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 norteñas 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 algunos 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 Uchucmarca, 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 promisoria debido a su productividad, elevado índice de resistencia general al tizón tardío *Phytophtora 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 e 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 Monserrate en la finca Valmaria cerca de Bogotá a 2.860 M.S.N.M; esta plantación representaba cerca del 50% de la semilla de Monserrate 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 Monserrate mediante contrato con productores independientes y no se encontró trazas de *marduty bacteriana* (*bacterial will*) 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 artifial, 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 predatores, 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.

503

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 noreste de los Estados Unidos se ven tratadas con fungicidas, protectores.

504

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/

	Colombia - 1973	Estados Unidos - 1971
Insecticidas (toneladas)	899 2/	1.256
Fungicidas (toneladas)	1.798	1.870
Hectáreas cultivadas	88.000	563.000
Rendimientos promedio	12.8	25.7

1/ Información obtenida :

1. ANDRILENAS, P.A. 1975. Farmer's use of pesticides en 1971 extent exent of crop use. Agric. Econ. Rep. 268, Econ. Res. Serv., U.S. Dept. Agric. Washington, D.C. 25 p.

2. MIN DE AGRIC. 1972. Programas 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 (*Puccinita pittieriana*, *Aecidium 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, disposiciónes 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 segreción 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 comúmente 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 Institue de Inglaterra logró, en la década de 1960, que andigena se adaptara lo suficiente como para producir tubérculos bajo condiciones de días largos.

508

La resistencia al nemátodo dorado de la papa que se empleó por primera vez en Europa y los Estados Unidos provino de andigena, y los fitomejoradores se percataron que los derivados de andigena 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 andigena 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 andigena 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 andigena. 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 epifitoticas 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 andigena 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 rpresentan tolerancia a escarabajos saltadores o pulguillas (*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 Moserrate (10), 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 Antioquía 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 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 *Phytophtora 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.

Best Available Document

510

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 poligánica. En el caso de tizón

511

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 Cebago 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 bacterial del sur (*Pseudomonas solanacearum*), cuatro especies de nemátodos del nudo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) y *Pratylenchus penetrans*.

512

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 solanaceas 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 cCanadá. Certification Sect. of Potato Assoc. Am. Am. Potato J. 52:365-372.

6. BARRIGA, C.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 INTERNATIONAL 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.

513

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.

11. FALCON, L.A. & R.F. SMITH. 1973. Guidelines for integrated control of vcotton insect pest. FAO. Rome AGPP: Misc/9. 92 pp.

12. FRY, W.E. 1975. Integrated effects of pilygenic 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--efects of polygenic resistance and techniques of timing fungicide applications. Phytopathology 67:415-420.

14. GIBSON, R.W. 1971. Glandular hairs providing resistence to aphids in certain wild potato species. Ann. Applied Biol. 68:113-119.

15. GOODRICH, C.E. 1863. The Potato, its diseases, with incidential remarks on its soils and culture. N.Y. State Agr. Soc. Trans. 23:103-134.

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 breading 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.

514

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.

515

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 adaptation. 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.

516

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.

517

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 predatores 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 predatores y parásitos. Este sistema incluye la introducción de niveles bajos de las plagas para mantener las poblaciones de predatores 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 antíguos, utilizando cultivos intensivamente intercalados y escogidos para una interacción de mutuo beneficio, así como para disminuír 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

518

capital en la preparación del terreno, la siembra o producción de plantulas 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 resíduos 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,

519

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.

Best Available Document

520

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 infestaiones 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 sembranos 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 Phythophthora 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 Keifera 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 dañas 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.

522

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 criptica; 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 contada 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 distribuídas 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 thuringiesis 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 piretrodes 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 éso 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 parasitadas en capullo	No. larvas parasitadas	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

Best Available Document

Cuadro 2. Sumario de frutas perdidas debido a varias causas

	No. frutas destruidas	Peso estimado de las frutas*	% del peso total de las frutas
Insectos:			
P. includens	644	58.2	6.3
Heliothis spp	651	58.8	6.4
Manduca sp	51	4.6	0.5
Spodoptera latisfascia	72	6.5	0.7
S. eridania	72	6.5	0.7
Agrotis subterranea	72	6.5	0.7
No. determinado	665	60.1	6.5
Total	2083	188.3	20.5
Enfermedades:			
Phytophthora infestans	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.

525

Figura 1. Peso de frutas cosechadas semanalmente y pesos promedios por fruta

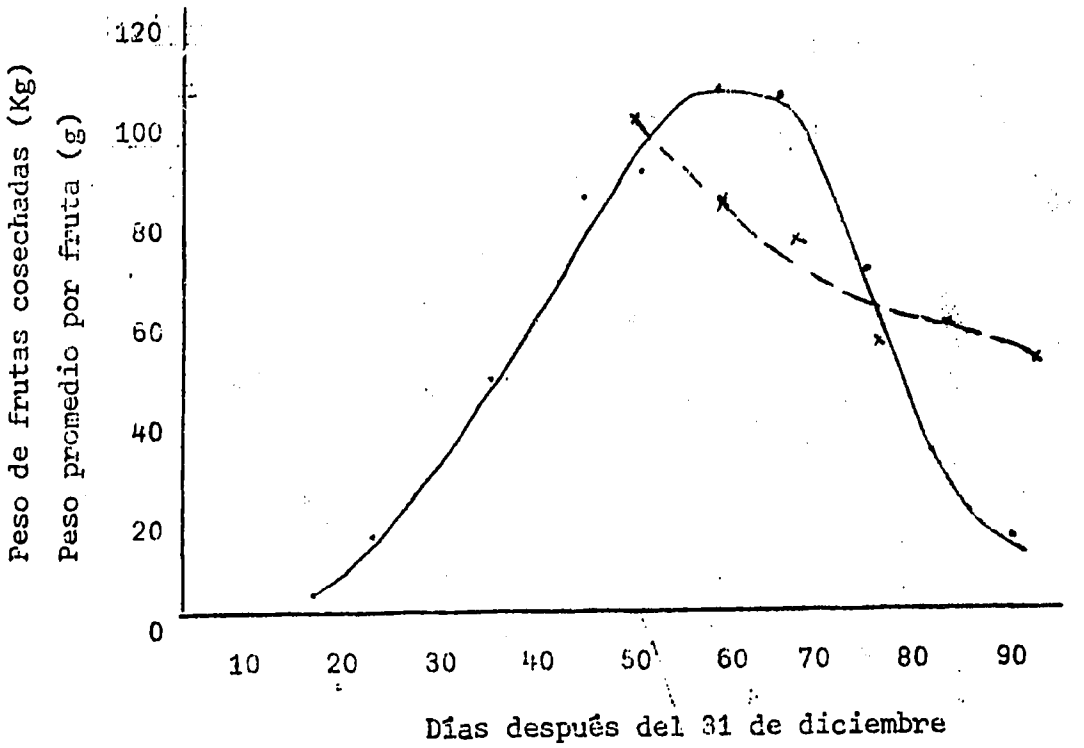


Figura 2. Poblaciones de P. includens, Helicthis spp, Manduca sp y Spodoptera spp., en parcelas de tomates de variedad Kewalo, Turrialba.

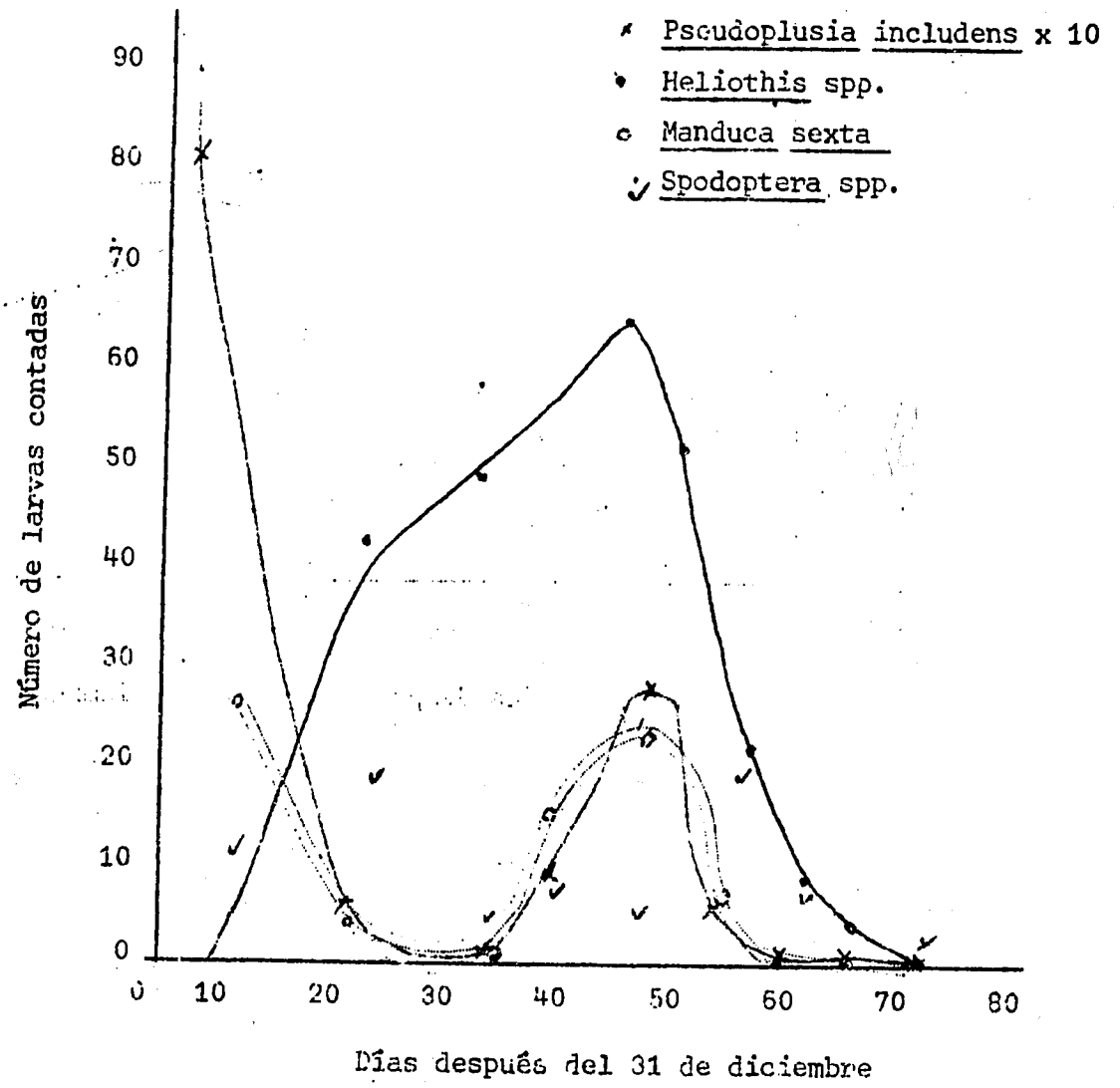
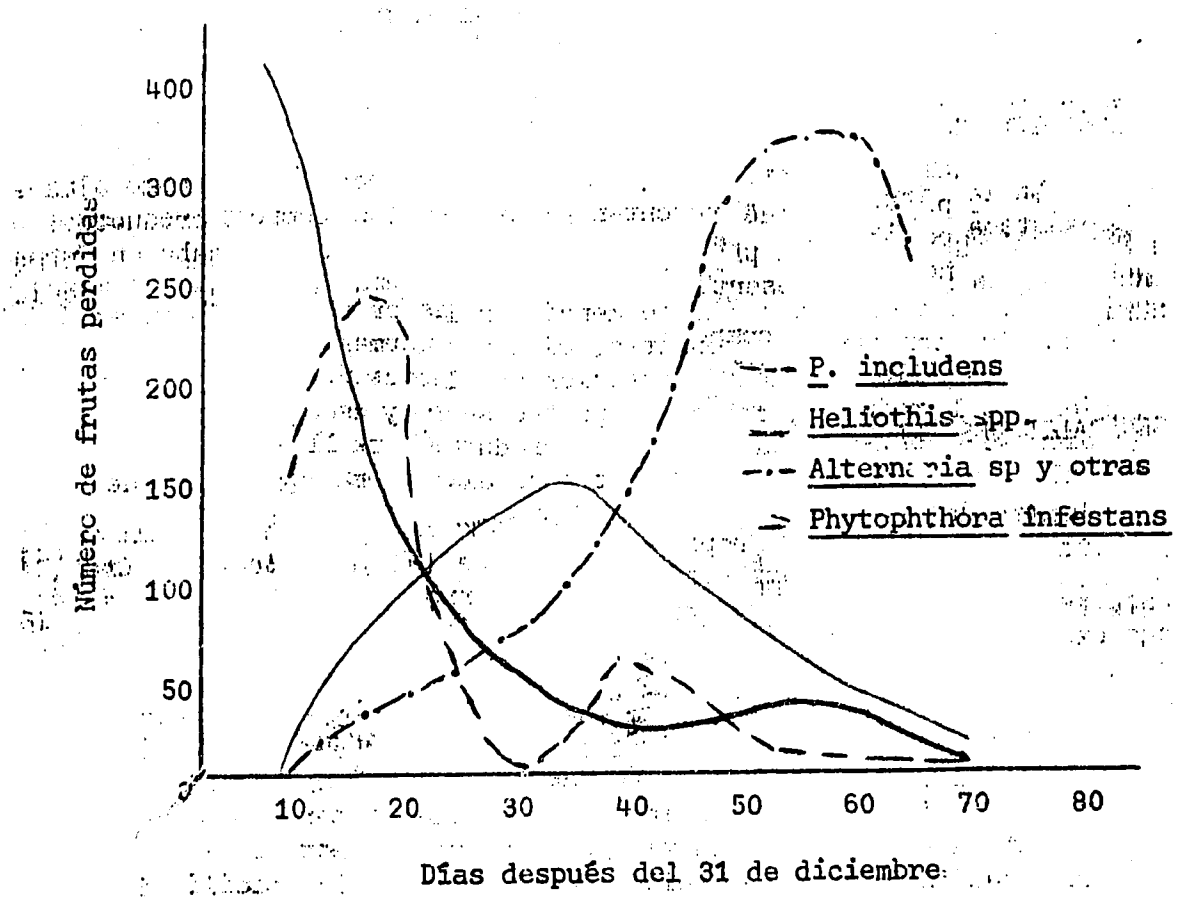


Figura 3. Pérdida de frutas debido a varias causas específicas



528

EL AGROECOSISTEMA DE LA YUCA

Raúl A. Moreno *

INTRODUCCION

En la Figura 1 se representan algunos de los componentes de un agro ecosistema 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 Africa 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 crísis energética que afecta a las economías

* CATIE, Turrialba, Costa Rica.

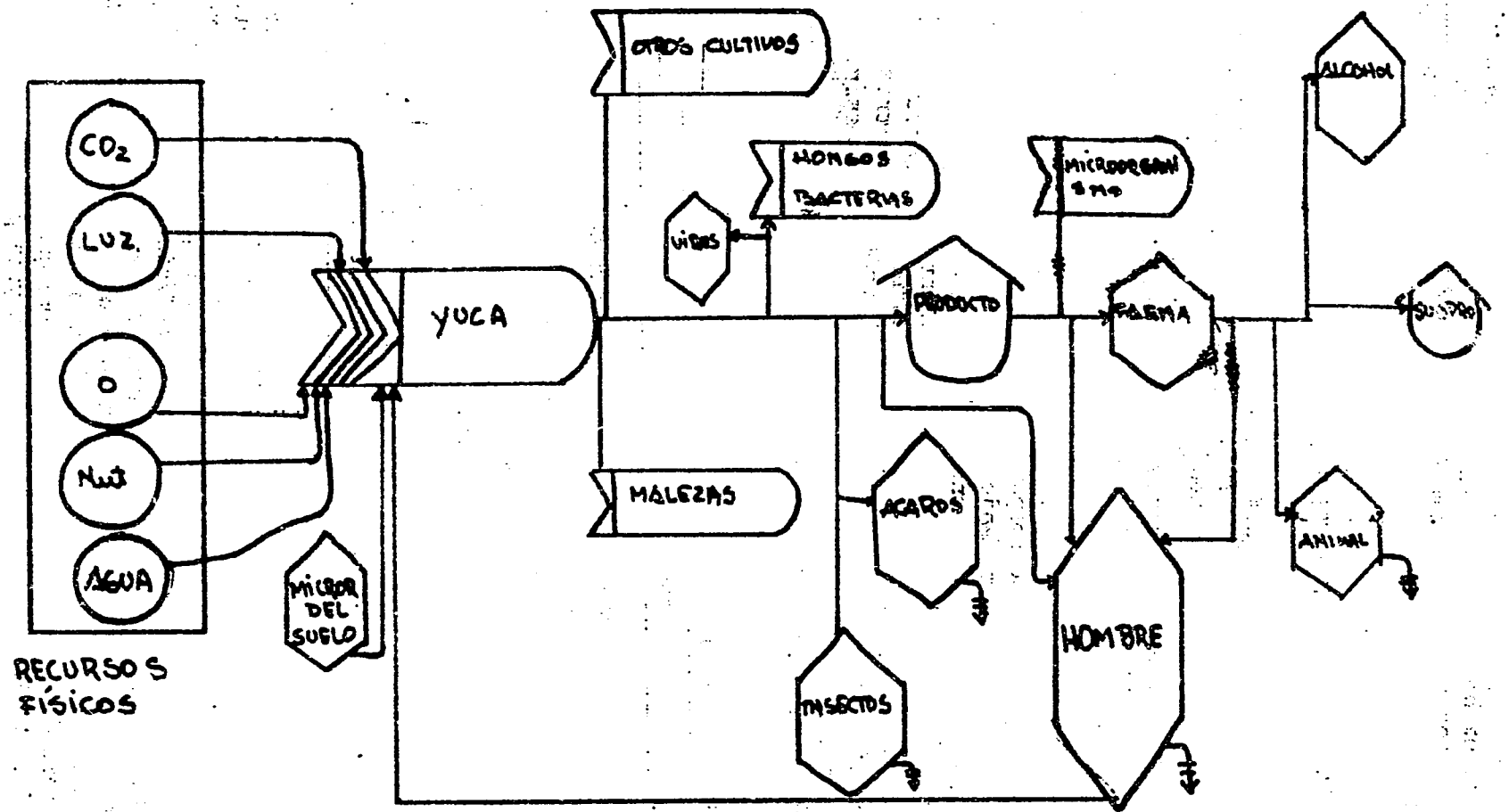


Figura 1. Representación de un agroecosistema de la yuca. Los recursos se transforman en productos y los productos se faenan para obtener productos elaborados. Algunos flujos se han suprimido por simplicidad.

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 FISICO 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 orígen 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-

531

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

532

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 estadíos 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 cultívares 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, Escuíntla, 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.

533

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 $gr/m^2/día$. 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 estadíos de desarrollo hasta el 80% de la materia seca total cerca del 14vo mes de edad del cultivo. La tasa de crecimiento que se mencionó permite obtener una produc

534

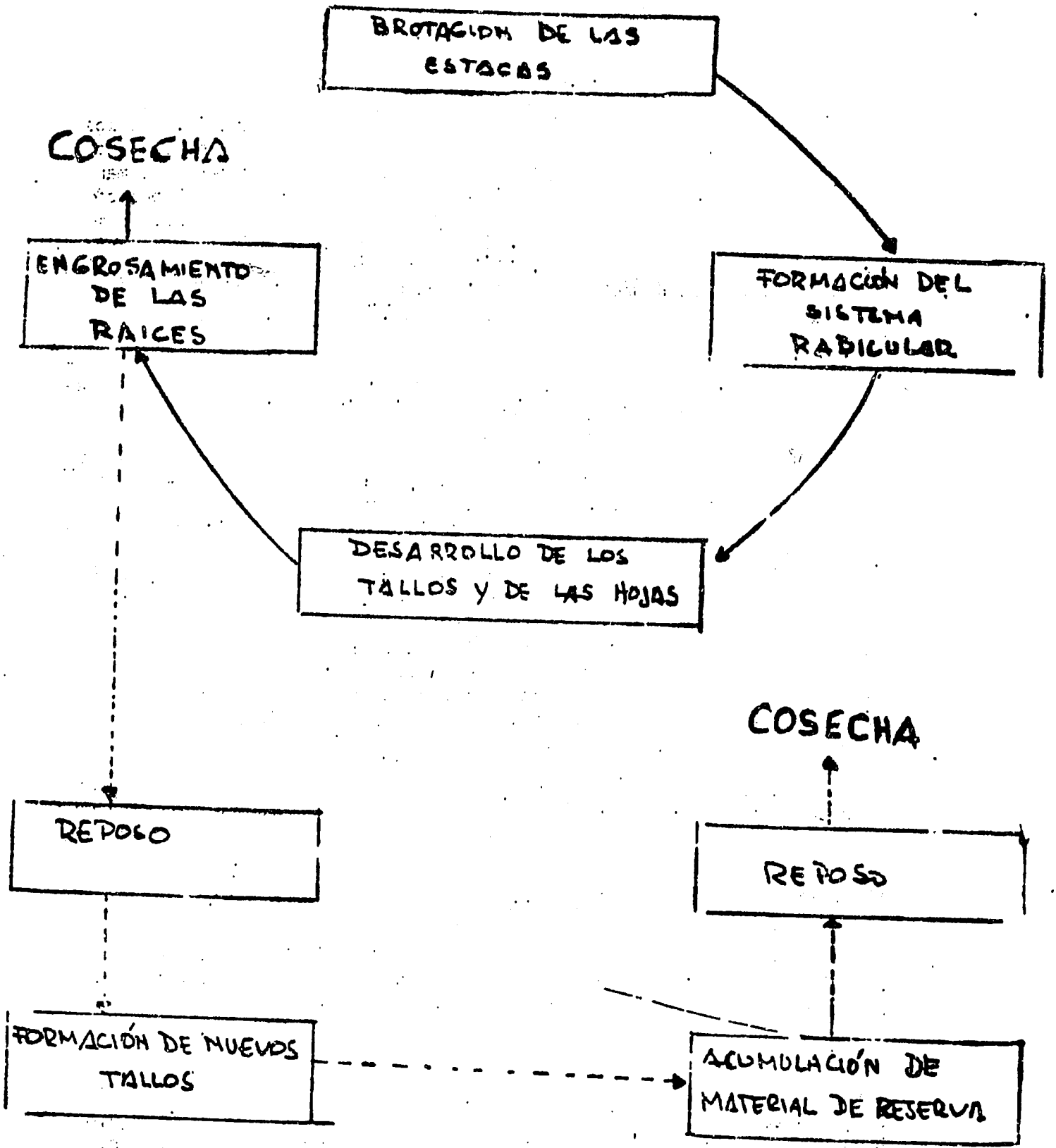
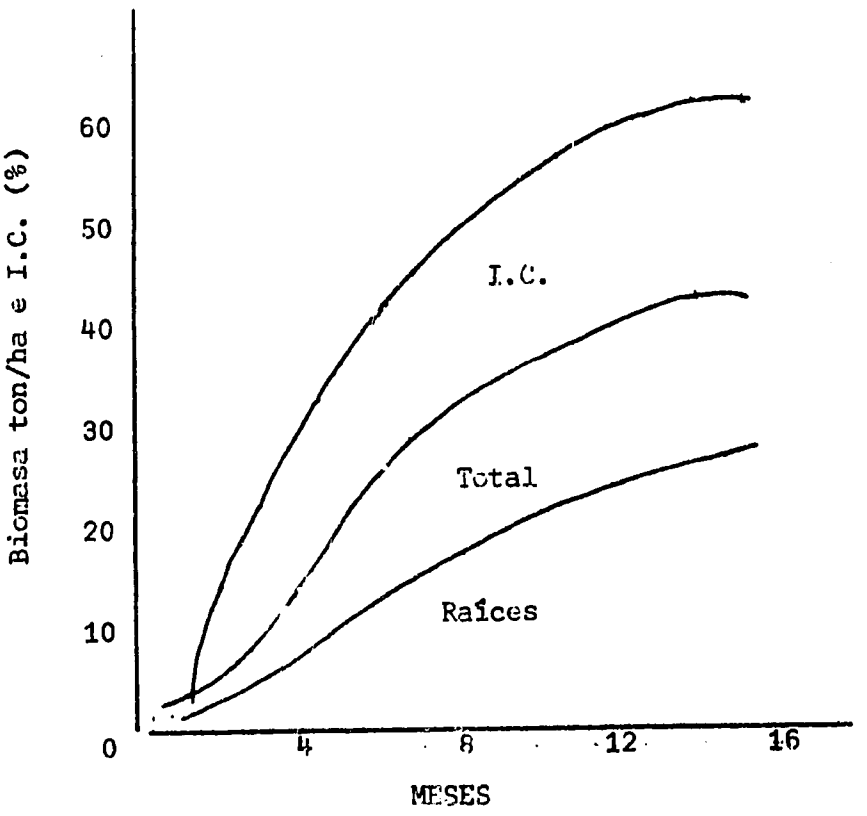


Figura 2. Algunos estados del desarrollo de una planta de yuca. Si no existe época seca marcada, después del engrosamiento de las raíces, ocurre la cosecha. En caso de un período seco marcado, la planta entra en un estado de reposo, del cual sale al reinicio de las lluvias.

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, P_2O, 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 Indice de cosecha de un cultivo de yuca bajo buen manejo a diferentes épocas de su crecimiento (Zandstra, H., 1978).

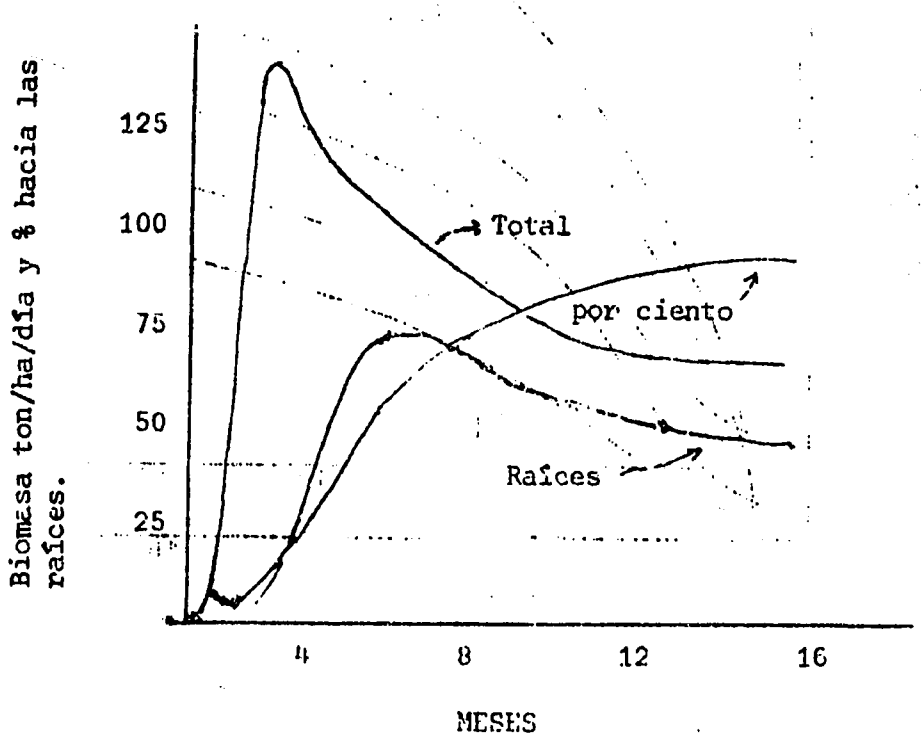


536

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).

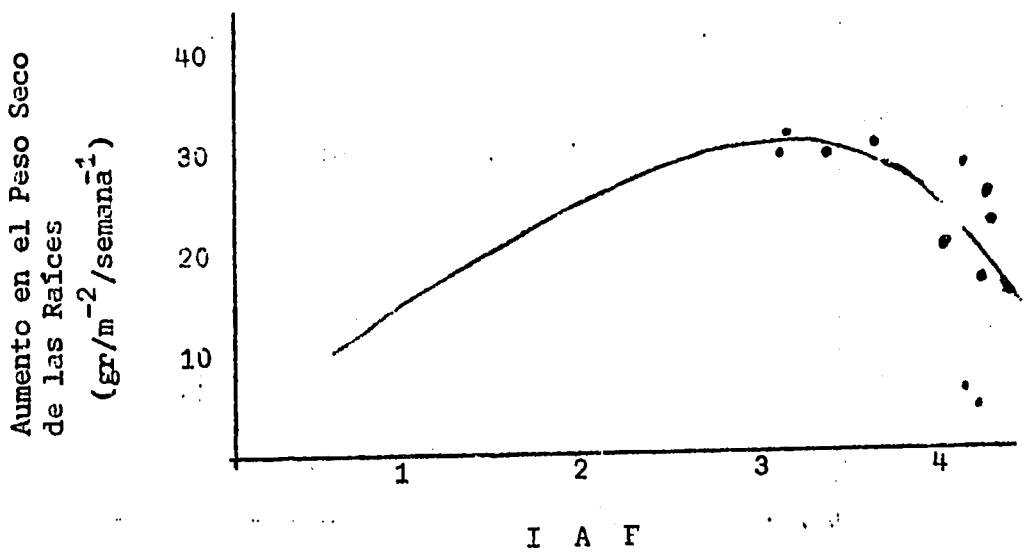


537

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 Indice de Area Foliar (Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1975).



538

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).

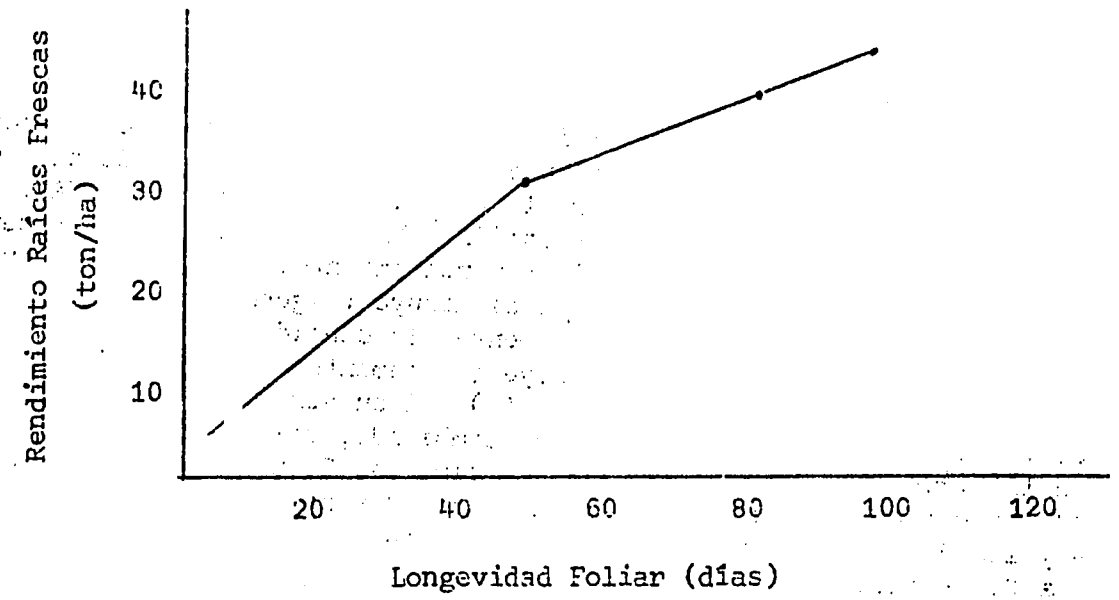
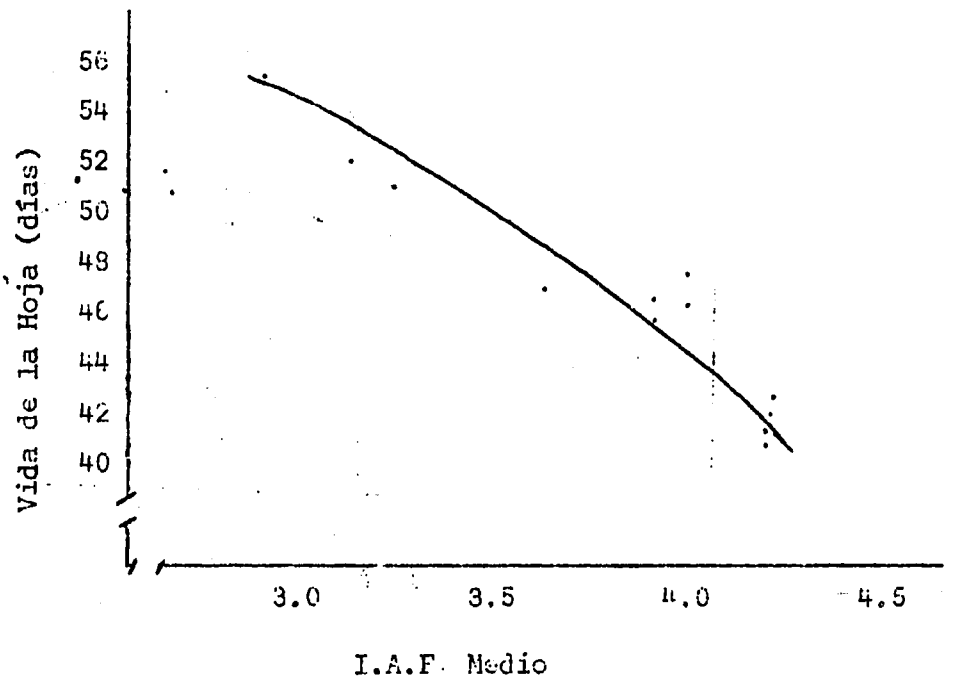


Figura 7. Vida foliar (días) de hojas de yuca en relación con el promedio de su Indice de Area Foliar durante las seis semanas que siguieron a la siembra (Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1975).



539

Figura 8. ıación entre el número de hojas por nudo y la densidad de ;iembra. Caída de hojas al cabo de tres meses de la siembra. (Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1974).

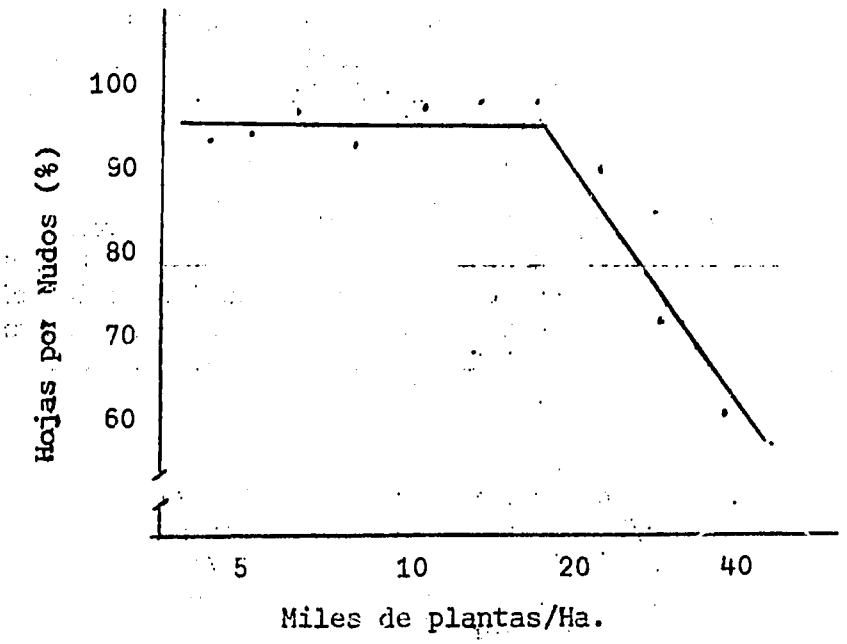
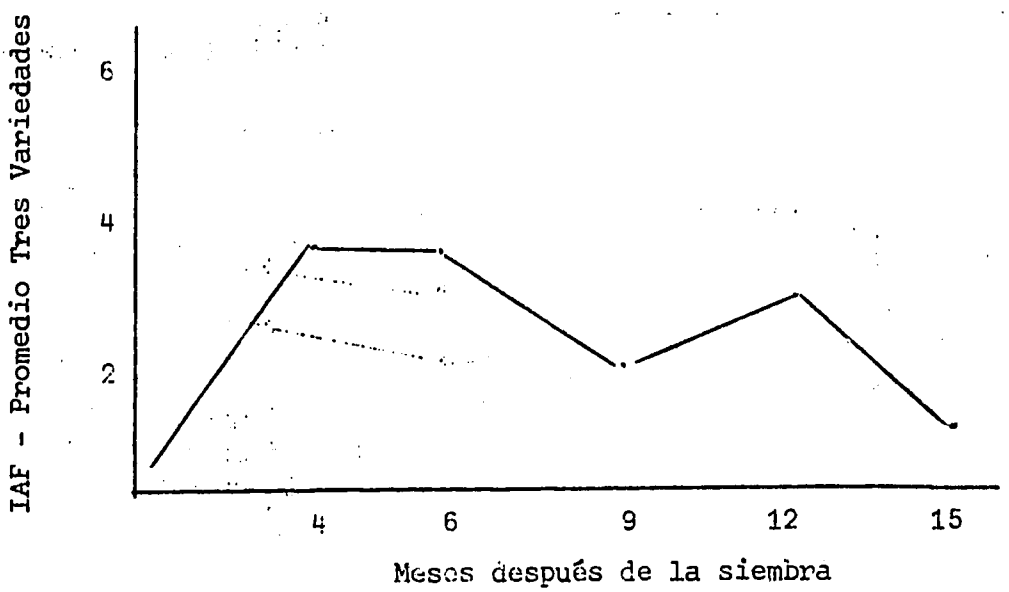


Figura 9. Variación en el tiempo del Indice de Area Foliar. Promedio de tres variedades (Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1976).



540

COMPONENTES DEL AGROECOSISTEMA DE LA YUCA

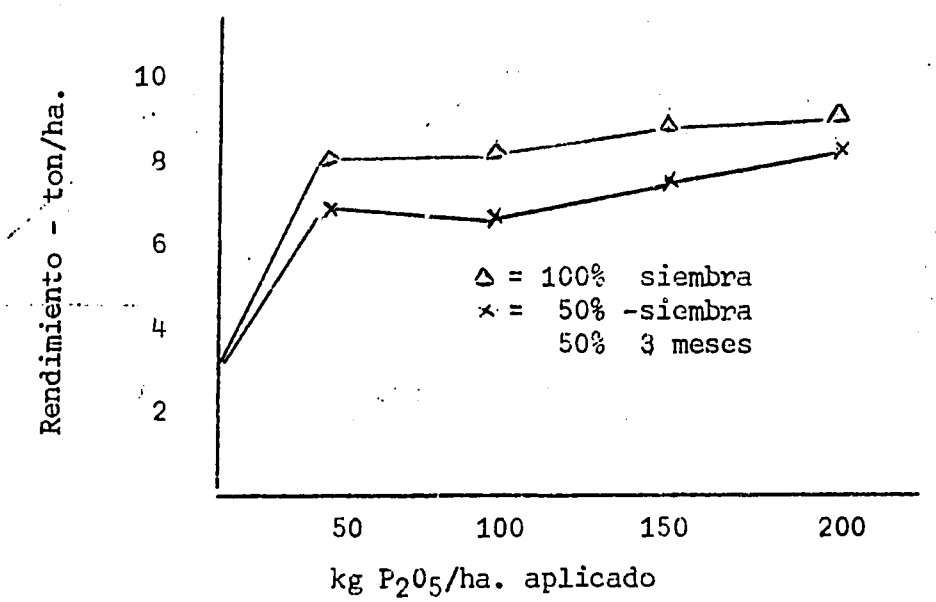
1) Componente Suelo

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 Indice 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 K_2O. En suelos ácidos de Colombia, existe respuesta al K hasta niveles de 240 kg K_2O/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 P_2O_5 hasta 400 kg/ha. Sin embargo, los incrementos más acentuados se observan entre los niveles de 0 a 50 kg P_2O_5/ha (Figura 10). El incremento en la cantidad de P_2O_5 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 P_2O_5 aplicado (100 kg/ha) se hace un uso más eficiente del P_2O_5 en términos de raíces producidas.

Figura 10. Efecto de varios niveles de P_2O_5 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 P_2O_5, 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, ésto indica que la yuca es un cultivo adecuado a zonas de incertidumbre de precipitación.

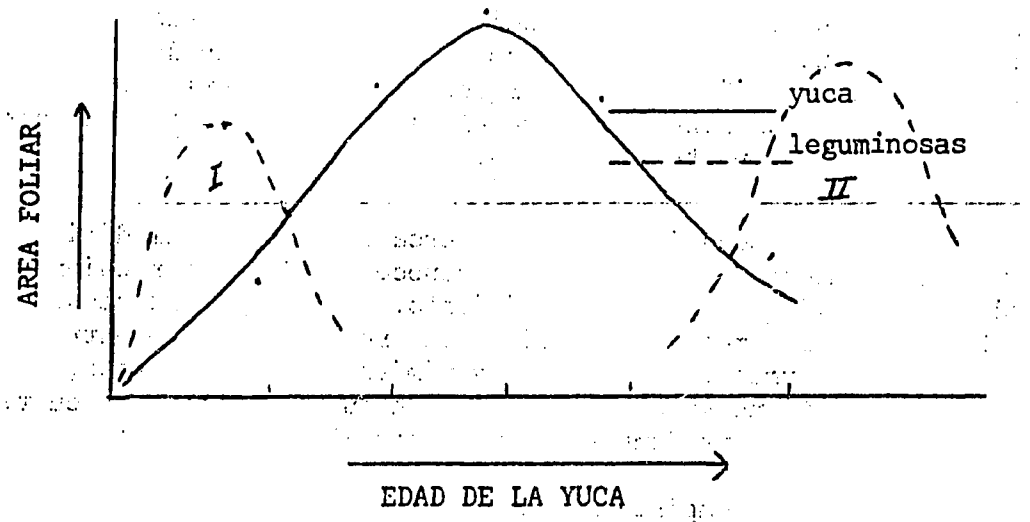
Se ha calculado empíricamente que los requisitos son de 75 mm/mes de precipitación para los 2 primeros meses y de 105 mm/mes para el tercer mes. Después del tercer mes es suficiente (en un suelo normal) con 150 mm/mes durante el ciclo. En base a estos requisitos, se ha calculado que se espera una reducción 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 dá 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 (basterias, 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)

Cuadro 4. Rendimiento de los cultivos, y Uso Equivalente de Tierra de 14 Sistemas de Cultivos probados en Turrialba, Costa Rica, de 1974 hasta 1978.

Sistema de Cultivos	Yuca	Frijoles	Maíz	Camote 5/	Camote 6/	% Cultivo individual					
						Y	F	M	C	C°	UET 7/
01 C 1/	16.827					100					1.0
2 B		1.389					100				1.0
3 M			2.955					100			1.0
4 SP				10.536					100		1.0
5 SP°					4.718					100	1.0
02 Y+B 2/	15.230	1.448				90.51	104.25				1.95
03 Y+M	7.801		2.766			46.36		93.60			1.40
04 Y+SP	9.719			6.282		57.76			59.62		1.17
05 Y+ → SP° 3/	18.671				4.171	110.96				88.41	1.99
06 Y+M → C+SP° 4/	8.684		3.475		3.595	51.61		117.60		76.20	2.45
07 Y+SP → C+SP°	11.497			5.560	3.496	68.33			52.77	74.10	1.95
08 Y+B → C+SP°	18.570	1.259			1.914	110.36	90.64			40.57	2.42
09 Y+B+M	11.088	0.775	2.911			65.89	55.80	98.51			2.20
10 Y+B+M→ C+SP°	7.832	0.766	2.938		3.826	46.54	55.15	99.43		81.09	2.82

1/ Y = yuca; B = frijol común; M = maíz; SP = camote plantado al comienzo de la estación; SP°= camote plantado al final de la estación.

2/ + = asociación de cultivos 3/ = → cultivo doble 4/ camote interplantado con yuca

5/ Plantado al comienzo de la estación 6/ plantado al final de la estación 7/ Uso Equivalente de Tierra UET

544

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, Africa 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*, *Aleurotrachelus* 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%.

545

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, *Portulacea oleracea*, *Sclerocarpus* sp. e *Ipomoea* spp.

6) Manejo por el hombre

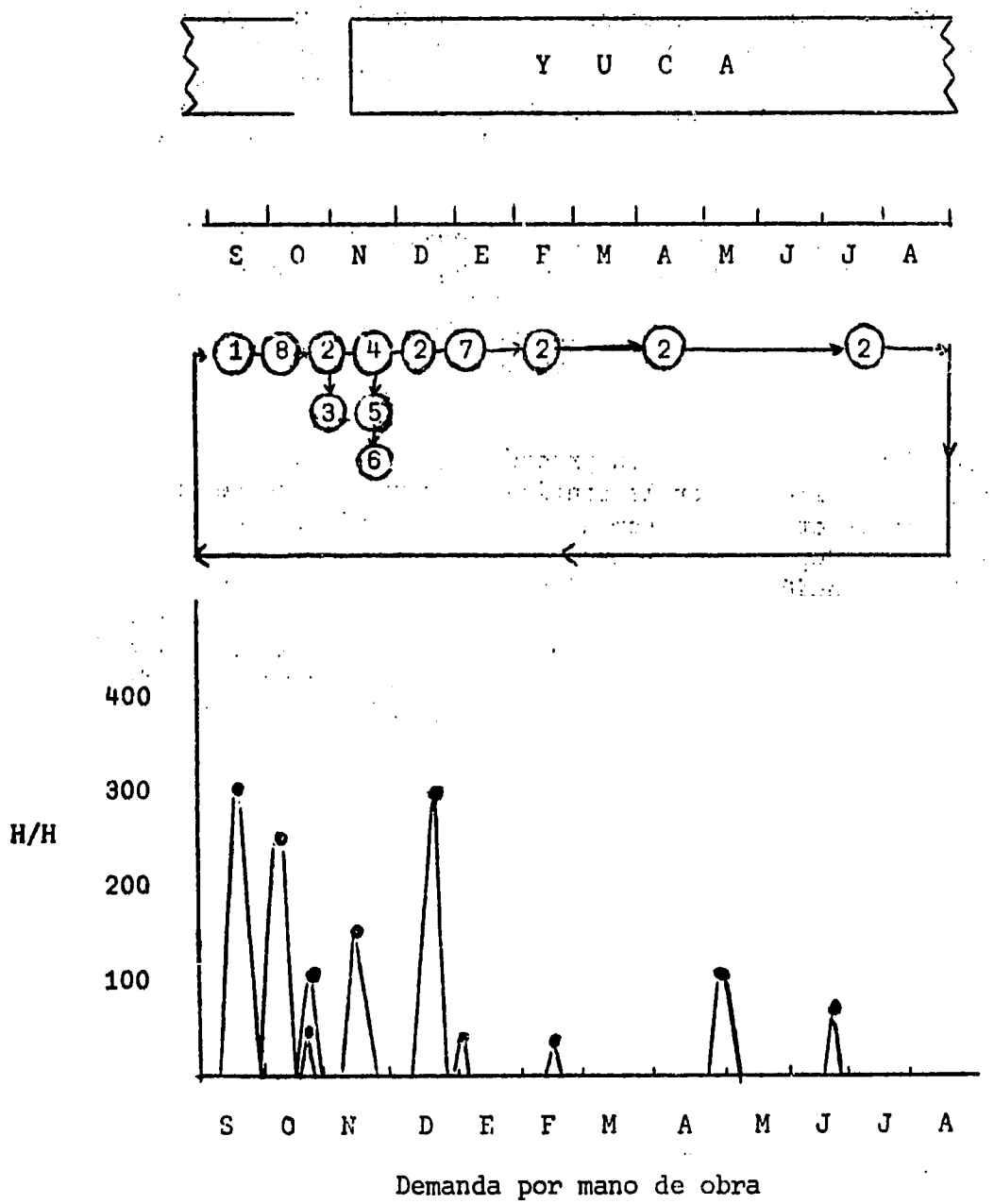
La sucesión de labores necesarias para producir yuca puede resumirse como: 1) Preparación de terreno; 2) Selección de estacas; 3) Siembra; 4) Deshierba; 5) Aporque; 6) Poda; 7) Cosecha; 8) Acarreo. Las labores 5 y 6 no son siempre imprescindibles. El número de horas-hombre que se usan aproximadamente 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.

546

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.

547

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).

548

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 algodonero.

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 "pérsico" 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

549

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 distribuídas 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 avispita 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 aleyrodis* 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 *Sympherobius* sp. destruyen las colonias rápidamente. En Costa Rica se han liberado coccinélidos predatores, *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 aleyródidos tienen enemigos naturales de importancia. Común a todos ellos es el ataque del hongo patógeno *Aschersonia aleyrodis* Webber, que a veces puede producir

558

eleva las cifras de mortalidad entre las ninfas.

Moscas blancas, *Dialeurodes citrofolii* Morgan y *D. citri* Ashm.

Dos especies de "moscas blancas" son conocidas en los cítricos del país: *Dialeurodes citrofolii* 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* Mask.

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 estadíos 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

553

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 larvas de *Chrysopa* sp., un neuróptero y el coccinélido *Delphastus* sp. El hongo patógeno *Aschersonia aleyrodis* 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 Quezaltepeque. 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 spiraecola* 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 longicaudatos* y *B. concolor*, así como *Pachycrepoides vendimiae*, 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 incluídos 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.

Best Available Document

555

D. ORDEN LEPIDOPTERA

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			
Unaspis citri	*Aspidiotiphagus citrinus*	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	Chilocorus cacti	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	Aschersonia aleyrodis	Patógeno	Hongo
	Chrysopa sp.	Predator	(Neurop:Chrysopidae)
Selenaspidus articulatus	*Aphytis chrysomphali*	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	Chilocorus cacti	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	Scymnus sp.	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	Aschersonia aleyrodis	Patógeno	Hongo
Lepidosaphes beckii	*Aphytis lepidosaphes*	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
Lepidosaphes gloveri			
Chrysomphalus ficus	*Aphytis holoxanthus*	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
Chrysomphalus dictiospermi	*Aphytis holoxanthus*	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
Saissetia oleae	*Scutellista cyanea*	Parásito	
Saissetia nigra	*Azya luteipes*	Predator	(Coleop:Coccinel.)
Saissetia hemisferica	*Salpinogaster* sp.	Predator	(Dip:Syrphidae)
	Bacha sp.	Predator	(Dip:Syrphidae)
	Azya luteipes	Predator	(Coleop:Coccinel.)
Coccus viridis			
Coccus hasperidum	*Coccophagus gurneyi*	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
Icerya purchasi	*Rodolia* sp.	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	Syneura cocciphila	Parásito	(Dip:Phoridae)
Icerya similis	*Rodolia* sp.	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	Syneura cocciphila	Parásito	(Dip:Phoridae)
Planococcus citri	*Sympherobius* sp.	Predator	(Neurop:Sympherobiidae)
Ferrisia virgata	*Sympherobius* sp.	Predator	(Neurop:Sympherobiidae)

Continúa....

Cuadro 1. Algunos insectos de los cítricos....(Continuación)

INSECTOS	ENEMIGOS NATURALES	CALIDAD	OBSERVACIONES
Aleurothrixus floccosus	*Amitus spiniferus*	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	Aneristus sp.	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	Encarsia sp.	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	Eretmocerus sp.	Parásito	(Hym:Aphelinidae)
	Signiphora sp.	Parásito	(Hym:Signiphoridae)
Aleurocanthus woglumi	*Delphastus* sp.	Predator	(Coleop:Coccinel.)
	Chrysopa sp.	Predator	(Neurop:Chrysopidae)
	Prospaltella opulenta	Parásito	(Hym:Aphelinidae, introducido de México en 1971)
	Aschersonia aleyrodis	Patógeno	
Toxoptera aurantii	*Chisopa* sp.	Predator	(Neurop:Chrysopidae)
Aphis spiraecola	*Hippodarnia*	Predator	(Coleop:Coccinel.)
Aphis gossypii	*Aphidus (Lysiphlebus) testuceipes*	Parásito	(Hym:Braconidae)
ORDEN LEPIDOPTERA			
Papilio cresfontes	*Oencyrtus* sp.	Parásito de huevos	(Hym:Encyrtidae)
	Telenomus sp.	Parásito de huevos	(Hym:Scelionidae)
	Pteromalus puparum	Parásito de pupas	(Hym:Pteromalidae)
Torhschildia aroma q	*Belvosia nigrifrons*	Parásito de pupas	(Dip:Tachinidae)
	Lespesia sp.	Parásito de pupas	(Dip:Tachinidae)
	Enicospilus americanus	Parásito de pupas	(Hym:Ichneumonidae)

558

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 destruír 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 zompopas com 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 leofolidol. 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 avispitas y liberarlas en el naranjal. Una modificación de esto 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.

Best Available Document

560

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:

561

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 construídos 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.

562

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.

563

ENFERMEDADES DEL CACAO

Gustavo A. Enríquez*

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 matas 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 cacaoteras, causada por el hongo *Phytophtora 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, ino 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

565

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 chupones. 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 roreri*

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 banano 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

566

Monilia roreri 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 Phytophtora es relativamente de poca importancia, sugiere que las condiciones de clima que favorecen a una y a otra son diferentes. Aparentemente 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

567

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 infeccicnes 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 estos 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 espora 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 coniodióforos 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 glosporioides*, *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 Antracnosis, ocasionada por el hongo *Colletotrichum gloesporioides* 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 aspersión 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.

569

Afortunadamente, una enfermedad muy seria encontrada en otras partes de América, la "Escoba de Bruja" (*Crinipellis perniciosa*), 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 *Phytophtora 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 pruebe 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.

572

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: Monalion, 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 estadía 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 enroscar 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.

Best Available Document

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*,

575

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 espiraculos 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 rubrocintus*, 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.

576

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 acarrean 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

577

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 *Amastris obtegens*, de color verde en forma adulta y con el pronoto grandemente desarrollado hasta tapar el abdomen.

b. Cercopidae: El salivazo, *Clostopera 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 cerambícidos, 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

578

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 d consecuencias del daño. Los más comunes son de los géneros *Phyllophaga* y *Anomala*.

579

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, escolítides, 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.

580

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 froghopper damaging cacao in Panama. Bulletin of Entomological Research 13(3):271-274. 1923.

581

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 confirma 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.

582

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 contribuído 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.

583

Mejoramiento genetico 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 distribuída 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 al 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 los seudotallos 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 semilimbos 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 (Martin):

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 famificaciones 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 el seudotallo 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 del seudotallo 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 inflorecencia 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 distribuídas en las "manos" (6 a 14 en las variedades explotadas comúnmente); éstas flores femeninas constituyen el racimo (frutos) de banano o plátano; estos frutos (llamados también "dedos") tienen ovarios inferiores trilociulares, 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 del seudotallo.

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.;

589

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 ("caterpilars" 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 destruído 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 predatores 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 descontinuó 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 brasólidos de los géneros Caligo y Opsiphanes. Estos "caterpillar" pueden crecer hasta una longitud de 14.5 cm y cada uno consume más de 500 cm^2 de superficie foliar sólo en el quinto instar (21). Aunque varios parásitos y predatores 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 "caterpilar", 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 Tetraychus 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"llas hojas en grandes áreas (Guatemala, por ejemplo); estas epidemias son, generalmente, un efecto secundario de la muerte de predatores 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 Ostmark (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 trampeo 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 predatores 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.

592

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 rasguñen 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. signnipennis* (21); el primero ataca la fruta y su reproducción es partenogenética y se presenta en Centroamérica y Suramérica; el *C. signnipennis* 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 caterpilar *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 *Helicotyoenchus multicinctus* (10).

El *R. similis* es considerado generalmente como la plaga principal. Sin embargo, es posible que la presencia y distribución del *H. mulicinctus* 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. Wehunt 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. multicinctus* 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. milticinctus* 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. multicinctus* 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

594

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 regristrada 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 destruído 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

Nombre de la Enfermedad	Organismo Causal
Sigatoka común o amarilla, mancha de la hoja del banano, chamuscado de la hoja, cercosporiosis del banano.	*Mycosphaerella fijiensis* var. *musicola*. (*M. musicola* Leach).
Sigatoka Negra.	*Mycosphaerella fijiensis* Morelet var. *difformis* Mulder & Stover.
Raya Negra.	*Mycosphaerella fijiensis* Morelet
Mancha de cordana.	*Cordana musae* (Zimm) Von Hohn

Moteado de la hoja.	*Chloridium musae.*
Moteado de la hoja	*Cladosporium musae.*

Enfermedades Fungosas de la Raíz, Rizoma y el Pseudotallo

Nombre de la Enfermedad	Organismo Causal
Mal de Panamá o marchitez vascular de Fusarium.	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* E.F.S. Sny & Hans.

Enfermedades Bacteriales

Enfermedad del Moko o marchitez bacterial	*Pseudomonas solanacearum*
Pudrición del rizoma, pudrición del corazón	*Erwinia carotovora*

Enfermedades Virosas

Mosaico del banano o clorosis infecciosa	Virus del mosaico del pepino

Enfermedades Fungosas de la Fruta antes de la Cosecha

Muñeca, mancha de Johnston	*Pyricularia grisea*
Mancha café u ojo rojo	*Cercospora hayi*
Mancha diamante	*Cercospora hayi, Fusarium solani*

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,

596

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 purspurascens*, *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 Gramevin, 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 el seudotallo 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 del seudotallo y no se corta el seudotallo 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 embolse 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 polipropileno, de planta a poste 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.

601

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.

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) ó 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.

Best Available Document

602

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 varías 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 rivoflablina, 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.

603

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 programs 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 extrápolan 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.

604

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 seudotallo 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.

605

18. MARTIN-PREVEL, P. Notes sur la production et de la recherche bananiéres en Republique 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. Ecophysiology 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.

606

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
Departament 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

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

FANNY 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
Deptc. 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 CENTROAMERICANO	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
EFECTOS FISIOLOGICOS 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

610

		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	Rôger Lôpez 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 DEPREDADORES 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 FITOMEJORAMIENTO PARA LA RESISTENCIA DEL HOSPEDERO 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

612

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

6/7

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL
DE INVESTIGACION 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 III

REPORTES NACIONALES

CATIE – UC/USAID – OIRSA

TURRIALBA, COSTA RICA

27 AGOSTO – 21 SETIEMBRE

1979

614

P R O L O G O

La Capacitación, como función es y puede ser impartida por diversos tipos de Instituciones. Las universidades tienen la responsabilidad de formar el material humano con el conocimiento básico que será bagaje imprescindible para que el profesional genere y apoye el desarrollo de nuevas y promisorias ideas.

Por otro lado, las instituciones regionales y nacionales de investigación generan un volúmen de información técnica y metodológica que puede hacerse llegar a los técnicos a través de capacitación a corto plazo.

Esta, tiene por objeto el refrescamiento de conocimientos, la puesta al día de Técnicos, que por sus funciones han permanecido apartados del flujo contínuo de tecnología que produce el mundo actual. Debe también contribuír a comunicar nuevas filosofías y metodologías de trabajo en diferentes disciplinas.

Esta es una de las labores de los Centros de carácter regional que tienen como cometido apoyar, especialmente en capacitación, a las instituciones nacionales de los países a los que sirve.

Cursos como el dictado a través de la cooperación entre la Universidad de California/AID y CATIE, son un ejemplo de capacitación a corto plazo.

Este volúmen es una de las contribuciones de este esfuerzo cooperativo y es parte de una secuencia que, por su contenido no deberá interrumpirse.

Ray Smith
Director del Proyecto Control de Plagas
Universidad de California/AID

Eduardo Locatelli
Sub-Director de CATIE
Capacitación y Cooperación Técnica

616

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 Capacitacion
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.

617

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 participantes prepararon y presentaron un reporte nacional, así como el enfoque o consideración sobre el control integrado de plagas que se realiza en el país de cada uno de los asistentes al Curso.

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

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

Joseph Saunders, Ph.D.
Entomólogo, Coordinador Técnico
CATIE

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

618

C O N T E N I D O

	Página
Lista de Participantes	3
PANAMA	
Reporte Nacional	5
El Nemátodo dorado de la papa *Heterodera rostachiensis*: Nuevos datos sobre el control integrado y evidencia de la aparición de una nueva raza en Cerro Punta.	18
Plan para la Investigación y Desarrollo del Control Integrado a Nivel de Pequeños Productores en Panamá; una Propuesta.	24
COSTA RICA	
Reporte Nacional	28
Control Integrado de Plagas en Costa Rica.	42
NICARAGUA	
Reporte Nacional	51
Plan para la Investigación y Desarrollo del Control Integrado a Nivel del Pequeño Productor en Nicaragua.	70
Plan para la Investigación y Desarrollo del Control Integrado en Maíz a Nivel del Pequeño Productor en Nicaragua.	73
HONDURAS	
Reporte Nacional	77

619

Página

EL SALVADOR

Reporte Nacional 82

Consideraciones acerca del Desarrollo del Control Integrado de Plagas en El Salvador. 93

GUATEMALA

Reporte Nacional 97

Algunos aspectos a considerar para el establecimiento de un control integrado de plagas con pequeños productores. 116

Planes para el futuro; espectativas en la lucha contra plagas y enfermedades de las plantas en Guatemala 120

REPUBLICA DOMINICANA

Reporte Nacional 124

Control Integrado de Plagas en República Dominicana. 133

HAITI

Reporte Nacional 138

Plan de Investigación Fitosanitaria para el futuro de Haití. 144

ANEXO

Dirección de Participantes.

620

LISTA DE PARTICIPANTES

PANAMA

Bernin Bell González	MIDA
Eric Quiros Rodríguez	Universidad de Panamá
Fanny M. Saavedra	MIDA
Allan Rourk	IDIAP

COSTA RICA

Melvin Casares Villalobos	MAG
Claudio Gamboa	Universidad de Costa Rica
Juan M. Hernández	MAG
Carlos L. Rodríguez	MAG

NICARAGUA

Rafael Obando Solís	INTA
María del Pilar Rizo	INTA

HONDURAS

Juan Aeschlimann Sauter	Ministerio de Recursos Naturales
Leonel Martínez Vallecillo	Ministerio de Recursos Naturales
Eliseo Navarro H.	Ministerio de Recursos Naturales

GUATEMALA

Manuel Francisco Cano A.	DIGESA
Jorge A. Escobedo	DIGESA
Ricardo Gamboa Paniagua	ICTA

REPUBLICA DOMINICANA

Fernando A. Díaz Céspedes	Secretaría de Estado de Agricultura
Danilo B. Moreta	Secretaría de Estado de Agricultura
Guillermo Rodríguez	Secretaría de Estado de Agricultura

HAITI

Joseph Saint Phard	Ministerio de Agricultura de Haití
Emmanuel Prophete	Ministerio de Agricultura de Haití
Henry Turenne	Ministerio de Agricultura de Haití

621

P A N A M A

PARTE I REPORTE NACIONAL.

EL NEMATODO DORADO DE LA PAPA *Heterodera rostachiensis*. NUEVOS DATOS SOBRE EL CONTROL INTEGRADO Y EVIDENCIA DE LA APARICION DE UNA NUEVA RAZA EN CERRO PUNTA.

PARTE II. PLAN PARA LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL CONTROL INTEGRADO A NIVEL DE PEQUEÑOS PRODUCTORES EN PANAMA. UNA PROPUESTA.

622

REPORTE NACIONAL; PANAMA

PARTE I

Bernin Bell *
Fanny Saavedra *
Eric Quirós **
Allan Rourk ***

INTRODUCCION

La República de Panamá situada entre las Repúblicas de Costa Rica y Colombia al Oeste y Este respectivamente, cuenta políticamente con nueve (9) provincias y una población de 1,825,500 habitantes según estimaciones hechas en 1978. Se habla el español oficialmente y su moneda es el Balboa, equivalente al dólar.

Posee una superficie de 77,082 Km^2, siendo apta para la agricultura sólo un tercio de esta superficie.

El clima es tropical marítimo, característico de bajas latitudes intertropicales con temperaturas moderadamente altas y fuerte humedad durante el año. Tiene dos estaciones denominadas épocas: 1) época lluviosa o invierno y 2) época seca o verano.

La época lluviosa se inicia a partir del mes de mayo extendiéndose hasta el mes de diciembre. Los meses de enero a abril corresponden a la estación seca. Esta, en la zona central, puede prolongarse en ocasiones de sequías imprevistas (actualmente muy comunes en dicha zona) hasta ocho (8) meses.

Cuadro 1. Precipitación, temperatura, humedad relativa total registrada en la Estación Metereológica de Tocumen

Promedio: 4 años

Precipitación (mm)		Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)		
Total	Promedio diario	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
1,676.7	4.6	32.2	23.0	27.7	94	58.3	76.2

* Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Panamá

** Universidad de Panamá. Panamá

*** Instituto de Investigaciones Agropecuarias. IDIAP. Panamá.

623

La economía de la República de Panamá está muy íntimamente relacionada a la actividad comercial más específicamente a la reexportación de productos y al comercio internacional debido a su posición geográfica.

ANTECEDENTES DE LA ASISTENCIA TECNICA Y POLITICA DE CONTROL DE PLAGAS

Inicialmente la asistencia técnica (AT), no contó con verdadera orientación y una real conciencia de la función que le tocaba jugar en el proceso económico del país. Fue un producto de inquietudes individuales de productores y técnicos. Se concibió como una prestación de servicios, esporádicos y sin un compromiso permanente con el productor y sus problemas; se podría considerar sin programación y de poco efecto, descuidando las técnicas de transferir en relación a la metodología para lograr esa transferencia.

En la década del 40 se crea la "Oficina de Fomento Agrícola" que se circunscribió a hacer demostraciones de métodos y resultados de prácticas o técnicas nuevas. La investigación agropecuaria no se había institucionalizado, ésta era hecha a interés personal de técnicos en el recién creado Instituto Nacional de Agricultura (INA) quien se ha encargado de la formación de Peritos Agrícolas desde entonces.

Se creó también el Banco de Crédito Agropecuario pero no estaba vinculado a la AT del Fomento Agrícola.

En la década del 50 surge el Servicio de Divulgación Agrícola de Panamá (D.A.P.), que operó aproximadamente diez (10) años. Este tenía la finalidad de hacer del agricultor y su familia una unidad eficiente desde el punto de vista productivo y social, dentro de la estructura vigente. Se funda también la Facultad de Agronomía de la Universidad de Panamá, y el Departamento de Sanidad Vegetal cuya función se limitaba más que nada a los servicios de cuarentena vegetal.

Surgen luego los grandes productores que hacen orientar los objetivos de la AT y la investigación hacia la solución de problemas altamente técnicos, marginándose al pequeño y mediano productor.

El Estado crea a partir de 1970 una nueva fórmula asociativa de productores: Los Asentamientos Campesinos y las Juntas Agrarias de Producción, acompañado ésto de una política de dotación de tierra. Como respuesta a esta nueva realidad se crea el Ministerio de Desarrollo Agropecuario en 1973.

La Entomología Agrícola así como la Fitopatología y sus consecuentes programas de control, se han desarrollado paralelamente a la agricultura propiamente dicha. Como se hizo notar antes, se inició a partir de la fundación del INA con el asesoramiento de la misión de la Universidad de Arkansas. Dentro del Ministerio de Agricultura funcionó el Servi

624

cio Interamericano de Cooperación Agrícola de Panamá (S.I.C.A.P.), y el ya mencionado Departamento de Sanidad Vegetal. Contando cada una de estas dependencias con un Entomólogo y efectuando investigaciones que eran puestas al servicio de los productores.

Así mismo la Facultad de Agronomía viene a llenar un vacío en cuanto a investigación y contribuye actualmente junto con las Empresas Agrícolas Privadas y Estatales, con varios ensayos y experimentos en el control de plagas.

El Estado ha considerado la reestructuración de la AT y para 1979 se han conjugado todas las instituciones interdisciplinarias para mejorar este servicio, así como llevar una verdadera transferencia de tecnología de acuerdo a las necesidades del país. Cabe señalar que recientemente se creó el Instituto de Investigación Agropecuaria, quien junto con la Facultad de Agronomía jugará el rol más importante dentro de la nueva concepción de la Asistencia Técnica.

TENENCIA DE LA TIERRA EN PANAMA

1. En el año de 1959, se nombró una comisión formada por diez miembros, siete de los Ministerios y tres civiles, con el fin de que hicieran un anteproyecto para la elaboración de nuestro Código Agrario, el que fue entregado a la Asamblea Nacional en 1960, para su debida revisión y estudio, este estudio duró dos años y para el 21 de setiembre de 1962, se aprueba nuestro Código Agrario, el que entra en vigencia en todo el país; siendo entonces la única institución "La Reforma Agraria" encargada de asuntos de tierras, en áreas rurales, ya que anteriormente el Ministerio de Hacienda y Tesoro, a través de la Oficina de Tierras y Bosques se encargaba de atender asuntos de Tierras; tanto en lo que se refiere a Titulación como a dar solución a problemas de tierras.

En cuanto a la tenencia de la tierra en nuestro país, podemos decir lo siguiente:

a) Derechos posesorios

Son los que se reconocen a toda persona que tenga trabajando tierras propiedades de la Nación, ya sea en programas agrícolas o pecuarios, donde no media ningún documento legal con la Nación, pero estas personas tienen prioridad, para adquirir esas tierras en título con la Nación.

b) Títulos gratuitos

Estos se otorgaban a núcleos de familia, para que los trabajaran en forma colectiva; sólo tenían derecho al producto que sacaran al trabajar esas tierras, estos títulos no son negociables.

625

c) Títulos en patrimonio familiar

Estos se otorgan a padres de familia; se les daba de 10 a 20 Has., estos terrenos propiedad de la Nación, se encontraban cerca a áreas de población. Esto se debió a que el Gobierno no estaba en condiciones económicas para abrir vías de penetración que permitieran a los agricultores, llevar sus productos de las áneas de producción a los centros de consumo.

d) Títulos en compra u onerosos

Estos se otorgan a través de la Reforma Agraria y difiere de las otras formas de Tenencia en que en estos títulos se compra la tierra y desde luego, son una garantía prendaria, para adquirir prestaciones bancarias, para su explotación en programas agrícolas o pecuarios.

Sin embargo, en todas las formas de tenencia de la tierra en el país, el Gobierno Nacional, se reserva el derecho de expropiación, cuando así lo estime necesario, considerando esa propiedad como un bien de utilidad pública, pero debe pagársele a los propietarios de esas fincas, las mejoras e infrasestructuras que se hayan hecho, en el caso de títulos onerosos se paga además la tierra. Para el año de 1970, con el cambio de Gobierno, la Reforma Agraria sufre una transformación, se crean las organizaciones campesinas, las Juntas Agrarias de Producción y los Asentamientos Campesinos, tratando de dar una respuesta al precarismo en nuestro país.

PRINCIPALES CULTIVOS Y SU DISTRIBUCION EN EL PAIS

En Panamá se pueden identificar tres (3) zonas de producción de acuerdo a las condiciones climáticas imperantes:

1. Zona alta
2. Zona baja de alta precipitación
3. Zona central

Descripción:

1. Zona alta

Se encuentra a una altura arriba de los 2,000m., con lluvias distribuídas todo el año y temperaturas entre los 18 y 22°C. Las explotaciones agrícolas son en su mayoría de pequeños y medianos productores y su principal rubro son las hortalizas, y de importancia económica la cebolla y la papa,

626

Los productores trabajan a base de Cooperativas de Consumo, para la obtención de insumos y equipo agrícola y Cooperativas de Mercadeo, para comercializar la cebolla y la papa. Los otros rubros hortícolas quedan a merced de la oferta y la demanda, presentándose problemas de excedentes de producción y efectos notorios de intermediarios que especulan con los precios.

2. Zona baja de alta precipitación

Corresponde a parte de la Zona Atlántica Costera, parte de la región Central, Este y Sur Oeste del país. Tiene precipitaciones hasta de 2.000 mm al año, con una época seca y lluviosa bien definida. La temperatura oscila entre los 26 y 29°C. Los principales rubros allí cultivados son: el arroz, maíz, plátano, banano, caña de azúcar, café, frijoles, cacao y tabaco. Cultivan también sorgo en postrera después de la cosecha del arroz.

3. Zona central

Incluye los llanos centrales y la Península de Azuero.

La precipitación es menor de los 1,200 mm por año, llegando en algunos meses a 60 y 0 mm. La temperatura entre los 26 y 29°C y fuertes vientos del Norte en la época seca.

Está sujeta a una estación o época seca muy marcada y prolongable hasta ocho (8) meses, y una corta época lluviosa aprovechable para los cultivos de arroz, maíz y sorgo.

Se utiliza mucho el Sistema de Regado Agrícola por Gravedad en arroz, hortalizas tropicales y caña de azúcar. Es un área donde el productor combina la agricultura con la ganadería, razón por la que el maíz y sorgo sólo se cultivan en postrera para utilizar los resíduos de la cosecha para alimento del ganado vacuno. Además en postrera las lluvias son más seguras que en primera cosa.

Se cultiva principalmente: arroz, maíz, sorgo, frijol, caña de azúcar, tabaco y hortalizas.

Entre los rubros de menor importancia en el país, contamos con: cítricos, maracuyá, coco, palma aceitera, (en Chiriquí se sembrarán 3.000 Has.), Guandú (*Cajanus sp*), Poroto (*Phaseolus vulgaris*) y cacao.

627

Cuadro 2. Producción de los principales rubros agrícolas de la República de Panamá por zona agrícola. (Dato Estadístico de 1978).

Rubro	Unidad	Sup. total	ZONA Alta	Baja de alta ppt.	Central	Producción Total
Arroz	qq*	109.980	-	2.774.600	1.330.100	4.104.700
Maíz y sorgo	qq*	82.790	-	979.900	777.100	1.757.000
Frijol	qq*	14.850	-	60.800	28.100	88.900
Caña de azúcar	Ton.corta	35.336,74	-	1.542.010	1.496.950	3.038.960
Banano	TM	----	-	480.300	----	480.300
Plátano	TM	----	-	102.200	----	102.200
Café	qq(1)	2.026,7	-	95.800	15.800	121.600
Tabaco	qq(2)	510,80	-	25.590	5.060	30.650
Hortalizas						
Tomate ind.	Lbs.	2.400	Ver Cud.3	---	120.000.000	120.000.000

* qq grano seco

(1) qq pilado

(2) qq hoja seca

628

Cuadro 3. Cosecha de hortalizas en la República, según producto: Años 1973-77

Producto	Cosecha de hortalizas 1/ (en quintales)				
	1973	1974	1975	1976	1977
Papa	276,500	361,000	192,000	243,300	238,100
Cebolla	51,700	81,300	68,800	69,500	60,700
Zanahoria	23,400	48,000	14,800	18,300	18,500
Remolacha	10,800	11,500	8,900	7,100	3,200
Tomate 2/	341,100	481,400	668,100	418,220	447,200
Ají pimiento	17,300	9,300	14,300	18,300	19,000
Repollo	55,800	62,200	26,900	30,700	27,400
Lechuga americana	29,500	42,200	16,400	18,500	19,000
Apio	5,000	8,400	2,000	3,000	3,200
Melón 3/	260,300	229,000	240,900	371,244	585,066
Sandía 3/	261,200	243,200	246,500	378,039	378,576
Pepino	3,300	3,200	9,100	10,600	14,300

NOTA: Excluye las provincias de Bocas del Toro y Darién.

1/ El dato se refiere a encuestas realizadas entre productores seleccionados.

2/ Incluye tomate de mesa e industrial. Cifras ajustadas con base a la investigación de compras de los establecimientos industriales.

3/ El dato se refiere a unidades.

La comercialización de los productos hortícolas y granos básicos, está regida por el Instituto de Mercadeo Agropecuario (I.M.A.), quien con la Oficina de Regulación de Precios fijan los límites de producción y precio para mantener el balance en las importaciones agrícolas.

El I.M.A. cuenta con tres silos para granos básicos y uno para cebolla, y las Cooperativas de Productores de papa poseen dos en sus áreas de producción, en Cerro Punta y Boquete, con capacidad de 44.000 y 30.000 qq. respectivamente.

629

Organismos Oficiales y Privados vinculados a la investigación y extensión fitosanitaria

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

Facultad de Agronomía (U. de Panamá)

Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA)

- Sanidad Vegetal
- Comité Nacional de Semillas

Empresas Agrícolas

- Compañía Panameña de Alimento (C.P.A.)
- Azucarera Nacional
- Ingenio La Estrella
- Ingenio La Victoria (Estatal)
- Tabacalera Istmeña (TISA)
- Tabacalera Nacional
- Empresa Estatal "Bayano"
- Corporación Bananera de Panamá (COBAPA)

Misión China

Instituciones de apoyo:

- Instituto de Seguro Agropecuario (ISA)

Bancos:

- Banco Nacional
- Banco de Desarrollo Agropecuario (BDA)
- Empresa Nacional de Maquinaria (E.N.DE M.A.)
- Empresa Nacional de Semilla (E.NA.SEM.)

Instituciones encargadas de la publicación de recomendaciones técnicas a los productores:

- Universidad de Panamá, Facultad de Agronomía
- MIDA - Jefes de programas
- IDIAP
- BDA-MIDA

630

Plagas más importantes de los principales cultivos en Panamá

Cultivo		Plaga	Medidas de control
Arroz	Cogollero	Spodoptera frugiperda	Toxafeno
	Medidores	Mocis repanda	Dipterex, dieldrin
		Mocis latipes	Endrin, Sevin
	Barrenadores	Rupela albinella	Lindano
		Diatraea saccharalis	Furadan
	Sogata	Sogatodes orizicola	Metasistox, Dipterex, Dimecron, Endrin
		Elasmopalpus lignocellus	Tiodan
	Pulgón	Epitrix sp	Sevin
	Gallina ciega	Phyllophaga sp	Clordano, aldrin, dieldrin
	Chinche de la Espiga	Oebalus pugnax	Dipterex, Malation
		Draeculacephala sp	
Maíz	Cogollero	Spodoptera frugiperda	Sevin 2% toxafeno 5%
	Chinillas	Diabrotica balteata	Aldrin 2.5 Lbs. m.a/Ha.
	Gusanos de la raíz	Diabrotica adelpha	Clordano, Endrin
	Gusano de la mazorca	Heliothis sp	Sevin, Malation, Dibrom
	Barrenador	Diatraea saccharalis	Furadan - Lidano
		Phyllophaga	
Frijol	Chinilla negra	Andrector salvini	
	Chinilla verde	Diabrotica balteata	Sevin 1-2 Kg/Ha.
	Chinilla azul	Diphaulaca panamae	
		Acalymmna sp	
	Cogollero	Spodoptera frugiperda	Dipterex
	Familia	Cicadelidos	Malation, Dibrom

Cultivo		Plaga	Medidas de control
Sorgo		Contarinia sorghicola	Metasistox, Diazinon
		Aphis maidis	Malation
		Mocis repanda	Dipterex
		Spodoptera frugiperda	Dipterex
		Epitrix sp	Dipterex
Tomate	Arrieras	Atta spp	Dieldrin, mirex
	Chinilla verde	Diabrotica balteata	Aldrin
	Candelilla	Solenopsis geminata	Furadan, Mocap
	Gusano cortador	Agrotis sp	
	Gusano carnudo	Manduca sexta	Sevin, Malation
	Minadores	Lyriomiza sp	Diazinon 1 - 1.1/2 Lb. ia/Ha.
	Enrrollador	Ptorimaea operculella	Lannate, Tamarón, Birlane
	Gusano del fruto	Heliothis sp	Sevin
Cucurbitáceas	Afidos	Aphis gossypii (predator Coleomegilla maculata)	Malation 4 Lb. m.a./Ha.
	Chinilla verde	Diabrotica balteata	
	Gusanos del fruto	Acalymma sp	Sevin 1/2 oz. m.a./Ha.
		Diaphania nitidalis Diaphania hyalinata	
Pastos	Medidores	Mocis repanda	Pastoreo, Dipterex
	Cogollero	Spodoptera frugiperda	Sevin 85% 2Kg/Ha.
	Saliveros	Aeneolamia reducta	Cygon, Malation 2 Kg/Ha.
		Aeneolamia lepidior	Cygon, Malation
	Chinche de la grama	Blisus leucopterus	Cygon, Malation

632

Cultivo		Plaga	Medidas de control
Caña	Barrenadores Menores	Diatraea lineolata	Furadan
		Diatraea saccharalis	Control biológico - Ingenio
	Barrenador gigante	Castnia licoides	Recolección - adultos
	Saliveros	Aeneolamia reducta	Furadan, Metasistox
		Prosapia simulan	Furadan, Metasistox
	Picudo de la piña	Metamasius hemipterus	Furadan, Metasistox
	Comején	Heterotermes convexinotatus	Furadan, Metasistox
	Gallina ciega	Phyllophaga sp	
Cítricos	Arrieras	Atta spp	Mirex, Aldrin 2.5%
	Mosca Med.	Ceratitis capitata	(Boquete exp. moscas estériles)
		Escamas	Malation 57% 15-30 ml/gl.
		Arañuelas-Tetranychus sp	
Cocotero	Picudo	Rinchopherus palmarun	Trampas, insecticida
		Strategus sp	Trampas, insecticida
	Gusano del follaje	Brassolis isthmia	Arseniato de P.b.
Tabaco	Medidor	Trichoplusia Ni	
		Heliothis sp	Lannate, otros
	Gusano cornudo	Manduca sexta	
Granos Almacenados		Sitophilus oriza	
		Ryzopertha sp	Photoxin
	Polillas	Sitotroga cerealella	Bromuro de metilo
	Polillas	Cadra cautella	Malation
		Bruchus piscrun	
		Acanto scelides seteki	

Cultivo		Plaga	Medidas de control
Soya	Chinilla negra	Andrector salvini	Sevin
	Medidor	Anticarsia gemmatalis	Phosdrin
	Chinillas	Diabrotica sp	
Papa	Polilla de la papa	Ptorimaea operculella	Orthene, Perfection, Tamaron
		Plagas del suelo	Furadan
Banano		Cosmopolites sordidus	Furadan, Mocap
		Caligus sp	

Enfermedades más importantes de los principales cultivos del país.

Cultivo	Enfermedad	Medida de control
Arroz	Pyricularia orizae	Benlate P.M. 50%
	Helmintosporium sp	
	Rhysoctonia sp	
	Sclerotion rolfsi	
	Hoja blanca (por chupadores)	
Maíz	Helmintosporium maydis	
	Cercospora sp	
	Rhynchosporium sp	
	Ustilago maydis	
Frijol	Uromices phaseoli	
Sorgo	Gleocencospora sp	
	Helmintosporium maydis	
	Antracnosis	

634

Cultivo	Enfermedad	Medidas de control
Tomate	Pseudomonas solanacearun	Agrimicin 500 Var. resistentes Injerto Ll-12
	Xantomonas sp	Benlate
	Cercospora sp	
	Alternaria sp	Cupravit Dithane M-45
Cucurbitáceas	Alternaria cucumerinuna	
	Pseudoperonospora cubensis	Cupravit Dithane M-45
	Mildiu	
	Sclerotinia sclerotiorum	
Caña	Roya Blanca: por Xantomonas albilineans	
	Roya Puccinia melanocephala (Susceptible B-4362)	Arar, cambiar variedad
Cítricos	Gomosis	
Coco	Anillo Rojo: por nemátodo	
	Radinaphelenchus cocofilus	
Tabaco	Pseudomonas salanacearun Virus - Mosaico del tabaco	
Papa	Phitophtora infestans	Dithane M-45 Benlate, Brestan 60
	Pseudomonas solanacearun	
Banano	Mal de Panamá (Hongo) Fusarium oxysporiun cubense Pseudomonas solanacearun	

63

Principales problemas fitosanitarios de los cultivos alimenticios

Otros Problemas

Consideramos además otros problemas fitosanitarios de efecto económico:

1.- Introducción ilegal de variedades e híbridos susceptibles o patógenos ya existentes e infestados con otros no presentes en las zonas introducidas por arroz en Progreso, Provincia de Chiriquí.

2.- Efecto de residuos de cobre heredados de las altas concentraciones y aplicaciones del caldo Bordeles, utilizado por la United Fruit Co., Barú, Provincia de Chiriquí.

3.- La existencia de empresas de venta, comercialización y producción de semillas, que no cuentan con campos experimentales. Tampoco se les revisa estrictamente el control fitosanitario de los campos de propagación. Se venden así semilla no - certificada, - sino "seleccionada", trayendo como consecuencia grandes problemas fitosanitarios (diseminación de malezas, plagas y enfermedades).

EL NEMATODO DORADO DE LA PAPA, *Heterodera rostochiensis*: NUEVOS DATOS SOBRE EL CONTROL INTEGRADO Y EVIDENCIA DE LA APARICION DE UNA NUEVA RAZA EN CERRO PUNTA.

El nemátodo *Heterodera rostochiensis* Wollenweber 1923, comúnmente conocido como "nemátodo dorado", es una de las plagas más dañinas que afectan al cultivo de la papa en el mundo. En la actualidad es considerado como potencialmente más peligrosos que cualquiera de los insectos y enfermedades que atacan este cultivo, tanto por su efecto patogénico que se manifiesta como una reducción ascendente de los rendimientos de la papa cultivada en terrenos infestados, como por la dificultad de controlarlo una vez que ha sido establecido en el suelo. Su erradicación es por el momento imposible debido principalmente a la supervivencia prolongada de sus huevos y larvas dentro del cuerpo de la hembra muerta, convertida en quiste protector de gruesa pared o cutícula.

Cada quiste es capaz de contener en su interior hasta 600 huevos que pueden permanecer viables en el suelo por un largo período de tiempo en un estado de reducida actividad metabólica en ausencia de un cultivo de papa. Se han reportado quistes con algunos huevos y larvas viables hasta 20 años después del último cultivo de papa efectuado en un terreno. En Panamá, el nemátodo dorado fue encontrado en 1967 en una de las plantaciones de papa de Cerro Punta, Provincia de Chiriquí.

6,6

En base a ésto, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), a efectuado investigaciones relacionadas a la problemática que el nemátodo dorado presenta a la producción papera de Panamá.

Durante el período 1975-1976 y con miras a definir un sistema de control integrado del nemátodo dorado, se llevó a cabo un experimento en el cual se utilizó un nematicida y algunas variedades resistentes, tolerantes y susceptibles.

Para este ensayo se utilizaron micro-parcelas formadas por tanques de 55 galones, cortados transversalmente y estos fueron enterrados en el suelo a una distancia de 2 m. x 2 m. En el fondo de cada micro-parcela se colocó una capa de gravilla de 5 cm. de espesor.

Tubérculos individuales de los cultivares Alpha, Aminca, Red Pontiac, Ukama y Veenster fueron sembrados en dichas micro-parcelas, las cuales contenían una población uniforme de 15,458 huevos y larvas de *H. rostochiensis* por 50 cc. de suelo.

La mitad de las micro-parcelas fueron tratadas al momento de la siembra con carbofuradan (Furadan 5G) a dósis de 1.5 gramos por planta, la otra mitad no recibió ningún tratamiento. Al final del ciclo de producción los tubérculos fueron cosechados y pesados, encontrándose que no hubo diferencia entre los tratamientos (con y sin nematicidas) en los rendimientos de los cultivares Veenster, Aminca, Alpha y Ukama, mientras que Red Pontiac produjo un 58.5% más cuando fue tratada con el nematicida que cuando no fue tratada (Fig. C-1A). Una incidencia de marchitez bacteriana afectó diferencialmente a los distintos cultivares ocasionando daños a los tubérculos que oscilaban entre 12.7 y 68.3% para los cultivares Veenster y Red Pontiac respectivamente (Fig. C-1B). Esta incidencia se reflejó en los rendimientos, los cuales fueron más altos en Veenster, seguidos de Aminca, Alpha, Ukama y Red Pontiac. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (con y sin nematicida) en cuanto a porcentaje de tubérculos dañados en ninguno de los cultivares. La densidad de población de *H. rostochiensis* al final del cultivo se redujo en los cultivares Ukama, Aminca y Veenster, no tratados con nematicida, en 53.9, 41.7 y 34.4% respectivamente, observándose una menor reducción, aunque no significativa, cuando éstos fueron tratados con nematicida, lo que indica la incapacidad del nematicida de ejercer un control adicional al efectuado a través del mecanismo de resistencia de dichas variedades (Fig. C-2). Estas variedades poseen resistencia a la raza o patotipe A del nemátodo en Holanda. El cultivar Alpha, sin embargo, incrementó la población en 16.6% sin nematicida y 2.1% con nematicida, aunque estas diferencias no fueron significativas. Alpha es una variedad susceptible al nemátodo en Holanda, la cual ha demostrado tolerancia bajo las condiciones de Cerro Punta en experimentos anteriores. Por otra parte, el cultivar Red Pontiac incrementó la población del nemátodo en 72.7% sin nematicida y 25.6% con nematicida. Esta variedad es muy susceptible al nemátodo dorado bajo nuestras condiciones.

Best Available Document

Este experimento destaca la resistencia de los cultivares Ukama, Aminca y Veenster, la tolerancia de Alpha y la susceptibilidad de Red Pontiac, además de la no efectividad del uso de nematicida en un sistema de control integrado que utilice los cultivares resistentes aquí ensayados. Nuevamente encontramos que la población del nemátodo al final del cultivo de papa no es reducida cuando se aplica un nematicida antes de la siembra de una variedad susceptible, sino que por el contrario, ella aumenta en relación con la densidad de población inicial; de manera que el control mediante el uso de nematicida implicaría su utilización cada vez que tenga lugar la siembra de un cultivo de papa en un terreno infestado. Sin embargo, con las variedades resistentes aquí ensayadas, el control del nemátodo mediante la reducción de sus poblaciones es mucho más efectivo. El uso de variedades resistentes pudiera parecer una forma ideal de control; sin embargo, la utilización contínua de estas variedades implica la alta probabilidad de seleccionar en pocos años una nueva raza del nemátodo para la cual dichas variedades no poseen resistencia. De ahí la necesidad de definir un sistema de control integrado que combine el uso de nematicidas con el de variedades resistentes, tolerantes y susceptibles, el cual sería más eficiente y económico.

A. El esquema de control integrado sería el siguiente:

1) Siembra de una variedad resistente (Aminca, Ukama o Veenster).

2) La siguiente temporada de siembra usar una variedad tolerante como Alpha.

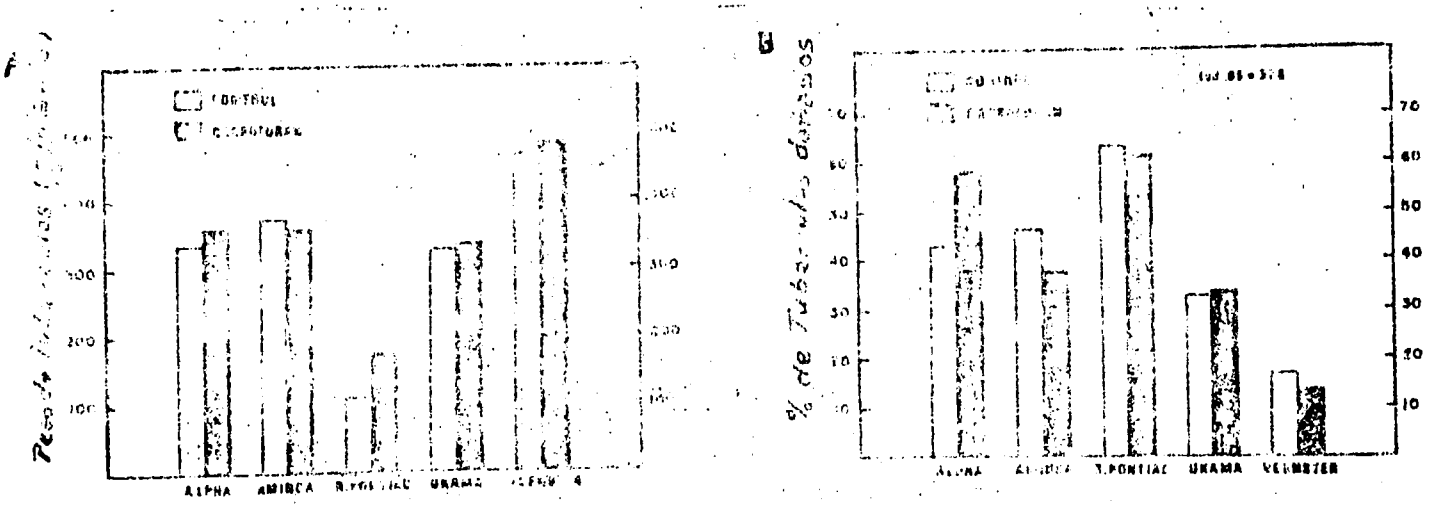
3) En la siguiente siembra utilizar un nematicida con la siembra de una variedad susceptible como Red Pontiac.

4) Iniciar el ciclo nuevamente con la siembra de una variedad resistente.

B. El uso contínuo de una variedad resistente puede inducir la formación de una nueva raza o patotipo. Recientemente hemos tenido algunas indicaciones de que ésto pudiera estar ocurriendo en Cerro Punta, ya que el Ing. Roberto Rodríguez del IDIAP ha encontrado hembras del nemátodo adheridas y parasitando raíces de la variedad resistente "Amigo". Por otro lado, pruebas realizadas bajo condiciones de invernadero con clones de especies diferenciales utilizadas para identificar patotipos del nemátodo, han revelado alguna evidencia adicional.

La reacción típica de los diferentes patotipos (A, B, C, D y E) sobre los clones diferenciales se indica en el Cuadro C-1. Cuando estos clones se utilizaron para determinar el patotipo o patotipos existentes en tres poblaciones del nemátodo de Cerro Punta, se encontró que la raza A era la predominante, ya que la reproducción del nemátodo fue abundante en *Solanum tuberosum* (Cuadro C-2), especialmente en las pobla

638



Pf / Pi x 100

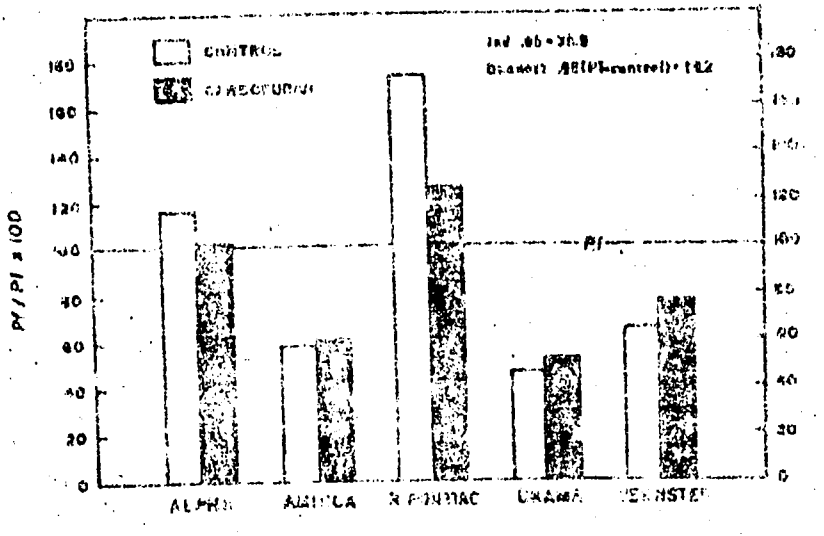


Fig. G-2. Relación entre la población final (Pf) y la población inicial (Pi) de huevos y larvas de E. rostochiensis en cinco variedades de papa con y sin tratamiento nematicida, expresada como porcentaje de la población inicial (Pi = 100% = 309.2 huevos y larvas/cc de suelo).

Best Available Document

ciones 2 y 3. Sin embargo, hubo alguna reproducción de *S. kurtzianum* (KTT-60-21-19), donde normalmente la raza A debe presentar una reacción negativa. Esto es interesante por cuanto una reacción positiva en *S. kurtzianum* debe dar también una reacción positiva en *S. andígena* si se tratara de un incipiente desarrollo de la raza C, lo cual no ocurrió. Cabe pensar entonces en la posibilidad de que una raza diferente a las que comúnmente existen en Europa se esté desarrollando en Cerro Punta. Sin embargo, es aún muy prematuro llegar a conclusiones a este respecto, pero ante la tremenda importancia que ésto tiene para la zona papera de Cerro Punta, ello nos ha alertado a concentrar nuestros esfuerzos en la realización de nuevas evaluaciones, utilizando un mayor número de réplicas, que puedan revelarnos diferencias en cuanto a la patogenicidad de este nemátodo en Panamá.

En relación a control biológico en caña de azúcar, la lucha es fundamentalmente contra el noctuidae *Diatraea tabernella*, que es la que ataca la caña en Panamá en un 90% y un 10% *Diatraea sacharalis*. Tenemos dos parásitos de importancia, de larvas, *Paratheresia claripalpis* (díptero) y de huevos, *Trichogramma sp.* No obstante el índice de infestación promedio es relativamente alto con un 10% de entrenudos dañados, lo que causaría una pérdida en la producción de azúcar en un 5% y ésto resulta ser una pérdida económica bastante fuerte.

Se ha trabajado con dos especies de parásitos importados del díptero *Lixophaga diatraea*, que no se adapta al medio y el micro-himnóptero (Braconidae) *Apanteles flavipes* de orígen indú que ofrece buenas perspectivas. Se están liberando 500 adultos diarios por hectárea y hasta la fecha se han liberado un millón cuatrocientos mil (1',400.000) en 2.800 hectáreas. En dos meses hemos encontrado parasitismo en un 10% como nivel máximo, lo que es muy alentador en tan poco tiempo.

El control con *Apanteles sp.*, dió resultados buenos en Barbados en 1970 y se está trabajando con buenas perspectivas en Brasil (Planolsucar), en Colombia en (Río Paila), en Perú (ICIA), en Panamá (en Santa Rosa). También tenemos como plaga importante *Castnia licus* o *C. licoides*, conocido como barrenador gigante de la caña de azúcar, no conocemos hasta ahora ningún parásito o predator efectivo.

También ha aparecido una enfermedad grave en la caña, que es la Roya (*Puccinia melanocephala*) en la cual nuestra principal variedad la B-4362 (un 45% de toda el área sembrada en el país, resulta ser altamente susceptible). Es bastante problemático el asunto temiéndose que en la B-4362, podamos tener pérdidas del 10 al 30% de la producción potencial y, hasta la fecha el único sistema de control es arar y cambiar de variedad. Este efecto puede ser muy costoso para la industria azucarera panameña.

640

Cuadro C-1. Reacción de los clones diferenciales ante diferentes patotipos o razas de *H. rostochiensis*.

Clones diferenciales	PATOTIPOS				
	A	B	C	D(2)	E(2)
S. tuberosum (Irene)	+(1)	+	+	+	+
S. andigena (Marijke)	-(1)	+	+	+	+
S. kurtzianum (KTT-60-21-19)	-	-	+	+	+
S. vernei (G.LSK. 58-1642/4)	-	-	-	+	+
S. vernei (Clone $(VT^n)^2$ 62.33.3)	-	-	-	-	+

(1) + = susceptible

- = resistente

(2) Los patotipos D y E son considerados en Europa como *Heterodera pallida*

Cuadro C-2. Reacción de clones diferenciales de *H. rostochiensis* a tres poblaciones del nemátodo en Cerro Punta.

Clones diferenciales	Poblaciones(1)		
	1	2	3
S. tuberosum	6.5(2)	592.5	1148.5
S. andigena	0	0.5	0
S. kurtzianum (KTT-60-21-19)	6	3	1.5
S. vernei (G.LSK. 58-1642/4)	0	0	0
S. vernei (Clone $(VT^n)^2$ 62.33.3)	0	0	0

(1) Las poblaciones corresponden a:

1- Tierra procedente de cultivo del nemátodo en el campo experimental de Cerro Punta.

2- Tierra de la Finca del Sr. Sixto Santamaría.

3- Tierra de la Finca del Sr. Vedran Yercovich.

(2) Las cifras indican el número de hembras adheridas en la periferia del sistema de raíces de plantas de 9 semanas de edad. Promedio de 2 réplicas.

PLAN PARA LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL CONTROL INTEGRADO A NIVEL DE PEQUEÑOS PRODUCTORES EN PANAMA. UNA PROPUESTA.

PARTE II

Bernin Bell *
Fanny M. Saavedra *
Eric Quiros **
AllanRourk ***

INTRODUCCION

Panamá como casi todos los países latinoamericanos tiene una agricultura poco desarrollada y lucha constantemente contra las enfermedades y plagas para obtener una óptima producción.

Con los avances tecnológicos, que han traído como consecuencia el uso intensivo de plaguicidas, y la obtención de éstos por medianos y grandes productores, al pequeño agricultor se le ha marginado ya que él no puede producir como los primeros por su bajo poder adquisitivo.

Los grandes productores en Panamá, tal vez por el recién desarrollo agrícola, todavía no han distorcionado en gran medida el ecosistema agrícola por el sólo uso de plaguicidas.

Será beneficioso el establecimiento de un método de control de plagas integral que permita minimizar costos "ahorrar" energía y mantener el medio ambiente y los agroecosistemas estables.

La puesta en práctica del control integrado de plagas llevará a nuestro país a coordinar los trabajos de investigación de los escasos especialistas e institutos de investigación con que contamos. Además, la tarea de concientizar, incentivar, capacitar y comprometer a los técnicos regionales (léase extensionistas), de producción agrícola en dicha práctica. Sin olvidarnos de la concientización y compromiso del agricultor.

---

* Técnicos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Panamá.
** Técnico, Universidad de Panamá. Panamá.
***Técnico del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

642

Plan futuro de control integral de plagas

Los planteamientos que abajo se enumeran serán sobre todo orientados hacia granos básicos, hortalizas (tomate, cebolla, papa), banano y caña de azúcar.

No hacemos un programa por rubro, pues consideramos que la etapa preliminar de concientización y especialización de técnicos y productores puede hacer variar la programación.

Se tiene la finalidad de "volver" al pequeño productor, con el cual los ensayos de control integrado de plagas podrían ser más efectivos; pero volvemos a señalar la etapa de divulgación que es de suma importancia en nuestro país sea cual fuere el tipo de productor con el que trabajemos.

A continuación nuestros planteamientos futuros para establecer un Programa de Control Integrado de Plagas:

A. El Instituto de Investigación Agropecuario (IDIAP), la Universidad de Panamá (Facultad de Agronomía y la Escuela de Biología), el Departamento de Sanidad Vegetal de la Dirección Nacional de Producción Agrícola del M.I.D.A., serán responsables de las labores preliminares de integración que a continuación se enumeran:

1.- Organizar un programa nacional de reconocimiento de plagas, y las fluctuaciones de sus poblaciones durante el año.

2.- Reconocimiento e identificación de posibles parásitos o depredatores de las plagas más importante en nuestros cultivos.

3.- Continuar investigaciones referente a establecer niveles económicos de daño, en los diferentes cultivos.

4.- Establecer la idea de aprender a convivir con las plagas y eliminar el concepto de "erradicación".

5.- Hacer campañas nacionales, tendientes a educar al consumidor sobre un concepto más amplio de "calidad de productos" y que comprenda, que una mazorca de maíz apenas mordida por los gusanos, no es completamente desechable.

6.- Verificar plaguicidas en uso, según selectividad, dósis, frecuencia de aplicación, residualidad, etc.

7.- Revisar reglamentaciones legales existentes, referentes a importación, elaboración, manipulación, almacenamiento, tráfico y uso de venenos económicos en general, así como también la maquinaria y equipo para la aplicación, etc.

8.- Legislar en materia, que aún no ha sido objeto y hacer que éstas y las ya vigentes, se cumplan.

9.- Mejorar y adaptar más las prácticas culturales, en los diferentes cultivos, de acuerdo a cada región con el fin de conservar nuestros suelos. (Sistemas de terrazas, curvas de nivel, cultivos intercalados, etc).

10.- Hacer un mejor uso y manejo de los sistemas de riego.

11.- Recurrir al uso de variedades resistentes, tolerantes, aunque no sean las de mayor rendimiento.

12.- Crear un museo entomológico de las diferentes plagas e insectos benéficos existentes en el país, de ser posible por provincias, donde los agricultores puedan acudir sin dificultad y familiarizarse con estos insectos, con los cuales convive a diario, pero que no los conoce.

13.- Crear un herbario con las principales malezas, consideradas en cada región, como hospederos alternos de insectos benéficos y dañinos.

14.- Establecer ensayos demostrativos y científicos sobre control integrado de plagas para pequeños, medianos y grandes productores, con énfasis hacia el productor marginado. Utilizar para ésto los Técnicos de Producción Agrícola, quienes deberán llevar por lo menos un (1) ensayo por región en los mismos campos de los productores.

15.- Aprovechar al máximo los estudiantes de los ciclos básicos de producción (a nivel medio) como medios de divulgación de control integrado de plagas; ya que estos estudiantes en un 90% proceden de familias de pequeños agricultores, donde no han usado aún ningún control químico contra plagas, enfermedades y malezas; de manera tal que el ecosistema se mantiene aún en bastante desequilibrio biológico.

16.- Divulgación en forma sencilla y práctica de toda la experimentación realizada por el IDIAP, Universidad, e instituciones afines, para que llegue a manos del pequeño agricultor y puedan ser aprovechados.

C O S T A R I C A

PARTE I REPORTE NACIONAL

PARTE II CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS EN COSTA RICA.

645

REPORTE NACIONAL: COSTA RICA

PARTE I

Melvin Casares *
Juan Hernández R. *
Carlos Luis Rodríguez *
Claudio Gamboa **

I. INTRODUCCION

Costa Rica es una República cuya área se estima en 50.000 Km^2., su población en 1975 fue de 1.970.000 habitantes, con una proyección para 1985 de 2.961.000. Su Capital es San José y la moneda es el Colón ($1= ₡8.67), el idioma el castellano y datos de 1979 indican que el 94% de la población es alfabeta.

De la población económicamente activa se dedican a la agricultura, caza y pesca 54.26%, a las industrias manufactureras 16.08%; a servicios 9.84%, oficinistas 4.10%, vendedores 3.80%, gerentes y administradores 3.52%, trabajadores técnicos 3.31%, construcción 1.74%, otros 3.29%.

Costa Rica limita al Norte con Nicaragua (300 Km.), al Noreste con el Océano Atlántico (212 Km.), al Este con Panamá (363 Km.) y al Suroeste con el Océano Pacífico (1016 Km.). Se encuentra políticamente dividido en siete provincias: Alajuela, Cartago, Guanacaste, Heredia, Limón, Puntarenas y San José (706.419 habitantes).

El Poder Ejecutivo lo ejerce el Presidente de la República, Lic. Rodrigo Carazo Odio; el Poder Legislativo consta de una sola cámara; la Asamblea Legislativa, formada por 57 Diputados; el Poder Judicial reside en la Corte Suprema de Justicia. El sufragio es universal y obligatorio para todos los mayores de 18 años. La Constitución prohibe la organización del ejército y la religión católica es la oficial.

Productos Agrícolas: algodón, almendras, arroz, bananos, camotes, cacao, café, cítricos, mango, aguacate, frijoles, maíz, sorgo, papa, tabaco, caña de azúcar, palma africana, yuca, cebolla, zanahoria, repollo, lechuga y otras hortalizas; madera y ornamentales (flores).

---

* Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.

** Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

646

Productos Pecuarios: bovinos, cerdos, caballos, gallinas y cabras.

Pesca: Principalmente atún, cangrejo, camarón, langosta y tiburón.

Minería: Principalmente sal, azufre, cal y mercurio.

Industria: Azúcar, cemento, cigarrillos, derivados del petróleo, harina de pescado y trigo; hilados de algodón, neumáticos, abonos nitrogenados, alimentos en conserva, aceites comestibles, calzado, cerámica, fósforo, jabones, muebles, productos químicos y productos animales (leche, carne, huevos y cuero).

El sistema bancario se encuentra organizado de la siguiente forma: el Banco Central emite la moneda y regula el crédito y el cambio internacional. Los bancos comerciales fueron nacionalizados el 21 de junio de 1948 y son ellos: el Banco Nacional de Costa Rica, el Banco de Costa Rica, el Banco de Crédito Agrícola de Cartago y el Banco Anglo-Costarricense.

En lo que a comunicaciones se refiere, los principales puertos marítimos son: Limón en el Atlántico y los de Puntarenas y Golfito en el Pacífico; y el principal puerto aéreo es el Juan Santamaría. El Ferrocarril Eléctrico, mantiene comunicación con los Puertos de Limón y Puntarenas. Se cuenta con sistema de Telégrafos y 51 emisoras de radio; además 4 de televisión y un sistema de teléfonos en las siete provincias. Cabe hacer notar que en la televisión (Canal 13) se cuenta actualmente con un espacio para la difusión de noticias agropecuarias, llamado "Panorama Agropecuario".

II. PRINCIPALES CULTIVOS Y DISTRIBUCION EN EL PAIS

Costa Rica está dividida en siete zonas agrícolas y sus principales cultivos son:

1.

Zona Norte	Ha.
Caña de azúcar	5.766.8
Maíz	4.985.3
Arroz	4.899.4
Banano	4.368.0
Café	3.440.9
Frijol	3.410.0
Cacao	2.573.0
Plátano	1.473.3
Guineo cuadrado	1.288.6
Yuca	850.0

2.

Valle Central Oriental	Ha.
Café	18.925.2
Caña de azúcar	9.497.0
Maíz	2.484.5
Papa	1.689.1
Frijol	854.3
Arroz	87.9

3. Valle Central Occidental

	Ha.
Café	31.272.6
Caña de azúcar	12.574.7
Maíz	2.673.5
Frijol	1.553.0
Arroz	930.5

4. Pacífico Seco

	Ha.
Arroz	29.048.6
Maíz	14.765.2
Frijol	8.225.2
Caña de azúcar	7.058.2
Café	2.598.9
Sorgo	1.900.2

5. Pacífico Central

	Ha.
Café	12.966.0
Arroz	12.602.6
Maíz	6.226.7
Frijol	4.058.5
Sorgo	974.7
Tabaco	751.0
Banano	227.6
Guineo cuadrado	171.2
Yuca	63.8
Papa	19.0

6. Pacífico Sur

	Ha.
Arroz	17.134.5
Maíz	15.508.0
Café	13.718.3
Banano	10.052.0
Frijol	8.408.9
Plátano	2.610.7
Caña de azúcar	1.630.8
Guineo cuadrado	1.018.7
Sorgo	750.6
Tabaco	569.5
Cacao	445.1
Yuca	355.1

7. Zona Atlántica

	Ha.
Banano	20.698.3
Maíz	17.224.1
Cacao	5.244.9
Plátano	1.550.8
Cocos	940.3
Arroz	752.9
Yuca	566.0
Café	484.6
Frijol	170.5
Guineo cuadrado	147.7

		NUMERO DE EXPLOTACIONES	AREA TOTAL/HA
1.	Zona Norte	8.706	607.414.3
2.	Valle Central Oriental	11.131	209.977.4
3.	Valle Central Occidental	15.438	229.329.9
4.	Pacífico Seco	15.712	1.099.107.0
5.	Pacífico Central	11.384	209.131.9
6.	Pacífico Sur	13.901	522.960.4
7.	Zona Atlántica	5.290	244.530.0
	Total	81.562	3.122.450.9

648

III. CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION AGRICOLA EN EL PAIS.

EXPLOTACIONES DE COSTA RICA DE ACUERDO AL AREA EN %

Menores de 50 Ha.	85
De 50 a 200 Ha.	11
De 200 a 500 Ha.	2.5
De 500 a 1000 Ha.	0.6
De 1000 a 2500 Ha.	0.3
Mayor de 2500 Ha.	0.1

REGIMEN DE TENENCIA DE EXPLOTACIONES DE COSTA RICA CON SOLO UN PROPIETARIO EN %

Explotaciones	
Menores de 50 Ha.	83
De 50 a 200	12.2
De 200 a 500	3
De 500 a 1000	0.7
De 1000 a 2500	0.3
Mayor de 2500	0.1

POBLACION DE COSTA RICA

Urbana: 870.500

Rural : 1.083.500

AREA TOTAL DE LOS CULTIVOS EN COSTA RICA EN %

Area de labranza	4.6
Area de cultivos perennes	4.5
Area de pastos	28.4
Area de bosques y montes	11.9
Area de charrales y tacotales	5.2

CLASE DE FUERZA MOTRIZ UTILIZADA EN COSTA RICA EN %

Mecánica	6.3
Animal	2.9
Animal y Mecánica ...	5.6
Humana	8.5

649

PRINCIPALES CULTIVOS DE COSTA RICA BAJO RIEGO

Cultivo	Area/Ha.
Pastos	18.039.1
Banano	13.017.4
Arroz	12.959.0
Café	12.064.6
Caña de azúcar	7.400.2
Maíz	1.653.6
Papa	414.0
Tomate	186.2
Cebolla	177.2

Bibliografía:

Censo Agropecuario de Costa Rica 1973.

IV. PRINCIPALES PROBLEMAS FITOSANITARIOS

Plagas:

No existe en nuestro medio un cultivo en que no se presenten problemas con gusanos cortadores y los principales géneros son: *Agrotis spp*, *Spodoptera spp y Phyllophaga spp*, este último con mayor actividad durante la época de mayo-junio. En el maíz además se presentan daños de *Diabrotica spp*. Los problemas se acentúan de acuerdo al manejo que realice el agricultor en el control de estas plagas. Los productos químicos han jugado un papel de gran importancia en este aspecto.

En seguida se realiza un resúmen de las principales plagas, en los cultivos de mayor importancia:

1. ARROZ

	Nombre vulgar
Elasmopalpus lignosellus	"taladrador del tallo"
Mocis latipes	"falso medidor", "langosta"
Sogatodes spp	"mosquilla del arroz"
Blissus lecopterus	"chinche del arroz"
Draeculocephala spp	"cigarrillas"
Mormidea spp	"chinche manchador"
Oebalus spp	"chinche manchador"

	Nombre vulgar
2. MAIZ	
Diatraea lineolata (Wlk)	"taladrador del tallo de maíz"
Elasmopalpus lignosellus	"taladrador menor"
Spitrix sp	"pulguilla saltona"
Spodoptera frugiperda	"cogollero"
Dalbulus spp	"cigarrillas"
3. SORGO	
Elasmopalpus lignosellus	"taladrador del tallo"
Spodoptera frugiperda	"cogollero"
Contarinia sorghicola	"mosquita del sorgo"
4. CAÑA DE AZUCAR	
Elasmopalpus lignosellus	"taladrador menor de caña de azúcar"
Diatraea guatalmalella	"taladrador del tallo de caña de azúcar"
Diatraea tabernella	"taladrador del tallo de caña de azúcar"
Holcocera spp	"taladrador del tallo'
Metamasius spp	"taladrador del tallo'
Sacharosydne sacharivora	"cochinilla rosada de caña de azúcar"
Costnia licus	"taladrador gigante de caña de azúcar"
5. CAFE	
Pantomorus spp	"picudo de la hoja del café"
Cleistolopus spp	"picudo de la hoja del café"
Steirrharinus spp	"picudo de maíz y hoja del café"
Leucoptera coffealla	"minador de la hoja del café"
Ydiarthron atrispinum	"chapulín del café"
Toxoptera aurantii (Fonse).	"áfidos"
Oligonychus yothersi (Mc G)	"arañita roja"
Ceratitis capitata (Weid)	"mosca del mediterráneo"
Planococcus citri	"cochinilla harinosa"

6. FRIJOL

	Nombre vulgar
Spodoptera spp	"cortador"
Heliothis spp	"taladrador de la vainica"
Zhichoplusia ni	"gusano medidor"

7. BANANO

Cosmopolites sordidus	"picudo del banano"
Ceramidia musicola	"gusano peludo del banano"

8. PALMA AFRICANA

Rynchophorus palmarum	"picudo de la palma"

9. PAPA

Gusanos cortadores

Scrobipalpopsis solanivora	"polilla de la papa"

En otros cultivos menores como son las hortalizas, existen problemas por: Erynnis ello, Ananduca seta, Heliothis sp, Plutella maculipennis y Pieris rapae, principalmente.

MALEZAS

Se pueden distinguir tres grupos principales de malezas, de hoja ancha, angosta y ciperáceas, a continuación se citan las más importantes:

Familia	Género y especie
Acanthaceae	Blechum pyramidatum
Amaranthaceae	Amaranthus spp
Asdepiadaceae	Asclepias curassavica
Balsaminaceae	Ympatiens spp
Caryophyllaceae	Drymaria cordata
Chenopodiaceae	Chenopodium ambrosioides
Commelinaceae	Commelina spp
	Tinantia erecta

Compositae	Ageratum conyzoides
	Baltimora erecta
	Bidens spp
	Cercium costarricense
	Elvira biflora
	Emilia sonchifolia
Compositae	Erechtites fieraciifolia
	Galinsoga spp
	Melampodium spp
	Sclerocarpus spp
	Sonchus oleraceus
	Taraxacum spp
	Tithonia spp
Convolvulaceae	Ypomoea spp
Cruciferae	Brassica spp
Cyperaceae	Cyperus rotundus
	Cyperus spp
Dennstaedtiaceae	Pteridium spp
Gramineae	Brachiaria mutica
	Penchrus spp
	Cynodon dactylon
	Digitaria spp
	Eleusine indica
	Hyparrhenia rufa
	Yxophorus unisetus
	Leptochloa spp
	Panicum maximum
	Paspalum spp
	Rottboellia exaltata
	Setaria spp
Leguminosae	Cassia spp
	Desmodium spp
Papaveraceae	Argemone mexicana

Phytolaccaceae	Phytolacca spp
Plantaginaceae	Plantago spp
Polygonaceae	Poligonum spp
	Rumex spp
Portulacaceae	Portulaca spp
Solanaceae	Solanum spp
Verbenaceae	Lantona camara

V. PRINCIPALES MEDIDAS DE CONTROL QUE SE APLICAN ACTUALMENTE

A.- MALEZAS: Varios son los métodos que utiliza el agricultor, el método mecánico a base de cuchillo, machete y chapeadoras mecánicas (chancho de monte) continúa siendo importante, al igual que las deshierbas a mano en cultivos hortícolas. Es importante el Control Biológico, el cual se lleva a cabo en forma natural y su investigación ha sido muy poca en nuestro país.

En muchos cultivos se combinan métodos mecánicos, culturales y químicos. A continuación se presentan los principales cultivos y los métodos utilizados.

Cultivo	Método	Productos Químicos
Arroz	Químico	Profanil, Tiobencarbo, Pendimetalin.
Maíz	Químico y mecánico	Atrazina, 2,4-D, alador Tiobencarbo
Frijol	Químico y mecánico	DNBP, alador
Camote	Químico y mecánico	Ametrina
Papa	Químico y mecánico	Linarón, Metribuzim

NOTA: Debido a falta de información a mano, se omitió Enfermedades, Nematología y su combate.

Sorgo	Químico y Mecánico	Atrazina
Repollo	Mecánico y Desh. manual	
Remolacha	Mecánico y Desh. manual	
Café	Mecánico y químico	alador, oxifluorfen Paraquat, diuron, MSMA 2.4-D, glifosato, simazina.

654

Caña de azúcar	Químico	2,4-D, Diuron, Paraguat, Ametrina
Banano	Químico	Paraquat, Diuron, Ametrina
Pastos	Químico y mecánico	2,4-D; 2,45-T Picloran, Dicamba
Tabaco	Medánico	
Cebolla y Zanahoria	Químico	Linuron, Nitrofen
Tomate y chile dulce	Químico y mecánico	Paraquat
Algodón	Químico y mecánico	Trifluralin, Pendimetalin
Piña	Químico y mecánico	Diuron
Yuca, coco, frutales y otros	Mecánico	

PLAGAS

CONTROL QUIMICO

Se realizan evaluaciones de diferentes productos químicos, haciendo comparaciones entre los plaguicidas que han dado un mejor control en el pasado y los nuevos, con los objetivos esenciales de buscar productos cada vez más eficaces y evaluar si la plaga ha desarrollado cierto nivel de resistencia.

Las evaluaciones de productos químicos para el control de malezas, insectos, ácaros, hongos, nemátodos y algunos vertebrados que causan problemas, son realizadas en todo el país; pero en su mayoría en los siguientes lugares: Estación Fabio Baudrit Moreno, Estación Experimental Los Diamantes, Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, en el Norte del país, en la región de San Carlos y en el Valle Central.

Los insecticidas evaluados son de naturaleza: organofosforados, carbonatos y piretroides. Los fungicidas evaluados son carbonatos, cobres y benzimidazoles esencialmente.

Los herbicidas son utilizados de acuerdo a las malezas a controlar, pero generalmente los usados son de naturaleza hormonal, triazinica y ureas sustituídas.

Las evaluaciones realizadas permiten tener un conocimiento sobre el control a ejecutar en un momento determinado, pero, a la hora de dar una recomendación se sugiere además otro tipo de manejo de naturaleza cultural, por ejemplo: la chapia de pastizales para ejecutar un mejor

655

control de *Prosopia sp.* "baba de culebra" para que trabajen mejor los insecticidas; otro ejemplo es en el control de la "cochinilla harinosa" en el cual se aplica el control químico sólo si el nivel de población de la plaga es muy alto y si los enemigos naturales no tienen una población suficiente para realizar un control eficiente. En general el control químico se recomienda hacer, cuando la plaga ha alcanzado su umbral económico, por ejemplo, se recomienda cuando hay más de una "mosca del sorgo" por espiga y cuando el cultivo tiene de un 50-70% de floración, ésto se hace para otras plagas en varios cultivos; pero se necesita mayor investigación.

Muchos agricultores siguen las recomendaciones dadas como resultado de nuestras investigaciones, pero también hay un gran número de ellos que hacen un uso indiscriminado de los productos químicos. Es una meta del futuro, luchar por cambiar este hecho y para ello se deben unir esfuerzos de instituciones públicas y privadas y además de un cambio en la mentalidad de los productores.

PROGRAMA DE CONTROL BIOLOGICO

En la naturaleza se encuentran gran cantidad de insectos benéficos, parásitos y predatores que están en equilibrio con los insectos dañinos debido a que se alimentan a expensas de ellos.

El Programa de Control Biológico pretende reforzar la fauna benéfica, con liberaciones inducidas de insectos benéficos para mantener bajas las poblaciones de plagas en los cultivos y restringir así el uso de insecticidas cada vez más costoso y sus negativas consecuencias.

Otro punto que contempla el Programa de Control Biológico es el reconocimiento de insectos benéficos en el país.

A continuación se presentan algunos proyectos de Control Biológico en que se trabaja actualmente.

a.- Control de la cochinilla harinosa del cafeto (*Planococcus citri Risso*) por medio de *Cryptolaemus montrouzieri Muls.*

Esta plaga aparece en el verano sobre las plantas de café en las zonas cafetaleras de mayor altura, para su control se utiliza el coccinelido *Cryptolaemus montrouzieri Muls*, cuyas larvas y adultos son predatores muy voraces, ayudando de esta forma a los predatores nativos como *Hyperaspis* spp y [illegible].

Este predator se reproduce en el laboratorio usando la misma cochinilla como alimento, la que a su vez es reproducida en brotes etiolados de papa o en ayotes de cáscara delgada.

656

Este control se completa con espolvoreos de un insecticida como el Aldrin, al pié de las plantas, para el control de las hormigas que viven en protocooperación con la cochinilla; la hormiga aprovecha las sustancias azucaradas que expele la cochinilla y ésta a su vez le brinda protección.

b.- Control Biológico de Plagas de Algodón

El cultivo del algodón se ha incrementado en los últimos años, para lo cual se ha estado utilizando el *Trichogramma spp* para el control de *Heliothis sp* y *Alabama argillacea* con mucho éxito, ya que el promedio de aplicaciones de insecticida donde se liberaron estos parásitos fue de dos, mientras que donde no se aplicó hubo necesidad de hacer ocho atomizaciones o más durante el ciclo del cultivo.

También se han estado utilizando trampas con ferhormonas para atraer y capturar al picudo (*Anthonomus grandis*).

Otras medidas que se utilizan son las siembras de hileras de maíz intercaladas dentro del cultivo para atraer al *Heliothis, zea*. La eliminación de rastrojos al término de la cosecha y de malezas antes y durante el ciclo del cultivo, son medidas que también se llevan a cabo.

c.- Control Biológico de las moscas de las frutas

Las moscas de las frutas del género *Anastrepha*, así como la *Ceratitis capitata* constituyen el peor problema que tienen las diferentes especies frutales en el país.

Para bajar las poblaciones de estos dípteros, se crían en el laboratorio varias especies de himenópteros que son parásitos muy eficientes; sin embargo, por falta de contenido económico, la cantidad de insectos que se liberan es insuficiente para bajar significativamente el ataque de estos dípteros.

Las especies de parásitos de larvas de las moscas de las frutas con que se cuenta son: *Biosteres longicaudatus* y *B. concolor szelp* y los parásitos de pupas: *Syntemosphyrum indicum*, *Pachierepoideus vindenmiae Rond.*

d.- Control del taladrador del tallo de la caña de azúcar, por medio del parásito de huevecillos *Trichogramma spp*.

Debido al ataque de los taladradores de la caña de azúcar, del género *Diatraea spp*, el país pierde alrededor de ₡ 20.000.000 al año, por lo que se está tratando de bajar la infestación con liberaciones inducidas de *Trichogramma pretiosum*.

657

Existe en el país la mosca tachinida *Parexcheresia claripalpis*, parásito de las larvas de *Diatraea spp* que en ciertas épocas del año alcanza altos porcentajes de parasitismo. La idea es complementar la acción de esta mosca sobre las larvas con liberaciones de *Trichogramma* que parasiten los huevecillos.

Control Biológico de plagas en otros cultivos

Muchas de las hortalizas tienen un consumo directo y con frecuencia hay un abuso por parte del agricultor en cuanto a la cantidad y número de aplicaciones de insecticida.

Para obviar este problema se está investigando con el parásito de huevecillos *Trichogramma pretiosum* con resultados promisorios para el control de *Plutella maculipennis* y *Trichoplusia ni* en repollo y *Heliothis sp.* y *Manduca sexta*, en tomate.

Otros cultivos en que se proyecta trabajar es en frijol, contra *Heliothis sp.* y *Trichoplusia ni*, también en banano contra *Ceramidia musicola* y en tabaco contra *Manduca sexta*.

VI. ORGANIZACIONES OFICIALES O PRIVADAS VINCULADAS A LA INVESTIGACION Y EXTENSION FITOSANITARIA

A. MAG - Ministerio de Agricultura y Ganadería. Es el organismo gubernamental encargado de la labor de Extensión y que realiza investigación en Fisicultura, Forestales, Nematología, Patología, Entomología, Suelos y Agronomía (granos y hortalizas) y en Ganadería (Mejoramiento animal y Agrostología). Cuenta para su labor de investigación con tres estaciones experimentales: Los Diamantes (Zona Atlántica), Enrique Jiménez Núñez (Pacífico Seco) y El Alto (Valle Central). Mantiene además programas cooperativos con otras instituciones (CATIE, CIRSA, UCR, CIAT, CIMMYT y Of. del Café).

B. UCR - Universidad de Costa Rica. Realiza investigación agropecuaria por medio de la Facultad de Agronomía y sus Estaciones Experimentales Agrícolas Fabio Baudrit Moreno y El Alto.

C. Of. del Café. Oficina del Café, investiga en café y diversificación agrícola.

D. ASBANA - Asociación Bananera Nacional. Investiga en banano y diversificación agrícola.

E. OIRSA - Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Control Biológico.

F. CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

G. IICA - Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

H. UNA - Universidad Nacional.

OTROS ORGANISMOS VINCULADOS:

1. CNP - Consejo Nacional de Producción,
2. INS - Instituto Nacional de Seguros
3. ITCO - Instituto de Tierras y Colonización.
4. Liga de la Caña de Azúcar
5. Junta de Defensa del Tabaco
6. Compañías Arroceras
7. Sistema Bancario Nacional (Créditos)
8. Republic Tobacco Co.
9. Compañías de Agroquímicos o sus Representantes.

CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS EN COSTA RICA

PARTE II

Melvin Casares *
Juan Hernández R. *
Carlos Luis Rodríguez *
Claudio Gamboa **

Debido al uso irracional de biocidas para el control de malezas, plagas y enfermedades en Costa Rica, se ha llegado a un aumento cada vez mayor en el número de aplicaciones, lo que ha originado un incremento en los costos de producción, así como la contaminación del medio ambiente y el peligro del manejo de pesticidas.

Esta situación ha originado otro enfoque en el manejo de plagas y enfermedades como son: el reconocimiento de la entomofauna, el empleo de liberaciones inducidas de parásitos y predatores, así como prácticas culturales que sean desfavorables al desarrollo de la plaga o la enfermedad y también al control de malezas que sirven de huésped intermedio.

A pesar de que se ha logrado cierto progreso en el empleo de estas prácticas por parte del pequeño agricultor, éste no ha asimilado la técnica en su mayor parte, por lo que es necesario continuar fomentando la transferencia de tecnología en este campo.

Desarrollo de un Programa de Control Integrado de Plagas y Enfermedades en los cultivos: arroz, frijol y maíz, en la Zona de Upala (Alajuela).

1. Buscar una fuente de financiación adecuada, a través de organizaciones internacionales; además una capacitación técnica adecuada, al inicio y durante el desarrollo del Programa.

2. Una vez lograda una base económica satisfactoria e intelectual, se debe proceder a hacer encuestas o la observación directa sobre la condición agrícola de la región, las condiciones socio-económicas de los agricultores, su idiosincracia y los canales de comercialización.

3. Haciendo este tipo de sondeo podremos identificar los problemas y buscar las soluciones. En el caso de la región citada, lo que se hace es una rotación de cultivos.

---

* Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.

** Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

660

Aquí lo que se hace es, rotación entre arroz y frijol principalmente, también entre maíz y frijol. El cultivo de frijol se siembra en Diciembre y el arroz en Mayo; se debe hacer una combinación variada en el intercalado, unas veces sembrando en primera época el frijol y otras el arroz o maíz, hasta probar cuál es el tipo de intercalado que le garantice al agricultor la mayor rentabilidad con una mínima inversión.

5. Se debe hacer un estudio del agroecosistema, para poder explicar la razón de los fenómenos observados en el campo. Acompañado a este estudio, se deben conocer las condiciones de mercado, para proceder a introducir otros cultivos en los sistemas de intercalado, a manera de ejemplo: yuca, frijol de costa, tiquisque y camote

6. Identificación de los principales problemas fitosanitarios. En el caso de maíz, frijol y arroz ya se tiene conocimiento de las plagas y enfermedades. Se debe trabajar en el estudio de malezas, además en las variedades más adecuadas para la tolerancia a los fitoparásitos y de alta producción, además trabajar en un reconocimiento de la fauna benéfica.

7. En los cultivos específicos hacer estudios de la dinámica poblacional de las plagas y la relación con daño producido y rendimiento. En este aspecto se ha estudiado muy poco en nuestro país; la finalidad es establecer umbrales económicos, los cuales como es lógico deben ser correlacionados con la fenología de la planta, estudios de pérdida de follaje y de tallo que puede perder la planta sin alterar la producción. Además se debe cuantificar la medida del control ejercido por los enemigos naturales.

8. Una vez realizados todos estos estudios, se debe determinar cuál época de siembra nos va a dar menos ataque de plagas y enfermedades, con una consecuente mayor producción.

9. Con las enfermedades como ya se dijo, se debe manipular la época para que se hagan menos manifiestas, así como otras medidas culturales que garanticen el no desarrollo de alguna opifitia.

10. En cuanto a malezas, establecer períodos críticos de competencia en los cultivos, e identificación de las malas hierbas que son hospederas de plagas y enfermedades, para dar un manejo adecuado de éstas; así como la investigación con herbicidas que protejan al cultivo y provoquen el menor daño a la fauna benéfica.

11. El problema de cortadores y nemátodos se puede solucionar con el uso de productos eficaces al momento de la siembra, ya que éstos además de originar un control adecuado provocan una alteración baja en el desarrollo posterior del cultivo, principalmente en su ecosistema.

12. Una vez que se tiene una visión de cada una de las partes que forman la producción, se debe probar métodos de control del problema fitosanitario, en ello: con el uso de control químico usado en todo el proceso en forma nacional; como lo hace el agricultor con su participación, el uso de la fauna benéfica y de liberaciones inducidas, además de control químico cuando fuese necesario de acuerdo al umbral económico ya establecido, así como las medidas culturales pertinentes y por último dejar un testigo absoluto para aprovechar únicamente la acción del control natural; en este último, hacer medidas de limpieza de malezas en el período crítico. Todos estos tratamientos deben llevar una fertilización igual, que va a ser la más adecuada, debido a los análisis de suelo y a las pruebas de nivel de nutrientes que se realice.

13. Los resultados obtenidos deben ser publicados en folletos técnicos y manuales de recomendación, los cuales deben ser gratuitos y de fácil disponibilidad. Se debe establecer parcelas demostrativas con la participación directa de los agricultores, ésto ayuda a que exista una relación más intensa entre los investigadores, extensionistas y el agricultor; con la finalidad de darle más funcionalidad y agilidad a la transferencia de tecnología. Se deben dar charlas a los agricultores y demostraciones de campo.

14. Una vez que se acepte la tecnología y se integre en el proceso de producción, en forma paulatina, tendrá sentido en cuanto exista un mercadeo adecuado de los productos.

15. Si hay problemas de mercadeo, se debe proceder al almacenaje del producto, para ello se debe identificar los problemas con los parásitos y como se puede manipular el microclima para evitar el desarrollo desproporcionado de las plagas y enfermedades, los factores que intervienen más son la temperatura y la humedad relativa; en este último aspecto, se debe almacenar semilla con una baja humedad relativa, que para estos granos va de los 12-18% HR., en nuestro país se debe investigar mucho al respecto.

16. Una vez que se tiene toda esta tecnología formada en base a una experimentación ardua y probada durante cinco años por lo menos.

17. Establecer medidas cuarentenarias, así como de erradicación de plagas o enfermedades ajenas a la región en estudio o bajo este sistema de producción.

18. Desplegar una campaña divulgativa y educativa para lograr que los agricultores apliquen al máximo los recursos naturales y estén convencidos de los beneficios del control integral; si así queda demostrado.

19. Luchar porque en las regiones cercanas se desarrollen programas de control integral, para evitar problemas fitosanitarios, por invasiones.

CULTIVOS A INVESTIGAR DENTRO DE LOS MARCOS DEL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS EN COSTA RICA.

Son los siguientes:

1.	Arroz,	2.	Frijol
3.	Algodón	4.	Maíz
5.	Sorgo	6.	Yuca

NOTA: Se han escogido estos cultivos por ser los más importantes dentro de las Zonas Norte, Pacífico y Atlántico.

De acuerdo a la Dirección de Investigaciones del MAG, para el año 1978, propone los siguientes cultivos y sus necesidades:

CULTIVO 1. ARROZ

Es evidente la importancia del programa del cultivo del arroz, ya que este grano constituye una de las principales fuentes alimenticias del pueblo costarricense, el cual consume anualmente 40 kilogramos de arroz molinado per cápita. Aunque el área arrocera del país está ubicada a lo largo del litoral Pacífico, el cultivo se extiende a otras zonas, estimándose un área nacional de 75.000 hectáreas, con una producción aproximada de 219.000 TM (2.92 TM/Ha.).

A pesar de las producciones registradas en los últimos años, el arroz tal y como se realiza en Costa Rica, tiene una serie de factores limitantes (problemas de sequías, enfermedades, plagas, nutrición, malezas, etc.), toda vez que se realiza bajo condiciones de secano.

Con el fin de buscar la solución a estos problemas, el Programa Nacional de Investigaciones en Arroz, tiene como objetivos los siguientes:

- Obtener variedades con mayor estabilidad de producción para las condiciones del cultivo de secano, que a la vez utilicen menos insumos.
- Estudiar los principales problemas patológicos para identificar otros métodos de control.

- Estudiar los problemas entomológicos que causan en las condiciones de secano, pérdidas significativas en la producción y determinar métodos eficaces de combate.
- Estudiar métodos de combate de malezas que afectan severamente el cultivo y que con el sistema tradicional no ha sido posible obtener el control satisfactorio.
- Estudiar los problemas nutricionales que afectan el cultivo en las principales zonas arroceras del país y buscar soluciones adecuadas.

CULTIVO 2. FRIJOL

El frijol común, cuyo contenido protéico es de 22%, constituye una de las principales fuentes nutricionales de nuestro pueblo; sin embargo, la producción nacional de 14.010 TM abastece apenas un 46.5% de las necesidades del país.

El rendimiento promedio nacional (580 Kg/Ha.) depende de un 80% del sistema de cultivo conocido como "tapado", con varios factores limitantes, como el ataque de enfermedades, plagas, malezas y deficiencias nutricionales.

El área productora de frijol (24.192 hectáreas), ha disminuído con respecto a años anteriores; sin embargo, la producción se ha mantenido estable debido al aumento aparente en los rendimientos y por otro lado, las importaciones de frijol han bajado drásticamente en los últimos años, ya que en el período 77-78 solamente se importaron 43 toneladas, con un valor de ¢. 176.000., en comparación al 74-75, en que se importaron 33.000 toneladas, con un valor de 175.000.000 (ciento setenticinco millones de colones).

En 1978 se dirigió a los siguientes objetivos:

- Seleccionar variedades de alto potencial de rendimiento que se adapten a las condiciones de las zonas del país.
- Evaluar las características nutricionales de los suelos de las áreas de producción.
- Reconocer los problemas entomológicos, fitopatológicos, de malas hierbas y sus métodos de control economico.
- Evaluar métodos de combate de plagas, enfermedades y malas hierbas.

CULTIVO 3. ALGODON

El cultivo del algodón como lo demuestra su historia, se concentró en tierras del Pacífico Seco, cercanas más al Golfo de Nicoya (en Puntarenas y Alajuela) y ha sufrido altos y bajos en su producción y área de siembra, por causa de la dependencia del país en los precios del mercado exterior, en cuanto a fibras, aceites, etc.; por las fluctuaciones mundiales de éstos (por el aumento de costos de control de plagas, abonos, productos de petróleo, etc) y por la ausencia de una política contínua en el cultivo y la industria.

En 1960 se sembraron unas 3.385 hectáreas (7,5 qq/Ha), pero se descendió a 0 en 1971, resurgiendo en el año siguiente con unas 143 hectáreas y ante los buenos precios en 1976 el cultivo sufrió cierto incremento ese año, habiéndose sembrado 400 hectáreas y 13.796 en 1977; gracias al decidido apoyo gubernamental por medio de sus instituciones, como el Sistema Bancario Nacional, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el ITCO, el CNP y la empresa privada ACRA, alcanzando la financiación un valor de ₡. 71.740.000, en un total de 180 operaciones (obteniendo una producción de 10.818.181 Kgs. 784.15 Kg/Ha. de fibra y 17.500.000 kgs. de semilla) que generaron unos ₡. 102.340.000 y ₡.16.555.000 respectivamente.

En ciertas zonas, el algodón ha sustituído al arroz y al maíz, debido a los problemas de éstos y donde el I.N.S. no otorga las correspondientes pólizas de seguro. Hay sin embargo, que apuntar las dificultades habidas para su recolección, por falta de brazos y aunque se cuenta con algunas cosechadoras, algo del producto se ha perdido, por deficiencias en la recolección e insuficiente espacio para almacenamiento del producto en rama.

El producto desarrollado en 1977 logró la construcción y operación en Guardia de Liberia, de una desmotadora, que junto con la situada en Cañas, desmotan el algodón producido. Sin embargo, la capacidad de ambas ha sido insuficiente, por lo que en 1978 se ha aumentado al doble la capacidad de desmote en la desmotadora localizada en Guardia.

En realidad, poca investigación se ha realizado en este cultivo por falta de personal técnico, presupuesto y la poca continuidad del Programa.

CULTIVO 4. MAIZ

La importancia del cultivo de maíz se fundamenta en el uso del grano para alimento humano y animal. La demanda e incentivo que está ocasionando la industria harinera nacional ha encaminado el esfuerzo en la producción de grano de color blanco en detrimento del amarillo.

El ingrediente principal de los concentrados para industria animal, lo constituía el maíz amarillo; sin embargo, actualmente lo es el sorgo, debido a la diferencia de precio favorable a este último.

El área nacional se estima en 64.000 hectáreas, con un rendimiento promedio de 1,6TM/Ha. y con una producción de 102.000 TM., la que resulta insuficiente para la demanda nacional. Cabe destacar que el promedio nacional se ha incrementado en relación al existente en la década del 60, en que era de 1,1 TM/Ha.

La mayoría de las explotaciones maiceras se encuentra en manos de pequeños agricultores, que utilizan métodos rudimentarios de cultivo y que influyen en la baja producción. Una minoría de agricultores de mediana a gran área usan tecnología de cultivo más adecuada, que induce altos rendimientos. A pesar de lo anterior y del rendimiento unitario todavía deficiente, la producción del país ha mejorado con la consecuente disminución en las importaciones; sin embargo, es necesario resolver muchos de los problemas que tiene el cultivo, para lo cual se propone la investigación en los diferentes campos.

a) Producir variedades e híbridos para el área maicera nacional,

b) Mejorar los métodos actuales de combate de malas hierbas que compiten con el cultivo; obtener más información sobre la mejor densidad de siembra y ubicar la época de siembra en el Pacífico Seco.

c) Estudiar los problemas entomológicos que afectan la producción y calidad del producto.

d) Evaluar los problemas fitopatológicos, con énfasis en la tolerancia a enfermedades de las variedades e híbridos.

CULTIVO 5. SORGO

Este cultivo ha venido tomando importancia cada vez mayor entre los granos básicos que produce el país, hasta llegar a constituírse en la materia prima que se utiliza básicamente en la fabricación de concentrados para alimentación animal.

El área cultivada y el rendimiento unitario del sorgo se ha incrementado en los últimos años. En 1975 se sembraron 10.750 hectáreas, con un rendimiento promedio de 1,84 Ton.M/Ha. y una producción de 19.780 TM., en cambio en 1978 se sembraron 26.883 hectáreas, con rendimiento promedio de 1,96 Ton.M/Ha. y una producción de 52.565 Ton.M. Las importaciones en 1975 fueron de 14.520 Ton.M., mientras que en 1977 bajaron a 13.763 Ton.M y se espera que en 1978-79 las importaciones se reduzcan aún más.

Hay que señalar la importancia que tiene el incremento del rendimiento promedio en tan pocos años, lo que indica en gran parte la aplica

666

ción creciente de tecnología por parte de los agricultores, principalmente por el uso de híbridos cada vez superiores.

Aunque la evolución del cultivo ha sido positiva en cuanto a área sembrada, rendimiento unitario y producción y se han derivado recomendaciones para el agricultor, como variedades de alto rendimiento, sistemas de siembra, control de malezas, insectos, fertilizaciones; el sorgo aún posee varios problemas limitantes como necesidad de variedades mejor adaptadas a la alta humedad, problemas entomológicos y patológicos, problemas de fertilidad y nutrición y necesidad de mejores métodos de manejo.

CULTIVO 6. YUCA

La yuca junto con el plátano y piña constituyen los principales cultivos para los pequeños agricultores de la Zona Norte del país. Sin embargo, la yuca presenta considerables ventajas, entre ellas, los bajos costos de producción, relativa rusticidad, la adaptación a terrenos pobres y poca necesidad de mano de obra durante las etapas de desarrollo.

Los rendimientos obtenidos a nivel comercial son considerablemente inferiores a la producción lograda en los Centros Experimentales. Se ha establecido que son cuatro las causas de esta diferencia en productividad a saber: enfermedades, plagas, problemas varietales y aspectos agronómicos.

En lo que se refiere a fluctuación de producción y precio, la relación como es lógico pensar ha sido inversa, ésto es durante los años 1976, 1977, la excesiva producción originada en una inmensa área de siembra trajo como consecuencia la caída de los precios hasta ₡. 12 y ₡. 15. el quintal (46 Kgs.). Esto a su vez significó que en 1978 y principios de 1979 existiera poca área sembrada y los precios subieron hasta ₡. 40 y ₡. 43 el quintal.

N I C A R A G U A

PARTE I REPORTE NACIONAL

PARTE II PLAN PARA LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DE CONTROL INTEGRADO A NIVEL DEL PEQUEÑO PRODUCTOR EN NICARAGUA.

PARTE III PLAN PARA LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL CONTROL INTEGRADO EN MAIZ A NIVEL DEL PEQUEÑO PRODUCTOR EN NICARAGUA.

68

REPORTE NACIONAL; NICARAGUA

PARTE I

María del Pilar Rizo *
Rafael Obando Solís **

INTRODUCCION

Nicaragua es un país que cuenta con suelos recientes, de orígen volcánico donde se cultivan varios productos alimenticios e industriales, que hacen del país una nación en que se produce diversidad de cultivos y todos se producen bien.

Como las condiciones topográficas y climáticas permiten la explotación extensiva en el país, se han explotado extensivamente los cultivos industriales. El uso excesivo de productos químicos en esos cultivos ha traído como consecuencia, efectos adversos sobre otros cultivos y sobre el ambiente.

En este trabajo vamos a tratar aspectos generales de lo que es la explotación agrícola en Nicaragua y sus principales problemas fitosanitarios.

I. CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION AGRICOLA EN EL PAIS

A.- Etapas de Explotación Agrícola en el País

La agricultura en Nicaragua presenta tres fases importantes:

1.- La fase de subsistencia que se caracteriza por pequeños campos, técnicas agronómicas primitivas (espeque, buey), uso de variedades criollas, pocos insumos (fertilizantes e insecticidas) y rendimientos bajos. No existe un programa metódico y organizado de Control de Plagas; el poco control resulta del control natural, resistencia de plantas criollas, labores culturales y suerte.

2.- Los cultivos de granos básicos, frijol, maíz y sorgo, se encuentran actualmente en la fase de transición entre la fase de subsistencia y la de explotación.

3.- La fase de explotación se caracteriza por el uso de tecnologías modernas e introducción de más insumos a los cultivos. Se usan variedades de mayores rendimientos, más fertilizantes y más aplicaciones de insecti

---

* Encargada del Laboratorio de Taxonomía. MIDA, Nicaragua.

** Asistente del Proyecto de Control de Plagas en maíz. MIDA. Nicaragua.

69

cidas para proteger estos cultivos más valiosos, proteger las variedades de mayor rendimiento pero muchas veces de menor tolerancia a insectos. En esta fase se encuentra el algodón, café, banano, etc.

Existen para el algodón tres zonas de cultivos y el período de siembra (junio - agosto) varía dependiendo del establecimiento de las lluvias.

Para granos básicos hay dos períodos agrícolas en el año: Primera, con menor incidencia de lluvias y plagas y la Postrera con precipitación mayor e incidencia de plagas más considerables. El frijol por ejemplo, se siembra generalmente en postrera, debido a que la cosecha del cultivo coincide con la época seca y no hay dificultad para el secamiento de los granos.

B.- Dominancia de pequeña o gran agricultura

En el Cuadro 1 observamos que el cultivo principal en el país es el maíz, que ocupa el mayor porcentaje de área cultivada en relación a los otros cultivos. En segundo lugar, aparece el algodón que junto con el café, que aparece en tercer lugar, forman los cultivos que dejan las mayores divisas en el país.

En el Cuadro 2, observamos que el mayor porcentaje de productores de algodón está en los que siembran de una manzana a menos de 20 y los que siembran entre 50 y 100 manzanas; pero cuando observamos el área sembrada, nos encontramos que el porcentaje es mayor en los productores que siembran desde 50 hasta 1000 y más manzanas. Esto nos indica que el número de pequeños productores de algodón es mayor; pero cubren un área mucho menor de la que cubren los grandes productores.

En el Cuadro 3, observamos que el porcentaje de productores de café es más alto en los que cosechan menos café y ese porcentaje disminuye cuando se aumenta la cantidad producida. Esto nos indica que más del 50 por ciento son pequeños productores.

Con respecto al arroz en el Cuadro 4, observamos que los productores que tienen riego producen el doble que los que no lo tienen en la misma época de siembra y además producen otra cosecha en verano, cuando no hay lluvia y éso aumenta mucho más la producción por año.

El tabaco si es un cultivo que está en manos de grandes productores (Cuadro 5). Existen algunos agricultores que siembran parcelas pequeñas; pero la cosecha la tienen que vender a una de las dos instituciones nacionales.

Cuadro 1. DOMINANCIA DE PEQUEÑA O GRAN AGRICULTURA

Cultivos Principales

Cultivo	% área cultivada
maíz	32.2
algodón	23.7
café	16.7
frijoles	8.5
sorgo	8.4
arroz	4.3
caña	4.2
tabaco	0.2
otros*	0.2

*Otros: hortalizas, piña, sandía, banano, cítricos, etc.

Cuadro 2. Algodón: Uso de la tierra

Intervalos de Manzanas	Productores		Area	
	Número	Porcentaje	Manzanas	Porcentaje
1 a menos de 5	624	18.54	1.751	0.86
5 a menos de 10	613	18.20	3.853	1.90
10 a menos de 20	643	19.09	7.773	3.82
20 a menos de 30	321	9.52	7.654	3.77
30 a menos de 40	165	4.91	5.097	2.51
40 a menos de 50	99	2.33	3.991	1.96
50 a menos de 100	351	10.41	21.503	10.58
100 a menos de 200	260	7.72	32.829	16.16
200 a menos de 300	129	3.83	28.851	14.20
300 a menos de 400	59	1.76	18.972	9.34
400 a menos de 500	34	1.02	14.346	7.06
500 a menos de 1000	54	1.61	35.174	17.31
1000 y más	16	0.46	21.392	10.53

Comisión Nacional del Algodón 1969.

Al cultivo del algodón se dedican 3.368 Agricultores, que siembran 203,189 Mz. cada año.

Cuadro 3. CAFE: Estructura de productores

Intervalo	Nº de Productores	Porcentaje
2 - 14	4.650	48.1
15 - 25	1.361	14.1
26 - 50	1.328	13.7
51 - 100	942	9.7
101 - 200	619	6.4
201 - 500	457	4.7
501 - 750	127	1.3
751 - 1000	59	0.6
1001 - 2000	103	1.1
2001 - 5000	21	0.2
5001 - a más	1	-

BANCO CENTRAL DE NICARAGUA. 1969

C. Influencia Bancaria en la Producción

Los bancos y las instituciones financieras que tienen programas de financiamiento agrícola, tienen una gran influencia sobre la producción de todos los cultivos del país. El financiamiento aumenta la producción por área sembrada a nivel nacional y por lo tanto aumenta la economía del país. En el Cuadro 6, observamos el número de manzanas sembradas de los cultivos más importantes y el número de manzanas habilitadas y no habilitadas; encontramos que la relación siempre es mayor a favor de las manzanas habilitadas, con la única excepción del ajonjolí, que la relación fue mayor con las no habilitadas.

D.- Distribución de la Producción Agrícola

Los principales productos de exportación en Nicaragua son: el algodón, el café, el ajonjolí y los derivados de la caña de azúcar. (Cuadro 7). Con la caña de azúcar sucede un caso especial, la totalidad de la caña de azúcar aparece como consumo doméstico, ésto quiere decir que la totalidad de la caña que se produce es procesada en el país; pero de la industrialización del azúcar, de los alcoholes y de los dulces se exporta el 52%. Otros cultivos que tienen cierta importancia en la exportación es el tabaco y el banano. Los demás productos conocidos como granos básicos son en más del 89% de consumo interno.

Los mercados a los que exporta Nicaragua principalmente son: Algodón oro a Japón, Alemania e Italia; café a Alemania, Estados Unidos y Holanda; banano a Estados Unidos; sub-productos de la caña de azúcar a Estados Unidos; tabaco a Estados Unidos y ajonjolí también a Estados Unidos.

E.- Proyectos de Riego

1. Proyecto de Riego de León

En el Departamento de León, existe un proyecto de riego cuya área de irrigación es 8,000 manzanas. Los cultivos que se siembran principalmente en el proyecto son: pastos, algodón, maíz, plátano, hortalizas, sorgo, caña de azúcar y frijoles.

2. Proyecto de Riego de Rivas

En este proyecto de riego, en el Departamento de Rivas, se riegan 55 manzanas por gravedad y 1440 por aspersión. Se siembra principalmente banano, plátano, pastos y caña de azúcar.

3. Hay otros sistemas de riego por inundación, que aprovechan el curso de los ríos.

Cuadro 4. Arroz con riego y financiamiento bancario

Concepto	INVIERNO Area Mz.	Rendim. qq G/Mz	Prod. qq G	VERANO Total Mz.	Total granza	Prod. qq G	Prod. qq G	Total qq oro
1. B N N	31.116	48	1.288.010	4.281	61	258.561	1.546.571	9[illegible].924
a) Antiguos arroceros*	7.532	55	414.260	2.665	57	151.905	566.165	3[illegible].022
b) nuevos arroceros*	5.523	60	331.920	1.616	66	106.656	438.576	271.917
c) otros+	18.051	30	541.830	-	-	-	541.830	337.985
2. Otras instituciones	1.646	46	75.716	170	58	9.860	85.576	53.057
3. No habilitados	8.087	30	242.610	-	-	-	242.610	151.518
TOTALES	40.849	41	1.606.336	4.451	60	268.421	1.874.757	1.168.500

* Con sistema de riego
\+ sin sistema de riego
Tomado del Informe Anual de Banco Central de Nicaragua 1969.

Cuadro 5. TABACO

Productor	1 9 6 9	
	Area Mz.	Producción qq
IFN	469	12.600
TANIC	874	20.500
Total	1.343	33.100

FUENTE: BCN

Cuadro 6. PRESTAMOS AGRICOLAS AUTORIZADOS, BANCOS COMERCIALES

Cultivos	Manzanas sembradas a	Manzanas habilitadas b	b:a
Algodón	203.189	159.294	78.38
Café	-------	-------	-----
Maíz	345.163	84.393	24.45
Frijoles	86.421	11.036	12.77
Arroz	45.292	37.213	82.16
Caña	42.872	12.168	28.37
Sorgo	81.626	13.736	16.82
Ajonjolí	15.213	3.830	25.17

FUENTE: BCN

Cuadro 7.-DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION AGRICOLA 1968-1969

Cultivos	Unidades	Producción	Consumo Doméstico Total	%	Exportaciones Total		C A	%	Otros P.	%
Algodón	qq oro	2.019.800	48.700	2.5	1.971.100	97.5	20.000	1	1 950.900	96.5
Café	qq oro	653.700	16.600	11.7	577.100	88.2	-	-	577.100	88.3
Banano y plátano	racimos	11.453.000	10.000.000	87.5	1.435.000	12.5	-	-	1.435.000	12.5
Maíz	qq	4.694.200	4.356.600	92.7	338.200	7.3	337.700	7.3	500	-
Arroz	qq oro	1.168.500	1.045.200	89.4	123.300	10.6	62.000	5.3	61.300	5.3
Caña de azúcar	tons	1.750.400	1.750.400	100.0	-	-	-	-	-	-
Frijoles	qq	972.500	870.400	89.5	102.100	10.5	102.100	10.5	-	-
Sorgo	qq	1.257.000	1.213.000	96.5	44.000	3.5	44.000	3.5	-	-
Tabaco	qq	33.100	20.500	61.9	12.600	38.1	-	-	12,600	38.1
Ajonjolí	qq	157.800	-	-	157.800	100.0	-	-	157.800	100.0

FUENTE: BCN

II. PRINCIPALES CULTIVOS Y SU DISTRIBUCION EN EL PAIS

Para facilitar los estudios y la distribución de los cultivos en Nicaragua, ésta se ha dividido en tres grandes regiones que son: Zona del Pacífico, Zona del Interior y Zona del Atlántico. Los principales cultivos en cada una de las Zonas son:

Zona del Pacífico: Algodón, café, maíz, arroz, frijoles, caña de azúcar, ajonjolí, banano, etc.

Zona del Interior: Café, maíz, frijoles, hortalizas, arroz, etc.

Zona del Atlántico: maíz, coco, arroz, cacao, banano, etc.

III. PRINCIPALES PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN LOS CULTIVOS

Los problemas fitosanitarios que se presentan en los cultivos en Nicaragua son iguales o parecidos a los que se presentan en los demás países del área Centroamericana y del Caribe. A continuación damos una lista de las principales plagas y enfermedades que atacan los cultivos principales:

Cultivo	Plagas	Enfermedades
ALGODON	*Anthonomus grandis*	*Cercóspora* sp
	Heliothis spp	Virosas
	Alabama argillacea	Pudrición de guayabas, etc.
	Trichoplusia ni	
	Spodoptera spp	
	Creotiades spp	
	Bemisia tabaci	
	Bacculatrix turberiella	
	Afidos	
	* Plagas del suelo	
CAFE	*Leucoptera cofeela*	Roya del cafeto
	Nemátodos	Ojo de gallo
	* Plagas del suelo	Pellejillo

67

Cultivo	Plagas	Enfermedades
MAIZ	Spodoptera spp	Achaparramiento
	Diatraea lineolata	Rayado fino
	Dalbulus maidís	Pudrición de la mazorca
	Heliothis zea	Pudrición del tallo
	* Plagas del suelo	
ARROZ	Pájaros arroceros	Pyricularia
	Ratas	Cercospora
	Sogatodes spp	
	Rufella allinela	
	Mocis latifes	
	Sphenophorus spp	
	* Plagas del suelo	
FRIJOL	Apion godmani	Enanismo
	Bemisia tabaci	Virosis
	Diabrotica spp	Fusarium
	Spodoptera spp	Roya del frijol
	Trichoplusia ni	
	Liriomyza sp	
	Babosas	
	Empoasca sp	
	* Plagas del suelo	
SORGO	Contarinia sorhicola	Pudrición del tallo
	Mocis latifes	Pudrición de la banoya, etc.
	Afidos	
	Diatraea lineolata	
	Pájaros	
	* Plagas del suelo	

Cultivo	Plagas	Enfermedades
HORTALIZAS	Plutella sp	Fusarium
	Spodoptera spp	Rhyzoctonia
	Bemisia tabaci	Xantomonas
	Protoparce sp	Mildiú
	Afidos	Virosis (chile)
	Trips	
	Pieris brassicae	
	Plagas del suelo etc.	

* Las principales plagas del suelo que atacan la mayoría de los cultivos en Nicaragua son: Phyllophaga sp., Elateridos o gusanos de alambre, Tenebrionidos, gusanos cuerudo y falso cuerudo, y Elasmopalpus sp.

IV. PRINCIPALES MEDIDAS DE CONTROL

1. Control Químico

Los plaguicidas en Nicaragua se han usado tanto, en la mayoría de los casos innecesariamente, y han causado una serie de problemas como son: Resistencia de las plagas, destrucción de la fauna benéfica natural, muerte a la fauna silvestre, contaminación de las aguas y del ambiente, intoxicaciones humanas por mal manejo, etc.

En el caso particular del cultivo del algodón, se llegó hasta la fase de desastre o sea la fase en que ya el cultivo no es rentable, por la gran cantidad de plaguicidas que se requieren y algunas zonas tienen que declararse marginales para el cultivo porque, es imposible controlar las plagas. Después de la fase de desastre, se pidió ayuda a organismos internacionales y se trató de implantar un programa de Control Integrado. Los nuevos productores de algodón que no vivieron la fase de desastre aplican más insecticidas y obtienen mayor producción, comunican al vecino que con más insecticida obtienen más producción y la fase del Control Integrado comienza a deteriorarse con el peligro de llegar nuevamente al desastre.

Tratando de llegar a un uso racional de los pesticidas, se hacen a nivel de investigación los siguientes trabajos:

Best Available Document

a) Prueba de insecticidas para determinar los que mejor controlan una plaga determinada.

b) Se hacen estudios de niveles económicos de daño de las plagas más importantes de cada cultivo.

C) Se recomienda la aplicación de pesticidas selectivos para proteger la fauna benéfica natural.

d) Se hacen experimentos en cuanto a la forma de aplicar algunos plaguicidas recomendados. Esto es que una emulsión o un líquido se mezcla con materia inerte como aserrín (partículas del procesamiento de la madera) y se aplica en forma selectiva (dirigida).

e) Se hacen estudios de la influencia de los pesticidas sobre la fauna benéfica y los problemas de resurgimiento de plagas (establecimiento de lotes tratados y lotes no tratados).

2. Control Cultural

Se recomiendan varias medidas de control cultural que reducen considerablemente las poblaciones de plagas y su daño. Las principales medidas que se recomiendan son:

- Adecuada preparación del suelo. Muchas veces esta medida es mal interpretada por el agricultor y piensa que una buena preparación del suelo implica dejar pulverizado el suelo favoreciendo la erosión.

- Fechas de siembra. Por ejemplo para la mosquita del sorgo, se recomienda sembrar de tal manera que se tenga floración uniforme.

- Densidad de siembra. Para control de Elasmopalpus en maíz, se recomienda una siembra densa, teniendo especial cuidado en hacer el raleo antes de 18 días para evitar zanconlo de la planta.

- Fertilización adecuada. En algodón se encontró que una fertilización excesiva de nitrógeno favorece o hace la planta más atractiva al ataque de noctuidos, mientras que la fertilización nitrogenada deficiente favorece el ataque de picudo.

- Además se recomiendan otras medidas: buen manejo de los rastrojos, cultivos trampa, siembra de variedades resistentes, buen manejo del agua de riego, etc.

3. Control Biológico

Estudiando el agroecosistema algodonero, se pudo comprobar que existe una variedad de agentes benéficos, tales como: parásitos, predatores, patógenos y vertebrados, que inciden en forma natural en el campo y que por efectos de las aplicaciones de pesticidas químicos, no eran significativamente apreciables, pero que sí representan factores de control importantes.

En Nicaragua por ejemplo, la fauna natural juega un papel importante en el control de las plagas por casi nueve meses del año (junio - septiembre), período en el cual las plagas no alcanzan un nivel económico necesario para tomar medidas de control.

Pensando en ésto y con el propósito de reforzar la entomofauna natural, además de poder lograr un período más largo antes de la primera aplicación de insecticidas químicos se programan liberaciones de Trichogramma spp., parásito ovífago, en combinación con aplicaciones de Bacillus Thuringiensis Ber.,larvicida, ambos efectivos para huevos y larvas de algunos géneros de lepidópteros noctuidae, Otra de las prácticas que se efectúan es la de permitir poblaciones de áfidos en el cultivo, que sirven de alimentos a algunos predatores, especialmente a Chrysopa spp.

En el plano investigativo, se efectúan estudios de colonización y dispersión de Telenomus remus Nixon, un parásito ovífago de Spodoptera sp., que fue introducido al país de Trinidad y Tobago en 1976.

Partiendo de este mismo año, también se han hecho estudios de Dinámica de población de insectos en maíz y frijol y se han identificado más de 20 especies de parásitos de Spodoptera spp, Trichoplusia ni y otras plagas. Con patógenos no se ha trabajado a nivel de investigación, pero en el campo se han identificado hongos del género Aspergillus, Penicillium, Spicaria, etc.

4. Historia del Control Integrado

En general, el Control de Plagas depende en la mayoría de los casos únicamente de pesticidas químicos.

El nuevo sistema de Control Integrado ha venido a aliviar el problema de las aplicaciones "tipo calendario" que antes de 1960 era muy común con perturbaciones graves del ecosistema produciendo resistencia en las plagas, reducción de enemigos naturales, aparición de nuevas plagas, contaminación ambiental, degradación de la vida silvestre, residuos de pesticidas en comestibles y aumento de costos de producción con mermas en el rendimiento del cultivo.

681

Para comprender esta problemática, habrá que hacer mención de la situación vivida en 1949, cuando la industria del algodón en Nicaragua sufriera una experiencia relevante hasta 1966. Después de 1950, el algodón desplazó al café como producto de mayor exportación y en 1965 el algodón exportado representó el 50.2% del total de divisas de exportación del país.

En 1965-66, el cultivo comienza a descender, bajando los rendimientos y aumentando los costos de producción, el área sembrada disminuye en un 40%, manteniéndose esta situación hasta 1971.

Partiendo de 1971-72 (fase crítica), Nicaragua, sin embargo, obtuvo un record en el número de hectáreas sembradas de algodoón con bajos costos, desafortunadamente una fuerte sequía durante 1972-73 redujo 2 y 3 veces el área de producción en la Costa del Pacífico.

Los factores que contribuyeron al descenso en la producción del algodón fueron:

1) Descenso en la efectividad del control de plagas, aumentando por consiguiente los costos de producción,
2) Pérdida de la fertilidad natural del suelo por el uso inapropiado de fertilizantes,
3) Condiciones desfavorables de clima, y
4) Mal manejo de los cultivos.

Debido a ésto y para mejorar la industria del algodón, el Gobierno de Nicaragua formó la Comisión Nacional del Algodón (CONAL) en 1966, la que se encarga de la comercialización y el Centro Experimental del Algodón (CEA), que se encarga de la investigación agronómica y entomológica del cultivo, las que trabajan asistidas por la misión técnica francesa del Institut de Recherches du Coton et des Textiles Exotiques.

En 1967, con la asistencia del Entomólogo George D. Peterson Jr. (USDA/PASA/USAID), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) inició un programa de Asistencia Técnica en el cultivo del algodón y un proyecto oficial de Control Integrado. En 1969 se organizó un Seminario Técnico sobre el cultivo del Algodón, patrocinado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Banco Nacional de Nicaragua (BNN) y la Comisión Nacional del Algodón (CONAL); se organizó también el Comité Técnico del Algodón (CTA) para implementar las resoluciones y recomendaciones del Seminario Técnico y en el Banco Nacional se formó el Proyecto Piloto de Asistencia Técnica Algodonero (PPATA). El Banco Nacional de Nicaragua es un banco de desarrollo y en 1973 financió el 70% del algodón sembrado en Nicaragua.

En 1969, el Ministerio de Agricultura y Ganadería solicitó el asesoramiento de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) en el Programa de Control Integrado de Plagas.

Este Proyecto fue elaborado en 1970 para un año y se extendió hasta 1973, siendo renovado por tres años más.

El Dr. Louis A. Falcon, Patólogo de Insectos del Departamento de Entomología de la Universidad de California, Berkeley, fue nombrado por la FAO como Especialista en Control Integrado de Plagas en Algodón para el primer año del Proyecto; desde entonces ha sido el Consejero.

El Dr. Rainer Daxl, Entomólogo de la Universidad de Berlin, Alemania Occidental fue nombrado Especialista del Proyecto, para los dos años siguientes (julio 1971-73).

Los objetivos del Programa fueron:

1. Reducir el uso indiscriminado de pesticidas y atenuar la resistencia de los insectos a los pesticidas,
2. Bajar los costos de producción
3. Incrementar la producción

El Programa de Control de Plagas supervisado vino a desplazar el sistema de aplicaciones "tipo calendario", tratando de alargar cuanto fuera posible la primera aplicación de insecticida y proteger y reforzar las especies benéficas presentes en forma natural en el ecosistema algodonero, por un período de tiempo mayor. El MAG inició un Programa de liberaciones de Trichogramma sp, y con estas se lograron reducir de 28 aplicaciones durante 1967-68 a 22 aplicaciones en 1970-71 y a 18 aplicaciones en 1971-72.

Este Programa se estableció en tres zonas algodoneras: Managua, León y Chinandega y se estudió la actividad de los insectos y el crecimiento y desarrollo de la planta algodonera. Los estudios demostraron lo siguiente:

1) La importancia del conocimiento de los estados de crecimiento y desarrollo de las plantas en relación con la actividad y abundancia de las plagas.

2) Que el período crítico del algodonero en Nicaragua dura ocho semanas y normalmente ocurre de los 50 a los 106 días después de siembra. La planta en este período desarrolla su mayor actividad de producción de frutos.

68

3) La planta de algodón produce pachas y flores en cantidad mayor a la que puede soportar y por consiguiente este exceso puede ser consumido por la plaga y no afecta el total de producción.

4) La planta puede tolerar arriba de un 50% de defoliación hasta antes de los 30 días después de siembra (antes de la formación de pachas) y en la maduración de las guayabas (después de los 100 días). En el período de formación de frutos (30 a 600 días) el nivel económico de defoliación es de un 20%.

5) La actividad reproductiva de los Noctuidae, que son los que más atacan al algodón en Nicaragua, está influenciada por la actividad de la luna.

6) Las especies de insectos entomófagos (parásitos y predatores) son abundantes en los meses de junio a septiembre y casi ausentes de octubre a diciembre y más abundantes de enero a mayo.

7) Los hongos entomógenos son más abundantes de octubre a diciembre.

8) Las plagas son generalmente más abundantes y más difícil de controlar en octubre, el mes más lluvioso del año.

9) Las larvas de Anthonomus grandis son parasitadas por varias especies de parásitos, las cuales parecen ser un agente de mortalidad importante, especialmente durante la temporada seca.

Con el Personal del MAG y los Técnicos y Entomólogos del Programa se inició un entrenamiento a nivel de post-grado, en Control Integrado, para poder transmitir las nuevas técnicas al sector público y agrónomos. La universidad Nacional Autónoma de León (UNAL) colaboró estrechamente en la consecución de este programa de entrenamiento llamado de "Ecología Aplicada", Control Integrado de Plagas y que constaba de cuatro semestres, este curso comenzó en febrero de 1971.

Los Expertos de FAO organizaron un Comité Coordinador de Control Integrado en mayo de 1971 cuyas funciones eran:

1.- Coordinar y guiar las actividades desarrolladas en Control Integrado.

2.- Revisar los resultados,

3.- Formular y publicar las recomendaciones para el control de plagas, y

4.- Desarrollar y coordinar todas las actividades del Programa de Control Integrado.

El Comité de Control Integrado estaba formado por:

a) Ministerio de Agricultura y Ganadería,

b) Banco Nacional,

c) Comisión Nacional del Algodón,

d) Centro Experimental del Algodón,

e) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, (Departamento de Biología, Grupo de Ecología Aplicada)

f) Expertos de FAO.

La primera tarea del Comité fue preparar una guía de control de plagas del algodón para Nicaragua, cuya primera edición fue publicada en 1971 y revisada en 1972; a la fecha esta guía ha sido corregida y aumentada.

En granos básicos, se han hecho estudios, algunos de los cuales se encuentran en folleto suministrado por el Dr. Falcón.

Control Biológico

Utilización de parásitos (liberación de Trichogramma)

Introducción de Telenomus y Apanteles

17 especies de Spodoptera spp.

Fam. Sceliónidae, Hexanemis, Icheneumonidae, Tachinidae, Braconidae, etc.

Hongos - Penicillium, Cespergillus, Spicaria.

Bacterias - Bacillus Thuringiensis

Predatores - Chrysopas, Coccinélidos, chinches, coleopteros,
Hypodamia, Proxgs, Geócaris
Aydoneda, Eusehistus, Colosoma
Cecindelidos
nábidos
Zelus

Control biológico natural en arroz - garzas.

V. PRINCIPALES INSTITUCIONES VINCULADAS A LA INVESTIGACION

Ingenio San Antonio, Tabacalera Nicaraguense

MIDA Ministerio de Desarrollo Agropecuario

INTA Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria, que está dividido en tres secciones: Ciencia y Tecnología, Extensión y Administración Central.

BNN Banco Nacional de Nicaragua

INVIERNO Instituto de Bienestar Campesino

CEA Centro Experimental del Algodón

UNAN Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

OIRSA Organismo Internacional y Regional de Saneamiento Agropecuario

BCN Banco Central de Nicaragua

IAN Instituto Agrario Nicaraguense

CEPAD Comité Evangélico Pro Ayuda al Desarrollo

INCEI Instituto Nicaraguense de Comercio Exterior e Interior

DIPSA Dirección de Planificación Sectorial Agropecuario

UCA Universidad Centroamericana

ORGANISMOS INTERNACIONALES

CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CIMMYT Centro de Investigación de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

CIAT Centro de Investigación Agronómico Tropical

PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.

IICA Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

- Misión Técnica Alemana (Ases. Tec. Fitopatología)
- Cuerpo de Paz (Est. Entomológicos)
- Misión Técnica China (Estudio de variedad, resistentes al achaparramiento)
- Misión Francesa (Asesor en Reforma Agraria)
- Universidades Norteamericanas
- Commonwealth Institute of Biological Control, Trinidad.

686

BIBLIOGRAFIA

1. Banco Central de Nicaragua, 1969. Informe Anual. Nicaragua.

2. Banco Nacional de Nicaragua, 1963/64. Estadísticas Agrícolas, Departamento Técnico, Sección de Estadística. Nicaragua.

3. Falcón, L. A. and Smith, R. F. 1973. Guidelines for Integrated Control of Cotton Insect Pests. California. U.S.A.

4. MAG/FAO/PNUD, 1976. Guía de Control Integrado de Plagas de Maíz, Sorgo y Frijol. Nicaragua.

5. Palencia, A. 1976. Algunos aspectos relacionados con la encuesta a pequeños agricultores, practicada en las regiones de La Trinidad (Estelí) y San Ramón (Matagalpa) Nicaragua, para el Proyecto CATIE/ROCAP. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Datos mimeografiados.

6. Palencia, A. 1977. Informe de Actividades del Proyecto de Investigación en Sistemas de Producción de Pequeños Agricultores en Nicaragua. CATIE, Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales. Turrialba, Costa Rica. Datos mimeografiados.

PLAN PARA LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DE CONTROL INTEGRADO A NIVEL DE PEQUEÑO PRODUCTOR EN NICARAGUA

PARTE II

María del Pilar Rizo *
Rafael Obando Solís **

Entre los cultivos comestibles que están a nivel de pequeño agricultor (fase de subsistencia) en Nicaragua están el maíz, sorgo y frijol.

Los principales problemas que a nuestro criterio presenta la producción de estos granos son los siguientes:

- Tenencia de la tierra
- Problemas fitosanitarios
- Problemas socio-económicos
- Transferencia de tecnología

TENENCIA DE LA TIERRA

El 80% del área total sembrada de granos básicos corresponde a tierra en propiedad. El tamaño promedio de área de siembra de las fincas es de 5.9 Has. y son terrenos que van de ondulados a quebrados con una gran variedad de terrenos (arenosos, francos, arcillosos, etc.). Por estas causas la tecnología no ha avanzado mucho; los métodos empleados para cada tipo de terreno son diferentes y lo que se ha hecho hasta ahora es enmarcar en un sólo bloque los métodos culturales.

PROBLEMAS FITOSANITARIOS

La producción se ve seriamente afectada por factores agro-ecológicos tales como plagas, enfermedades, malezas y prácticas culturales.

Desde 1962 se vienen haciendo estudios sobre algunos aspectos tales como:

- Dinámica de población de insectos plagas y benéficos
- Estudios de niveles de daño
- Variedades resistentes a daño por insectos y enfermedades
- Prácticas culturales, etc.

---

* Encargada del Laboratorio de Taxonomía. MIDA. Nicaragua

** Asistente del Proyecto de Control de Plagas en Maíz. MIDA. Nicaragua.

688

Estos datos y otras experiencias en el campo, se han condensado en paquetes tecnológicos, guías, etc., que facilitan la divulgación de algunas recomendaciones fitosanitarias que beneficien al pequeño agricultor. Sin embargo, sabemos que en la mayoría de los casos, los pequeños productores no utilizan las recomendaciones que se indican en este tipo de publicación y para comprender mejor el problema tomemos como ejemplo la recomendación del uso de fertilizantes y plaguicidas. El pequeño agricultor no sigue esta práctica porque:

a) nunca ha usado estos insumos

b) representa gasto en su compra

c) no le han enseñado objetivamente lo que esta práctica representa en su producción.

d) Los pequeños agricultores campesinos son analfabetos y muchos ignoran la existencia de información.

e) No tienen asistencia técnica.

La investigación agrícola ha seguido patrones importados que se han adaptado a nuestro medio y cuyos resultados no se han hecho esperar. Analizando la producción en el último decenio, éstas no han variado, lo que nos refleja que los paquetes tecnológicos elaborados no presentan la realidad del pequeño agricultor nicaraguense.

PROBLEMAS SOCIO-ECONOMICOS

Este punto es importante porque las limitaciones que se presentan son menos objetivas que las fitosanitarias. Sin embargo, el Proyecto de Investigación en Sistemas de Producción de Pequeños Productores del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ofrece una alternativa de solución a la problemática sobre los aspectos socioeconómicos de este sector agropecuario, mediante el estudio de los procesos de producción agrícola para poder establecer con claridad las interacciones entre sus componentes y así determinar cuáles de ellos tienen mayor incidencia en la cantidad y calidad del producto.

La estrategia presenta aspectos como:

- Diagnóstico de la situación actual del pequeño agricultor,
- Evaluación de los componentes de los sistemas de producción, agrícola en función de las condiciones físico-biológicas.
- Estudios socio-economicos,
- Otros aspectos, etc.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA (Extensión)

Aquí el problema es de mayor trascendencia que en los aspectos anteriores, porque se trata del programa educativo a esos pequeños agricultores.

En nuestro país se ha hecho investigación y existen trabajos completos con datos muy interesantes pero ¿Se ha hecho algún tipo de estudio que evalúe los métodos o sistemas de divulgación?. Nuestra información nos dice que aún no, y es por ésto que dicha información científica se diluye. Creemos que debe de existir una motivación para el pequeño productor de granos básicos y concientizarle la necesidad que existe en Nicaragua de incrementar la producción agrícola, particularmente la de alimentos básicos.

RESUMEN

PLAN DE ACCION:

1. Actualmente el Instituto Nicaraguense de Reforma Agraria está haciendo una remodelación agraria en la cual el pequeño agricultor tendrá mayor ingerencia en la agricultura nacional.

2. Diagnosticar la situación real fitosanitaria de cada región de cultivo.

3. Detectar los elementos físicos, biológicos y ecológicos del medio.

4. Determinar qué elementos mencionados en el punto anterior utiliza el agricultor para solucionar cualquier problema al respecto.

5. Investigar y evaluar a nivel experimental las labores que efectúa el agricultor.

6. Diseñar y probar la modificación de las pruebas que resultaren favorables, pero con baja eficacia.

7. Los resultados favorables llevarlos al campo para evaluarlos en el medio de cultivo del pequeño agricultor.

8. Mayor participación del agricultor en los ensayos a nivel de campo (colaboradores).

9. Educar al agricultor en los usos y ventajas de la nueva información.

10. Mayor participación en la transferencia de la información.

11. El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en colaboración con el Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria (INTA) del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) están realizado un Proyecto de Investigación en Sistemas de Producción de Pequeños Agricultores en Nicaragua, para solucionar los problemas socio-económicos de este sector agropecuario.

690

PLAN PARA LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL CONTROL INTEGRADO EN MAIZ A NIVEL DE PEQUEÑO PRODUCTOR EN NICARAGUA

PARTE III

El maíz es uno de los cultivos más importantes en Nicaragua a nivel del pequeño agricultor, se produce en todo el país y está presente en la dieta diaria, a veces en varias formas de consumo al mismo tiempo.

Principales Problemas

¿Qué se ha hecho y qué se puede hacer para tratar de solucionar cada uno de ellos?.

Producción

Se trabaja con CIMMYT en busca de variedades de gran producción y se han encontrado algunas promesas a nivel experimental, pero el problema a nivel experimental es que el objetivo único es producir variedades de mayor rendimiento y para lograrlo se abusa del uso de agroquímicos, se usan fertilizantes, se trata de mantener 100% de control de plagas, se hace uso de riego y el pequeño agricultor no usa fertilizantes, no controla plagas y tampoco dispone de sistemas de riego. Entonces cuando una de estas variedades las siembra el pequeño agricultor, no produce lo mismo que en el campo experimental. Para el futuro las variedades que salgan del Centro Experimental tendrán que probarse en las condiciones del pequeño agricultor antes de recomendarlas.

Plagas del suelo

Las plagas del suelo son importantes en todos los cultivos. Se recomiendan prácticas culturales y medidas de control químico basadas en observaciones de campo y en la historia de las plagas en suelo. Para el futuro sería importante definir qué importancia tienen esas plagas en el cultivo y demostrar experimentalmente que las prácticas culturales y agronóminas favorecen la producción.

Plagas del follaje

La plaga más importante del follaje del maíz es el Cogollero (*Spodoptera spp*). Esta plaga ataca todas las partes de la planta; actúa como cortador, defoliador, ataca la mazorca y la espiga. Como defoliador se le ha dado la mayor importancia y hacia ese tipo de daño se ha dirigido la investigación y se ha hecho lo siguiente:

Niveles económicos de daño: Se ha tratado de establecer un nivel económico de daño, para ello se ha trabajado con dos niveles que son 20% (nivel recomendado para control de la plaga en el MAG, Nicaragua) y 50% de cogollos dañados (se dice que la planta de maíz puede tolerar 50% de defoliación sin mermas en la producción). Se encontró lo siguiente: 2 ensayos en postrera con una variedad precoz (NS-2) no dieron di-

ferencia significativa de producción entre los dos niveles, por lo que se concluye que un plantío puede soportar 50% de plantas atacadas sin mermas en la producción. En un ensayo en la época de primera con una variedad intermedia (salco) se encontró diferencia significativa de producción entre los dos niveles; la conclusión lógica de este ensayo es que un plantío de maíz puede soportar únicamente 20% de plantas atacadas sin mermas en la producción.

Al comparar los dos resultados, vemos que los niveles económicos de daño en el control de Cogollero están influenciados por la época de siembra y la variedad cultivada. Para el futuro debemos hacer más estudios sobre éso. Además estudiar la influencia que tienen en la producción los otros tipos de daño.

Por medio de daño simulado hemos determinado que la influencia del daño en la producción depende de la persistencia o duración en tiempo del daño en la planta y no de la cantidad de daño hecho en un momento dado. También con defoliación artificial hemos dividido el crecimiento de la planta en el estado de cogollo en cuatro etapas y el resultado fue que el daño hecho en la tercera etapa influyó significativamente la producción. Para el futuro debemos estudiar qué porcentaje de daño es capaz de tolerar un plantío en cada una de esas cuatro etapas y además medir el grado de daño en la planta.

Plagas del tallo

La plaga principal del tallo en maíz es el Taladrador Mayor (*Diatraea lineolata*). El daño de *Diatraea* a la planta de maíz también es múltiple, algunos autores lo clasifican en cuatro tipos: a) daño en plantas jóvenes, conocido como corazón muerto, la larva destruye la yema terminal de crecimiento y la planta muere; b) daño al follaje, de poca importancia económica y muchas veces pasa desapercibido; c) daño al tallo, de gran importancia económica porque debilita la planta, reduce su vigorosidad, predispone a la planta al acame, las perforaciones son entrada de hongos, etc.; d) ataca también la mazorca y la espiga. Los trabajos que hemos hecho en el país es para determinar la influencia que tiene el daño al tallo sobre la producción; encontramos que a medida que aumenta el número de internudos dañados en la planta, disminuye la producción; Encontramos también que en nuestro lote con un promedio de 4.58 internudos dañados se perdió el 15% de la producción al compararlas con plantas sin daño. Esta cifra podría ser el comienzo para determinar niveles económicos de la plaga. Para el futuro además de hacer otros estudios en el tallo, sería importante saber qué influencia tienen los otros tipos de daño.

Plagas de la mazorca

Se dice que el gusano Elotero (*Heliothis zea*) se controla fácilmente con variedades de tuza larga y compacta. Para el futuro tendríamos que confirmar esa técnica. También debemos determinar la influencia que tienen otras plagas.

Plagas del maíz almacenado

Hay varias plagas que atacan el maíz en el almacén. Se han hecho varios estudios de control químico, y para el futuro sería interesante saber todos los métodos que usa el agricultor y qué resultados obtiene.

Enfermedades

Las principales enfermedades son el achaparramiento y el rayado fino, transmitidas por un chupador (*Dalbulus maidis*). Se ha estudiado la biología y distribución en el año de la plaga. Se recomienda no sembrar maíz en postrera en las zonas de mayor incidencia. Otra enfermedad muy importante es el ataque de hongos que pudren la mazorca. La solución futura sería el uso de variedades resistentes.

Un plan para cinco años en maíz sería: Los dos primeros años dedicarlos a confirmar observaciones existentes y los otros tres años dedicarlos a investigar sobre resultados obtenidos en esos dos años. Al finalizar los estudios de cada año, se haría un análisis de todos los resultados anteriores y se planearían las necesidades inmediatas a investigar al año siguiente.

H O N D U R A S

PARTE I REPORTE NACIONAL

REPORTE NACIONAL; HONDURAS

Eliseo Navarro *
Juan Aeschlimann *
Leonel Martínez *

I. INTRODUCCION

Por mucho tiempo se ha venido haciendo uso de los defensivos químicos agrícolas como única arma en contra de las plagas de los cultivos agrícolas. Algunos países con el fin de racionalizar el uso de los mismos han elaborado y puesto en ejecución leyes tendientes a regular el comportamiento de fábricas, casas formuladoras y distribuidoras de pesticidas; no obstante, en otros países no existe legislación en tal sentido o la aplicación de la misma se dificulta.

En Centro América el abuso de pesticidas no solamente ocasiona desbalance en el ecosistema, sino que amenaza algunos rubros que como la carne de ganado vacuno se expone al rechazo de mercados internacionales por el alto contenido de resíduos venenosos.

A fin de evitar los problemas arriba apuntados consideramos que en nuestro país debe ponerse en práctica a la mayor brevedad posible un sistema de manejo de plagas tendiente a evitar la contaminación ambiental, reducir los costos de producción y abaratarle al consumidor la adquisición de productos alimenticios.

Este trabajo que se presenta a los coordinadores del Curso de Control Integrado de Plagas, tiene por objeto dejar plasmada la inquietud de iniciar en nuestro país estudios tendientes a minimizar el uso de plaguicidas, para lo cual en el desarrollo del mismo se dan algunas ideas que pueden ser sustituídas o ampliadas por profesionales más versados en el tema que nos ocupa.

---

* Técnico del Ministerio de Recursos Naturales de Honduras.

695

II. OBJETIVOS

1. Proteger los principales cultivos que se siembran en el país, de las plagas que ocasionan pérdidas de significación económica.

2. Velar por la protección de la fauna y flora benéficas y en general del medio ambiente, mediante el uso racional de productos químicos tóxicos empleados contra las plagas.

3. Coadyuvar en la reducción de los costos de producción de los cultivos alimenticios y abaratar los precios de los mismos al consumidor.

III. ANTECEDENTES

Hasta la fecha en Honduras la protección fitosanitaria de los cultivos está basada en el uso de prácticas culturales, productos químicos y el control natural de predadores y parásitos, éstos últimos en su mayoría sin identificar.

Es probable que en un futuro no muy lejano, se establezcan crías artificiales de parásitos principalmente para controlar plagas en aquellos cultivos que, como el algodón, actualmente requiere aplicaciones frecuentes de plaguicidas.

De tal manera, para que exista un verdadero control integrado en nuestro país, es necesario el uso armonioso e inteligente de los aspectos que a continuación se detallan.

IV. CONTROL LEGAL

4.1 Elaboración de un reglamento que regule el uso, formulación y distribución de plaguicidas.

Esto es de suma importantia, ya que actualmente en la mayoría de los casos, las personas que distribuyen los plaguicidas carecen de los conocimientos elementales sobre los mismos, tampoco se controla la calidad de los mismos.

Para resolver este problema es necesario que las personas que laboran en la distribución de plaguicidas sean profesionales de la agronomía y que se establezcan mecanismos tendientes a revisar la calidad de los mismos.

696

V. CONTROL BIOLOGICO

Debido a que el control biológico natural es insuficiente para contrarrestar los efectos dañinos de los insectos que constituyen plagas para los principales cultivos, recomendamos:

5.1 Identificación de insectos útiles y destructivos en los diferentes cultivos que se siembran en el país.

5.2 Estudio de dinámica de poblaciones en diferentes cultivos.

5.3 Evaluación de la eficiencia de los enemigos naturales en la regulación de poblaciones de insectos fitófagos por medio de observaciones directas en el campo.

5.4 Establecimiento de crías masivas de parásitos haciendo uso de métodos sencillos y de bajo costo.

5.5 Importación de parásitos para aquellas plagas cuyas poblaciones no se han podido regular por otros medios (Eje. *Ceratitis capitata, Diatrea sp, Hipotenemus hampei*).

VI. CONTROL CULTURAL

Los objetivos de poner en práctica medidas culturales son los siguientes:

6.1 Prevenir ataques de plagas

6.2 Crear ambiente desfavorable para las plagas

6.3 Disminuír el daño de las plagas

Para lograr lo anterior deben realizarse las siguientes prácticas:

a) Preparación adecuada del suelo donde se va a depositar la semilla.

b) Uso de variedades resistentes

c) Sistemas de siembra adecuados

d) Drenaje y buen manejo de agua

e) Buena fertilización

f) Uniformidad en las fechas de siembra

g) Rotación de cultivos

h) Destrucción de rastrojos

i) Sistemas de cultivo (asociaciones)

j) Destrucción de plantas hospederas

k) Uso de cultivos trampa

VII. CONTROL QUIMICO

Para reducir el uso irracional e indiscriminado de pesticidas, se propone lo siguiente:

7.1 Realizar estudios sobre dósis óptimas a aplicar con los insecticidas existentes en el comercio local.

7.2 Recomendar aquellos pesticidas que representan menos peligro para el usuario debido a su baja toxicidad.

7.3 Hacer uso de plaguicidas selectivos para proteger los insectos benéficos.

7.4 Determinar umbrales económicos de las plagas más importantes del país para controlarlas en el momento oportuno.

7.5 Divulgar las medidas de precaución que debe tomar el usuario al utilizar un plaguicida.

VIII. LIMITACIONES

1. Escasez de profesionales capacitados para realizar investigaciones Entomológicas (Clasificación taxonómica).

2. Limitaciones presupuestarias para realizar investigaciones de laboratorio.

3. Difícil acceso a la investigación que realizan las empresas agrícolas privadas.

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda capacitar al personal que labora en los programas que tienen que ver con el control de plagas, en aquellos países con mayor experiencia en este campo.

2. Buscar mecanismos adecuados para que las empresas agrícolas den a conocer los resultados que obtienen de la investigación que realizan en los diferentes cultivos.

E L S A L V A D O R

PARTE I REPORTE NACIONAL

PARTE II CONSIDERACIONES ACERCA DEL DESARROLLO DEL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS EN EL SALVADOR

REPORTE NACIONAL; EL SALVADOR

PARTE I

Miguel R. Cortez *
José A. Ortiz *
Areli Huezo de Mira *
Muriel Alas de Velis *

I. INTRODUCCION

La República de El Salvador se encuentra ubicada en el Suroeste de la América Central y sobre el litoral del Océano Pacífico; sus límites fronterizos son: al Norte con la República de Honduras, al Sur con el Océano Pacífico, al Oeste con la República de Guatemala y al Este con el Golfo de Fonseca y la República de Honduras.

La superficie territorial del país es de 21,040 Km^2., con una población de 4,500,000 habitantes (estimación en base al censo de población de 1971), siendo uno de los países más densamente poblados de Latinoamérica. Políticamente está dividido en catorce departamentos; la Capital, San Salvador, se encuentra localizada en el Departamento del mismo nombre a una elevación de 700 metros sobre el nivel del mar y con una población de 700,000 habitantes.

II. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA EXPLOTACION AGRICOLA

Clima

Climatológicamente El Salvador es un país tropical, con una temperatura anual moderadamente alta, el promedio oscila entre 23°C - 27°C, según la región.

La precipitación pluvial es marcadamente estacional, distinguiéndose dos períodos o estaciones, la lluviosa y la seca, con una duración de seis meses cada una. La estación lluviosa comprende los meses de mayo a octubre y contribuye con el 90% aproximadamente de la precipitación total anual, cuyo promedio es de 1500 mm. a 2000 mm; sin embargo, la distribución no es uniforme en todo el territorio, existiendo áreas de baja precipitación, sobre todo en la zona Noroeste del país. Por otra parte, durante la estación lluviosa se presentan períodos secos denominados "canículas", cuya duración es variable; suele ocurrir durante los meses de julio a agosto.

---

* Técnicos del Departamento de Parasitología Vegetal. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA). El Salvador, C. A.

Best Available Document

100

Fisiografía

La mayor parte del terreno se distingue por una topografía escabrosa y quebrada debido a recientes actividades volcánicas. Debido a las características fisiográficas, se reconocen tres zonas o regiones que dividen al país longitudinalmente: La zona Norte, compuesta por grandes repliegues o fallas, con zonas de gran pendiente; los suelos en su mayor parte se encuentran altamente erosionados, predominando los latosoles arcillo-rojizos y litosoles. En esta zona se encuentran las mayores alturas (2700 mts. Cerro El Pital) sobre el nivel del mar. Zona Central; la característica más perceptible es la cadena de volcanes que cruza todo el país, encontrándose también valles intermedios de mediana y alta fertilidad. Esta zona se encuentra separada de la norte por una fosa tectónica. Los suelos frecuentes son los pardo forestales, regosoles, litosoles y latosoles arcillo-rojizos. Finalmente, en el Sur se localiza la zona Costera, constituída por angosta planicie interrumpida por montañas con quiebres profundos producidos por fallas geológicas inclinadas con gran pendiente hacia la costa. En esta zona existen suelos aluviales, así como también áreas dispersas de regosoles aluviales, grumosoles y latosoles arcillo-rojizos.

Tenencia de la tierra

Existe la fragmentación de la superficie de la tierra laborable en unidades pequeñas, que en la mayoría de los casos aportan la subsistencia de quienes las trabajan. También existen propiedades consideradas medianas por la extensión que representan y finalmente las explotaciones grandes. De acuerdo al Censo Agropecuario de 1971, en términos porcentuales, las pequeñas fincas con una extensión hasta de una hectárea, representaban el 48% del total de propiedades del país, ocupando el 4.8% de la superficie cultivada; un segundo estrato de fincas cuya extensión oscila entre 1 - 9.9 hectáreas, representaba el 43.6% del total de explotaciones, ocupando el 22.3% de las tierras cultivadas. Sumando ambos estratos, éstos representan el 92.5% del mismo total de explotaciones agrícolas, ocupando el 27.1% del área laborable. Lo anterior indica que el minifundio está presente.

Superficie de riego y mecanización

Como ya se mencionó anteriormente, el régimen de lluvias es marcadamente estacional, que comprende los meses de mayo a octubre, el desarrollo de los cultivos, esencialmente los anuales, están sujetos a las condiciones de lluvia durante el período ya indicado. Sin embargo, existe una superficie potencial de riego de 32,300 hectáreas, de las cuales solamente se explota el 7.2% de ésta, bajo condiciones de regadío.

Con respecto a la utilización de maquinaria, no se cuenta con datos precisos que indiquen el grado de mecanización existente, sin embargo, se puede decir que su uso está sujeto a las condiciones socio-económicas del agricultor y al tipo de cultivo, existiendo una relación di-

recta con las circunstancias primeramente señalada. Algunos datos que sobre la utilización de maquinaria en los cultivos de granos básicos, resultado de una encuesta realizada por el Departamento de Economía Agropecuaria del M.A.G., se anotan aquí a fin de perfeccionar una idea al respecto, ya que denotan aspectos reales aún sin llegar a ser cuantitativos. Entre los resultados de la encuesta antes referida, se identificaron cuatro estratos sobre los tipos de mecanización, los cuales fueron:

1.- Mecanizados. En este caso del 85% al 100% de la tracción empleada es mecánica (accionad por motor), y generalmente fue observada en los cultivadores de maíz mejorado y arroz. En el caso de maíz, solamente la cosecha se realiza en forma manual, el resto de labores se hace mecanizadamente.

2.- Semi-mecanizado. Este estrato utiliza una combinación de tracción mecánica y animal; la preparación de suelos se hace con tractor, siembra (surcado) y cultivos con tracción animal (bueyes), recolección y desgrane manual o con máquina manual. Los cultivos en que se observa este estrato es en maíz criollo, frijol, arroz y maicillo criollo.

3.- No mecanizado con tracción animal. Este se aplica a las mismos cultivos del estrato 2 y los agricultores utilizan tracción animal (bueyes) en la preparación del suelo y el resto de labores se realizan manualmente.

4.- No mecanizado sin tracción animal. Todas las labores son realizadas en forma manual. Se aplica a todos los cultivos mencionados a excepción del arroz.

Esta última modalidad de siembra es la generalmente empleada por el agricultor de subsistencia y sobre todo en las áreas de siembra con variedades criollas de maíz y maicillo.

III. PRINCIPALES CULTIVOS Y SU DISTRIBUCION EN EL PAIS

Se considera que El Salvador es un país esencialmente agrícola, debido a sus limitados recursos naturales no renovables y a que aproximadamente el 60% de la población se dedica a actividades agropecuarias.

La agricultura salvadoreña se caracteriza por la producción de cultivos tradicionales de exportación como café, algodón y caña de azúcar y cultivos alimenticios, esencialmente los llamados granos básicos, maíz, frijol, maicillo y arroz. En menos escala se cultivan hortalizas y frutales.

A continuación se menciona la distribución y características agronómicas de los principales cultivos.

CAFE

Se encuentra cultivado en su mayor parte en la zona media del país, las alturas de siembra comprenden desde 465 a más de 1500 metros sobre el nivel del mar. El sistema de cultivo empleado es como monocultivo bajo sombra permanente, también existen en menor escala, siembras al sol directamente. Las variedades que se cultivan son: Borbón, Pacas, Caturra y Arabica.

ALGODON

Este cultivo se encuentra localizado en la zona Costera (Litoral Pacífico) se siembra desde el nivel del mar hasta unos 110 m.s.n.m., variedades cultivadas: Stonville 7-A, 213, y Deltapine.

CAÑA DE AZUCAR

Se le cultiva en la zona Costera y zona media del país, en alturas que van de 0 a 700 m.s.n.m. Las variedades más usadas son:las de Puerto Rico y Barbados.

MAIZ

Es el cereal más ampliamente cultivado en el país en todas las zonas y a casi todas las alturas; las variedades más cultivadas son: H-3, H-5 y H-101, se siembra en monocultivo y en asocio con frijol y maicillo.

FRIJOL

Este grano ocupa el segundo lugar en importancia como alimento en la dieta diaria; se le cultiva especialmente en la zona media, Norte del país, en altitudes que fluctúan entre 400 a 1200 m.s.n.m. En la zona de la costa se siembra frijol blanco (*Phaseolus acutifolius*) y Caupi, en pequeñas áreas. El frijol se cultiva generalmente en asocio con maíz, caña de azúcar y también en monocultivo. Las variedades mejoradas más cultivadas son: B-184-N, Rojo 70 y Rojo de seda.

SORGO

Se le cultiva en todas las zonas del país, especialmente en la zona Norte, en alturas desde 0 a 1500 m.s.n.m. Se siembra especialmente asociado con maíz y también sólo; las variedades criollas son las más usadas y son fotoperiódicas,; entre las variedades mejoradas empleadas tenemos: Centa S-1, Centa S-2 y Centa SH-501.

ARROZ

Se le siembra en todas las zonas del país, pero con mayor intensidad en la zona media y Norte, en alturas de 0 a 650 m.s.n.m., el 99% del arroz se cultiva sólo, el resto en asocio con maíz o maicillo. Las variedades más utilizadas son: Cica 9, X-10.

HORTALIZAS

Las principales hortalizas cultivadas son: tomate, chile dulce, pepino, repollo, cebolla y papa. Estas se cultivan especialmente en el Valle de Zapotitán a 465 m.s.n.m. y en el Valle de Chucuyo a 650 m.s.n.m. La papa en Zapotitan y en las Pilas (Zona Norte) a 1800 m.s.n.m.

FRUTALES

Los principales frutales son: Los cítricos, coco y mangos.

En El Salvador se dan tres épocas de siembra: a) siembra de primera o de mayo; b) siembra de postrera o de agosto y c) época de apante o de verano (diciembre)

IV. PRINCIPALES PROBLEMAS FITOSANITARIOS DE LOS CULTIVOS ALIMENTICIOS

Cultivos	Plagas	Enfermedades
MAIZ	Spodoptera frugiperda (J. E. Smith)	Physoderma maidis
	Diabrotica balteata Lec.	Achaparramiento (virus)
	Euxesta spp.	
	Dalbulus maidis (W. & D)	
FRIJOL	Apion godmani (Wagn.)	Thanatephorus cucumeris
	Trichoplusia ni (Hbn)	Pythium sp
	Bemisia tabaci Gen.	Uromyces phaseoli var. typica
	Cerotoma ruficornis Oliv.	Isariopsis griseola Sacc.
	Babosa (Vaginulus p pleueius)	Colletotrichum lindemutianum
		Mosaico dorado (virus)
		Mosaico rugoso (virus)

704

Cultivos	Plagas	Enfermedades
SORGO	Spodoptera frugiperda (J. E. Smith)	Sclerospora sorghi (Ell y Ev)
	Contarinia sorguicola (Cog)	
ARROZ	Mocis repanda Fab.	Pyricularia oryzae Cav.
	Spodoptera exigua (Hbn)	
	Sogatodes oryzicola Muir	
HORTALIZAS (tomate, repollo, chile dulce)	Trichoplusia ni (Hbn)	Alternaria solani (tomate)
	Pseudoplusia includens (Hbn)	Phytophtora infestans (tomate)
	Spodoptera exigua (Hbn)	Pseudomonas solanacearum (tomate)
	Plutella maculipennis Curtis.	T.M.V. (virus) (Tomate)
	Bemisia tabaci Genn.	Xanthomonas vesicatoria (Chile)
	Anthonomus eugeni Cano	Pseudomonas solanacearum (chile)
		Virósis

MEDIDAS DE CONTROL QUE SE APLICAN EN LA ACTUALIDAD Y SUS LIMITACIONES.

Control Químico

Los insecticidas más empleados en el control de las plagas son:

Volaton 2.5% G.	Decis 2.5% C.
Volaton 50% C.E.	Belmark 30% C.E.
Tamaron 600 C.S.	Ambush 50% C.E.
Lannate 90 P.S.	Pounce 7.5% C.E.
Furadán 5% G	Ortho B. (cebo contra babosa)

Los piretroides por su alto costo generalmente no son muy accesibles a los pequeños agricultores, sin embargo, éstos son utilizados en cultivos hortícolas.

105

Los funguicidas más usados en el control de enfermedades en El Salvador son:

Benlate	Kasumin
Dithane M-45	Cupravit
Mancozeb	Perenox
Daconil	Bayleton
Inosan	

Medidas Culturales:

Las medidas principales adoptadas son: la limpia del terreno, destrucción de rastrojos, adelanto de épocas de siembra, rotación de cultivos, densidades de población.

Control Biológico

En la actualidad se están realizando introducciones de parásitos como *Telenomus remus Nixon*, parásito ouifago de *Spodoptera frugiperda*, también se están evaluando los enemigos naturales nativos en diferentes cultivos, a fin de determinar su efectividad, algunas de las especies que controlan en forma satisfactoria son: *Chelenus texanus* (parásito ouifago) y *Zelus longuipes* (predator) controlan a *Spodoptera frugiperda*, *Agonaïopus sp* es un excelente parásito de *Palbulus maidis*, también tenemos *Copidosoma y Apanteles* que controlan perfectamente a *Trichoplusia ni y Pseudoplusia includens*, otros fitopatógenos excelentes contra estas especies son las bacterias, virus y hongos. Existen Tachinidos como *Eucelatoria*, *Gymnocarcelia*, *Drino*, que son parásitos de plagas de importancia como *Heliothis*, *Estigmene y Mocis*.

La limitante en el uso de estos enemigos naturales es que se necesita saber su biología, hábitos, a fin de poder reproducirlos y manejarlos en forma eficiente, para que controlen mejor a las plagas.

V. ORGANIZACIONES OFICIALES O PRIVADAS VINCULADAS A LA INVESTIGACION Y EXTENSION FITOSANITARIA

En términos generales, la actividad de investigación y extensión agrícola es desarrollada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de sus dependencias, que según su naturaleza jurídica pueden ser centralizadas o autónomas.

Particularmente en lo que a aspectos fitosanitarios se refiere, se mencionarán aquellas instituciones vinculadas directamente con dicha actividad, ya sean éstas gubernamentales o privadas.

Best Available Document

706

Entre las institucionales gubernamentales tenemos:

a) El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, cuyas funciones son: investigar, desarrollar y divulgar tecnologías para la producción agr la, aplicables y convenientes a las condiciones ambientales, sociales y económicas del país; desarrollar programas de capacitación tecnológica y asistencia técnica. Los aspectos de investigación fitosanitaria son realizados por el Departamento de Parasitología Vegetal de la División de Investigación y la labor de extensión a través de 71 agencias distribuídas en todo el territorio nacional.

Los cultivos que merecen primordial atención en ambas actividades son: los granos básicos, hortalizas, frutales y los agroindustriales.

b) Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Entre las principales funciones que desempeña están: inventariar, investigar, evaluar y administrar el uso de los recursos naturales del país. En este sentido, por medio del Departamento de Entomología y Fitopatología se realiza un registro, clasificación e identificación de las plagas y enfermedades que afectan a las áreas de bosque del país.

c) Departamento de Defensa Agropecuaria. Este cumple importantes funciones en la regulación, registro y control de calidad de agroquímicos y productos de uso agropecuario en el país. Emite dictámenes sobre solicitudes de siembra del cultivo de algodón y vigila el cumplimiento de las disposiciones legales que norman dicha actividad. Así mismo, aplica medidas preventivas y combativas para evitar la introducción o propagación de plagas y enfermedades que amenacen el patrimonio agropecuario.

d) Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Institución autónoma, dedicada exclusivamente a investigar todos los aspectos relacionados con el cultivo del café, y a proporcionar asistencia técnica a los caficultores. Para la investigación de los problemas fitosanitarios dispone de los siguientes departamentos: Entomología, Fitopatología y Nematología. Además tiene bajo su responsabilidad los programas de prevención contra la Broca y Roya del cafeto.

En relación a Instituciones Privadas involucradas en los aspectos fitosanitarios está La Cooperativa Salvadoreña Algodonera, que por medio de su Departamento de Investigación realiza trabajos de mejoramiento genético y evaluación de insecticidas en el cultivo de algodón. Así mismo esta entidad tiene un laboratorio de cría masiva de *Trichogramma*, para venta a los algodoneros.

Por otra parte, existen otras dos empresas particulares dedicadas a la venta de dicho parásito.

Best Available Document

ALTURA, VARIEDADES Y SISTEMA DE SIEMBRA EN CULTIVOS FRUTALES

EL SALVADOR C.A.

Cultivo	Altura	Variedad	Sistema de siembra
Cítricos	Hasta 1.300 m.s.n.m.	Jaffa Valencia Washington	Monocultivo asociado
Musaceas	Hasta 900 m.s.n.m.	Usulután Plátano ♂ Plátano ♀ Coco Tumoc	Monocultivo
Piña	300-800 m.s.n.m.	Cayena Lisa Cubana Azucarón	Monocultivo
Coco	Zona costera	Criollos seleccionados	Monocultivo
Papaya	100-700 m.s.n.m.	Izalco N°2	Monocultivo

AREA, RENDIMIENTO PROMEDIO, VARIEDADES, EPOCA DE SIEMBRA Y SISTEMA DE SIEMBRA EN CULTIVOS DE AGROEXPORTACION

Cultivo	Mz Area	Rendimiento Promedio/Mz	Variedades	Epoca de Siembra	Sistema de Siembra
Café	210.056	38-40 qq/Mz	Pacas Caturra Bourbón	Mayo-junio	Monocultivo
Algodón	91.695	38-40 qq	Stonville Copal Delta-Pine	15 de junio al 15 de julio	Monocultivo
Caña de Azúcar	33.215	90-110T.m.	Barbados Mayaguez Hawai Puerto Rica	Noviembre o Diciembre	Monocultivo y Asociada

AREA, RENDIMIENTO, EPOCA DE SIEMBRA, VARIEDADES Y SISTEMA DE SIEMBRA EN GRANOS BASICOS

EL SALVADOR, C.A.

Cultivo	Mz Area	Rendimiento Promedio	Variedades	Epoca de Siembra	Sistema de siembra
Maíz	351.700 mz.	40 qq/Mz	H3 H5 H101	Inicio lluvia Agosto Noviembre	Monocultivo Asociado Intercalado
Frijol	78.800	10-12 qq/Mz	Rojo de Seda Rojo 70 Selección 184 Criollos	Inicio lluvia Agosto Diciembre o Enero	Monocultivo Asociado Intercalado
Sorgo	189.100	20 qq/Mz.	Criollo Centa S-1 Centa S-2	Mayo Setiembre	Monocultivo Asociado
Arroz	24.200	33.8 qq	Cica 6 Cica 9 X 10	Junio- Julio	Monocultivo

CONSIDERACIONES ACERCA DEL DESARROLLO DEL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS EN EL SALVADOR

PARTE II

José Alfonso Ortiz *
Miguel Roman Cortez *
Muriel A. de Velis *
Areli H. de Mira *

INTRODUCCION

Las actividades de investigación agrícola y pecuaria son realizadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de sus dependencias. Corresponde al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA), entre las Instituciones del sector, la generación y transferencia de tecnología de los aspectos agrícolas del país, a excepción del cultivo de café, responsabilidad de otra institución del Ministerio.

Particularmente en lo referente a fitosanidad, es el Departamento de Parasitología Vegetal, unidad perteneciente a la División de Investigación del CENTA, quien tiene a su cargo la investigación en tal sentido, operando bajo grupos multidisciplinarios de trabajo, conjuntamente con técnicos de siete Departamentos de la División.

Entre los lineamientos generales de la Institución, se le da prioridad a la producción de cultivos alimenticios y especialmente los llamados granos básicos, bajo sistemas de producción en fincas de pequeños y medianos agricultores.

Considerando lo anterior las acciones para implementar y desarrollar un control integrado de plagas, conjuntamente con las experiencias adquiridas en el presente curso y las proyecciones del futuro trabajo estarán enfocadas bajo los lineamientos antes mencionados.

SITUACION ACTUAL

Las acciones de investigación realizadas por el Departamento de Parasitología Vegetal, en lo que a granos básicos se refiere, y principalmente en los cultivos de maíz, frijol común, sorgo y arroz, han proporcionado información básica, que de acuerdo a los conceptos vertidos en el presente curso, pueden ser utilizados en la iniciación de una forma de trabajo acorde a los principios del Control Integrado.

---

* Técnicos del Departamento de Parasitología Vegetal. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA). El Salvador, C. A.

A continuación, de una forma general, se mencionan algunos logros obtenidos: Identificación de especies benéficas nativas presentes en los cultivos y en otras malezas hospederas; evaluación y selección de variedades resistentes a enfermedades de orígen fungoso y viroso; evaluación y selección de variedades resistentes al ataque de insectos; determinación de dosis y frecuencias óptimas de aplicación de plaguicidas; importación y evaluación de parásitos (cría); determinación de dinámicas poblacionales de plagas; determinación de períodos de susceptibilidad de la planta al ataque de insectos y enfermedades. Por otra parte, Técnicos del Departamento han participado en la realización de diagnósticos en algunas regiones del país, a fin de obtener información directa de estas áreas. También se ha realizado alguna divulgación de los trabajos efectuados, dirigido a extensionistas.

PROYECCIONES

Los cultivos de maíz y frijol común constituyen la base de la dieta alimenticia para la mayoría de nuestra población, así mismo, el sorgo representa un grano importante para un amplio sector de agricultores ya que es utilizado también para consumo humano. En vista de lo anterior, se considera importante incluír estos tres cultivos en la reorientación de nuestros trabajos, incorporando los conceptos del Control Integrado de Plagas.

Tomando en cuenta los tres componentes básicos para el desarrollo del Control Integrado, las acciones a realizar se plantean en términos generales, ya que proyecciones más detalladas o por cultivo podrían excluír datos y puntos de vista de otros Técnicos del Departamento, que obviamente, en este momento no están a nuestro alcance. En base a estos puntos de vista se plantea el siguiente esquema:

I.- Componente Investigación y Desarrollo Actual del Control Integrado.

Las medidas a incluírse en este componente son: a) Revisión de la información disponible de otros países que pueda aplicarse a nuestras condiciones; b) Revisar los datos e información disponibles, generados por las investigaciones realizadas en el Departamento de Parasitología Vegetal, a fin de actualizarlos o ampliarlos; c) Independientemente del punto anterior, se considera realizar investigaciones tendientes a: Estudiar ciclos biológicos de enemigos naturales nativos, cuyas especies ya están identificadas y que por su potencialidad resultan importantes; estudiar la relación de las plagas y enemigos naturales y malezas predominantes en los cultivos considerados, de acuerdo a épocas y regiones de cultivo. Dinámica de poblaciones de plagas clave, previa identificación de éstas, en relación al desarrollo de los cultivos y factores climáticos. Evaluación de insecticidas selectivos y su efecto en la fauna benéfica. Implementación de métodos de muestreo de plagas y fauna benéfica. Propiciar un adecuado conocimiento de los cultivos (incluyendo todos los factores). Estudio de prácticas culturales como medidas preventivas del ataque de plagas.

112

II.- Educación y Entrenamiento

En cuanto a este componente que sirve para influír a todos los niveles, pretendemos hacer conciencia, en primer lugar, entre nuestro Personal Técnico, es decir, en el Departamento y otros Técnicos relacionados con éste, en los conceptos y forma de trabajo de Control Integrado. Por otra parte, transferir por publicaciones y charlas a extensionistas sobre la información al respecto. También se puede incluír a agricultores y agregarle información sobre la manipulación, uso y almacenamiento de plaguicidas.

Comenzando en estos niveles una divulgación, se podrá más fácilmente convencer y demostrar las bondades del sistema a otros niveles, en cualquier sentido que se encuentren.

Otro aspecto que nos parece de suma importancia es incluír en este componente, el entrenamiento y capacitación del personal técnico involucrado en protección vegetal, ya que las oportunidades de obtener entrenamientos como el que se ha recibido en esta oportunidad, no se presentan frecuentemente, por lo menos en nuestra región y que consideramos sumamente positivo por el refrescamiento y conocimiento de nuevas técnicas, así como también la orientación y filosofía del Control Integrado de Plagas, adquiridos y que sería valioso para los Técnicos de la región que cursos como el que hemos recibido se pudiesen ofrecer por lo menos una vez al año, a nivel regional como éste.

III.-Finalmente el uso y establecimiento dependerá del buen éxito y alcances logrados, lo cual nos permitirá establecer las estrategias, utilizando las tácticas más convenientes; consecuentemente, divulgar estos logros por medio de publicaciones, etc. y la aplicación práctica en el campo del agricultor.

G U A T E M A L A

PARTE I REPORTE NACIONAL

PARTE II ALGUNOS ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN CONTROL INTEGRADO DE PLACAS CON PEQUEÑOS PRODUCTORES.

PARTE III PLANES PARA EL FUTURO.

ESPECTATIVAS EN LA LUCHA CONTRA PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS EN GUATEMALA.

714

REPORTE NACIONAL; GUATEMALA

PARTE I

Jorge Escobedo *
Manuel Cano **
Ricardo Gamboa ***

I. INTRODUCCION

Guatemala, país centroamericano que propugna por la integración del Istmo, cuenta con área territorial de 131,800 Km^2., colinda al Norte con México, al Este limita con el Mar de las Antillas y las Repúblicas de Honduras y El Salvador, al Sur con el Océano Pacífico y al Oeste con México. Su orografía, influye fundamentalmente en su variación climática y consecuentemente en la zonificación de sus cultivos.

La Cordillera al pasar por Tehuantepec (México), se divide en dos ramales que entran a Guatemala, uno por el Departamento de San Marcos, lo que forma el Sistema de la Sierra Madre y el otro por Huehuetenango, que forma el Sistema de Los Cuchumatanes. La Sierra Madre (380 Km) atraviesa el territorio de Oeste a Este, corre paralela al Océano Pacífico desarrollando la altiplanicie central. Goza de una gran variedad de climas, sin llegar a extremos de frío o de calor. La temperatura media del altiplano es de 16°C a 20°C y en las costas llega a un promedio de 25° a 30°C a la sombra. La estación lluviosa es de mayo a octubre.

Su población es de aproximadamente 7 x 10^6 millones de habitantes, de los cuales el 60% se dedica a la agricultura.

Se considera que el 66% de su territorio tiene vocación agrícola, del cual el 72% corresponde a un 2% de propietarios.

La estructura agrícola de Guatemala demarca una clara división entre los cultivos industriales o de exportación y los cultivos de consumo interno, utilizados en la dicta alimenticia de la población. Ambos rubros productivos son de vital importancia en el desenvolvimiento económico y social actual del país. El sostenimiento del esquema planteado es función de varios factores, entre otros los siguientes:

1.- La relación Minifundio-Latifundio

2.- Incipiente desarrollo industrial

3.- El incipiente desarrollo turístico y

4.- El incipiente aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente.

---

* Director, Sanidad Vegetal, DIGESA

** Jefe Laboratorio Parasitología Vegetal, DIGESA.

*** Técnico, ICTA

Best Available Document

115

II. PRINCIPALES CULTIVOS

A. Industriales o de exportación

Entre los principales se pueden mencionar: el café que ocupa un área aproximada de 205,000 Mz., el algodón con una extensión registrada para le temporada 1979-1980 de 180,000 Mz., siguiéndoles en importancia los cultivos de caña de azúcar, banano, cardamomo, hule, cacao, citronela, flores, frutas deciduas y otros.

B. Cultivos de consumo interno

Principalmente:

Granos básicos:

maíz, arroz, trigo, sorgo, frijol.

Hortalizas:

papa, tomate, repollo, lechuga, zanahoria, remolacha, rábano, cebolla, ajo.

Frutas tropicales:

sandía, melón, piña.

III. TIPIFICACION DE ALGUNAS CARACTERISTICAS EN LA EXPLOTACION DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS.

A) Cultivo de cafeto

En gran proporción con aprovechamiento extensivo, poca tecnificación, con un rendimiento promedio de 8 quintales oro/Mz. conserva en gran parte su ecosistema.

B) Cultivo del algodonero

Aprovechamiento intensivo, alto grado de tecnificación. Mecanizado en su totalidad, con rendimiento promedio de 46 quintales Rama/Mz. El uso inmoderado de pesticidas ha provocado desequilibrio en su ecosistema.

Algunas empresas utilizan técnicas como cultivo trampa, uso de feromonas, insecticidas biológicos, hongos entomopatógenos, y regulaciones de épocas de siembra y destrucción de rastrojos, ésto último es ley de observación general.

C) Cultivo de granos básicos

Pequeños agricultores en su gran mayoría en áreas marginales con adopción de algunas innovaciones tecnológicas, principalmente uso de semilla mejorada y fertilizantes, poco uso de pesticidas. En términos generales puede considerarse que conservan el ecosistema, aprovechan diferentes sistemas de producción.

D) Cultivo de hortalizas

Pequeños agricultores, tecnología criolla y adoptada, utilización de riego, aprovechan diferentes sistemas de producción.

IV. PRINCIPALES CULTIVOS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES Y DISTRIBUCION EN EL PAIS

En 1970 el Gobierno de la República de Guatemala puso en marcha el Plan Nacional de Desarrollo Rural, en el cual reorganizaron las dependencias del Ministerio de Agricultura e institucionalizaron el Sector Público Agrícola (S.P.A.), con el objeto de aumentar sostenidamente la producción agrícola por medio de un programa integral de asistencia técnica, crédito y mercadeo dirigido a pequeños y medianos agricultores.

Como parte de esta política se regionalizaron los 22 departamentos que forman la República de Guatemala en 7 regiones, con el objeto de tecnificar los cultivos y programas planificando de acuerdo a las necesidades de cada región.

A. Regionalización:

Región I. Quezaltenango, San Marcos, Huehuetenango, Sololá, Totonicapán y Quiché.

Región II. Alta Verapaz, Baja Verapaz, Izabal, y Quiché.

Región III. Petén

Región IV. Escuíntla, Mazatenango, Retalhuleu, San Marcos y Quezaltenango.

Región V. Guatemala, Chimaltenango, Baja Verapaz, El Progreso y Sacatepéquez.

Región VI. Santa Rosa, Jutiapa y Jalapa

Región VII. Zacapa, Chiquimula, Izabal.

B. Instituciones que forman el S.P.A.

1. Dirección General de Servicios Agrícolas "DIGESA" responsable de la programación, organización, ejecución, evaluación y control de los programas de producción y servicios agrícolas, así como de llevar conocimiento a los agricultores, la tecnología y propósitos de la política general de desarrollo agrícola del Estado.

717

2. Banco Nacional de Desarrollo Agrícola "BANDESA". Organismo financiero responsable de promover y administrar la asistencia crediticia que el Gobierno de la República otorga a la actividad agrícola del país.

3. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola "ICTA". Institución responsable de generar y promover el uso de la Ciencia y Tecnología Agrícola, conduciendo investigaciones tendientes a la solución de los problemas.

4. Instituto Nacional de Comercialización Agrícola "INDECA". Elaborar programas de compra-venta de granos básicos, fijar precios de garantía para la producción de los mismos, creación de la red de instalaciones de almacenamiento.

5. Instituto Nacional Forestal "INAFOR". Hacer un óptimo aprovechamiento de los recursos forestales, impulsar la conservación y restauración de los recursos naturales renovables y promover investigaciones técnicas y científicas que tiendan al desarrollo forestal e industrial del país.

6. Instituto Nacional de Transformación Agraria "INTA". Encargado de la districución de la tierra y obras de infraestructura de las mismas.

7. Empresa de Productos Lácteos de Asunción Mita "PROLAC". Incrementa y mejora la producción de leche del sur-oriente, contribuye a la demanda de leche fluída, leche en polvo y derivados, fomenta y facilita el mercado de los productos lácteos.

8. Programa de Desarrollo Ganadero "PRODEGA". Asistencia financiera y técnica a pequeños ganaderos de bovinos de leche de la Costa Sur y de Chiquimulilla, Guatemala, Teculután y Cobán.

9. Dirección General de Servicios Pecuarios "DIGESEPE". Responsable de la programación, organización, ejecución, evaluación y control de programas de producción y servicios pecuarios.

C. Distribución de cultivos de pequeños productores

Región I maíz, trigo, hortalizas clima frío.

Región II maíz, frijol, trigo, hortalizas clima cálido.

Región III maíz, frijol, arroz.

Región IV maíz, sorgo, arroz, ajonjolí.

Región V maíz, frijol, trigo, hortalizas clima templado-frío, hortalizas clima cálido.

Región VI maíz, frijol, sorgo, arroz.

Región VII maíz, sorgo, hortalizas clima cálido.

V. PLAN DE APOYO TECNICO FITOSANITARIO A NIVEL REGIONAL NACIONAL DIGESA, GUATEMALA.

El Departamento de Sanidad Vegetal, como una unidad de apoyo técnico a los programas de desarrollo agrícola del país y con el afán de aliviar en parte las múltiples necesidades de carácter fitosanitarias que continuamente se reportan del agro guatemalteco, elaboró un inventario a nivel regional-nacional de éstas, contando para ello con el apoyo decidido de los ejecutores de los programas agrícolas en toda la República, entre ellos, agricultores, promotores, supervisores y directores regionales.

Después de obtenida la información solicitada, se analizaron los recursos disponibles (viáticos, recursos humanos, disponibilidad de transporte, etc.) del Departamento, llegando a la conclusión de no poder atender en forma satisfactoria todos los problemas que se presentaban a nivel nacional, por esta misma razón, se determinó la necesidad de priorizar este inventario, tratando de atender en la mejor forma por lo menos en una actividad cada una de las siete regiones agrícolas en que está dividida la República de Guatemala.

De esa manera, y en el transcurso de este año se están atendiendo varios problemas fitosanitarios de acuerdo a un calendario programado especialmente, siendo algunas de ellos las que a continuación se detallan:

Región VII

Control de sigatoka negra

Esta enfermedad está afectando la zona atlántica de Guatemala, donde una gran mayoría de agricultores de pequeños y medianos recursos económicos se dedican al cultivo del plátano. Las medidas de control que se están efectuando a la fecha son las de informar y orientar al agricultor en el sentido de modificar las condiciones favorables a la enfermedad, seleccionando los sitios más adecuados para las plantaciones de plátano, efectuando buenas prácticas de cultivo, haciendo aplicación de fertilizantes, indicándoles las necesidades de espaciamientos amplios entre plantas (1000 plantas/Ha) para evitar el exceso de humedad y así impedir la dispersión rápida de la enfermedad de una planta a otra y entre plantaciones.

Para el control químico de esta enfermedad se está recomendando el uso de bombas de mochila a motor, con boquillas especiales y lanza muy larga, que permitan al agricultor movilizarse fácilmente entre los platanares y hacer las aplicaciones fácil y eficientemente. Los productos que se recomiendan son: Mancosef, Dithane M45, Manzate, ya que según reportes de BANDEGUA (Bananos de Guatemala) son los productos que han dado buen resultado en el control.

Best Available Document

Se cuenta con un fondo rotativo manejado por Sanidad Vegetal, con el objeto de adquirir material y equipo a precio de costo, para uso y venta a pequeños agricultores.

Región IV

Apoyo fitosanitario a los distribuidores de riego: Nicá, Catarina y la Blanca

En esta zona se está trabajando en parcelas experimentales especialmente con cultivos de maíz y tomate. El apoyo consiste en efectuar muestreos del suelo, con el objeto de llevar un control de poblaciones de nemátodos, que puedan considerarse peligrosas para el cultivo del tomate principalmente.

También se han analizado muestras de plantas de maíz atacadas por bacterias en la parte media de la caña. En el laboratorio se pudo comprobar que este ataque es secundario y que la causa principal se debe al mal sistema de aplicación de insecticidas (insecticidas granulados) en el control del gusano cogollero (*Spodoptera exigua H.b.n*).

Regiones II, VII, V, VI y I

Viveros y otros cultivos

En estas regiones, los técnicos realizan prácticas de rastreo y muestreo en suelos y cultivos, diagnosticando en el laboratorio los agentes causales de las afecciones y recomendando los tratamientos más adecuados a cada caso. Ver Cuadro de algunas plagas y enfermedades reportadas por el laboratorio.

Región I

Frutales deciduos: (Manzano)

En esta zona el problema más serio es el ataque de pájaros, que se controla eficientemente con un producto conocido comercialmente con el nombre de Tongle Food, que tiene acción repelente. Este sistema de control es nuevo en el área del OIRSA y fue probado y recomendado por vez primera en Guatemala.

Control de roedores en palma africana

En esta zona se trabajó con control químico utilizando los siguientes: Arsénico blanco, Racumin, y Ramik verde.

120

VI. ORGANIZACIONES OFICIALES O PRIVADAS VINCULADAS A LA INVESTIGACION Y EXTENSION FITOSANITARIA

1.- ICTA - Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas S P.A.*

2.- Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Autónoma de San Carlos de Guatemala.

3.- ITA - Instituto Técnico de Agricultura S.P.A.

4.- ANACAFE - Asociación Nacional del Café.

5.- Gremial de Huleros

6.- Asociación de Azucareros

7.- Comisión Mosca del Med.

8.- Sociedad de Orquideología

9.- DIGESA - Dirección General de Servicios Agrícolas S.P.A.

10.- OIRSA - Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria.

* S.P.A., Sector Público Agrícola del Ministerio de Agricultura.

VII. PROGRAMAS FITOSANITARIOS ESPECIFICOS

1.- Mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata W.*)

2.- Campaña Antiacridia (*Schistocerca paranensis P*)

3.- Tecnicafé Anacafé *

3.1 Broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei F.*)

3.2 Prevención roya del cafeto (*Hemileia vastatrix B & B*)

4.- Sigatoka Negra (*Micospharella figiensis Vd. diformes*)

5.- Gorgojo Descortezador del pino (*Dendroctonus sp.*)

6.- Control de plagas vertebrados

6.1 Roedores,

6.2 Pájaros

---

* Asociación Nacional del Café, agrupa a productores de café y dentro de sus principales programas cuenta con el de tecnificación (TECNICAFE), como principio para afrontar la problemática del cultivo.

Ejemplificación programa específico

Mosca del Mediterráneo

Con la detección de la mosca del mediterráneo en 1975 se iniciaron pláticas con representantes de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México, con el objeto de integrar un frente común contra la plaga. Como resultado se integró la Comisión Mosca Med., que cuenta con la participación desde 1977 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Las estrategias a desarrollar en este programa están contenidas en un documento técnico suscrito por el Secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos de México, el Sub-secretario del Departamento de Agricultura de USA, y el Ministerio de Agricultura de Guatemala.

Objetivos iniciales de la Comisión Mosca del Mediterráneo

A.- Prevención, control y/o posible erradicación de la plaga. Los métodos de control que se tratan de integrar en un sólo sistema son:

1. Control legal

   1.1 Cuarentenas internas

   1.2 Cuarentenas externas

2. Control biológico, utilizando parásitos como:

   2.1 Biósteres longicaudatus

   2.2 Biósteres concolor

   2.3 Pachicrepoides vindemeae

3. Control autocida utilizando la técnica de machos estériles.

4. Controles culturales: recolección temprana de frutos

5. Controles mecánicos: soterramiento de frutas infestadas

6. Control químico

   6.1 Cebos envenenados (proteína hidrolizada + malathion al 2.5%).

   6.2 Bolsas matadoras modificadas.

Para implementar el plan de acción, se tiene distribuída en todo el país una red de trampeo que permite una información inicial sobre el grado de dispersión de la plaga y su dinámica de población.

La filosofía del programa, pretende perturbar al mínimo el ecosistema, aprobando el método de aspersión aérea con cebos envenenados, únicamente en aquellos lugares de alta concentración de Mosca Med. Nativa y siempre que se complemente el tratamiento con moscas estériles que garanticen el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Como es lógico, en un programa en donde intervienen entes biológicos, es necesario reorientar estrategias de acuerdo a los recursos existentes, limitaciones naturales y el comportamiento y grado de dispersión del mismo ente biológico (plaga).

Actualmente el plan de acción contra la Mosca del Mediterráneo pretende confinarla al área cafetalera, cultivo que constituye su principal hospedero, manteniendo barreras biológicas y cuarentenas en las áreas fronterizas con las Repúblicas de México, Honduras y El Salvador; así como una faja biológica que mantenga aislado el norte del país libre de la plaga. Esta acción será complementada con aspersión terrestre de cebos envenenados en nuevos brotes, liberación aérea de bolsas matadoras "modificadas" y establecimiento de cuarentenas internas.

Una vez la mosca se haya confinado en la zona cafetalera, se iniciará lo que se cree la batalla final con aspersión aérea y machos estériles hasta su erradicación.

VIII. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLA - ICTA

A continuación una breve descripción del Sistema Tecnológico Agrícola que ha sido diseñado por el ICTA, con el objeto de generar y validar tecnología para el pequeño productor.

Este sistema ha llamado poderosamente la atención en varias partes del mundo, y sus aspectos conceptuales más importantes se han dado a conocer en países de América Latina, del Caribe, Asia, Africa y Europa.

INTRODUCCION

Los esfuerzos del ICTA están inicialmente orientados hacia los pequeños y medianos agricultores tradicionales o de subsistencia, quienes son los productores más importantes de granos básicos.

Actualmente se trabaja en el control fitogenético, mediante la resistencia a plagas y enfermedades, control cultural y control químico de plagas, dentro de las fases que corresponde el Control Integrado.

Best Available Document

123

La mayoría del personal técnico trabaja a nivel rural, organizado en regiones y sub-regiones y aquí forman un equipo integrado y multidisciplinario cuyo trabajo: la generación, validación y promoción del uso de la tecnología se divide en cinco actividades definidas:

1. Estudios Agro-socioeconómicos,
2. Generación de tecnología bajo condiciones controladas,
3. Ensayos de finca,
4. Parcelas de prueba y
5. Evaluación de tecnología probada

1. Estudios Agro-socioeconómicos:

Al conformar un equipo integrado y multidisciplinario para ejecutar un proyecto en un área nueva, la primera actividad, es un reconocimiento o sondeo para definir un grupo representativo de agricultores homogéneos con respecto a su sistema y tecnología tradicional de cultivos y alimentar la zona dentro de la cual este grupo constituye un sector importante de la población rural.

La tarea del equipo de trabajo es identificar los principales factores o características agro-socioeconómicas comunes y luego evaluar la importancia relativa de cada una de ellos para la generación de una tecnología mejorada.

Dentro del grupo de agricultores que se encuentran dentro del área delimitada, se escogen un mínimo de 25 colaboradores, para iniciar Registros Económicos de Fincas, las cuales son formularios sencillos en los que el agricultor escribe diariamente para cada cultivo el trabajo que hizo, la mano de obra (contratada o familiar) y los insumos que se usaron y de esta manera determinar costos de producción. Con los siguientes años el grupo de agricultores colaboradores aumenta.

2. Generación de tecnología bajo condiciones controladas:

Una vez que se identifiquen los problemas agro-socioeconómicos y establecido un orden de prioridad, los programas de producción inician actividades de tipo experimental en los centros respectivos. Estas investigaciones abarcan aspectos diversos, tales como: evaluación de germoplasma, creación de nuevas variedades, estudios de fisiología de rendimiento, dinámica de poblaciones, de resistencia o susceptibilidad a nuevos biotipos de hongos patógenos, etc. El algunos casos como en los ensayos de rendimiento, éstos pueden ser conducidos en escala regional.

Si en esta fase, Generación de tecnología bajo condiciones controladas, la cual se lleva a cabo en los Centros de Producción o Estaciones Experimentales; se encuentra alguna nueva práctica, variedad o

innovación agronómica, que sí ofrece posibilidades para el agricultor, se selecciona para ser incluída en los ensayos de finca, con el objeto de probarlos a una escala más amplia y obtener parámetros para estimar la población promedio, la consistencia, la precisión y la variabilidad.

3. Ensayos de Finca:

Son experimentos diseñados utilizando resultados de la encuesta agro-socioeconómica y de los resultados en los Centros de Producción. Durante el primer año se trata de que el equipo integrado se familiarice directamente con los sistemas y tecnologías de los agricultores y continúe el proceso de identificar problemas y limitaciones y el área del proyecto.

Los ensayos de finca van montados en base a un diseño experimental y son llevados y asistidos por el Técnico del ICTA. Pueden tener dos finalidades:

A. Proporcionar información agroeconómica sobre respuesta en cada sitio específico y

B. Proporcionar información agroeconómica en toda la región

En todos los ensayos de finca se incluye la práctica del agricultor como testigo contra los tratamientos del ICTA.

Aquí de nuevo, si los resultados obtenidos en la fase experimental se muestran consistentes en la fase de ensayos de finca y "SI" se muestran promisorios para ser adoptados por el agricultor, entonces pasan a las parcelas de prueba.

Por otra parte, si en la etapa de Ensayo de Finca se encontrase que determinada práctica "NO" presenta posibilidades, entonces, se cambia, se descarta o se regresa a los centros de producción para ser modificada por los investigadores. Este mismo proceso se repite en las fases siguientes, constituyendo a la vez un valioso instrumento para ir simultáneamente evaluando los resultados.

En esta fase el agricultor colaborador proporciona el terreno, y el ICTA, insumos, mano de obra, tecnología. El producto es para al agricultor.

4. Parcelas de prueba:

En esta fase, el aspecto más relevante es que el agricultor es quien evalúa la tecnología; la participación del técnico es menos manifiesta, procurando en todo caso, que el procedimiento que emplee para obtener la información no interfiera con la capacidad del agricultor para determinar por sí mismo, el valor de la o las prácticas puestas a prueba.

En la parcela de prueba se le entrega al agricultor uno o dos tratamientos (del paquete tecnológico), la cual la practica en una parte de su terreno y el resto del mismo lo siembra con su práctica tradicional. Al final del ciclo, se evalúan ambas prácticas (Tecnología ICTA versus Tecnología Tradicional) y el agricultor analiza si adopta la práctica o la rechaza.

Todos los costos de la parcela de prueba son sufragados por el agricultor.

5. Evaluación de la tecnología probada:

Es al año siguiente del establecimiento de la parcela de prueba que el ICTA de nuevo se vuelve el Evaluador. Esta vez se evalúa con respecto a la aceptación o rechazo de la tecnología por los agricultores que condujeron las parcelas de prueba. Si varios de los agricultores ponen en marcha la tecnología en un porcentaje apreciable de su propiedad se le puede considerar aceptable.

En este caso, se le puede recomendar a los promotores de la Dirección General de Servicios Agrícolas - DIGESA - o de otras entidades, como una tecnología que será bien recibida. Cuando los agricultores rechazan la práctica, se trata de determinar porqué y si todavía parece promisoria, se vuelve a una de las etapas previas en el proceso de generar tecnología. Si los agricultores rechazaron la práctica por razones que no se pueden corregir inmediatamente, ésta se incorpora al Banco de Información para uso y referencia futura.

Para mayor información dirigirse a:

Unidad de Divulgación,
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
5a. Avenida 12-21 zona 9
Edificio El Cortez,
Guatemala, Guatemala, C. A.

BIBLIOGRAFIA

1. EL CULTIVO DEL AJO EN LAS ZONAS TEMPLADAS, Guatemala, ICTA, Folleto Técnico No. 2. 1976, 12 p.

2. EL CULTIVO DEL ARROZ EN EL PARCELAMIENTO LA MAQUINA, Guatemala, ICTA, Folleto Técnico No. 3, 1976, 14 p.

3. EL CULTIVO DE LA PAPA EN GUATEMALA, Guatemala, ICTA, Folleto Técnico No. 6. 1977, 24 p.

4. INFORME 1973-1974, Guatemala, ICTA, Informe de Labores 1975, 125 p.

5. MAICES DE GUATEMALA PARA EL TROPICO, Guatemala, ICTA 1977. Hoja mimeográfica.

6. MAIZ, PROGRAMA DE PRODUCCION, Guatemala, ICTA, Informe Técnico 1977, 213 p.

7. MEMORIA DE LABORES 1974-1975, Guatemala, Ministerio de Agricultura. Sector Público Agrícola, 1976, 105 p.

8. PLANT ALBERT, Sorgos de grano, Híbridos ensayados en Guatemala, Guatemala, ICTA, 1978, 18 P (Boletín Técnico No. 2).

9. SCHIEBER, E. y SANCHEZ, A. Lista preliminar de las enfermedades de las plantas en Guatemala, Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. 1968, 55 p. (Boletín Técnico No. 25).

10. UN SISTEMA TECNOLOGICO AGRICOLA, Guatemala, NOTICTA No. 26, ICTA, 1977. 8 p.

11. YOSHII, K y COJULUN R. Existencia de distintas razas fisiológicas de la Roya del frijol en el Sur-Oriente y Altiplano de Guatemala, Guatemala, ICTA, 1978, 4 p. (Boletín Técnico No. 1).

Lista de algunas plagas y enfermedades más comunes reportadas por el Laboratorio de Parasitología Vegetal, DIGESA, Guatemala.

Cultivo	Plaga o enfermedad	Recomendaciones
1.- Maíz	- Gusano cogollero (*Laphygma frugiperda, J.E.S.*) (*Spodoptera exigua, H.b.n.*)	Volatón Granulado, Dipterex Granulado; al inicio de las primeras larvas.
	- Gusano elotero (*Heliotis zea*)	Volatón
	- Plagas del suelo	Desinfestación con Aldrín al 2.5%
2.- Frijol	- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)	Insecticidas sistémicos; Metasystox
	- Minador de la hoja (*Lyriomyza, sp*)	Malathion 57% al notarse los primeros daños.
	- Pudrición del tallo (*Rhyzotonia*)	Desinfección de la semilla
3.- Arroz	- Tizón de la hoja (*Piricularia orizae*)	Desinfección de la semilla; aplicaciones de fungicidas al follaje; mantener una fertilización balanceada de los suelos, de acuerdo a los requerimientos de la planta.
4.- Arveja	- Ascochyta (*Ascochyta pisi*)	Desinfección de la semilla; se recomienda que una vez realizada la cosecha se quemen o entierren los rastrojos.

	Cultivo	Plaga o enfermedad	Recomendaciones
5.-	Tomate	- Minador de la hoja (*Liromyza sp*)	Utilización de insecticidas sistémicos al observarse las galerías en las hojas.
		- Enrrollador de la hoja (*Urbanos sp*)	Controlar al observar las primeras larvas
		- Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)	Usar fungicidas como Antracol, Dithane M-45
		- Antracnosis (*Colletotrichumphomoides*)	
6.-	Cebolla	- Trips (*Trips sp*)	Uso de insecticidas al observarse los primeros insectos
7.-	Chile	- Picudo del fruto (*Cucurlionidae*)	Iden
8.-	Papa	- Palomilla de la papa (*Ethorimaea operculella*)	Desinfección de la semilla
		- Marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*)	Variedades resistentes
		- Mosaico rugoso (*Virus s.y*)	Usar semilla certificada, eliminar plantas enfermas, efectuar un buen control de ácidos.
9.-	Plátano	- Picudo (*Cosmopolita sórdidus*)	Plan de apoyo fitosanitario
		- Sigatoka (*Mycosphaerella*)	
		- Nemátodos (*Radopholus similis*)	Temik

729

	Cultivo	Plaga o enfermedad	Recomendaciones
10.-	Manzano	- Plaga de vertebrados (Pájaros)	Tangle foot, aplicando en el lugar frecuentado por los pájaros
		- Pulgón Lanigero (*Erizoma lanigerum*)	Uso de patrones resistentes Merlin - Merton; insecticidas sistémicos
11.-	Palma Africana	- Plaga de vertebrados (Ataque de roedores)	Control manual, uso de racumin, ramik verde, arsénico blanco.
		- Taltuza (*Geumidis ispidus*)	2.5 miligramos de estricnina por kilogramo de peso. (En forma de cebos, utilizando tallos tiernos de maiz o Brocoli).

Principales problemas fitosanitarios de cultivos alimenticios.

Plagas del suelo		Cultivo
Gallina ciega:	*Phyllophaga*	Atacan en la mayoría de las regiones en forma individual o asociadas a todos los cultivos alimenticios
Gusano alambre:	*Agriothis*	
Gusano cortador:	*Agrothis*	
Gusano nochero:	*Prodenia*	

	Cultivo	Insecto	Enfermedad
1.-	Maíz (*Zea mais*)	- Cogollero, (*Spodoptera frugiperda*) - Gusano barrenador (*Diatrea saccharalis*) - Gusano elotero (*Heliothis zea*) - Gusano medidor (*Alabama sp*)	Mildio velloso(*Salerospora sorghi*) Carbón, (*Ustilago maydis*) Tizón, (*Helminthosporium turcium*) Virus del achaparramiento Roya común (*Puccinia sorghi*) Pudrición grano (*Aspergillus higer Penicillium sp*)
2.-	Frijol (*Phaseolus vulgaris*)	- Chicharrita (*Empoosca fabae*) - Mosca blanca (*Bemicia tabaci*) - Picudo de la vaina (*Apion godmani*) - Tortuguilla (*Diabrotica sp*) - Minador (*Liriomyza sp*)	Roya (*Uromyces phaseoli uar typica*) Tizón común (*Xanthomonas phaseoli*) Antracnosis (*Colletotrichum lindermuthianum*) Virus mosaico dorado Mancha angular (*Isariopsis griseola*) Mancha concentrica (*Ascochyta boltshauseri*)
3.-	Arroz (*Oryza sativa*)	- Mosca de la hoja blanca (*sogata orgzicola*) - Barrenadores - Chinches	Mancha circular de la hoja o requemo (*Heminthosposium oryzae*) Tizón de la espiga, (*Pyricularia aryzae*) Punta café, escaldado o mancha zig-zag (*Rhynchorporium oryzae*)

131

	Cultivo	Insecto	Enfermedad
4.-	Trigo (*Triticum vulgare*)		(*Fusarium nivali*) (*Puccinia glumarun*) (*Puccinia recondita*) (*Puccinia striiformes*) (*Septoria tritici*)
5.-	Sorgo (*Sorghum vulgare*)	- Mosquita del sorgo (*Contarinia sorghicola*) - Afidos (*Aphis sorghi*)	Mildiu velloso - nuevas Virus del achaparramiento - nuevas Antracnosis, (*Colletotrichum graminicalo*) Mandra gris de la hoja (*Cercospora sorghi*) Mancha circular (*Gleocercorpora sorghi*)
6.-	Papa (*Solanum tuberrosum*)	- Polilla de la papa (*Spalopalpoxis*) - Chicharra (*Empoasca fabae*) - Pulgón o áfido (*Aphis sp*) - Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)	Tizón tardío (*Phytophtora infostans*) Tizón temprano (*Alternuaria solani*) Viruela (*Phyzoctonia solani*) Virus

Pérdidas por concepto de plagas y enfermedades en granos básicos. Años 1971 - 1975-

AÑO	QUETZALES
1971	15,036,385.00
1972	34,011,468.00
1973	35,577,734.00
1974	32,870,090.00
1975	36,014,071.00
Total Cinco años	153,509,748.00

1Q. = 1$ U.S.A.

F: Sanidad Vegetal DIGESA
Dirección General de Estadística
Indices FAO - CIRSA

ALGUNOS ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS CON PEQUEÑOS PRODUCTORES

PARTE II

Ricardo Gamboa Paniagua *

INTRODUCCION

Como parte del Curso sobre Control Integrado de Plagas para Pequeños Productores, realizado por el CATIE, resulta de vital importancia la adopción de las fases que comprende el control integrado, para minimizar los costos de producción, aumentar los rendimientos, asegurar la producción, contribuír a no romper el equilibrio ecológico y prevenir daños irreparables en la salud humana.

Existiendo en Guatemala, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) quien es el responsable de generar y promover el uso de la ciencia y tecnología para los pequeños y medianos agricultores, quienes son los productores de granos básicos y hortalizas, es de vital importancia que, dentro de su política de trabajo se integre un plan sobre control integrado. Actualmente en el ICTA se trabaja en el control fitogenético mediante el adaptamiento o creación y obtención de variedades resistentes a plagas y enfermedades.

ANTECEDENTES

Los pequeños productores de granos básicos y hortalizas, actualmente en buena parte están efectuando un control químico de plagas, el cual les ayuda a mantener su producción, pero en muchos casos no efectúan ningún control, no por desconocimiento de los productos, sino porque no tienen capacidad económica para invertir en lo que conlleva el gasto de una aplicación (bomba aspersadora, insecticida, adherentes, etc.)

Se puede mencionar también, el problema que representa el suministro del agua para la aplicación, la que, en la mayoría de las veces no se encuentra cerca de la parcela.

Muchas veces hacen aplicaciones, pensando en que un mismo producto está hecho para controlar cualquier plaga, es decir, se desconocen los hábitos del insecto (masticador, chupador, picador-chupador y succionador). Puede suceder también que efectúen un control químico cuando el daño haya sobrepasado el umbral económico, es decir cuando el valor de la aplicación vale más que el valor de la cosecha.

---

* Ing. Agr., Técnico, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Guatemala.

Se puede resumir diciendo que, la resistencia de variedades, las prácticas culturales, el control biológico natural (sin estudio) y el control químico, son las armas para la defensa contra las plagas.

OBJETIVOS

Establecer un programa de control integrado de plagas para favorecer la economía del pequeño productor.

DESARROLLO DEL CONTROL INTEGRADO

El control integrado de plagas, es un concepto de control racional, basado en biología y ecología, trabajando junto con la naturaleza en vez de contra ella. Involucra los siguientes controles, los que se deben estudiar y adaptar a cada cultivo:

A. Control biológico

Aprovechar al máximo predatores, parásitos y enfermedades de las plagas.

B. Control cultural

Prácticas agronómicas para suprimir plagas (destrucción de rastrojos, época de siembra, cultivo trampa, etc.)

C. Control físico

Alterar regímenes de humedad y temperatura.

D. Control microbial

Infestar las poblaciones de plagas artificialmente con enfermedades (virus, hongos, bacterias).

E. Control fitogenético

Uso de variedades resistentes al daño de plagas, o que tengan tolerancia.

F. Control químico

Uso de químicos en forma discriminada, en tiempo oportuno y de forma selectiva, es decir al umbral económico de daño.

135

ESTRATEGIA PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL CONTROL INTEGRADO.

1. Estudio de Agroecosistema:

Conocer las interrelaciones de los componentes importantes del agroecosistema durante toda la temporada del cultivo, para tomar medidas correctivas adecuadas. Determinar los cultivos del agricultor en forma mixta o unida, ya que muchos son atacados por las mismas plagas. El agroecosistema es el sitio de producción de la alimentación humana, por lo tanto debe mantenerse viable y en estado de alta productividad, evitando su agotamiento y destrucción irreversible.

2. Identificación de Plagas y determinación de daños económicos:

Establecer un inventario de insectos que constituyen plaga, parásitos y predatores, por cultivo, determinando los niveles de daño económico.

3. Establecer Prioridades:

Luego de efectuado el inventario y haber determinado que insectos ocasionan daño, se debe determinar cual o cuales son los que se deben controlar primero, es decir, aquellos que su incidencia sea determinante en la producción.

4. Estudios para establecer niveles críticos

a) densidad de la plaga versus daño

b) época de ataque

c) comportamiento de la susceptibilidad o tolerancia de las plantas.

d) factores que determinan fluctuaciones de población de plagas y benéficos.

e) Interacción del complejo maleza-insecto-enfermedad.

5. Evaluación de insecticidas:

Tratando de hacer una selección de los que presentan menor toxicidad, selectividad, compatibilidad ecológica y su eficacia.

6. Biología y Ecología de los insectos

7. Introducción de enemigos naturales que se puedan importar para el combate biológico de algunas plagas:

136

Plaga	Enemigo natural	País
1. Chicharrita (*Empoasca sp*)	(*Anagrus sp*) (*Gonatocerus sp*)	CIAT, Colombia.
2. Escarabajo o Conchuela del frijol (*Epilachna varivestis*)	(*Pediobius foveolatus*)	Universidad de Florida, U.S.A.
3. Ligosa o babosa (*Vaginulus plebeius*)	(*Anticharita sp*)	U.S.A.
4. Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*)	(*Telenomus remus*)	Trinidad

8. Establecimiento de las prácticas que componen el control integrado mencionados al inicio.

9. Creación de laboratorio:

Resulta indispensable contar con un laboratorio adecuado para el estudio de los insectos.

PLANES PARA EL FUTURO
PARTE III
Espectativas en la lucha contra plagas y enfermedades de las plantas en Guatemala

Jorge Escobedo*
Manuel F. Cano*

Introducción:

La implementación a corto plazo de "Alternativas" para el control de plagas y enfermedades debiera ser parte de la política de las instituciones nacionales, sean estas oficiales o privadas y los diferentes organismos internacionales vinculados con la generación y/o investigación del paquete tecnológico de los diferentes renglones agrícolas más importantes en el país.

En tanto el paquete tecnológico esté constituido por pequeños paquetitos tecnológicos aislados sobre diferentes actividades del proceso productivo, los resultados esperados en la transferencia de tecnología de las unidades de apoyo no producirá los efectos deseados en el incremento de la producción y en la productividad y rentabilidad del propio agricultor. "En las ciencias biológicos las sumas de las parte no es igual al todo así generado" 1/

En Guatemala es de utilidad impostergable el inicio de investigaciones tendientes a estudiar el AGROECOSISTEMA de los diferentes cultivos; principalmente aquellos considerados dentro del Plan Nacional de Desarrollo; con miras también a un eficiente control de plagas y enfermedades, que se conceptualice como un proceso dinámico tendiente a mejorar el hábitat del ser humano, mediante el mayor aprovechamiento de los recursos naturales, introduciendo agentes externos de manera racional y perfectamente justificados para optimizar la producción.

Condiciones para una estrategia básica en un control eficiente de pestes. (Necesidades de investigación).

1. Considerar el Universo de componentes del proceso de cultivo dentro del cual el manejo de pestes integra un conjunto cuya valorización -

---

1/ Rufo Bazán Ph. D. Los Paquetes Tecnológicos, su Preparación y Utilización en la Agricultura, CATIE, Turrialba, Costa Rica

* Ingenieros Agrónomos, Sanidad Vegetal, DEGESA, Ministerio de Agricultura.

requiere principalmente:

1.1 Conocer la pfenología del cultivo

1.2 Conocer el desarrollo de la peste

1.3 Conocer las interacciones cultivo-peste

1.4 Considerar la influencia del Universo de variables del proceso.

1.5 Valorización y reconocimiento de la fauna benéfica

1.6 Conocer necesidades y factores abióticos de la fauna benéfica.

2. Elaboración de pronósticos: desarrollo del cultivo-desarrollo de la plaga.

3. Establecer el nivel de daño económico en cada caso.

4. Tácticas en control cultural, control macrobial, control microbial, legislación y otras.

Aspectos de aplicación actual que se deben mejorar

1. Pesticidas

1.1 Registro: Supervisar experimentación local para registro de nuevos pesticidas.

1.2 Uso:
a) Aplicación de umbrales económicos (teórico-práctico)
b) Determinación del momento oportuno de aplicación.
c) Utilización del pesticida más adecuado, procurando el mayor retorno económico por inversión. (preferentemente uso de pesticidas específicos)

1.3 Uso y calibración de equipos

1.4 Dosificación necesaria

1.5 Almacenamiento adecuado

2. Muestreo y diagnóstico de laboratorio.

3. Conservación de granos almacenados

3.1 Medidas profilácticas en silos, trojas, estivas, etc.

3.2 Control de pestes

3.3 Relación adecuada temperatura-humedad relativa

3.4 Porcentaje adecuado de humedad en el grano

4. Divulgación:

Dirigida principalmente a promotores agrícolas y de más técnicos del sector público. (efecto multiplicador hacia los agricultores)

4.1 Además de los tópicos citados en puntos anteriores.

4.2 Sobre conservación del ecosistema de pequeños productores que permanecen aislados.

4.3 Nuevas alternativas de control

4.4 Principios generales sobre manipuleo de enemigos naturales en sistemas de producción de pequeños agricultores.

4.5 Estimular la utilización del potencial de enemigos naturales en control biológico.

5. Capacitación

5.1 Promover la realización de Seminarios y Cursillos sobre sanidad vegetal a diferentes niveles.

6. 5.2 Capacitación y especialización de técnicos en el extranjero a diferentes niveles.

6. Relaciones interinstitucionales (Coordinación)

7. Relaciones internacionales con instituciones homólogas y organismos vinculados con el que hacer fitosanitario

740

REPUBLICA DOMINICANA

PARTE I REPORTE NACIONAL

PARTE II CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS EN REPUBLICA DOMINICANA

REPORTE NACIONAL; REPUBLICA DOMINICANA

PARTE I.

Fernando Antonio Díaz C. *
Danilo B. Moreta *
Guillermo Rodríguez *

INTRODUCCION

La República Dominicana ocupa la parte oriental de la Isla de La Española, con una extensión aproximada de 48,442 Km^2., o sea un 74% del área total de la Isla. El 26% restante es ocupado por la República de Haití. Su población es de 5',000,000 de habitantes y su proyección poblacional para 1985 es de 6',5000,000 habitantes.

La estructura económica del país tiende hacia la diversificación, con la minería, la manufactura, la construcción y el comercio; aumentando su participación relativa en producto interno bruto, a expensa del sector agrícola.

Las principales exportaciones del sector agropecuario son: azúcar 54%, cacao 17%, café 11% y tabaco 5%. Es importante señalar que el incremento de la agricultura durante los últimos cuatro años se ha mantenido al nivel de un 6%.

La República Dominicana es uno de los pocos países de América Latina cuyo potencial agrícola (suelo, agua, etc.), gran parte inexplotado hasta el momento, puede convertirla en autosuficiente por muchos años. Las bases de infraestructura necesarias (presas, canales de riego etc.), para que estas tierras entren en producción, están siendo creadas en estos momentos.

CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION AGRICOLA EN LA REPUBLICA DOMINICANA

Con respecto a la tenencia de la tierra, podemos decir con algunas excepciones, que sólo en ganadería y caña de azúcar tenemos grandes explotaciones pertenecientes al sector latifundista, estando el mayor número de fincas en manos de pequeños y medianos productores, aunque el área perteneciente a éstos, está muy por debajo, comparado con el área ocupada por las grandes explotaciones.

---

* Técnicos de la Secretaría de Estado de Agricultura. SEA. República Dominicana.

En aquellas regiones donde hay grandes explotaciones en manos del sector latifundista, existen también pequeños lotes trabajados por pequeños agricultores, los cuales por lo general representan la mano de obra activa con que los terratenientes cultivan sus terrenos. En la parcela o lote de cada agricultor siembran una gran variedad de cultivos, a manera de asegurar su sustento; lo que implica el aprovechamiento máximo de estas pequeñas áreas, por medio de la asociación de cultivos, práctica está última, muy enraizada aún desde antes de la colonización de la República.

Debemos aclarar que la política de nuestro gobierno tiende a la creación de explotaciones de tierra con asentamientos colectivos. Entre 1969 a 1972, el I.A.D. (Instituto Agrario Dominicano) entregó 82,445 Has. a 13,620 familias campesinas; con la aprobación en 1972 de varias leyes relativas a la expropiación de terrenos baldíos y a tierras ocupadas ilegalmente, se le dio un leve impulso al proceso de reasentamiento y distribución de la tierra. Debemos dejar expresado que estas medidas se han tomado, aún bajo cierta resistencia.

Con respecto al régimen de lluvias, las estaciones son muy marcadas, y el pequeño agricultor tiende a aprovecharlas al máximo, sembrando sus cultivos en la época más apropiada, y tratando de sembrar aquellos que más toleran la sequía en aquellas zonas donde pueden escasear las lluvias; sin mermar considerablemente la cosecha. Entre estos cultivos tenemos: sorgo, guandul, tabaco, piña, yuca, etc. Es bueno destacar que, con estos mismos cultivos, el pequeño agricultor tiende a aprovechar al máximo las pendientes del terreno, tratando de disminuír la erosión de los mismos.

Entre los cultivos que el agricultor se ve obligado a cultivar con sistema de riego y como monocultivo se encuentra: el arroz; es en este cultivo en el que el grado de mecanización es el más elevado, habiendo regiones, en que desde la arada hasta la cosecha es mecanizada.

Entre los cultivos más importantes que se siembran en la República Dominicana, tenemos: arroz, caña de azúcar, plátano, yuca, frijol, cacao, café, maíz, maní, tabaco, coco, sorgo, algodón, guandul, batata, hortícolas y otras. Sus plagas y enfermedades están muy relacionadas con los demás países de América Latina.

ARROZ

En el país predomina el método de cultivo bajo riego, usando el procedimiento del transplante, se estima un área sembrada de 1,325,000 tareas o sea 82,812 Has. Las zonas de mayor influencia del cultivo son: la Zona Norte, Noroeste, Suroeste y extensiones relativamente pequeñas en las zonas Sur, Central y Este. Este cultivo se realiza casi en su totalidad en forma mecanizada.

El control de malezas empleado, incluso por pequeños y medianos productores del grano, es el químico conjugado con el control a mano y el control cultural, práctica esta última, sobre la cual se ha hecho énfasis.

Dentro de las principales enfermedades y plagas de este cultivo tenemos las siguientes:

Pirycularia oryzae	Tizón del arroz
Helminthosporium oryzae	Mancha marrón
Virosis	Hoja blanca

Insectos:

Cebalus sp	Hiede vivo
Lissorroptrus oryzophylus	Gorgojo acuático
Diatraea sacharalis	Taladrador
Spodoptera frugiperda	Cogollero
Nezara viridula	Chinche verde
Pájaros	Cigua haitiana
Roedores	Ratones

FRIJOL

El tipo de frijol más comúnmente sembrado en el país es el rojo (dado que es el que más se consume). Ultimamente se ha incentivado la siembra de habichuelas negras, pero exclusivamente para exportación al mercado venezolano, con el cual ha establecido un convenio el Gobierno Dominicano.

Dentro de los problemas fitosanitarios, el más importante y sobre el cual se ha hecho énfasis en los trabajos de investigación es el virus del mosaico dorado (VMDF) transmitido por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, Genn.

Luego tenemos:

Mosaico común	Virosis
Mancha angular	*Isariopsis griceola*
Roya	*Uromice phaseoli*
Antracnosis	*Collectotrichum lindemutianum*
Podredumbre blanca	*Sclerotium roefsii*

Dentro de las plagas:

Bemisia tabaci	Mosca blanca
Empoasca sp	Chicharritas verdes
Diabrotica sp	Cotorritas verdes
Trichoplusia ni	Gusano medidor
Agrotis subterranea	Gusano cortador
Prodenia ornithogolli	Gusano mantequilla
Acheta sp	Grillo
Babosas (moluscos)	

PLATANO Y BANANO

Este cultivo está distribuído en las zonas Norte (Cibao), Sur (Barahona), Suroeste (Azua) Noroeste y extensiones significativas en la zona Central (Provincia Bani).

Existe una superficie cultivada de 40,000 Has., entre las cuales existen proyectos colectivos, manejados en lo fundamental por el Estado Dominicano.

Los problemas fitosanitarios más importantes son los siguientes:

Insectos:

Cosmopolites sordidus	Gorgojo de la cepa
Metamasies hemipterus	

Enfermedades

Sigatoka	*Micosphaerella musícola*
Mal de Panamá	*Fusarium oxisporum*
Nemátodos	*Radophulus similis*
Nemátodos	*Meloidogyne sp*

Podríamos decir que los más importantes por el daño lo constituyen, el gorgojo de la cepa, la sigatoka y los nemátodos, puesto que el mal de Panamá, sólo ha presentado problema en áreas definidas, las cuales han sido cuarentenadas y tomadas las medidas del lugar, siendo ésto importante dado que es el Estado, a través del Ministerio, que suple de

147

material de siembra a la generalidad de los productores; por otro lado, los parceleros seleccionados para la obtención de material de siembra, son vigilados por los técnicos del Departamento de Sanidad Vegetal del Ministerio.

En la lucha contra los nemátodos y el picudo de las cepas, se recomienda lo siguiente:

- Buen pelado de las cepas,
- Tratamiento por immersión con nematicida (Mocap),
- Tratamiento pre - siembra con insecticida nematicida (Furadán)

En cuanto a la "Sigatoka", se ha venido observando a través de los años (de forma empírica) que su mayor incidencia ocurre en período de invierno, cuando las temperaturas oscilan entre 18°C y 25°C y hay fundamentalmente rocío.

Se han efectuado tratamientos con productos cúpricos; Maneb, Benomil, etc. con relativos buenos resultados.

CULTIVO DE MAIZ

Spodoptera frugiperda	Gusano cogollero
Heliothis zea	Gusano bellotero
Empoasca sp	
Phyllophaga sp	
Acheta similis	Grillo
Agrotis subterránea	Gusano moreno de suelo

Enfermedades:

Ustilago maidis	Carbón del maíz
Helminthosporium tursicum	

CULTIVO DE CAÑA

Insectos:

Diatraea saccharalis	Taladrador
Calixto pulchela	Defoliador de la hoja
Phyllophaga sp	Gusano de suelo

CULTIVO DE YUCA

Erinnyis ello	Gusano de plata
Neosilba perezi	Mosca del Cogollo
Tetranichus sp	Acaros

CULTIVO DE CAFE Y CACAO

Existe una superficie cultivada de 244,000 y 95,000 Has. respectivamente.

Estos cultivos no tienen grandes problemas fitosanitarios y las bajas producciones observadas se deben en lo fundamental, al mal manejo de los cafetales y a los daños ocasionados por roedores, para los cuales se han levantado campañas de control permanente a través del Departamento de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura.

CULTIVO DE GUANDUL

Heliothis sp	Taladrador de la vaina
Icerya purchasi	Cochinilla australiana
Etiella zinckenella	

Enfermedad:

Escoba de Bruja, producida por micoplasma asociado a un rabdovirus.

BATATA

Cylas formicarius	Piogín

TOMATE

Pthorimaea (*Gnorismoschema operculella*)	Minador
Phythopthosa sp	Tizón de la hoja
Keiferia licopersicella	Pega hoja

REPOLLO

Plutella xilostella (*Maculipenni*)	Palomilla del repollo

ALGODON

Anthonomus grandis	picudo
Heliothis sp	
Alabama argillacea	

En este cultivo uno de los grandes problemas es el uso excesivo de pesticidas, pues se llegan a hacer 18 y hasta 20 aplicaciones durante el ciclo de cultivo (uso de clorinados, Besis, Monocrotophos).

SORGO

Spodoptera frujiperda	Cogollero
Contarinia sorghicola	Mosca de la espiga

MANI

Cercospora personata
Cercorpora arachidicola
Anticarsia genmatolis
Phyllophaga sp

PRINCIPALES MEDIDAS DE CONTROL

Control Cultural

Involucra la eliminación de resíduos de cosecha, buena preparación del terreno, rotación de cultivo, épocas apropiadas de siembra, interca lados, etc.

Control Químico

Haciéndose siempre aprovechar al máximo el parasitismo, lo que implica minimizar las aplicaciones de pesticidas. Esta regla tiene sus excepciones, pues en la región hortícola (Constanza), la región tabacalera y algodonera, son áreas donde hay un uso excesivo de pesticidas; principalmente en la región de Constanza, la cual es catalogada por entomólogos que la visitan como zona crítica o de desastre. Esto es debido principalmente a la gran gama de productos que se utilizan, aplicacio

nes preventivas repetidas, elevadas dósis, mezclas sin criterios técnicos influenciados por casas comerciales, etc. Todo ésto es posible porque los cultivos que se siembran son de gran rentabilidad.

Con respecto al control biológico, se le está dando su debida importancia y los pasos que se ha dado hasta el momento van dirigidos a:

a) Dinámicas de poblaciones,

b) Estudios de parásitos y depredadores,

c) Hábitos de la fauna insectil,

d) Influencia de los factores climáticos, y

e) Factores limitantes.

DESARROLLO DEL CONTROL BIOLOGICO EN LA REPUBLICA DOMINICANA

Conociendo los principales problemas entomológicos de cada cultivo y viendo el criterio con que hasta el año 1976 se enfrentaban dichos problemas, comenzamos a reevaluar los mismos y estructurar una estrategia que pudiera permitirnos:

a) Conocer cuando una plaga está causando daños económicos.

b) Cuando se justificarían aplicaciones de tipo biológico o químico.

Para lograr estos puntos deberíamos de partir de premisas ya obtenidas en el campo, por tanto nuestro objetivo era:

1.- Estudiar la dinámica de población en dichos cultivos.

2.- Determinar cuál es el factor principal o sea el insecto que está causando daño económico.

3.- Estudiar niveles de parasitismo natural en el campo y factores que inciden en las fluctuaciones de los mismos.

Programas pilotos comenzados hace poco tiempo nos han aportado buenos resultados, como son el caso del gusano de plata o cachón en yuca, así como también el mosaico dorado del frijol en la zona de San Juan de la Maguana (aún bajo estudio).

También el problema del *Spodoptera frugiperda* en maíz, dinámica de población de escamas y de un microlepidóptero (*Leucoptera caffella*), cuya larva se alimenta del mesófilo de las hojas en café. En este mismo cultivo se está estudiando la biología del grillo del café cuyas oviposiciones las realiza en el tallo de las ramas jóvenes provocando que se vuelvan quebradizas (*Leptovstelela sp*) así también uno de sus enemigos naturales (Leptosteleia sp).

INVESTIGACION AGRICOLA Y ORGANISMOS QUE LA IMPULSAN

La investigación agrícola en República Dominicana ha tendido desde su creación a resolver los problemas prioritarios de nuestros cultivos, aportando las soluciones más adecuadas; así como también tratando de generar y adaptar la tecnología más apropiada que pueda inducir un aumento de la producción.

La limitación de recursos, dirigida hacia el campo de la investigación, nos ha obligado a estar en contacto con países más desarrollados y con tecnología más avanzada, aprovechando al máximo sus experiencias y tratar de adaptarlas a las condiciones actuales de nuestro país.

Entre los Organismos e Instituciones que hacen investigación en el campo están:

- Secretaría de Estado de Agricultura. De ésta dependen dos centros de investigación:

  CENDA - Centro de Desarrollo Agropecuario (Santiago).

  CENIA - Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (San Cristóbal).

- Centro Experimental Juma (en la Ciudad de Bonao). Este se encarga de las investigaciones en lo relativo al cultivo de arroz.

- C.E.A. - Consejo Estatal del Azúcar. Comercio e investigación en caña de azúcar, queda en Santo Domingo.

- Central Romana Corporation. Localizada en la región Este; realiza investigaciones en caña de azúcar, pastos, ganadería y frutales.

- Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD).

- Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU).

ORGANISMOS INTERNACIONALES DE AYUDA A LA INVESTIGACION:

- BID,
- AID,
- ONU (FAO)
- Gobierno de Alemania (Proyecto Dominico Alemán)
- IICA

CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS EN REPUBLICA DOMINICANA

PARTE II

Fernando Antonio Díaz C. *
Danilo B. Moreta *
Guillermo Rodríguez *

INTRODUCCION

Hablar de Entomología en República Dominicana hasta hace poco tiempo podía ser interpretado desde dos ángulos: Uno sería el de determinar especies de insectos que están presentes en un cultivo y, luego de ésto, ensayar productos químicos para llegar al que resultara ser el mejor en el control de dichos insectos. El otro ángulo sería el de ver la Entomología como materia de coleccionistas, o sea del personaje que colecta, identifica y luego monta en cajas sus especímenes de una manera muy original y con gran sentido estético. Pero estos dos esquemas conceptuales ya han sido rotos, logrando poner énfasis en que, para resolver problemas de insectos en cultivos es necesario ser un poco visionario, es decir, se debe ser realista por un lado y futurista por el otro.

Debemos ser realistas porque se debe pensar en una realidad presente, vivida dentro de un marco de problemas entomológicos que necesitan soluciones a corto plazo; pero futuristas porque, fuera de estas soluciones a corto plazo, debemos establecer una estrategia a largo plazo tendiente a conocer todo un sistema interactuante como es un cultivo y los organismos asociados a dicho cultivo.

En última instancia, sería lograr una visión de conjunto del sistema; un sistema dinámico y como tal, cambiante cualitativa y cuantitativamente dependiendo de factores.

En nuestro país hemos comenzado a dar los primerosppasos en Control Integrado y para tal fin hemos tomado como primer modelo el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta. Crantz*). Tomamos dicho cultivo por varias razones:

1.- Porque es un cultivo que el pequeño agricultor siembra, tanto como para subsistencia como para obtener algún ingreso con la venta del excedente (el área sembrada por pequeños agricultores oscila entre 3.1 y 12.5 Has., predominando más la cantidad próxima a 3.1 Ha.)

2.- Porque anualmente se presentan problemas con altas poblaciones del "gusano de flota" (*Erinnyis ello L. Lepid., Sphingidae*) en plantaciones de pequeños y grandes productores de yuca provocando la defoliación completa del cultivo si no se toman medidas de control.

---

* Técnicos de la Secretaría de Estado de Agricultura. SEA. República Dominicana.

1. ESTRATEGIA A SEGUIR PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO EN YUCA.

1.1 OBJETIVOS

1o.- Estudiar la dinâmica de población del gusano de la flota en yuca durante las diferentes épocas del año.

2o.- Determinar niveles de parasitismo natural en el campo durante todo el año y cuáles parásitos están envueltos en el control del *Erinnyis ello L.*

3o.- Encontrar una explicación racional de la repentina aparición del brote de *Erinnyis* y comparar datos metereológicos de las zonas con dicho brote y determinar si existe relación alguna.

4o.- Buscar medidas de control satisfactorias con el mínimo de daño a la fauna.

1.2 FASES ENVUELTAS EN EL PROGRAMA

Para nosotros en todo Programa de Manejo Integrado se deben delimitar pasos o fases de manera que dichas fases se vayan cumpliendo y de inmediato pasar a la fase siguiente, con el fin de que se mantengan definidos los objetivos inmediatos.

Es importante establecer dos fases: Una primera fase o fase de desarrollo y otra segunda fase o fase operacional o de manejo en sí.

1.2.1 Fase de desarrollo

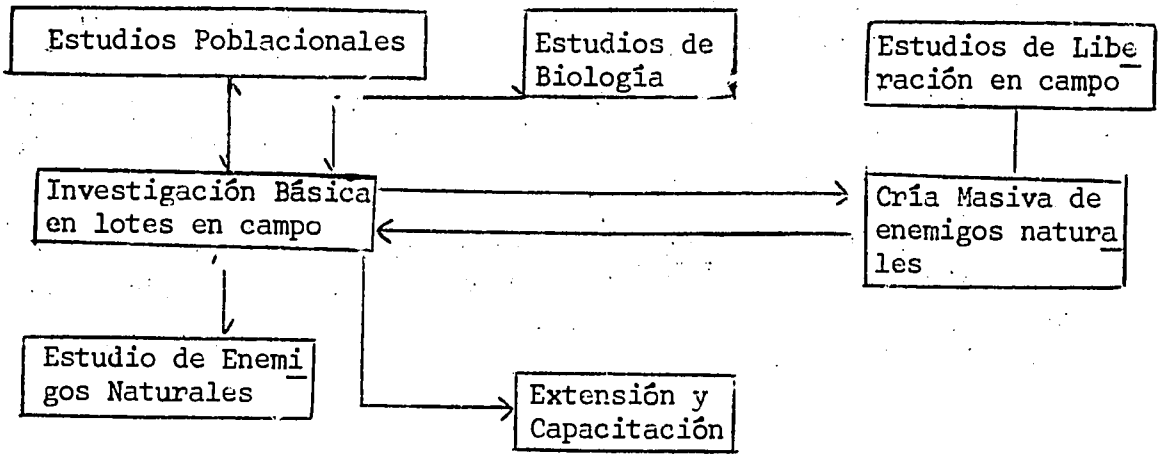
En esta fase es cuando vamos a establecer las bases necesarias para pasar a la fase siguiente o fase operacional, o sea que, la primera es prerrequisito de la segunda. En esta fase de desarrollo es cuando se van a iniciar los trabajos de investigación básica en el cultivo de la yuca.

Para tal fin, se establecerán lotes de yuca en diferentes áreas del país, a dichos lotes no se les hará nunca ningún tipo de aplicación de pesticida.

Se harán observaciones nacionales en dichos lotes tomándose en consideración: altura de plantas, número de huevos por cada 20 hojas de cada planta muestreada, número de hojas por planta, número de larvas por planta, número de huevos parásitados, número de parásitos emergidos por huevo, número de larvas parasitadas, relación de sexos, otros insectos, etc. Estos datos se procesarán semanalmente y luego se procederá a ir graficando los mismos de manera que se tenga una visión completa del proceso por lotes.

También es importante estudiar la biología de *Erinnyis ello L.* a nivel de laboratorio y su relación con factores como temperatura y humedad relativa.

Durante esta fase de desarrollo se podría, según el avance en las observaciones, ir dando charlas a técnicos sobre algunos aspectos ya observados a nivel de campo, en los lotes de observación, así como edición de pequeños manuales que podrían servir para ir sentando las bases necesarias para entrar en la fase 2 o Fase Operacional.



1.2.2 Fase operacional o de manejo en sí

En esta fase se implementaría, ya teniendo el paquete de información necesaria, la cría masiva de enemigos naturales (es conveniente hacerlo con el más eficiente encontrado, en este caso, parásitos de huevos serían los más eficientes).

Se harían, ya implementada la cría masiva de parásitos, estudios de liberación en parcelas escogidas y estudiar la eficiencia del parásito en el campo relacionándola con el estado vegetativo del cultivo y factores climáticos.

Conjuntamente con el personal de Extensión y Capacitación de diferentes zonas, se podrían tener actividades coordinadas tendientes a facilitarles a los agricultores parásitos en momentos en que fueran necesarios debido a evaluaciones en el campo.

FRIJOL

Actualmente en frijol estamos iniciándo la implementación de una estrategia adecuada de M.I. para lograr la disminución de la incidencia del mosaico dorado del frijol (VMDF) en la zona de San Juan de la Maguana, zona ésta muy importante en la producción de frijol. Dicha producción engloba anualmente aproximadamente 300,000 Has., cifra que nos demuestra la importancia de esa zona como productora de frijol.

El MDF provocaba en la zona en el año 1977 aproximadamente la pérdida de hasta el 85% de la producción de frijol, patógeno que estaba provocando el abandono del cultivo por algunos agricultores.

La estrategia seguida básicamente es la misma, sólo en algunos puntos ha sido modificada adaptándola al caso del cultivo del frijol.

Se han logrado disminuír las poblaciones del vector del virus (*Bemisia tabaci Genn.*) haciendo tres aplicaciones al cultivo a los 6, 15 y 30 días después de la nascencia (datos estos logrados a través de ensayos).

Actualmente se estudian en el país otras zonas productoras donde no hay problemas con *Bemisia* y por lo tanto con el virus (VMDF), ésto es, estudiando hospedantes de *Bemisia* como del virus y enemigos naturales de *Bemisia tabaci Genn.*

Best Available Document

H A I T I

PARTE I REPORTE NACIONAL

PARTE II PLAN DE INVESTIGACION FITO-SANITARIA PARA EL FUTURO DE HAITI.

155

REPORTE NACIONAL; HAITI

PARTE I

Henry Turenne Coissy *
Joseph Saint Phard *
Emmanuel Prophete *

1. La Problemática fitosanitaria en Haití

La República de Haití es un país en dominancia de pequeña agricultura ya que las grandes fincas son muy pocas. Por lo general el pequeño agricultor cultiva un poco de todo en su porción de tierra para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, algunas personas con una superficie mayor pueden constituírse en grandes productores según sus posibilidades económicas.

Con una superficie de 27.700 Km^2 (CUADRO 1/) cuya mayor parte se encuentra en montañas la cantidad cultivada es de 31.5% y unos 11% cultivables no son utilizados. Esto constituye un factor limitante a una producción máxima con el objeto de dar mayor impulso económico a la población. Pero lo importante para el pequeño agricultor es sembrar algo con la esperanza de cosechar en un tiempo futuro. Entonces es fácil encontrar en un lugar un cultivo que no conviene en asociación por ejemplo con otros.

En general la agricultura se hace bajo la lluvia puesto que hay pocos sistemas de riego en el país hasta la fecha.

Sin embargo, en el caso particular de arroz, el Organismo de Desarrollo de "Valle Artibonite" (ODVA) dispone de un sistema de riego y allí se produce la mayor parte de este cultivo. También existen otros aunque son más pequeños y no funcionan como se requiere.

Desde hace tiempo el pequeño agricultor haitiano utiliza herramientas rudimentarias como el azadón, el machete, etc., para la preparación del suelo antes de la siembra y otras prácticas culturales. Pero en los últimos años se ha introducido la mecanización agrícola y más por parte de los que tienen ciertas posibilidades económicas.

Entonces el grado de mecanización está todavía muy reducido.

1/ Ver al final.

* Técnico del Ministerio de Agricultura de Haití.

-156

2. Principales cultivos

Dentro de los principales cultivos de la República de Haití, se encuentra en primer lugar el café ya que contribuye por más de 50% en las exportaciones del país. Este cultivo está localizado en las montañas a pesar de que existe la posibilidad de encontrar algunas parcelas en terreno plano. Por lo que se refiere a su distribución, existe en todos los sectores del país.

La caña de azúcar es otro cultivo importante en Haití cuya mayor distribución se encuentra en los Departamentos siguientes: Oeste, Norte, Sur y Centro.

Hay que mencionar entre otros: arroz, maíz, plátano, frijol, sorgo, cacao, algunos frutales y tubérculos.

3. Problemas fitosanitarios (CUADRO 2)

3.1 Plagas

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* en maíz es una plaga muy importante aunque no se ha hecho una evaluación económica de sus daños. Cuando el insecto ataca la planta joven llega a destruír la mayor parte de las hojas.

El gusano elotero *Heliothis* en maíz causa daños muy severos en algunos casos.

En el cultivo de frijol existen varias especies de áfidos que pueden causar daños y transmitir enfermedades, *Empoasca* spp y la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) vector del mosaico dorado.

En sorgo se ha encontrado que insectos de la familia *Cecidomyidae* fueron la causa de grandes pérdidas.

En algodón el gusano de la hoja *Alabama argillacea*, el picudo: *Anthonomus grandis* el gusano bellotero *Heliothis* spp, la araña roja *Tetranychus bimaculatus* son las plagas más importantes.

Cuadro 2. ALGUNOS CULTIVOS CON PLAGAS Y ENFERMEDADES IMPORTANTES

Cultivos	Plagas	Enfermedades
Algodón	*A. argillacea*, *H. spp*, *A. grandis*	----------
Maíz	*S. frugiperda*, *H. zeae*	----------
Frijol	*B. tabaci*, *áfidos*, *Empoasca*	Mosaico dorado
Cocotero	*A. guerreronis*	Amarillamiento letal
Caña de Azúcar	----------	Roya
Anarcado (*Anacardium occidentale*)	----------	Antracnosis

Cuadro 3. USO DE ALGUNOS PESTICIDAS

	P E S T I C I D A S						
Cultivos	Malation	Sevin	Dieldrin	DDT	Kelthane	Peltar	Viricobre
Algodón	*A. argillacea*	----	*A. grandis*	chinches	*T. bimaculatus*	----	----
Maíz	-----	*S. frugiperda*	----	----	----	----	----
Frijol	*Empoasca sp*	*Empoasca sp*	----	----	----	*X. phaseoli*	*X. phaseoli*

3.2 Enfermedades

El mosaico dorado de los frijoles transmitido por insectos como mosca blanca (*Bemisia tabaci*) -------- es un problema muy importante para este cultivo en el país. Depende de la época en que se hace la siembra se podría correr el riesgo de perder toda la plantación. En un pequeño experimento con 12 variedades de frijol, el mosaico dorado fue la enfermedad más severa y ninguna de las variedades no ha mostrado resistencia.

El amarillamiento letal de los cocoteros producido por un micoplasma es otro problema importante en el país puesto que afecta todas las zonas del Noreste y Norte destruyendo en poco tiempo las plantas infectadas.

La roya de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala*), enfermedad bastante devastadora apareció hace unos meses sobre la variedad B-4362 que es muy susceptible y sobre otras más.

El anacardo *Anacardium occidentale* cuyo producto es muy utilizado es afectado por la enfermedad de antracnosis, lo que resulta en una pérdida enorme en la producción de este cultivo.

3.3 Otros problemas

El ácaro *Aceria guerreronis* que ataca los frutos del cocotero se encuentran en todas las áreas del país reduciendo mucho la producción. Algunos roedores en los cultivos de maíz, arroz causan de vez en cuando grandes pérdidas.

Después de la cosecha se han registrado también pérdidas por mal almacenamiento.

Medidas de control

4.1 Control químico

Es un método muy utilizado por los agricultores en algunos cultivos como en el caso del algodón.

El Instituto de Desarrollo Agrícola e Industrial (IDAI) que es el más interesado en la producción de este cultivo les da los ingresos que se necesitan para el combate químico como préstamo.

Se utilizan los siguientes plaguicidas:

Malation contra Alabama
Dieldrin contra Picudo
Kelthane contra araña roja
DDT (antes) contra algunas chinches

Las aplicaciones se hacen mediante bombas a mano de 5 galones= 20 litros de capacidad.

En el cultivo de maíz el sevin ha dado buenos resultados contra el cogollero (5 cucharadas de tamaño mediano en 5 galones de agua). Pero el uso depende de las facilidades económicas del agricultor.

En cuanto a frijol, se ha utilizado poco el control químico.

En la parte del Sur, por ejemplo, algunas aplicaciones de sevin controlaron *Empoasca sp* en frijol. Como ensayo se han probado dos pesticidas Viricobre y Peltar por un grave ataque de *Xanthomonas phascoli*, Peltar se reveló más eficiente por el hecho de que hubo diferencia significativa entre sí. Pero no se pudo concluír sobre un efecto excelente del producto ya que fue el primer ensayo.

Con respecto a roedores algunos químicos como fósforo de zinc, Warfarin han dado buenos resultados.

En general el combate químico es muy limitado en nuestro país tomando en cuenta:

a) El costo muy elevado de los plaguicidas
b) El riesgo en el manejo de éstos por el ser humano, la fitotoxicidad, etc.

4.2 Control cultural

Antes de sembrar se hace la limpieza del terreno, lo que ayuda mucho en la eliminación de malezas, algunas plagas y enfermedades que pueden ser peligrosas para un cultivo durante el período de crecimiento, otras labranzas en ciertos casos se practicaron con el propósito de quitar las fuentes de parásitos-

4.3 Control biológico

En este aspecto no se hicieron casi trabajos. En el caso particular de cogollero y gusano elotero del maíz, hace un año se llevó a cabo una investigación con el objeto de ver si existen en el país predatores de estos insectos, como resultados se detectó la presencia de algunos *Trichogramma* parasitando los huevos de cogollero y tal vez hay posibilidades de otros enemigos naturales. En cuanto al elotero no se ha determinado nada todavía. Pero se está siguiendo el trabajo con la cooperación del Centro de Investigación de Guadalupe.

760

5. Organizaciones oficiales o privadas

En el Ministerio de Agricultura, Organismo central de las actividades agrícolas hay un servicio de investigaciones agrícolas con diferentes secciones como Fitopatología y Entomología. Entonces, la mayor parte de programas fitosanitarios en el país está a cargo de este servicio.

La Facultad de Agronomía y de Medicina Veterinaria (FAMV) está en estrecha relación con el Ministerio de Agricultura en cuanto a investigaciones, inclusive la protección vegetal.

El Instituto de Desarrollo Agrícola e Industrial (IDAI) es más involucrado en la extensión del algodón.

El Organismo de Desarrollo de Valle Artibonite (ODVA) se encarga de las investigaciones sobre arroz.

El Organismo de Desarrollo del Norte (ODN) con varios cultivos como frijol, maíz, yuca, es interesado también en la protección fitosanitaria.

El Proyecto de Desarrollo Regional Integrado de "Petit Goave y Petit Trou de Nippes" "DRIPP" implicado en el combate de plagas de maíz y frijol ha dado énfasis en programas de desratización.

Algunas organizaciones internacionales como: FAO, AID, IICA, FAO, ACDI apoyaron también programas de extensión fitosanitaria.

Cuadro 1. UTILIZACION DE LA SUPERFICIE (APROX)

Repartición	Kms^2	Has.	%
Superficie cultivada	8.700	870.000	31.5
Superficie no cultivada pero cultivable	3.000	300.000	11
Superficie no cultivable	8.700	870.000	31.5
Pastos	5.300	530.000	19
Bosques	2.000	200.000	7
Total (Aprox.)	27.700	2.770.000	100

FUENTE: Guía Económica de la República de Haití. Abril 1977.

761

PLAN DE INVESTIGACION FITOSANITARIA PARA EL FUTURO DE HAITI

PARTE II

Henry Turenne *
Emmanuel Prophete *
Joseph St. Phard *

1.- FRIJOL

El mosaico dorado es uno de los problemas más importantes de este cultivo en el país; por éso se plantean las siguientes actividades:

a.- Ensayos de diferentes fechas de siembra para determinar la mejor época en relación con las zonas.

b.- Ensayos de intercultivos (plantas de cortina) con el objeto de determinar la mejor combinación para reducir la población de la mosca blanca, vector principal del mosaico dorado en frijol.

c.- Asociación de frijol con otros cultivos para determinar el efecto de este sistema sobre el desarrollo de la enfermedad.

d.- Ensayos con algunos agroquímicos para seleccionar los más eficientes y económicos en el control de *Bemisia tabaci*, vector del mosaico dorado.

e.- Uso de métodos de combate más adecuados contra otras plagas y enfermedades que podrían alcanzar un nivel económico para el frijol.

2.- MAIZ

a.- Control biológico del cogollero y elotero mediante el uso de enemigos naturales donde sea posible.

b.- Control químico de éstas plagas con insecticidas económicos y eficientes.

c.- Control adecuado de otras plagas y enfermedades de importancia económica para el maíz.

---

* Técnicos del Ministerio de Agricultura de Haití.

762

3.- COCOTERO

a.- Programa de regeneración en base a variedades resistentes o tolerantes al amarillamiento letal.

b.- Control biológico, si es posible, del ácaro *Aceria guerreronis*.

4.- ALGODON

Dar más énfasis en lo que está haciendo el Instituto de Desarrollo Agrícola e Industrial (IDAI) con respecto al control de plagas del algodón.

5.- CAÑA DE AZUCAR

a.- Uso de variedades resistentes y algunos pesticidas contra la Roya.

b.- Control adecuado a otros problemas parasitológicos de importancia económica para la caña de azúcar.

6.- ANACARDO (*Anacardium occidentale*)

a.- Uso de variedades resistentes o tolerantes a antracnosis.

b.- Control adecuado de otros problemas parasitológicos.

7.- PLAN DE PROTECCION FITOSANITARIA

a.- Medidas cuarentenarias con el propósito de impedir la entrada en el país de todo peligro para nuestra flora.

b.- Medidas adecuadas de protección de ciertos cultivos contra plagas y enfermedades de importancia económica.

c.- Buen manejo de los plaguicidas por los agricultores con todas las precauciones que se requiere en cuanto a la salud humana y fitotoxicidad.

P A R T I C I P A N T E S

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	Urbanización Metrópolis Paseo Las Margaritas N°7-g San Salvador, El Salvador
ARELI HUEZO DE MIRA CENTA K 33.1/2 carretera a Santa Ana San Andrés, Depto. La Libertad El Salvador	Rto. 2 de abril, Pje A, N°134 San Salvador, El Salvador
MURIEL ALAS DE VELIS CENTA K 33.1/2 carretera a Santa Ana San Andrés, Depto. La Libertad El Salvador	Colonia Centro América, calle Managua N°202 San Salvador El Salvador
JOSE ALFONSO ORTIZ BERMUDEZ CENTA K 33.1/2 carretera a Santa Ana San Andrés, Depto. La Libertad El Salvador	Av. Mayari y Calle Guantanamo N° 107 Col. Yumuri, San Salvador El Salvador

GUATEMALA

MANUEL FRANCISCO CANO A. Laboratorio Parasitología Vegetal DIGESA Guatemala	5° Av. 27-27, Zona 3, Apto.6 Guatemala
JORGE A. ESCOBEDO M. Sanidad Vegetal DIGESA Ministerio de Agricultura Guatemala	18 calle 33-24, Zona 7 Villa Linda II Guatemala

ELISEO NAVARRO HERNANDEZ
Dirección Agrícola Regional
Nor-Oriental
Juticalpa, Olancho
Honduras

Barrio de Jesús,
Lotificación Los Mangos
Juticalpa, Olancho
Honduras

NICARAGUA

RAFAEL OBANDO SOLIS
INTA
Sección Parasitología
Apartado 2648
Managua
Nicaragua

Residencial Las Mercedes
Segundo callejón, Casa 482
Managua
Nicaragua

MARIA DEL PILAR RIZO
Sección de Parasitología
Laboratorio Taxonomía de Insectos
Apartado 2648
Managua
Nicaragua

Altamira D'Este Nº 787
Managua
Nicaragua

PANAMA

BERNIN BELL GONZALEZ
MIDA, Región 1
Chiriquí, David
Panamá

ERIC QUIROS RODRIGUEZ
Facultad de Agronomía
Universidad de Panamá
Panamá
Rep. de Panamá

FANNY M. SAAVEDRA
MIDA, Región 8
Las Tablas, Prov. Los Santos
Rep. de Panamá

Guararé, Prov. Los Santos
Rep. de Panamá

ALLAN ROURK
Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá
IDIAP
Santiago de Veraguas
Rep. de Panamá

REPUBLICA DOMINICANA

FERNANDO ANTONIO DIAZ CESPEDES
Centro Nacional de Investigación
Agropecuaria
(CNIA)
San Cristobal
Rep. Dominicana

Av. Venezuela N°103,
Ens. Ozama
Santo Domingo
Rep. Dominicana

DANILO B. MORETA
Regional Sur-este San Juan de
la Maguana
SEA
Rep. Dominicana

Calle 12 de Julio N°33,
San Juan de la Maguana
Rep. Dominicana

GUILLERMO RODRIGUEZ
CENDA
Sección Agricultura
Santiago
Rep. Dominicana

Circunvalación N°6
Santiago
Rep. Dominicana

COSTA RICA

MELVIN CASERES VILLALOBOS
Estación Experimental Los Diamantes
Guapiles, 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

400 metros Norte del Parque
de San Rafael de Heredia
Costa Rica

CARLOS LUIS RODRIGUEZ
Departamento de Entomología
Ministerio de Agricultura y Ganadería
Guadalupe, San José
Costa Rica

75 metros al oeste de la
Agencia Datsun,
Sabana Norte
San José
Costa Rica

MARCOS CESPEDES
Abonos Superior
Apartado 10.283
San José
Costa Rica

Piedades de Santa Ana
300 metros Este y 200 Norte
de la iglesia
San José
Costa Rica

CARLOS GONZALEZ
Abonos Superior
Apartado 10.283
San José
Costa Rica

Isaac Solís Molina
Departamento de Entomología
Ministerio de Agricultura y
Ganadería
San José

Avenida 5, Calles 10 y 12
Heredia
Costa Rica

RICARDO GAMBOA PANIAGUA
Instituto de Ciencia y Tecnología
Agrícola
ICTA
5ta. Av. 12-31, Zona 9
Edificio El Cortez
Guatemala

9a. Calle 12-12, Zona 11
Guatemala

HAITI

JOSEPH SAINT PHARD
P.O. Box 9
Cayes,
HAITI, W.I.

EMMANUEL PROPHETE
Service des Recherches
Département d' Agriculture
Damien, Port-on-Prince
Haiti

14 Rue Cadeb Jeremie
Bos Pen de Chose
Port-on-Prince
Haiti

HENRY TURENNE
Service Recherche Agronomique
Departament Agriculture
Damien
Port-au-Prince
Haiti

N° 14, Rue Carlstroem N°14
Port-au-Prince
Haiti

HONDURAS

JUAN AESCHLIMANN SAUTER
Programa Nacional de Investigación
Agropecuaria,
Dirección Agrícola Regional
Centro Oriental
Comayagua,
Honduras

Finca San José, Flores
Depto. Comayagua
Honduras

LEONEL MARTINEZ VALLECILLO
Ministerio de Recursos Naturales
Dirección Agrícola Regional N° 4
La Ceiba
Honduras

Colonia El Sauce, casa N°112,
la. calle
La Ceiba
Honduras