

**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 CIRSA 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 útil 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.

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

| Lista de Conferencistas | | Página |
|---|--|--------|
| EL CONCEPTO AGROECOSISTEMA | Louis A. Falcón | 6 |
| AGROECOSISTEMA DEL TROPICO | Robert D. Hart | 15 |
| COMPONENTES DEL AGROECOSISTEMA DE CULTIVOS DE PLANTAS PERENNES | Eduardo Zafaroni y Gustavo Enríquez | 26 |
| CACAO COMO UN EJEMPLO DE CULTIVO PERENNE COMO COMPONENTE DEL A- GROECOSISTEMA DE PLANTAS PERENNES | Gustavo Enríquez | 32 |
| ALGUNOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS ANUALES DE PEQUEÑOS A- GRICULTORES EN EL ISTMO CENTRO- AMERICANO | Raúl Moreno | 35 |
| RESTRICCIONES SOCIO-ECONOMICAS REFLE- JADAS EN LOS SISTEMAS DE CULTIVO PRACTICADOS POR PEQUEÑOS AGRICUL- TORES | Luis A. Navarro | 66 |
| EL PAPEL DE MODELOS EN LA INVESTIGA- CION Y DESARROLLO AGRICOLA | Robert D. Hart | 86 |
| PROCESOS DE FORMACION DE LA COSECHA | Oscar Arias | 97 |
| CRECIMIENTO Y PRODUCCION | Oscar Arias | 119 |
| EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE LOS PARASI- TOS 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 CON- VIERTEN EN PLAGAS | Fausto H. Cisneros 151 |
| CONTROL CULTURAL | Fausto H. Cisneros 156 |
| CONCEPTOS DE CONTROL MICROBIOLOGICO | Donald J. Calvert 170 |
| DETERMINACION DE POBLACIONES DE NE- MATODOS | Róger López Ch. 178 |
| EVALUACION DE LA DENSIDAD DE POBLA- CIONES 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 AGRICUL- TURA EN AMERICA LATINA | G. Clay Mitchell 200 |
| EL USO Y EVALUACION DE DEPREDADORES Y PARASITOS EN EL MANEJO INTEGRA- DO DE PLAGAS EN AGROECOSISTEMAS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES | Keith L. Andrews 207 |
| ALGUNAS PRACTICAS COMUNES PARA COM- BATIR INSECTOS EN SISTEMAS DE PRO- DUCCION DE CULTIVOS DE PEQUEÑOS A- GRICULTORES | Joseph L. Saunders 228 |
| RESISTENCIA DE LA PLANTA HOSPEDERA A INSECTOS EN SISTEMAS DE CULTI- VOS | Frank B. Pears 235 |
| MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A EN- FERMEDADES | Gustavo Enríquez y Jorge Scria 245 |

| | Página |
|---|---------------------------|
| TENDENCIAS MODERNAS EN EL FITOMEJORA- MIENTO PARA LA RESISTENCIA DEL HOS- PEDERO Y SUS IMPLICACIONES EN EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS | H. David Thurston 259 |
| CONCEPTOS BASICOS SOBRE EL MANEJO DE GRANOS ALMACENADOS | Theodore A. Granovski 268 |
| EVALUACION DE PERDIDAS POSCOSECHA | Theodore A. Granovski 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 |

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 of 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

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

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

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

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

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

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

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

Evaristo Morales, Ing.
Ministerio de Agricultura y
Ganadería
Dirección de Investigación
San José, 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 esto 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 beneficio: áfidos en el sorgo atraen numerosos predadores 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 períodos 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.

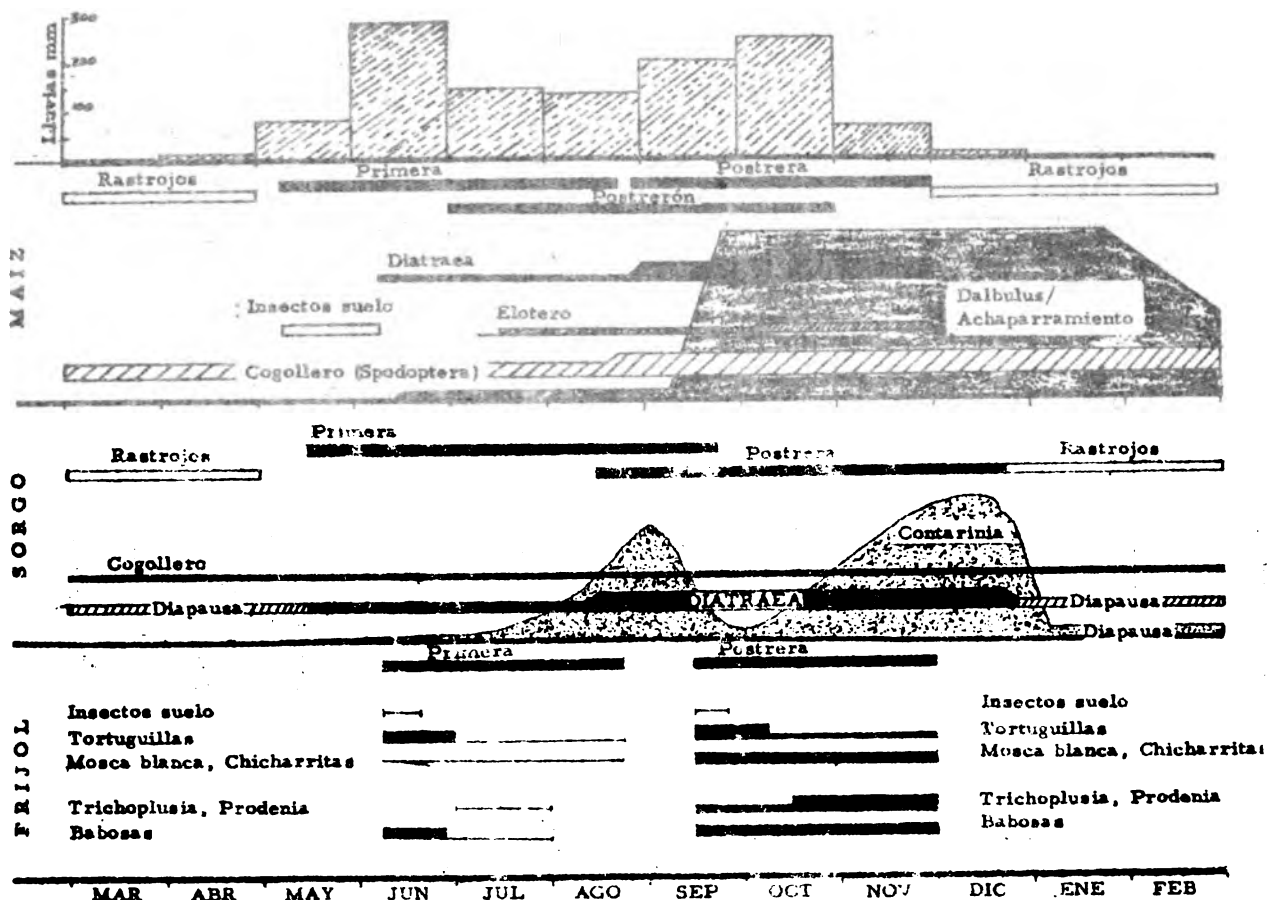
La resistencia se disemina fuera de los campos de tratamiento químico y alcanza otras especies de insectos: el zancudo, Anopheles albimanus, vector del paludismo, es ahora resistente contra todos los insecticidas aplicados en el algodón, y en zonas algodonerías los casos de malaria aumentan.

* 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 predadores 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 entomogénicos 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 distribuidos 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. Incluidos están los depredadores 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 familia 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 disminuir la producción hasta un 50%. En la zona Pací-

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 19%. 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 continuamente. 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 intervalos 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 influir 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 esto 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 estadio 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 estadio de cogollo demoró el desarrollo de la planta. En la segunda mitad del estadio, sin embargo, el daño redujo significativamente la producción, especialmente en variedades precoces. 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 talarador 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 taquinida (Laspyresia) son unos de los parásitos más efectivos.

El conjunto de los parásitos puede eliminar por lo menos el 50% de las larvas. Por eso 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 Hexameris, 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 rastrosos 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 estadio de agujas. Los esfuerzos para determinar niveles críticos de picudos deben por eso 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 influir en el potencial dañino de Apion; por tanto debe incluirse 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 Cebra A. Los ensayos fueron perjudicados por sequías, ausencia de Apion y descuido por los agricultores co-cbrantes.

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

Para fines prácticos los siguientes estadios 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 estadios de desarrollo a la defoliación.

En resumen, un agroecosistema representa el ambiente 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 esto 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 influenciado 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 distribuidas 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.

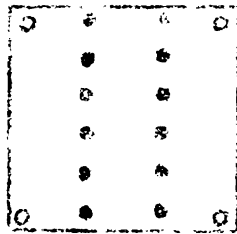
Arreglos:

Arreglos Espaciales

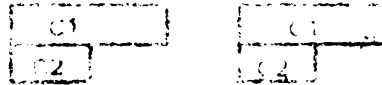
Cultivos

○ -Cultivo 1

● -Cultivo 2



Arreglos Cronológicos



Tiempo →

Malezas

○ -Maleza 1

● -Maleza 2



Tiempo →

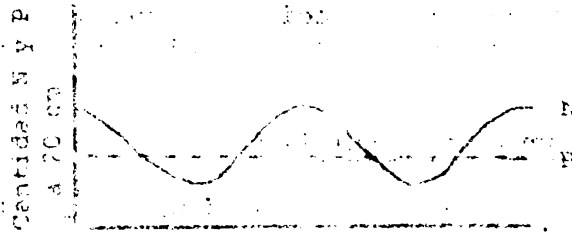
Suelos

○ -Fósforo

● -Nitrogeno

Cantidad N y P

Perfil

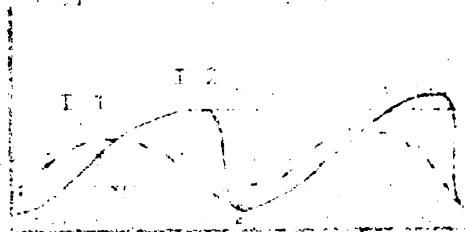
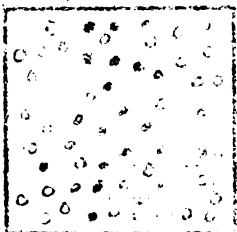


Tiempo →

Insectos

○ Insecto 1

● Insecto 2



Tiempo →

Figura 1. Arreglos espaciales y cronológicos de cultivos, malezas, nutrientes de suelos, 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

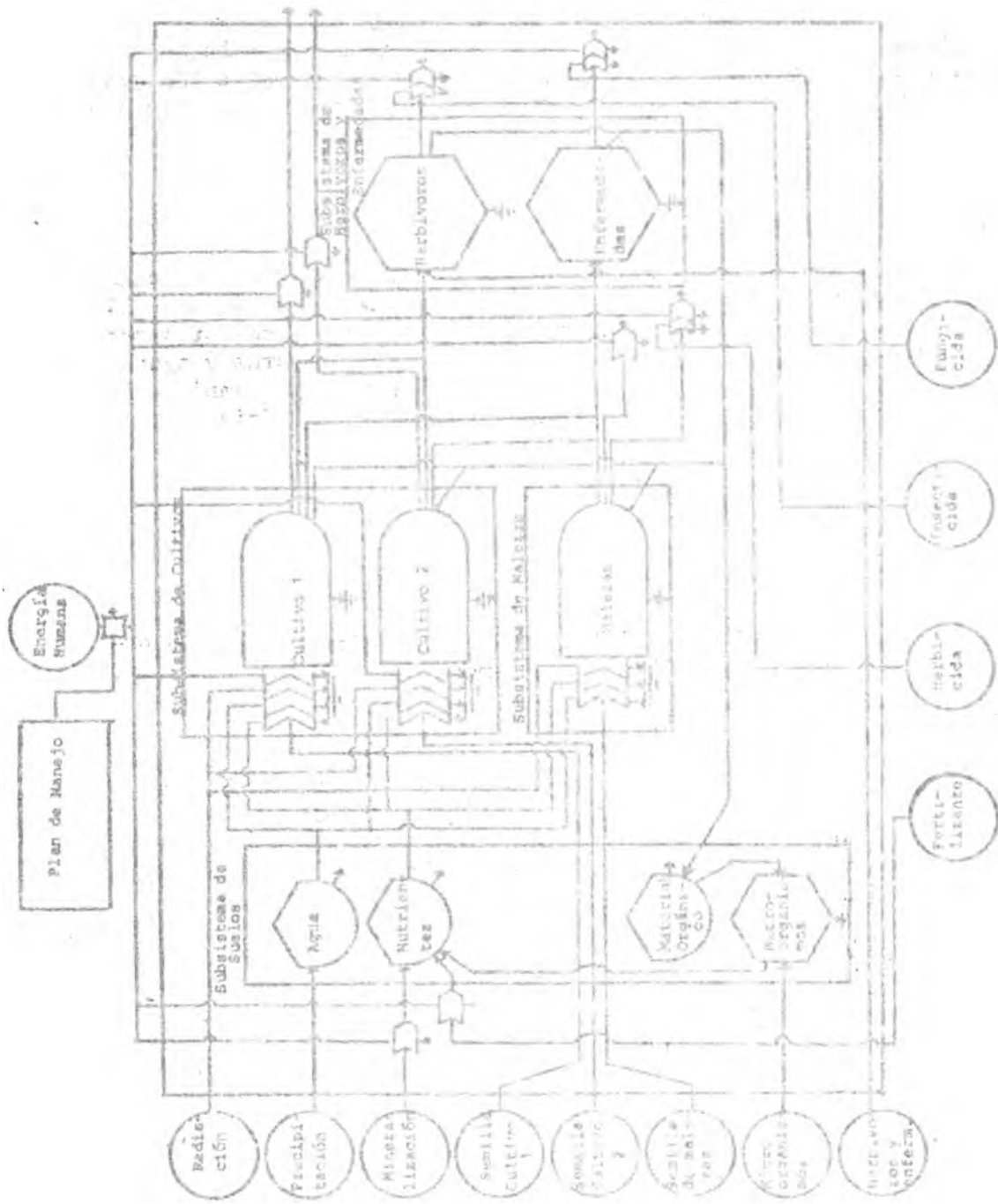


Figura 2 Flujo de materiales, energía e información por un agroecosistema con un subsistema de cultivos con dos cultivos

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.
4. 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

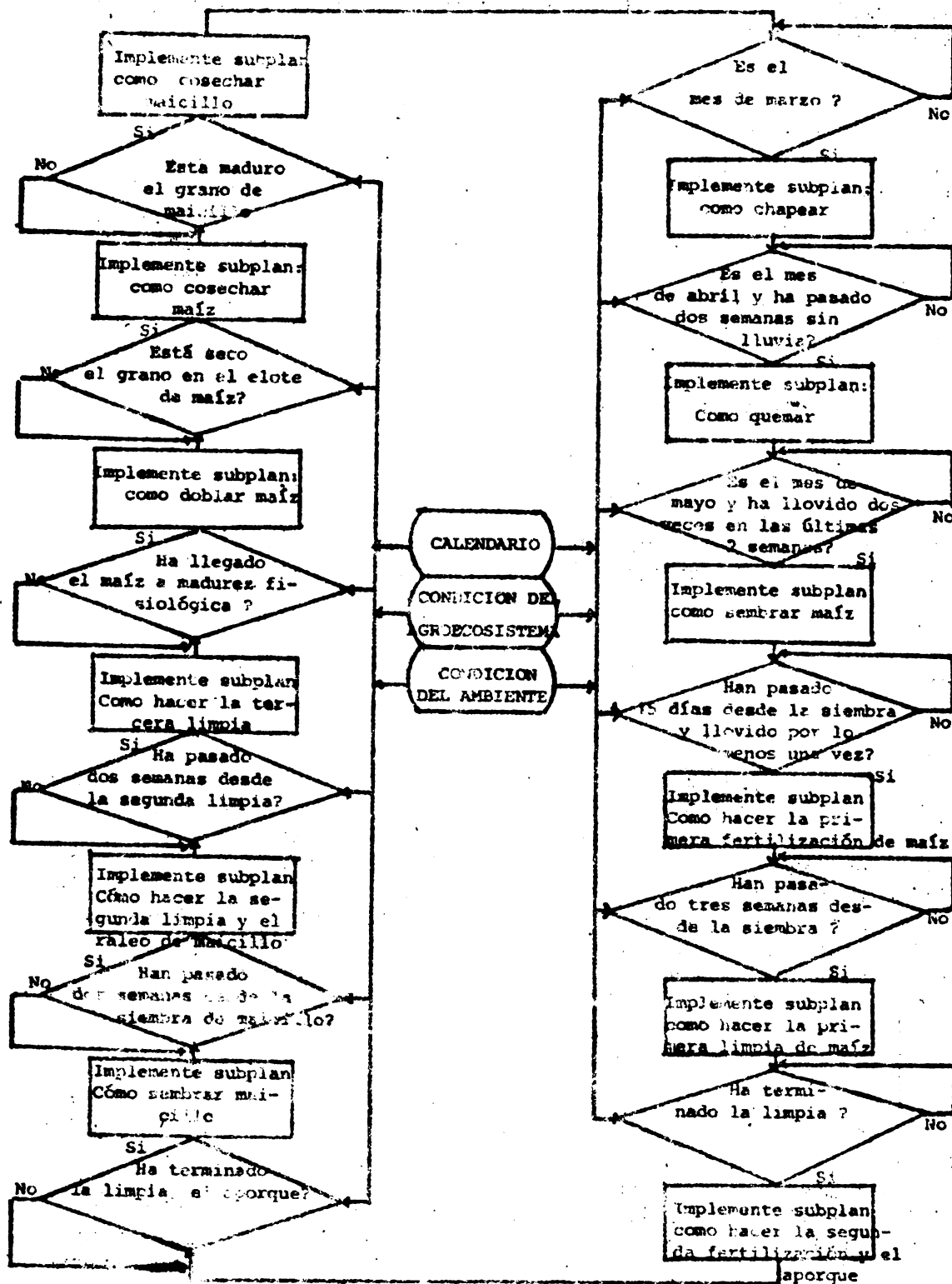


Figura 3 Un plan de manejo hipotético para un agroecosistema con un sistema de cultivos de maíz y maicillo.

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.

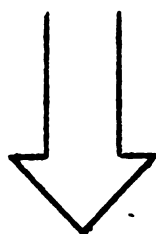
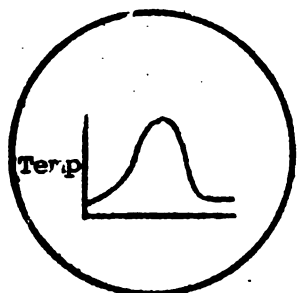
El cultivo individual ha sido la unidad de investigación agrícola que tradicionalmente ha recibido mayor atención en zonas templadas. Este enfoque ha tenido éxito porque los sistemas de cultivos de los agroecosistemas en zonas templadas son simples, generalmente con sólo un cultivo. La baja temperatura 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.

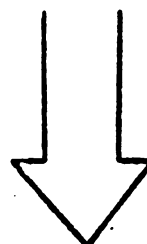
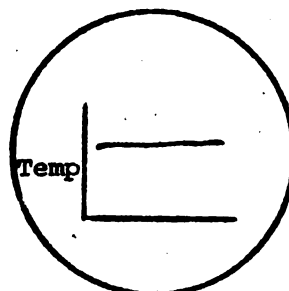
Debido a que los agricultores del trópico usan generalmente menos insumos químicos, y porque la competencia biótica es alta, la producción agrícola de agroecosistemas tropicales en muchos casos es menor que agroecosistemas de zonas templadas. Esto sucede a pesar de que la productividad ecológica (cultivos, 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.

Ambiente templado

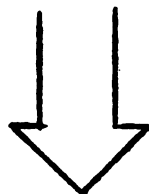


Ambiente tropical

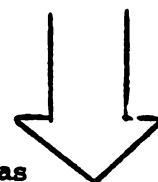


Estructura de agroecosistemas

- Un cultivo con cero interacción espacial y poca interacción cronológica.
- Baja diversidad de malezas, insectos y enfermedades; baja interacción entre especies.



- Dos o más cultivos con interacción espacial y con interacción cronológica.
- Alta diversidad de malezas, insectos y enfermedades; alta interacción entre especies.



Función de agroecosistemas

- Baja eficiencia en la fijación de energía solar y nutrientes.
- Reciclaje de nutrientes, de poca importancia.
- Producción alta, pero solamente una vez al año.
- Producción limitada por aspectos físicos.

- Alta eficiencia en la fijación de energía solar y nutrientes.
- Reciclaje de nutrientes de alta importancia.
- Producción baja, pero ocurre dos o más veces en el año.
- 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. Enriquez***

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 inequidad 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*, higuera 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 incluido en las áreas de producción de cocos; el cacao crece lujurosamente 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 semimontañas, 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 anterioremente 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 compete 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. Distribuidas 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 nutrientes 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, pejobaye, 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, reparados 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 envueltos 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.

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.

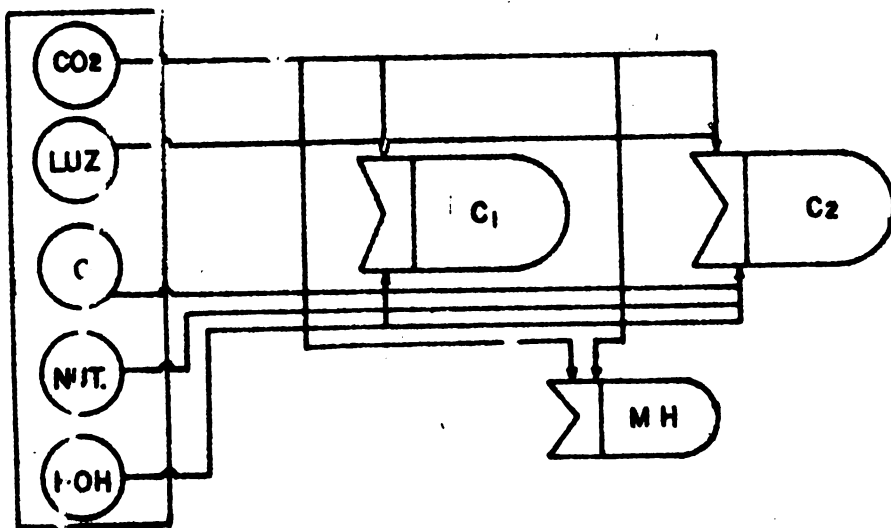
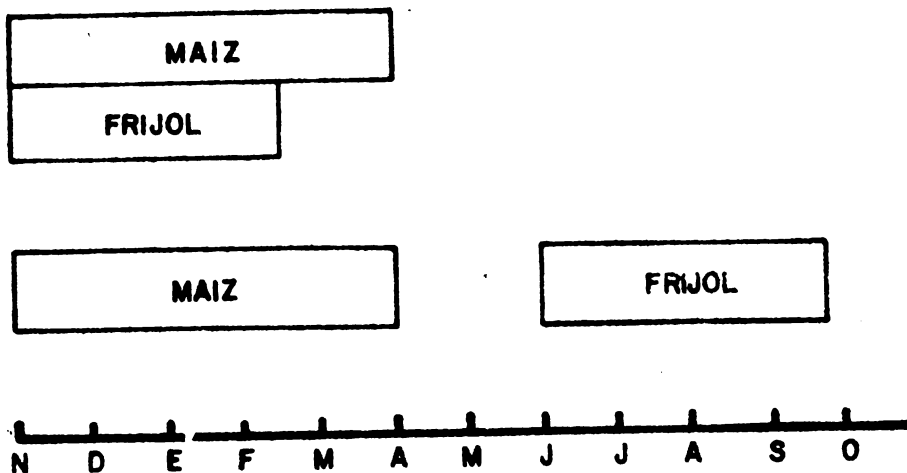
En otras palabras, un sistema de producción de cultivos está constituido por el arreglo de los cultivos, sus interacciones con el medio físico biológico y el manejo que se le da. También, en el idioma castellano, hablar de sistema de cultivo, usando la palabra "cultivo" como verbo, implica a veces, el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



2

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, C₁ y C₂ = componentes útiles y cultivados; MH = malas hierbas (por simplicidad no se han incluido insectos, enfermedades y algunos flujos).

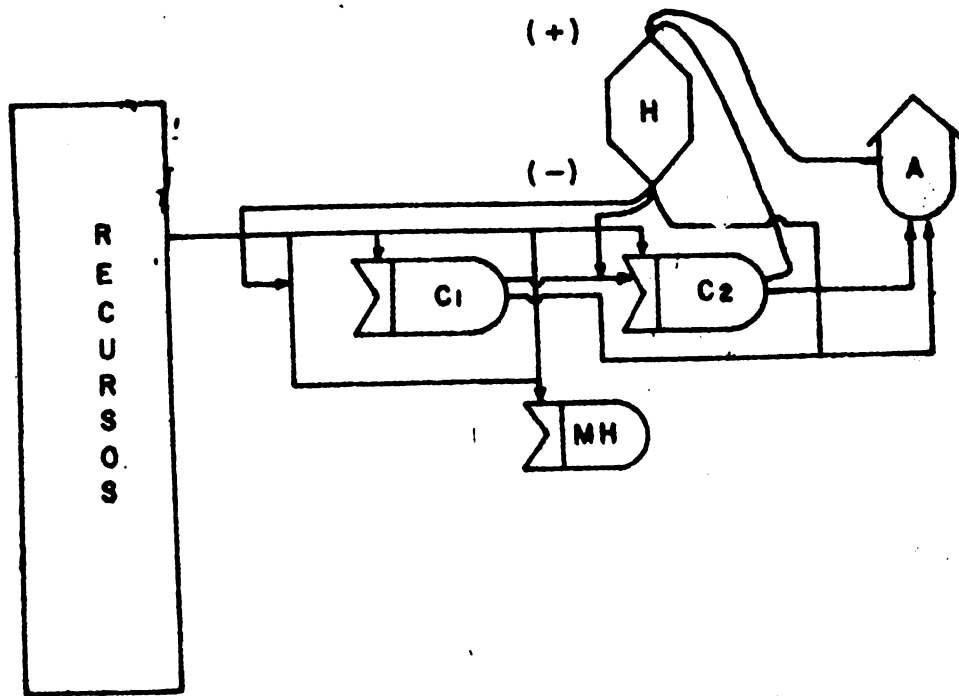


Figura 3. Un sistema de producción de cultivos, incluye los recursos físicos (Agua, CO₂, Luz, Oxígeno, Nutrientes) el sistema de cultivos (C₁, C₂, MH, insectos, etc.) y el manejo del hombre (H). A = almacenamiento (otra vez por simplicidad no se incluyen varios componentes).

La Precipitación como Determinante de Sistemas de Producción de Cultivos:

Se entiende por variable ambiental determinante aquella 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 relativamente 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 socio-económico 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.

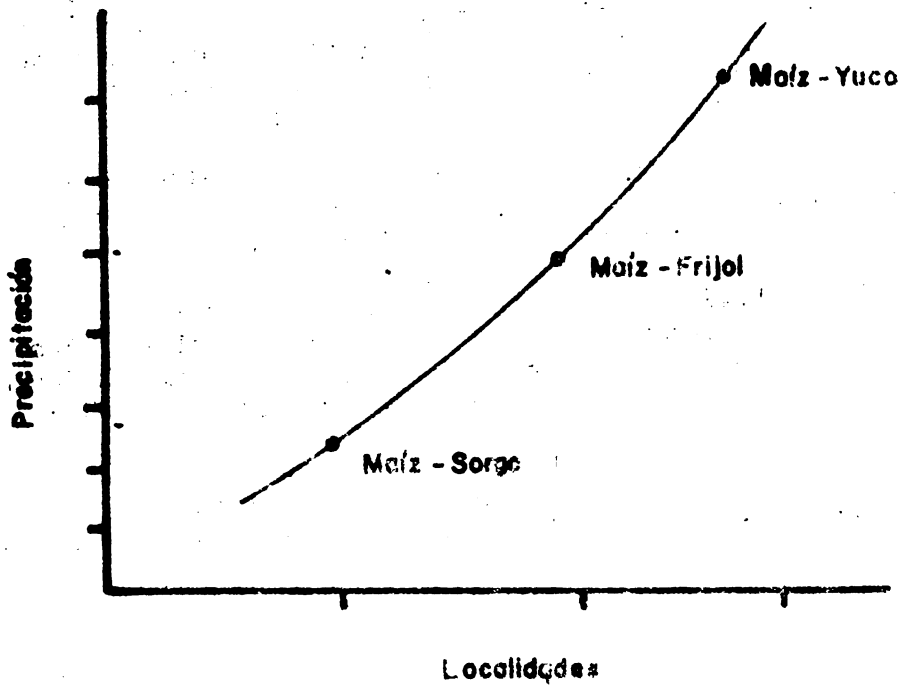


Figura 4. Representación teórica de diferentes arreglos entre cultivos determinados por una macrogradiente de precipitación entre lugares geográficos.

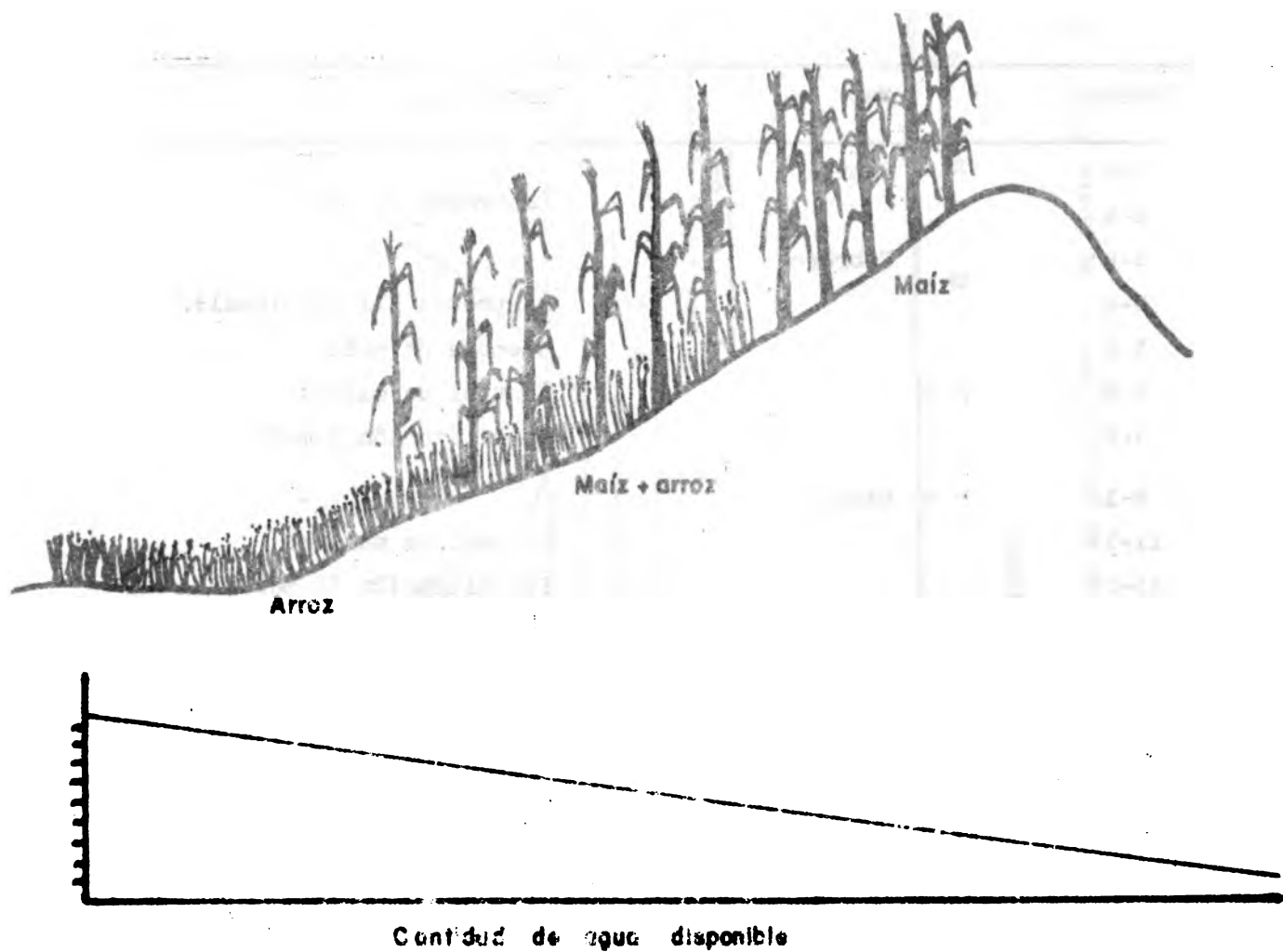


Figura 5. Arreglos de cultivos entre maíz y arroz determinados por una microgradiente de disponibilidad de agua debido a la pendiente, dentro de un lugar geográfico.

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 |

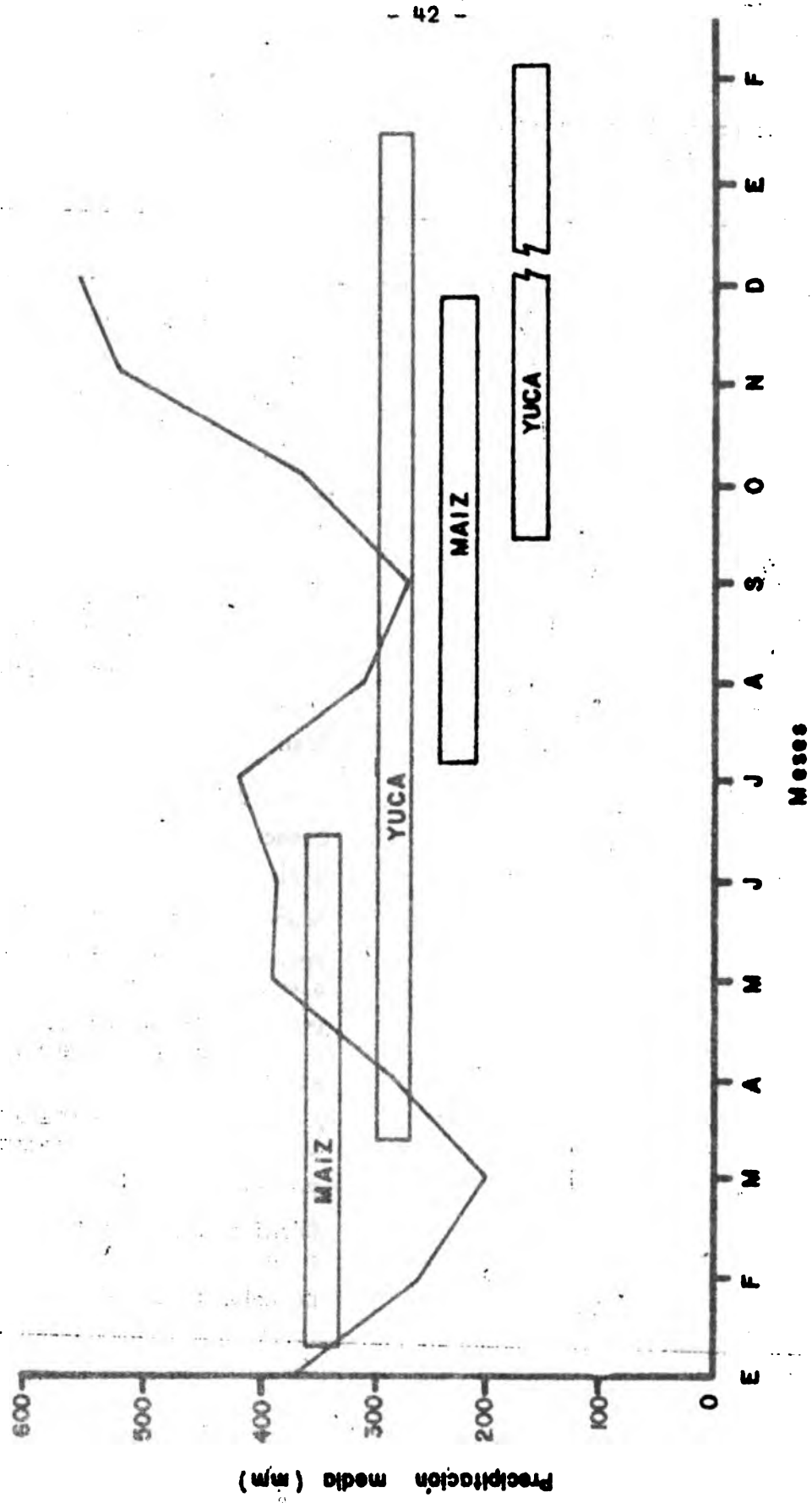


Figura 6. Arreglo cronológico de maíz y yuca en la zona Atlántica de Costa Rica. La yuca se intercala entre el maíz a la floración de éste

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 bejuocos con aldrín. |
| 20 | | Aplicación de insecticida al suelo y siembra de camote. |
| 21 | | Fertilización. |
| 24 | | Deshierba y segunda fertilización. |
| 39 | Octubre | Cosecha de camote |

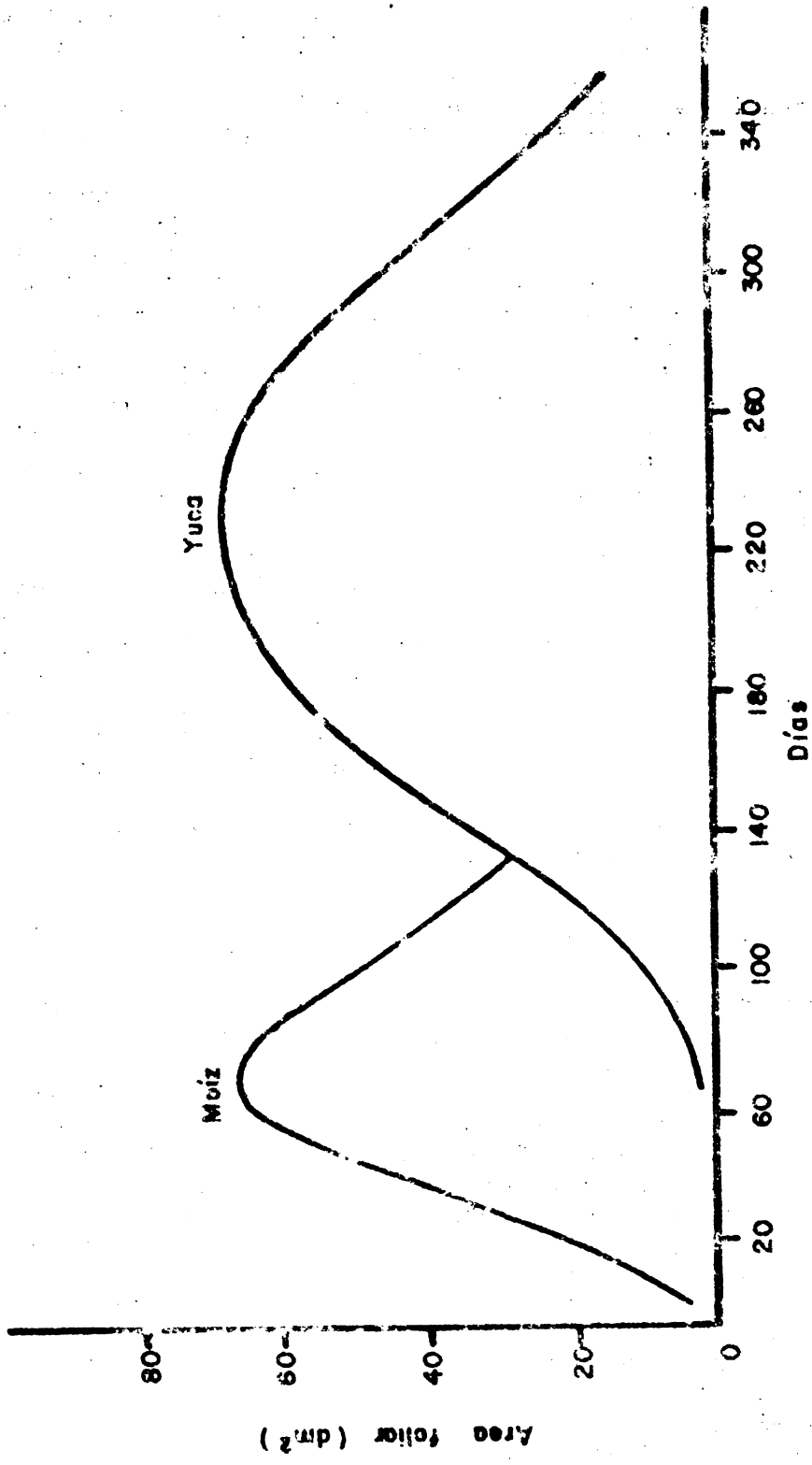


Figura 7. Incremento teórico del área foliar en el tiempo de maíz y yuca intercultivados en la Región Atlántica de Costa Rica.

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 esto conduce a una demanda estacional por mano de obra.

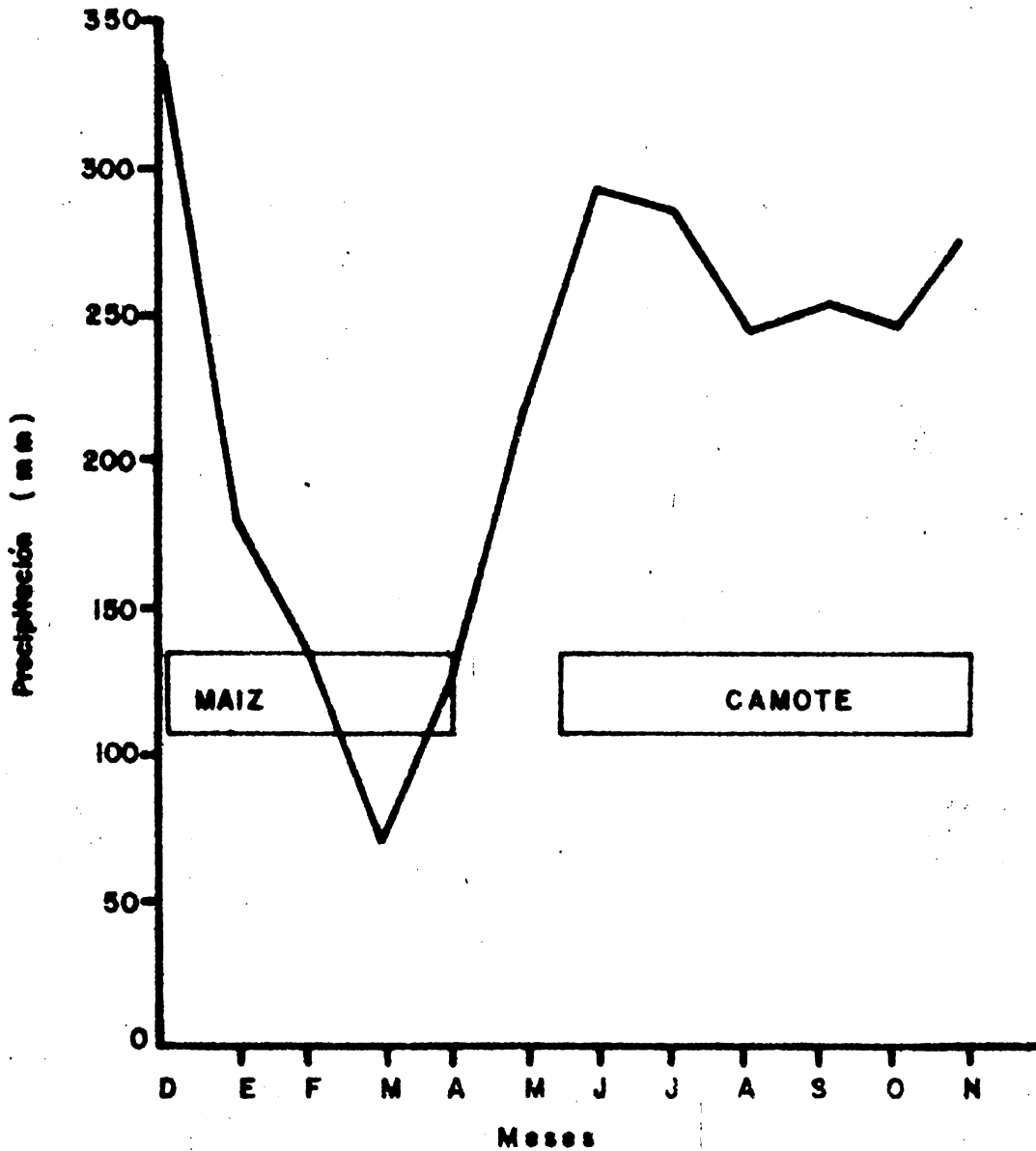


Figura 8. Distribución de la precipitación y un arreglo de cultivos posible para el área de Turrialba, Costa Rica. El breve período relativamente seco se aprovecha en la cosecha de maíz o de maíz y frijol. El camote puede reemplazarse por cualquier otra raíz.

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 (capada y rasurada). |
| 41 | | Aplicación de Amino 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 | Rebela 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 aldrin. |
| 20 | | Aplicación de insecticida al suelo y siembra de camote. |
| 21 | | Fertilización. |
| 24 | | Deshierba y segunda fertilización. |
| 39 | Octubre | Cosecha de camote. |

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 | <p>Siembra de maíz. En suelo de buena profundidad y fertilidad se siembra "en plano"; en suelos pobres se acostumbra palear y alomillar.</p> <p>Epoca de siembra varía con el inicio de las lluvias; podría adelantarse o atrasarse 3 semanas.</p> <p>Variedad local se denomina "Maizenon". Grano blanco tipo cristalino, planta alta. Varía según la zona y los agricultores, debido a que la preparación no es controlada.</p> <p>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.</p> <p>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.).</p> |
| 19-21 | <p>Deshierbe manual con machete.</p> <p>Fertilización con urea, puñados al pie de la planta, tapado luego por el aporque con pala.</p> |
| 23 | <p>Deshierba manual opcional si la cantidad y tipo de malezas lo hace necesario.</p> <p>El maíz se dobla golpeando la caña con un palo debajo de la mazorca. Se despenta 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.</p> |

Cuadro 3. Continuación

| Semana | Actividades del Agricultor |
|---------|--|
| 35 | <p>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.</p> |
| 38-39 | <p>Los residuos vegetales que hay en el campo se cortan y se acomodan en bandas. El paleo consiste en la cobertura de las bandas de residuos con el suelo de ambos lados formando un lomillo. La distancia entre los millos 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.</p> |
| 40 ó 41 | <p>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).</p> <p>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.</p> <p>La variedad de frijol negro local tiene diferentes denominaciones y es variable de agricultor a agricultor. Planta arbustiva.</p> |
| 1 y 2 | <p>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..</p> |

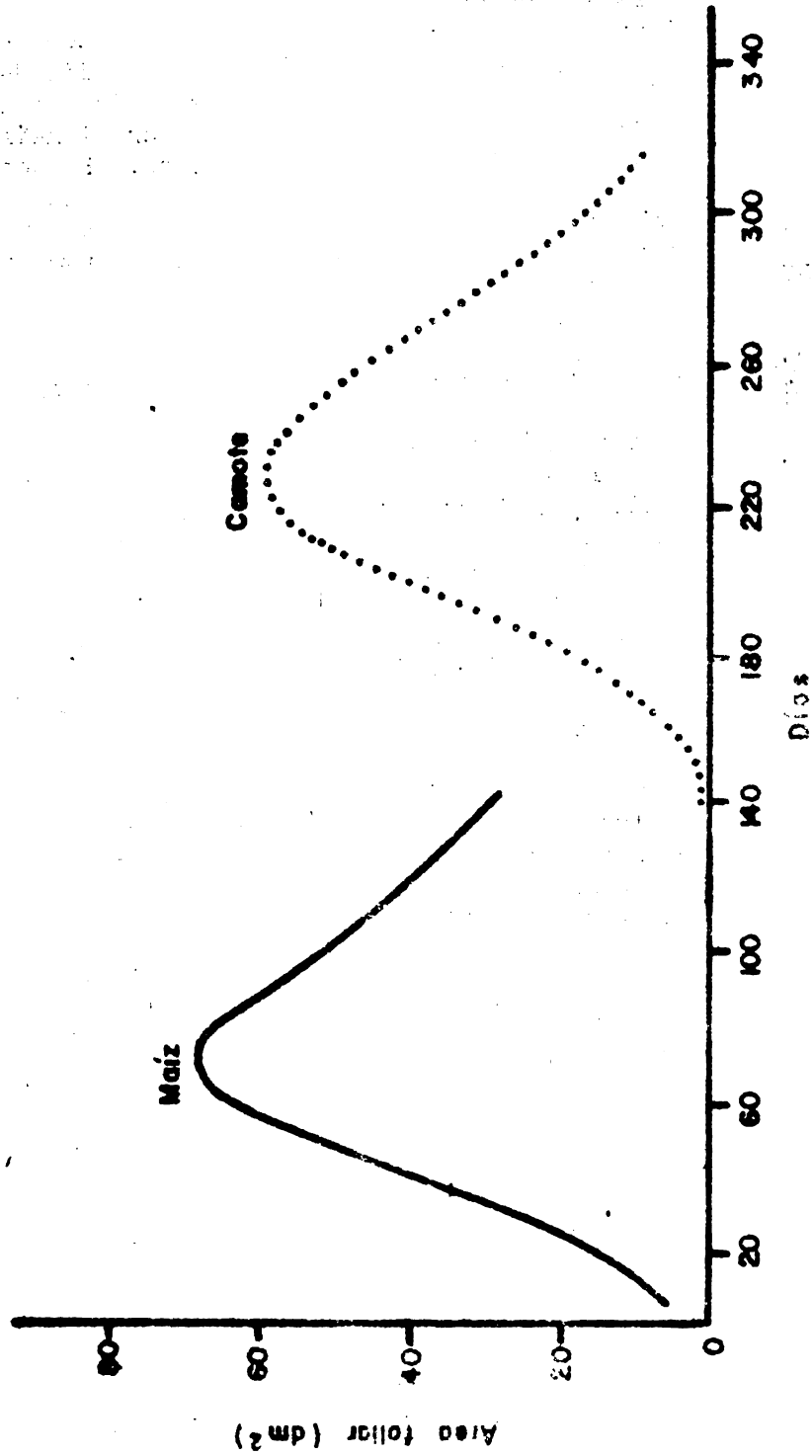


Figura 9. Incremento teórico del área foliar en el tiempo de maíz y camote en cultivo doble, en Turrialba, Costa Rica.

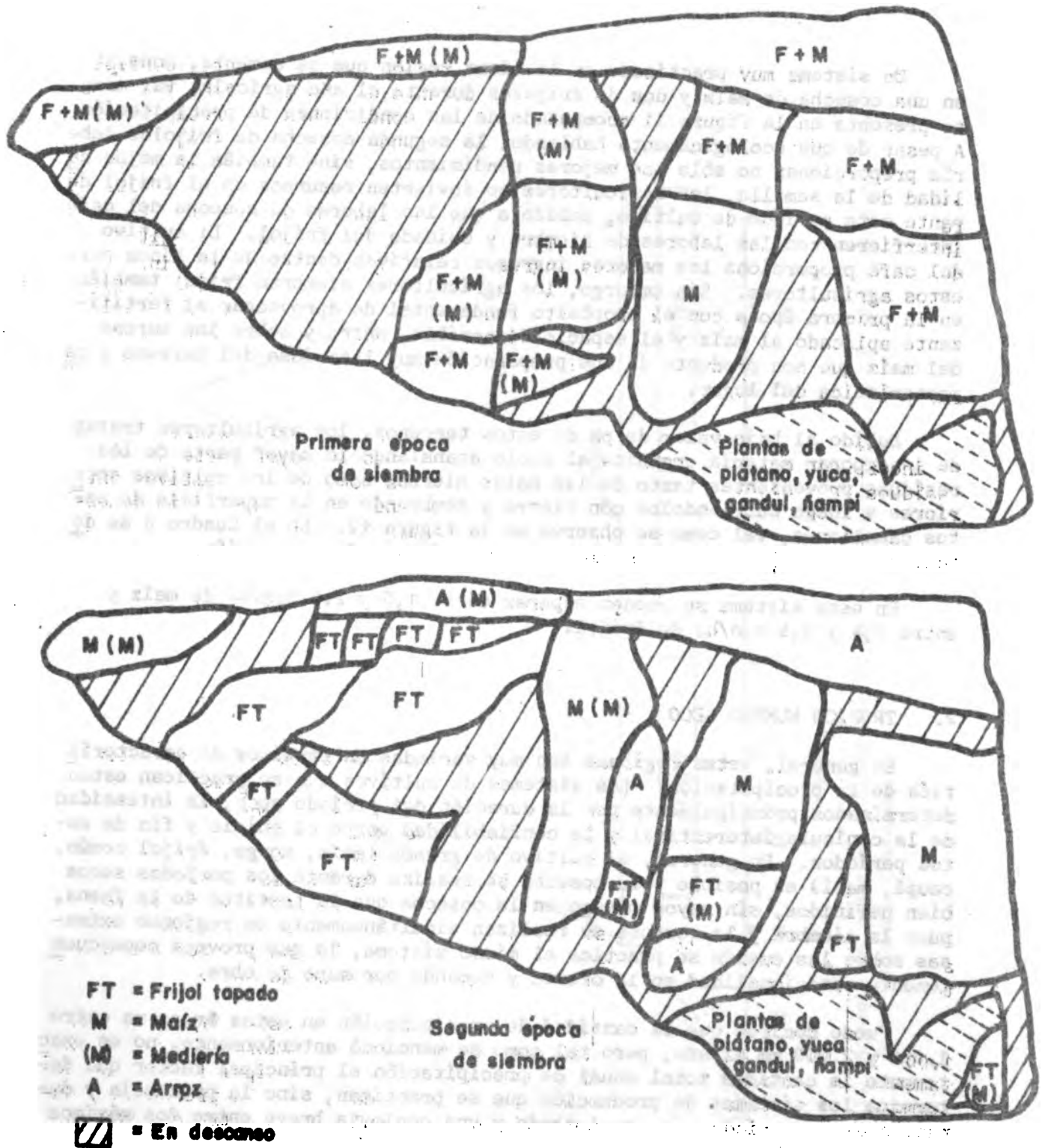


Figura 10. Representación aproximada de una finca de pequeño agricultor en San Isidro de El General, Costa Rica. Se subdivide en lotes tal como estaba en 1976. En la parte superior de la figura se representan los cultivos de la primera época de siembra y en la parte inferior los de la segunda época.

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 acanalando 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

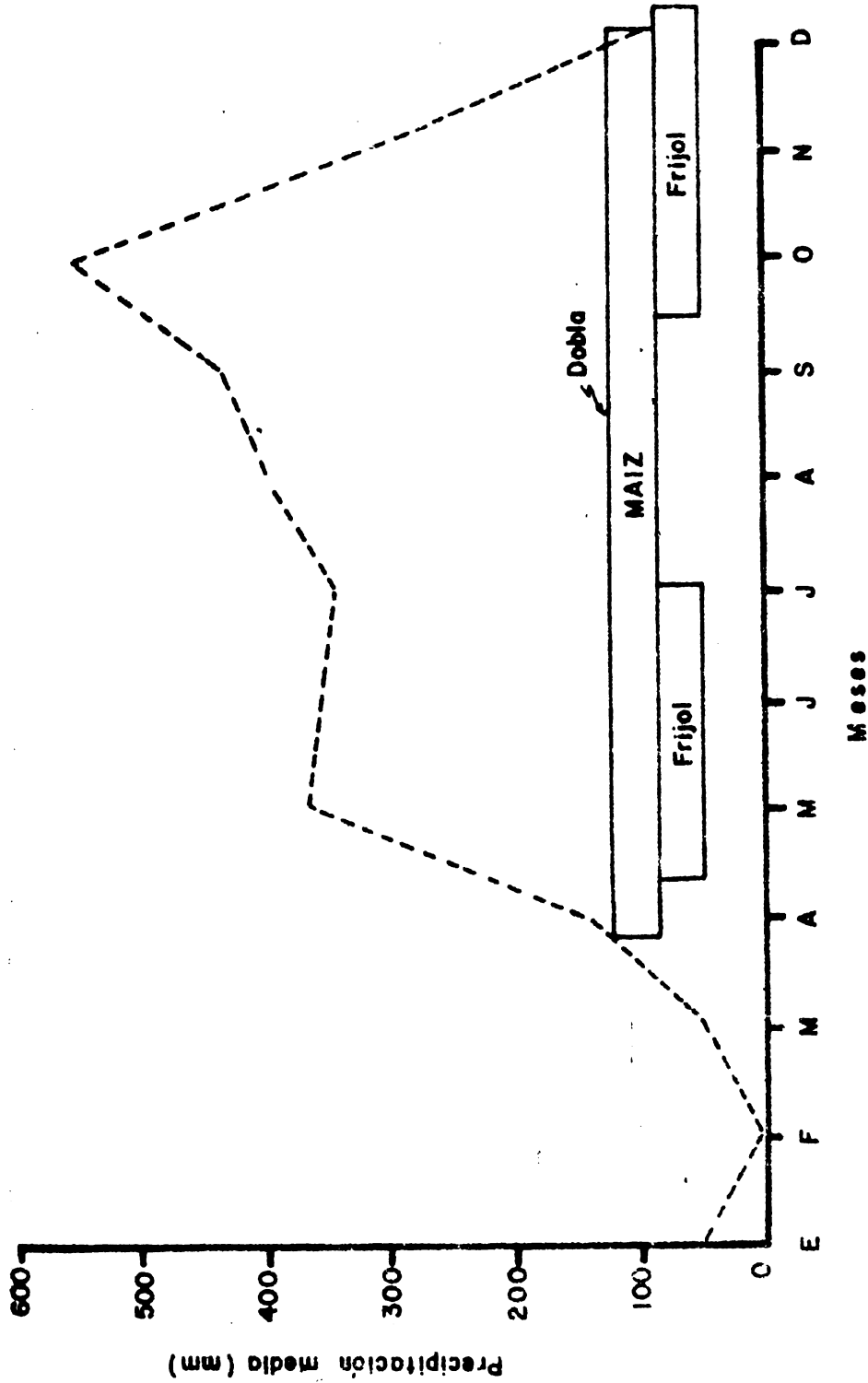


Figura 11. Arreglo de cultivos y distribución de la precipitación en la Región de San Isidro de El General, Costa Rica.

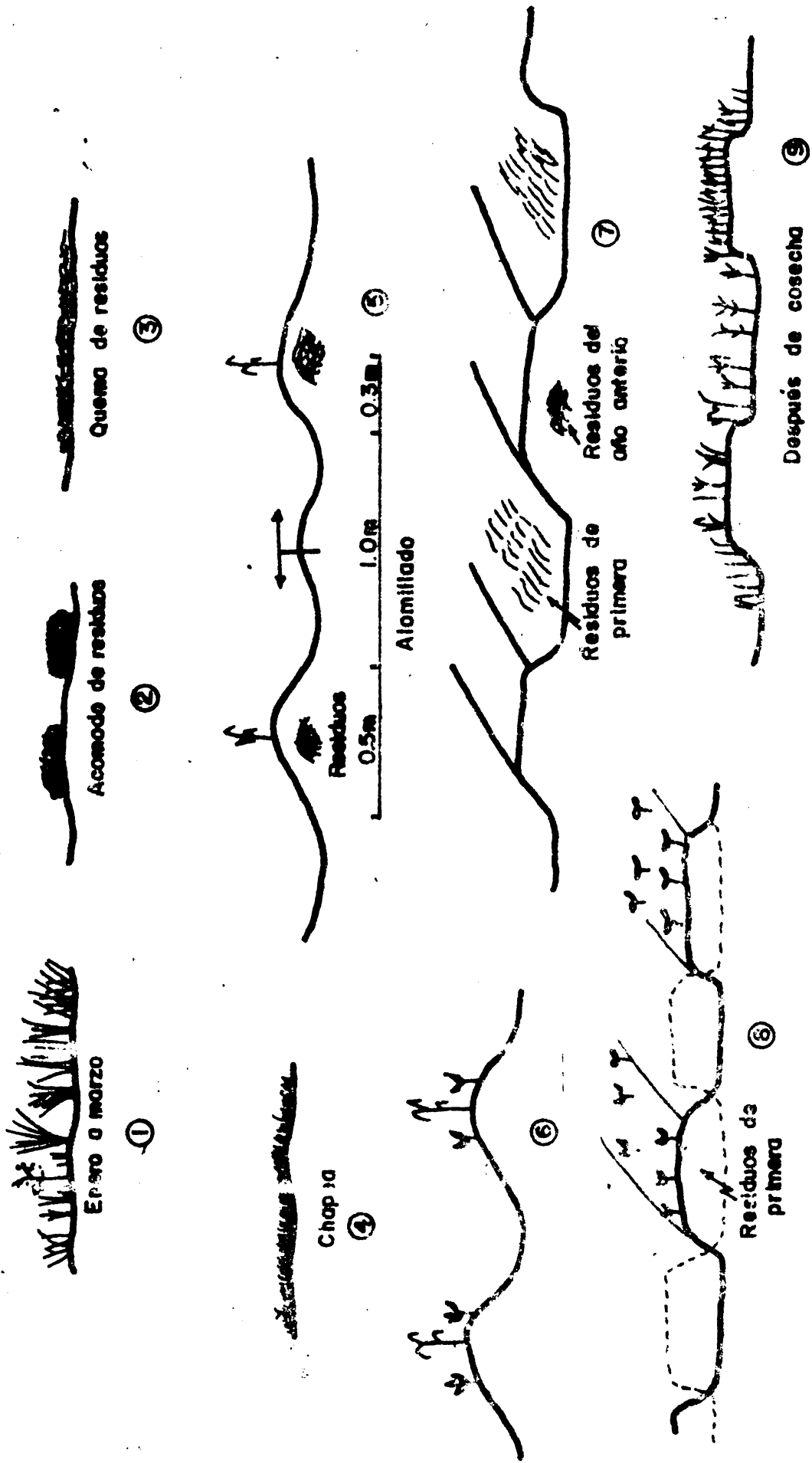


Figura 12. Representación gráfica y resumida de una secuencia de operaciones de manejo de suelos ácidos en San Isidro de El General. Labores realizadas a mano y con una pala ancha característica del área.

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 nutrimentos, 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.

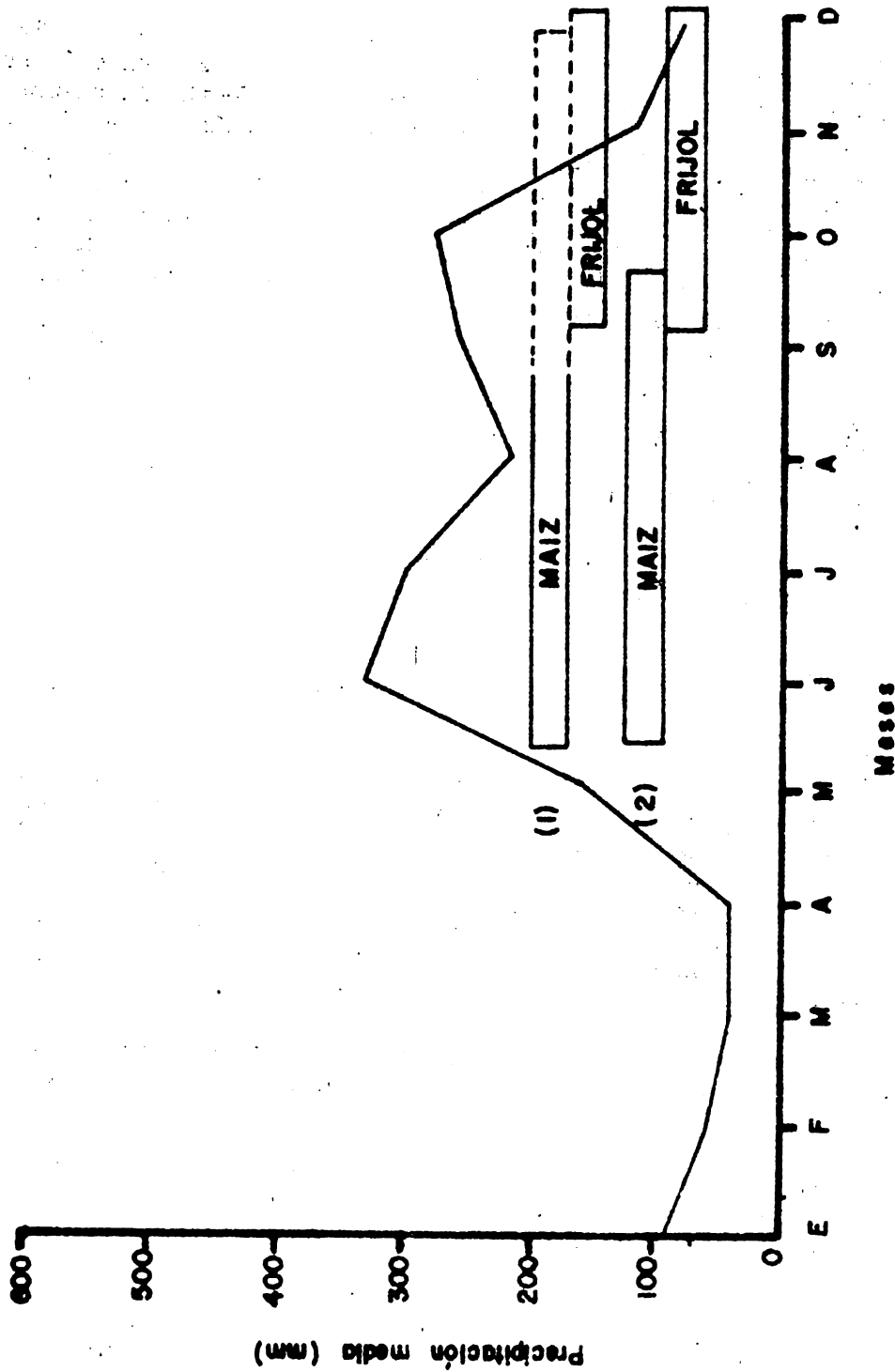


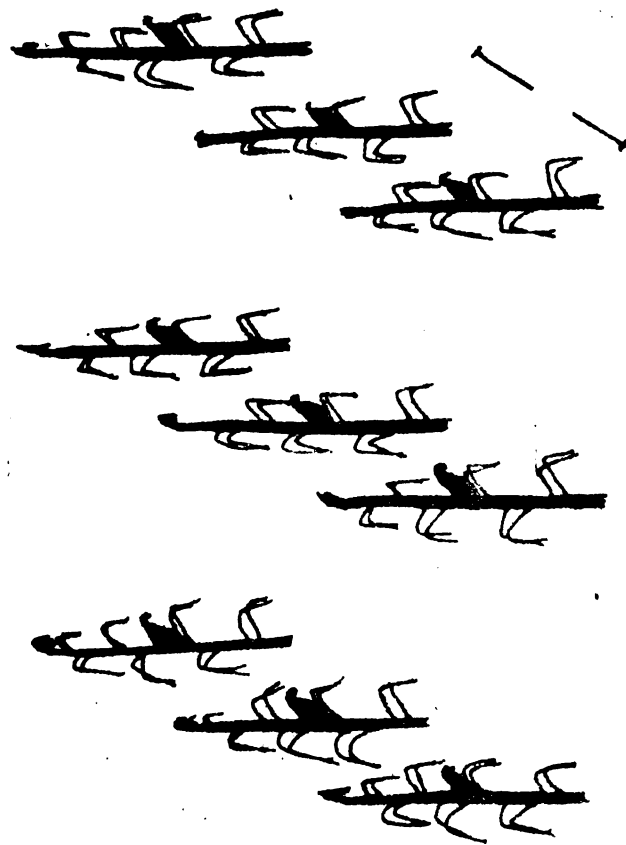
Figura 13. Distribución de la precipitación anual total en la Región de Samalif, Nicaragua y arreglo de cultivos entre maíz y frijol común. En el primer caso (1) el maíz permanece en el campo hasta fines del año y en el caso (2) el maíz se cosecha poco después de la siembra del frijol. El caso (1) es 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 <u>que</u> ma 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 <u>pos</u> tura 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 (<u>Spodoptera frugiperda</u>). |
| 25 | | Abonamiento complementario nitrogenado localizado en posturas superficialmente al pic 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 | Agostó | Eliminación con machete de malezas nacidas después de aporcar el maíz. |
| 37-6-38 | | 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 esto 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 construida de madera dejando espacios entre las reglas o varillas. Esta 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. |



Septiembre 15



Octubre 5

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

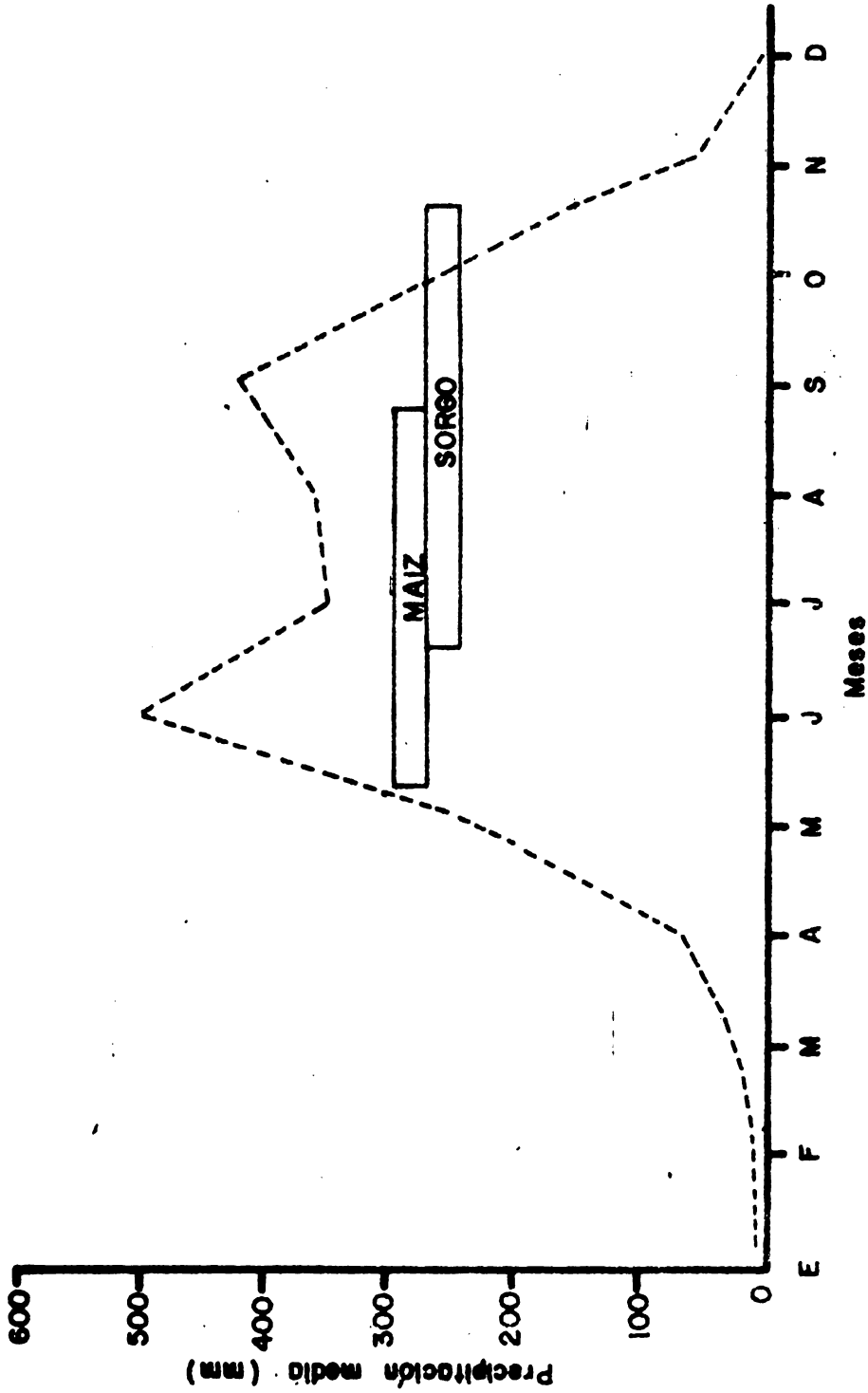


Figura 15. Distribución de la precipitación total anual en Tejutla, El Salvador y arreglo de los cultivos en el tiempo. El sorgo se intercala entre el maíz.

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 Índice de Cosecha no sea alto, aún podría considerarse a éste un sistema de producción eficiente.

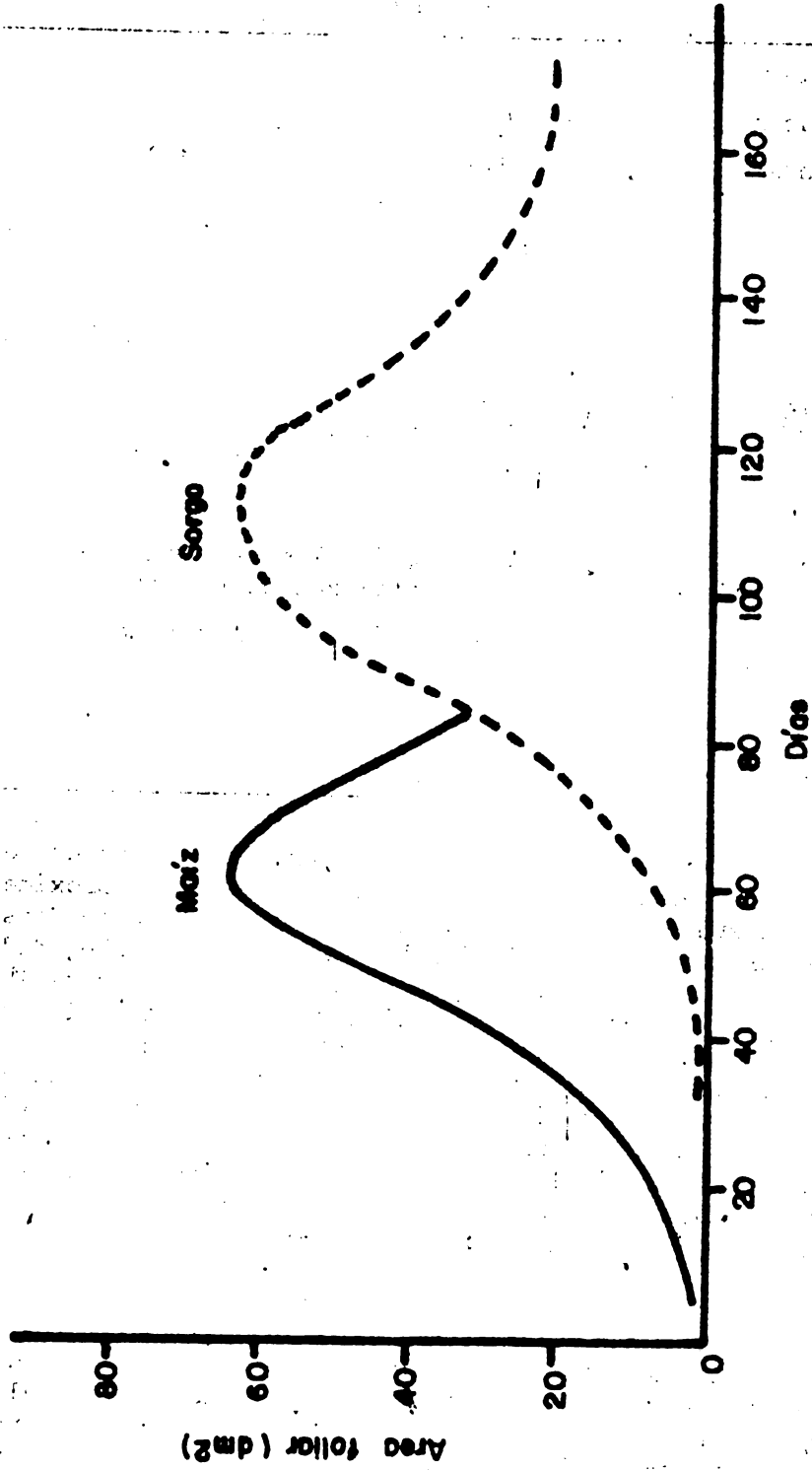


Figura 16. Incremento teórico en el tiempo del área foliar del maíz, del sorgo en un sistema de intercultivo de maiz con precipitación escasa en El Salvador.

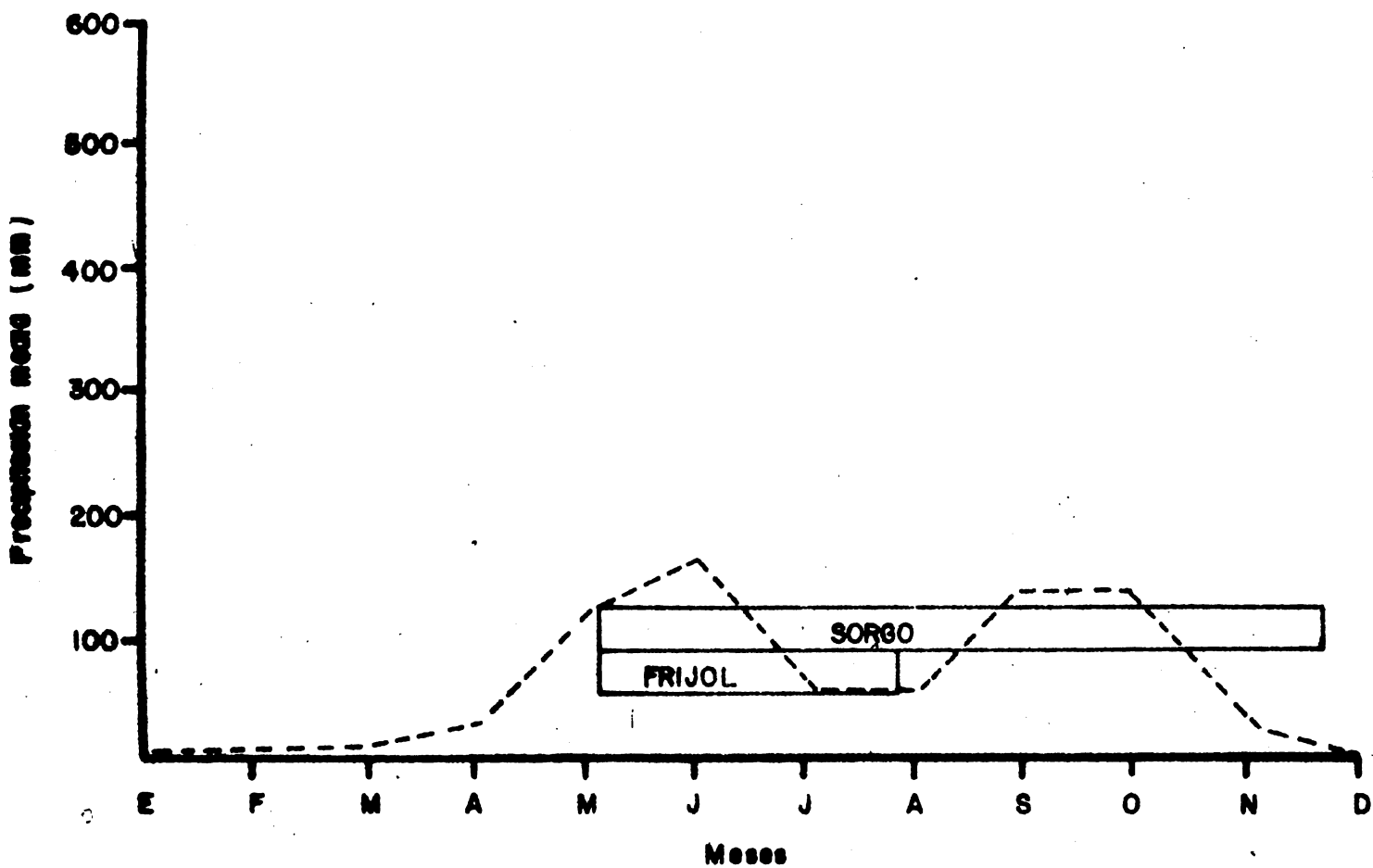


Figura 17. Distribución de la precipitación total anual en el área de Estelí, Nicaragua y arreglo cronológico de los cultivos de sorgo y frijol.

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 período 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 fotoperíodo 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. _____. Descripción 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 Palmares de Pérez Zeledón, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 169 p. 71 ref.
5. HOLLE, M. Datos del clima en las áreas de trabajo del proyecto de investigaciones en sistemas de cultivo para pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 99 p. (p. irr.).

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 está "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 | 18.4 | 39 | 1 | (11) |

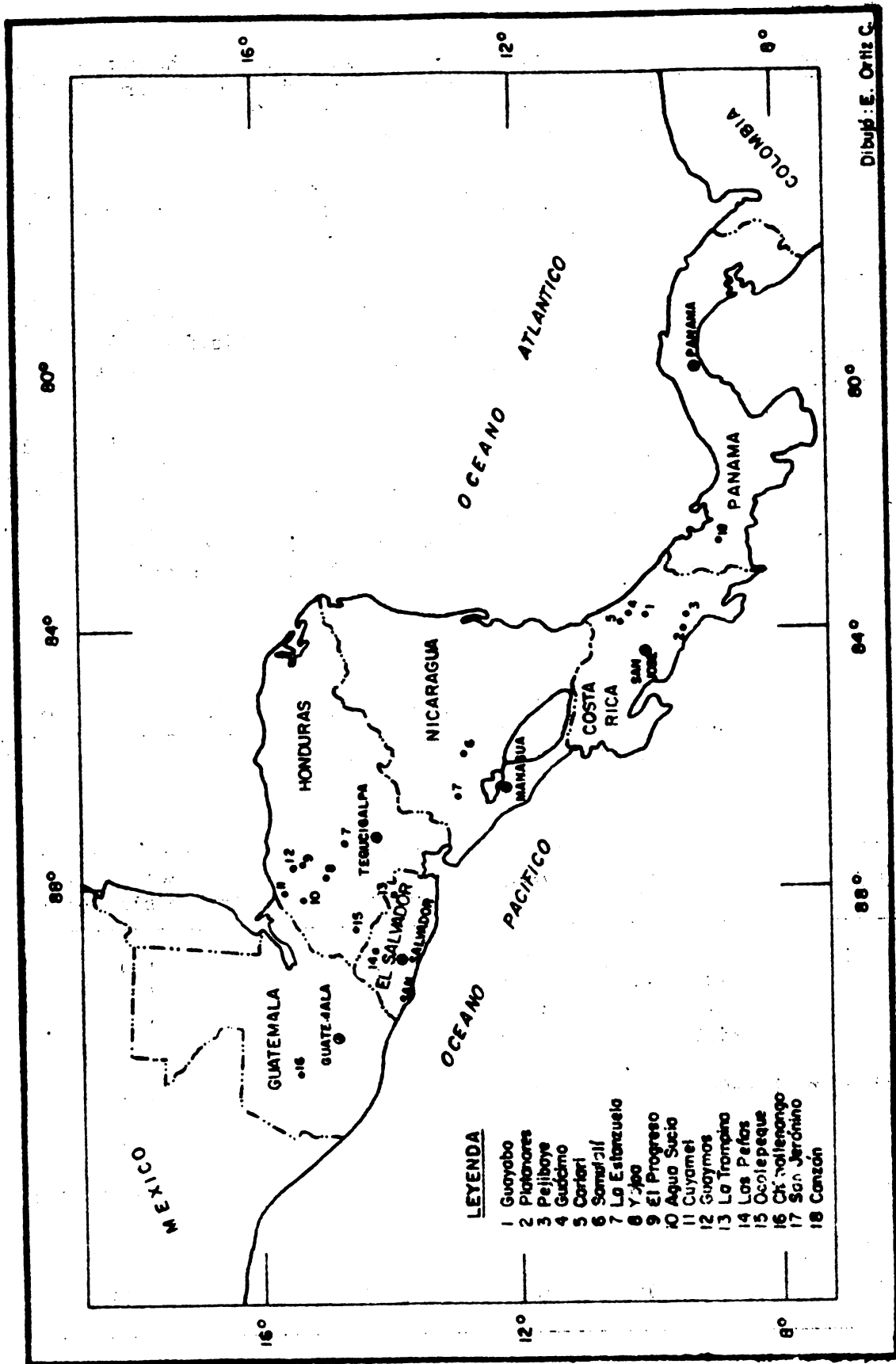


Fig. 1 Ubicación de las áreas de acción del Proyecto en Sistemas de Cultivo para Pequeños Agricultores 1976-1978

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 | | | |
| Costa Rica | Meseta Central | 61 | 27 | 11 | 16 | (3) |
| | Pacífico Sur | 5 | 48 | 43 | 30 | (3) |
| | Atlántico | 99 | 1 | - | 61 | (3) |
| | Turrialba | 36 | 26 | 11 | 26 | (3) |
| El Salvador | Nor-Occidente | 30 | 7 | 63 | 54 | (7) |
| Guatemala | Altiplano | | 46 | 54 | 40 | (6) |
| Honduras | Valle del Sula | 61 | 38 | 1 | 48 | (3, 12) |
| Nicaragua | Central | 31 | 38 | 31 | 168 | (3, 15) |
| Panamá | Chiriquí Alto | 33 | 57 | 9 | 59 | (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, medierías 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 socio-económicos 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, medierías, 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 influida 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 per- sonas** | 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 por ciento 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 | .8 |
| 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.

| Pais | 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 preocupa 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 influido 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 contribuido 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 | Herbi- cida | Plaguí- cida | | | |
| Costa Rica | Meseta Central | 100 | 94 | 88 | 94 | 16 | 1 | (3) |
| | Pacífico Sur | 19 | 27 | 3 | 7 | 30 | 2 | (3) |
| | Atlántico | 20 | 43 | 80 | 43 | 61 | 2 | (3) |
| | Turrialba | 54 | 73 | 73 | 77 | 26 | 1 | (3) |
| El Salvador | Nor-Occidente | 80 | 91 | 43 | 32 | 56 | 1 | (7) |
| | Valle del Sula | 52 | 45 | 55 | 53 | 60 | 2 | (3) |
| Nicaragua | Central | 59 | 44 | 0 | 60 | 168 | 3 | (3, 15) |
| | Chiriquí Alto | 58 | 63 | 63 | 39 | 59 | 1 | (11) |

* Se utiliza en el 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 recibe. 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 (8). 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 incluidos 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 incluidos 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. bibli. |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------------|------------|----------------|-------------|
| | | Utilizan crédito | Reciben alguna Inf. de mercado | Asist. técnica | Pertenecen a alguna organización | | | |
| Costa Rica | Meseta Central | 50 | 31 | 44 | Sí* | 16 | 1 | (3) |
| | Pacífico Sur | 66 | 0 | 16 | Sí* | 30 | 2 | (3) |
| | Atlántico | 51 | 41 | 11 | Sí* | 26 | 1 | (3) |
| | Turrialba | 62 | 58 | 12 | Sí* | | | |
| 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 aporte 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 AGRONOMOICO 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 multidisciplinarios, 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 y 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 maíz 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 conexión 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 incluidos 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 si 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 animal.

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 una 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.

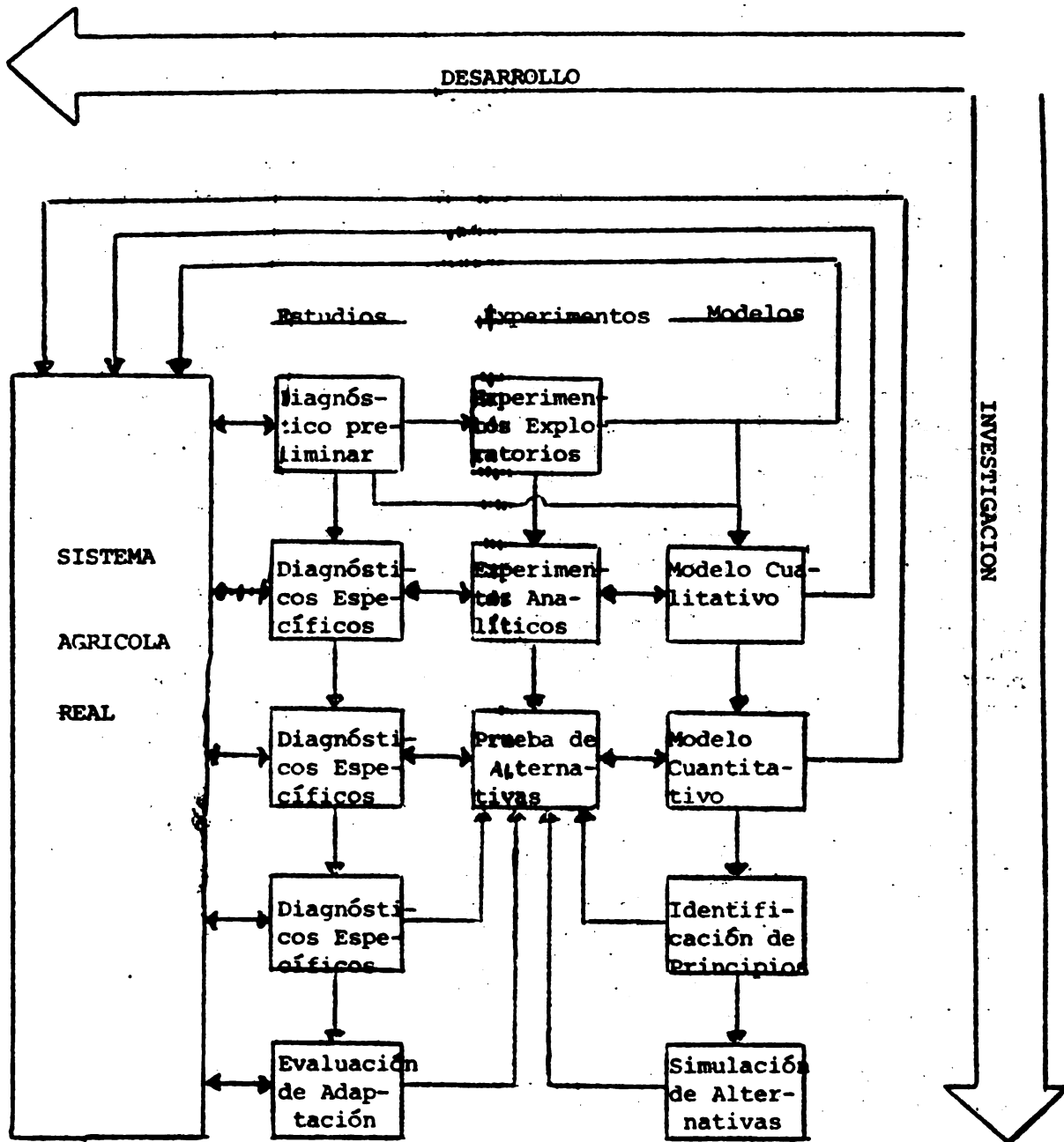


Figura 1. La función de modelos dentro de un programa de investigación y desarrollo.

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 surviev. G.E. Dalton (ed). The study of Agricultural Systems. 23-100. Applied Science. London.

PROCESOS DE FORMACION DE LA COSECHA

Oscar Arias M.*

INTRODUCCIÓN

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.

Bausingaul 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 trabajó 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 radiación solar "photosynthetically 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)

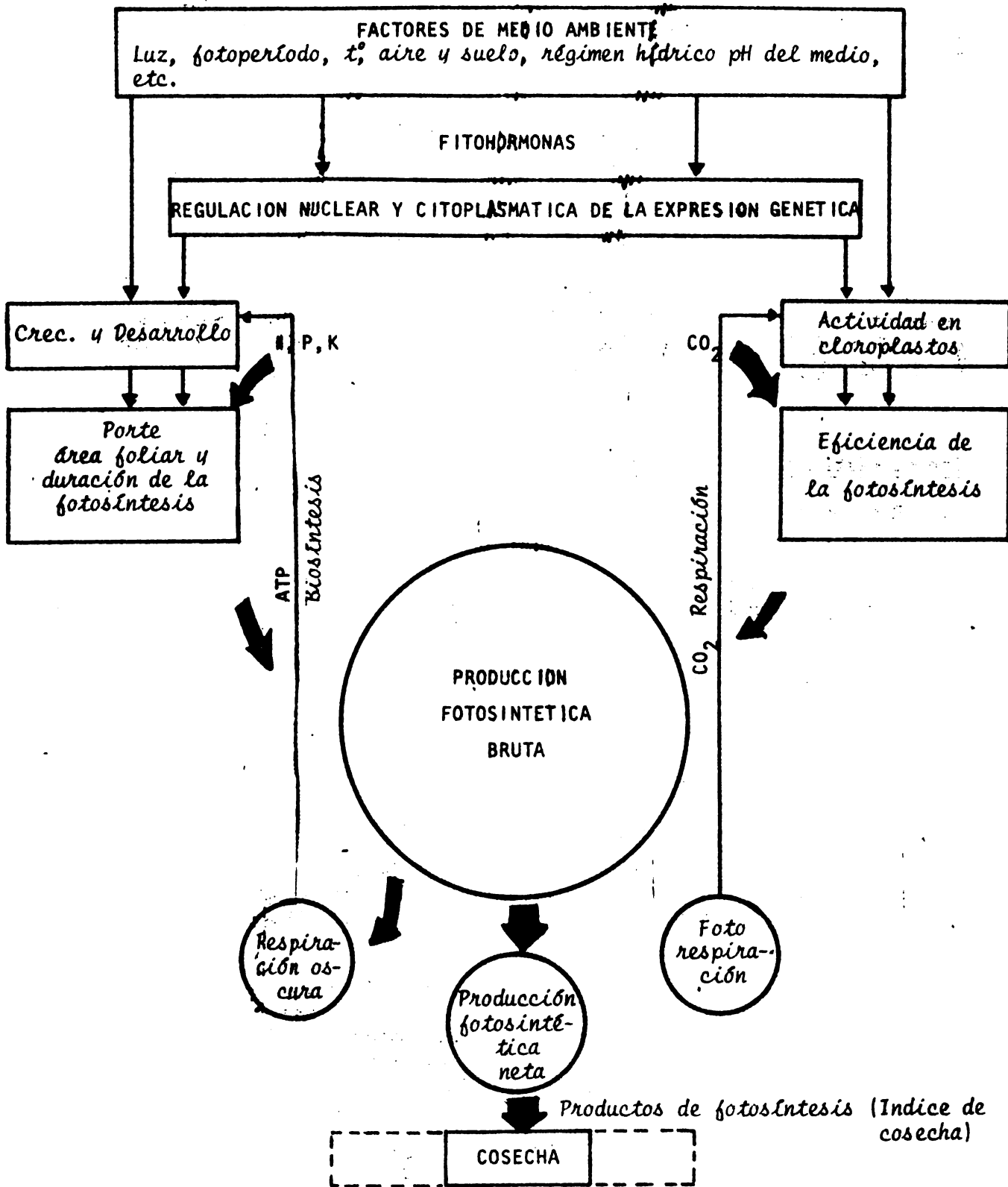
El primer concepto está basado en aspectos de tipo morfológico y ecológico, éstos son ampliamente usados en agronomía. La teoría de este problema y el principio de los idiotipos y su relación con el "leaf area index" (LAI) ha sido estudiada por varios investigadores.

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 de asimilación y producción de materia seca. Por ser estos conocimientos esenciales en el mejoramiento y la selección de plantas con alta capacidad de producción le dedicamos 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 , Cadro 1. Existen además muchas otras gramíneas especialmente de las tribs Panicoides, Chloridoideae, Eragrostoidae y algunas especies de las familias Cyperaceae, Amaranthaceae, Chenopodiaceae, Euphrasiaceae que efectúan 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 $500 \text{ } \mu\text{m}^{-2}$, mientras que en las plantas de tipo C_3 el punto de saturación está entre 50 y $150 \text{ } \mu\text{m}^{-2}$.

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 $60-100 \text{ mg } CO_2 \text{ dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$, mientras que las mediciones hechas con plantas de tipo C_3 establecen valores entre 10 y $35 \text{ mg } CO_2 \text{ dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

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

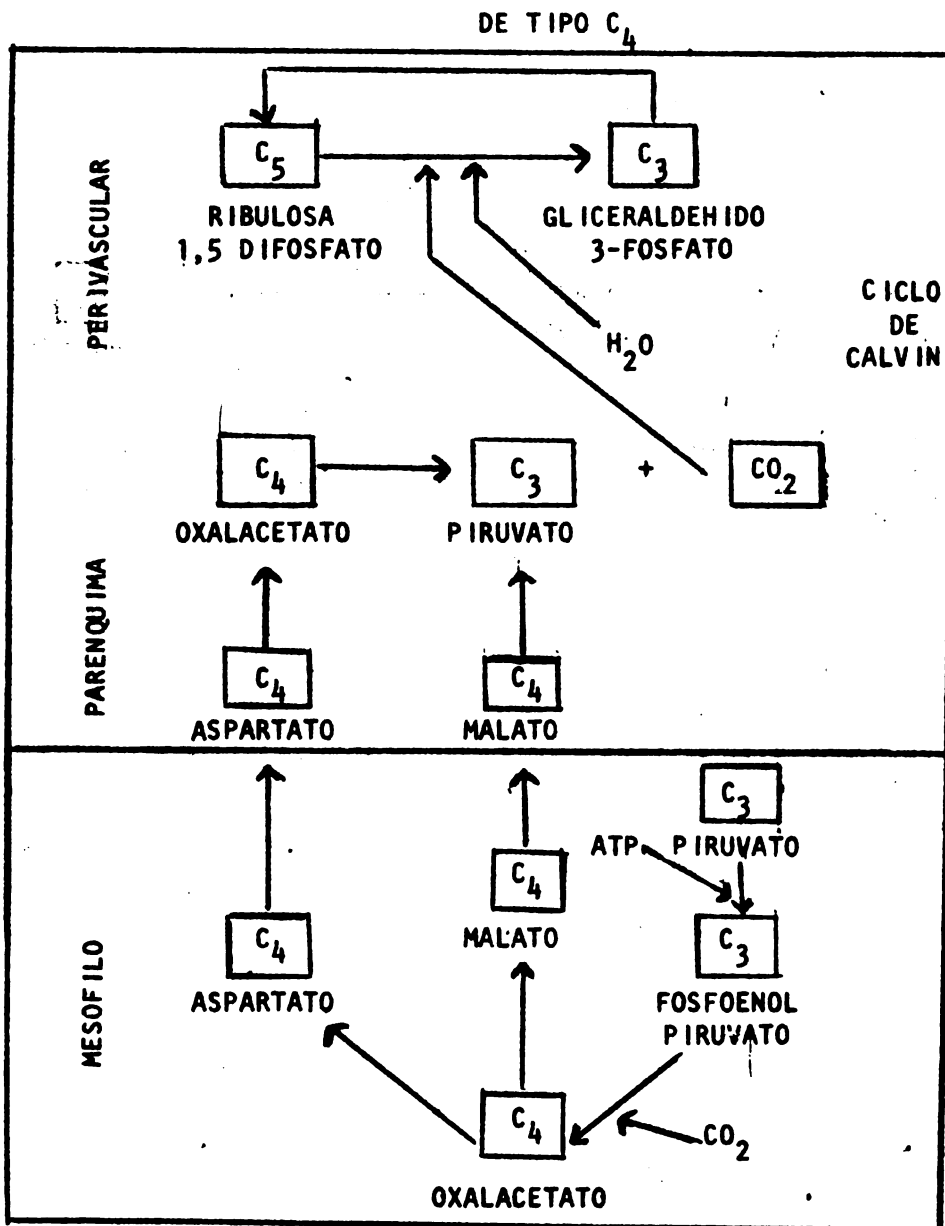


Fig. 3 CICLO DE REDUCCION FOTOSINTETICA DEL CO₂
EN ESPECIES DE TIPO C₃

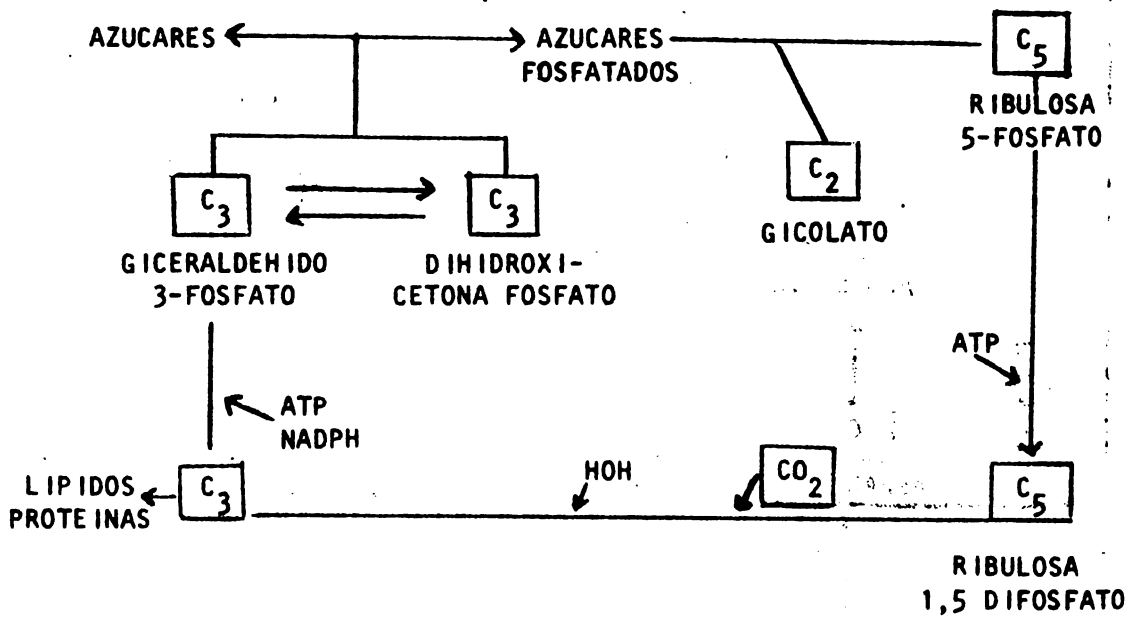
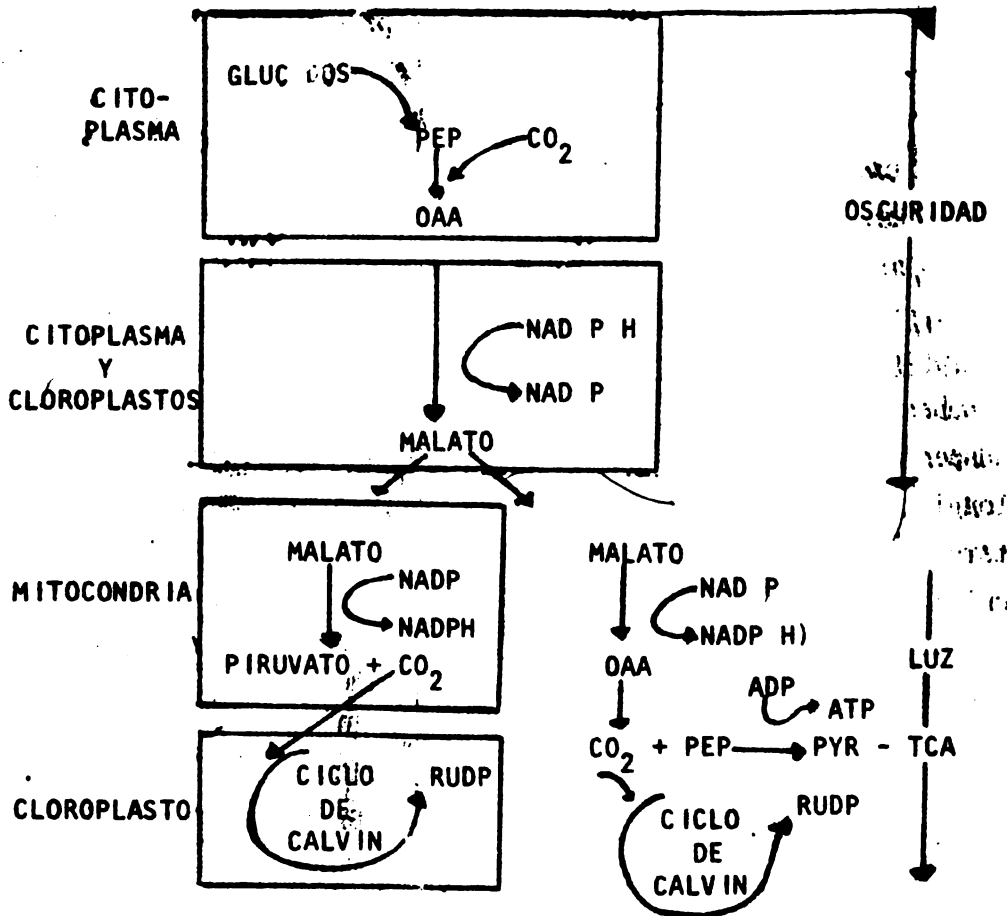


Fig. 4 ESQUEMA DEL METABOLISMO CRASULACEO Y LOCALIZACION PROBABLE DE LAS DIFERENTES REACCIONES



Cuadro 1. Especies que presentan reducción del CO₂ tipo C₄

I. MONOCOTILEDONEAS

Cyperaceae

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

Gramineae

Andropogon gayanus
Andropogon saccharoides
Andropogon scoparius
Andropogon virginicus
Anthephora cristata
Anthephora pubescens
Aristida adspersionis
Aristida longiseta
Aristida temipes
Aristida uniplumis
Arundinella hirta
Astrebla pectinata
Axonopus argentinus
Axonopus compressus
Bouteloua curtipendula
Buchloe 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 sanguinalis
Digitaria smutsii
Digitaria decumbens
Digitaria pentzii
Distichlis spicata
Echinochloa colonum
Echinochloa crus-galli
Eleusine 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 | Panicum virgatum |
| Paspalum hartwegianum | Pappophorum bicolor |
| Paspalum notatum | Paspalum dilatatum |
| Pennisetum glaucum | Paspalum distichum |
| Pennisetum pedicellatum | Schedonnardus paniculatus |
| Pennisetum purpureum | Setaria italica |
| Saccharum officinarum | Setaria lutescens |
| Saccharum robustum | Setaria viridis |
| Saccharum sinense | Sorghastrum nutans |
| Saccharum spontaneum | Setaria sphacelata |
| Muhlenbergia racemosa | Sorghum alnum |
| Panicum anceps | Sorghum bicolor |
| Panicum antidotale | Sorghum halepense |
| Panicum bulbosum | Sorghum propinquum |
| Panicum capillare | Sorghum sudanense |
| Panicum coloratum | Sorghum vulgare |
| Panicum dichotomiflorum | Spartina foliosa |
| Panicum filipes | Sporobolus caroll |
| Panicum hallii | Sporobolus crytandrus |
| Panicum laavifolium | Sporobolus spicatus |
| Panicum maximum | Themeda australis |
| Panicum miliacatum | Tragus australianus |
| Panicum millioides | Trichachne californica |
| Panicum minus | Trichachne insularis |
| Panicum obtusum | Trichloris sp. |
| Panicum plenum | Tripsacum dactyloides |
| Panicum polygonatum | Urochloa mosambicensis |
| Panicum prolatum | Vaseyochloa multinervosa |
| Panicum stapfianum | Zea mayx |
| Panicum texanum | Zoysia japonica |
| Panicum turgidum | |

Continuación cuadro 1.

II. DICOTILEDONEAS

Azioaceae

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

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

Compositae

Pectis leptoccephala

Zygophyllaceae

Tribulus hystrix
Tribulus terrestris

Chenopodiaceae

Atriplex angulata
Atriplex canescens
Atriplex halimus

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 vasculares, 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 parenquima 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 plasmodesmos 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 C₃, C₄ 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 | ≈ 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 ₂ O necesarios para producir 1 g de materia seca | 400-900 | 250-350 | >200 |

Reducción del CO₂ vía CAM (crassulacean acid metabolism)

Se ha encontrado alrededor de una docena de familias botánicas: Agavaceae, Aizoaceae, Compositae, Cactaceae, Crassulaceae, Orchidaceae, Liliaceae, Bromeliaceae, Euporbiaceae que se caracterizan por realizar la asimilación de CO₂ en la oscuridad, por acción de la enzima PEP carboxilasa, 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 descarboxilado en el siguiente período de luz por acción de la enzima NADP-malato y el CO₂ liberado es reducido en el ciclo de Calvin por la acción de la enzima ribulosa difosfato carboxilasa (RUDP carboxilasa).

Este mecanismo de fijación del CO₂ tiene en común con los tipos C₃ y C₄ que la asimilación final del CO₂ se realiza a través de la acción de la enzima RUDP carboxilasa con la diferencia de que tanto en las especies C₄ 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 CO₂ 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.

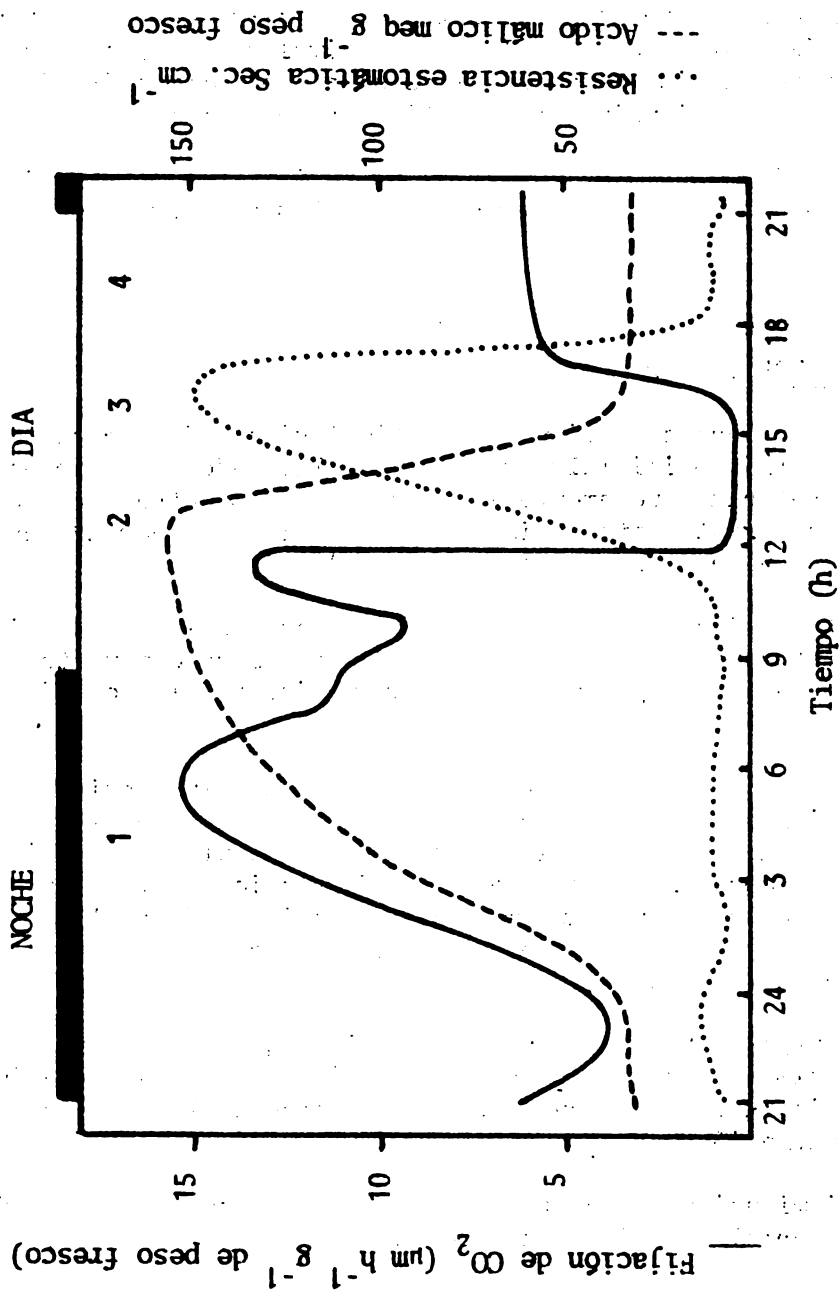
Desde el punto de vista anatómico, en la hoja, hasta el presente no se ha encontrado las diferencias en funcionalidad que se ha encontrado en las células y los cloroplastos de la hoja de las especies tipo C₄. En el Cuadro 2 se resumen mecanismos de algunas de las principales características de los tres tipos de reducción fotosintética que se conocen.

La fotorespiración

Las plantas no solamente capturan el CO₂ para producir nuevos compuestos orgánicos sino que también respiran, esto es usar el oxígeno para oxidar los azúcares y otros compuestos hasta CO₂ y H₂O. En consecuencia para medir productividad es necesario medir la fotosíntesis neta o sea la diferencia entre el CO₂ 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 CO₂, 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, esto 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.

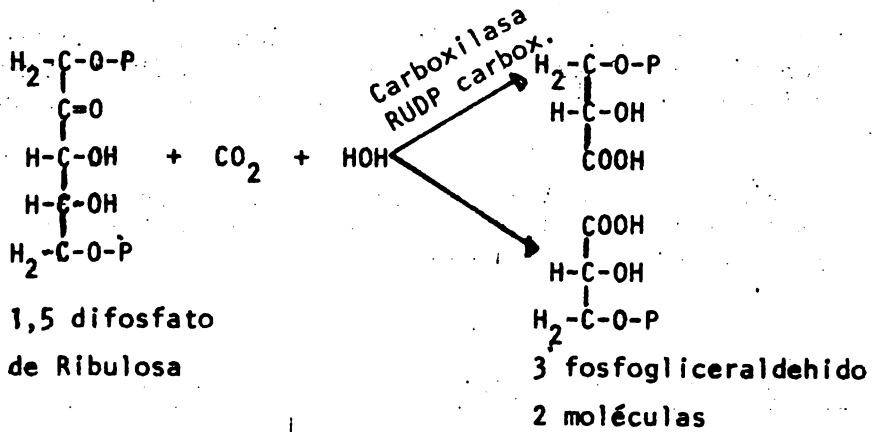
Se ha comprobado también que en las especies C_3 la producción de CO_2 fotorespiratorio corresponde a una disminución de la tasa de asimilación fotosintética neta y se favorece por aumentos de la temperatura, la luz y la concentración de O_2 .

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.

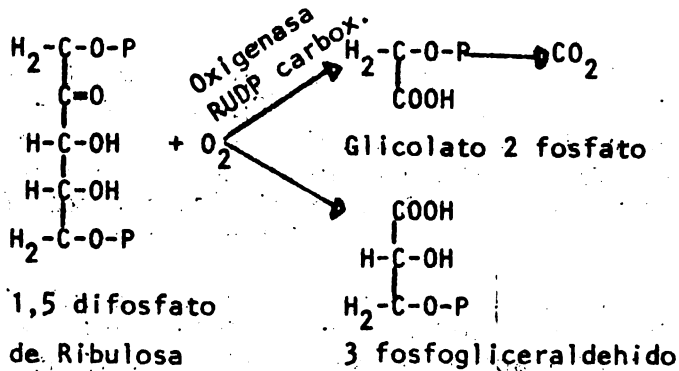
Por el contrario en plantas C_4 no se observa este efecto ya que

Fig. 5 REACCIONES DE LA RUDP CABOXILASA

1era. POSIBILIDAD



2da. POSIBILIDAD



no se produce el efecto inhibitor del O_2 denominado efecto Warburg, ya que la transferencia de ácidos dicarboxílicos 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 $^{13}CO_2$. 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* (gramínea) 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, *Suaeda 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 verticillata 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 oblongifolia* (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 $0,5 \text{ mg cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ contra $26 \text{ mg cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 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 *Mesembryanthemum crystallinum*.

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 $C_4 > C_3 > \text{CAM}$.

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 $120 \text{ Kcal cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$, en el subtropical 140 a $190 \text{ Kcal cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ y en el trópico 130 a $220 \text{ Kcal cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ 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 Hawái 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 diferentes modalités de carboxylation photosynthétique chez les C₃ et de type C₄. 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. Compara-
raison avec les plantes C_3 Physiol. Végét., 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 systéme CAM: Les rythmes de capacité
enzymatique sont-ils des mécanismes régulateurs. Physiol.
Végét. 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 meristemas y la elongación se localiza en las regiones de elongación especializados que están situados a cierta distancia de los meristemas.

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 meristemas 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 estrecha que es compatible con la vida activa, en general estas temperaturas están comprendidas entre -10°a $+45^{\circ}\text{C}$ aunque existen algunas excepciones con algunas coníferas de Siberia que pueden vivir a -65° o algunos cactus que soportan calores de $+60^{\circ}\text{C}$. 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 espectro es la que percibimos como luz visible. Los pigmentos de los cloroplastos absorben radiaciones entre unos 380 a 740 nm zona que normalmente se denomina fotosintéticamente activa.

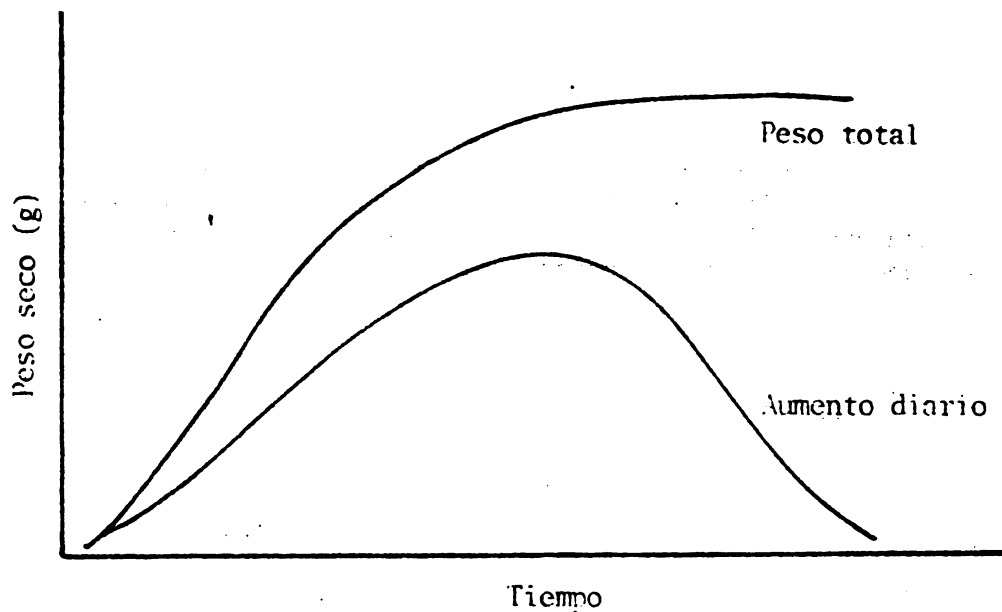


Figura 1. Representación esquemática del crecimiento en aumento diario o en incremento total.

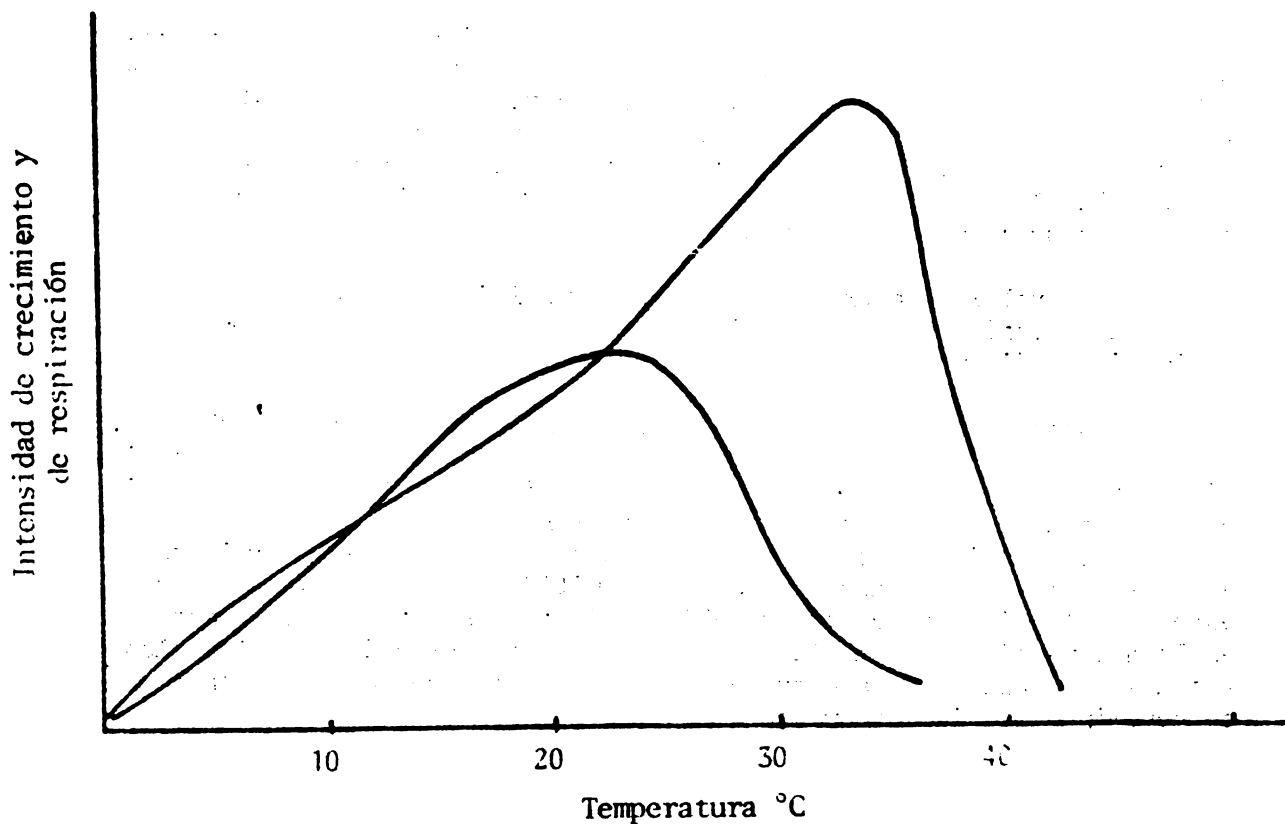


Figura 2. Representación esquemática de las tasas de crecimiento y respiración en relación con la temperatura en algunos vegetales.

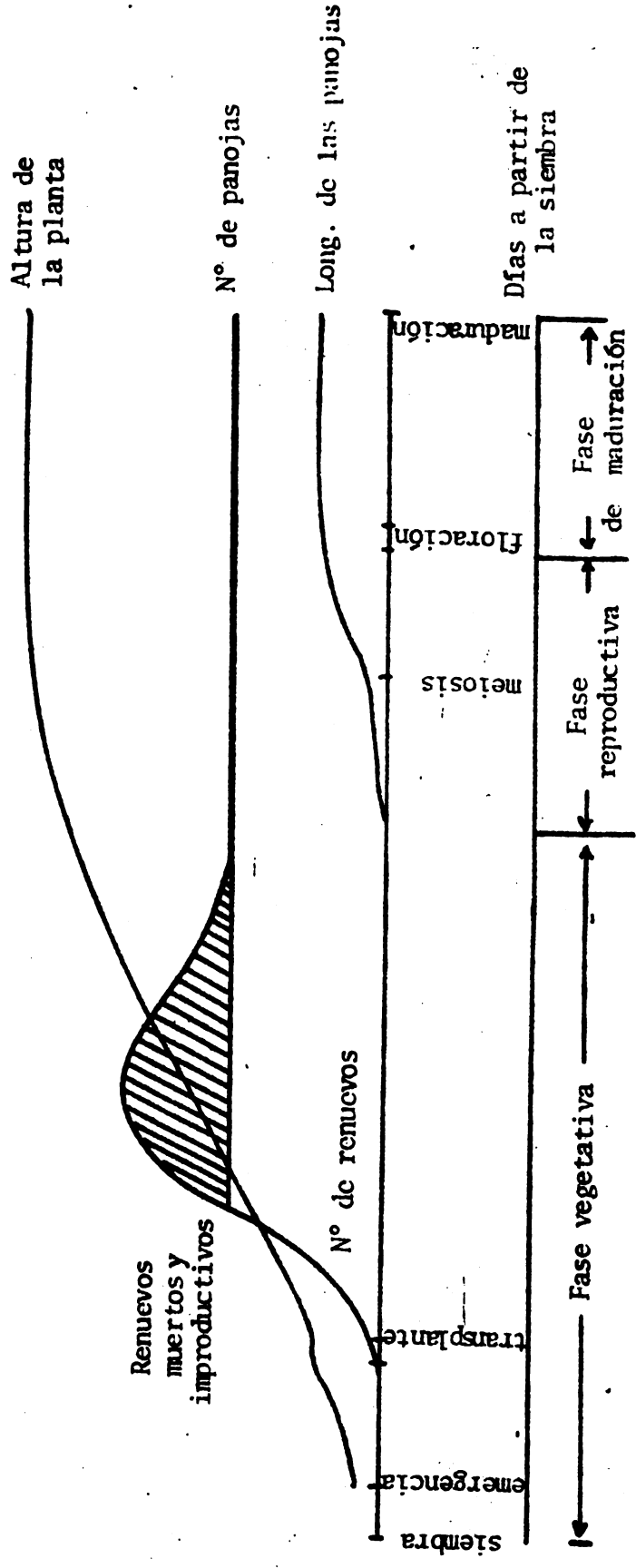


Figura 3. Etapas de crecimiento y fases de desarrollo de variedades de arroz en los trópicos.

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.

Uros 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 ruptura de las primeras anteras deliscentes en las espiguillas terminales de las ramas de las panojas. La floración se produce aproximadamente 25 días después del embuche sea cual fuese la variedad.

3. Fase de maduración

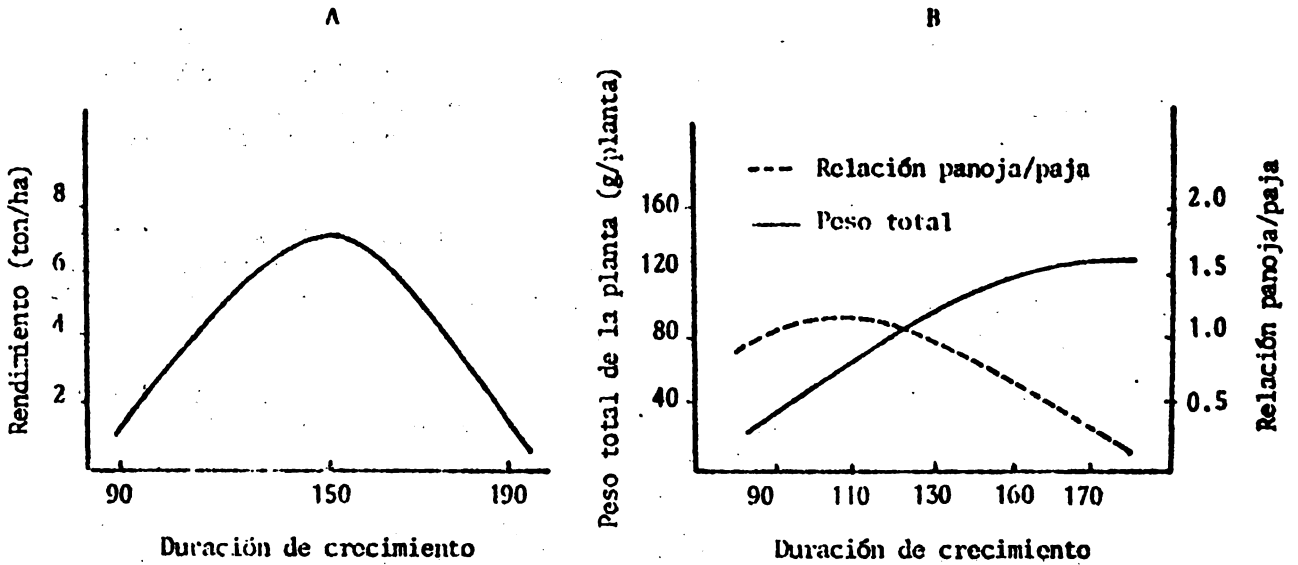
La fase de maduración (de la floración a la madurez) ocupa un período de 25 a 35 días, el grano de arroz se desarrolla después de la polinización y la fecundación. El desarrollo de los granos es un proceso continuo y dichos granos sufren cambios evidentes antes de madurar por completo. La distribución 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).

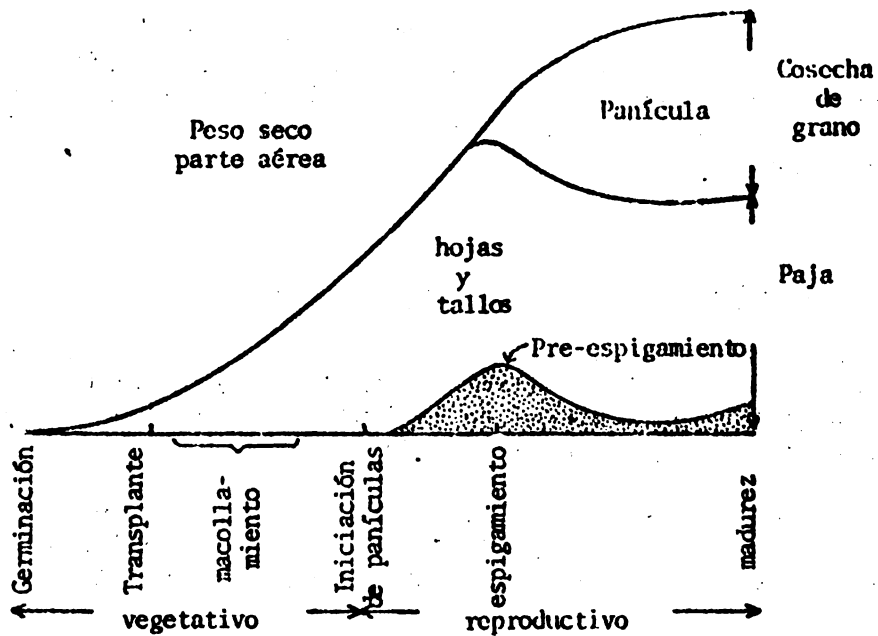


Figura 4. Distribución de la materia seca en la planta de arroz según el estado de desarrollo (según Murata, Y., Mitsuhashi, S. 1976).

para desarrollar un gran número de espiguillas llenas en una panoja, conviene recordar aquí que el arroz es una planta de tipo C₃.

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 arbitrariamente 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 esto una producción estacionaria durante 8 a 10 años.

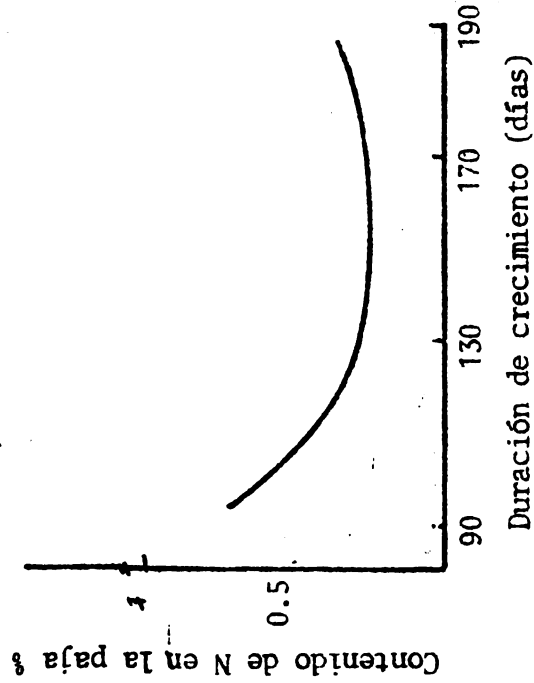
Durante la fase de producción el cafeto pierde su forma piraminal, debido principalmente al reemplazo del eje principal por otros ejes ortotrópicos como consecuencia de la poda.

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.

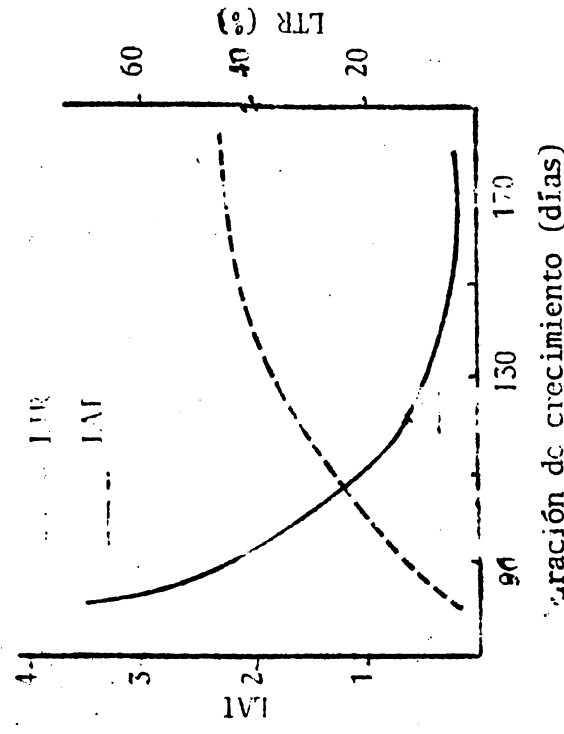
En los ciclos donde alternan una estación seca con otra lluviosa, la lluvia es generalmente el factor limitante de la floración. Las flores que se forman al final de la estación lluviosa permanecen como yemas dormidas durante toda la estación seca y se abren al inicio de la estación lluviosa siguiente.

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

B



A



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 ortotrópicos (verticales) producen durante toda su vida únicamente meristemas vegetativos; en estos vástagos existen a partir del octavo nudo en el caso de *Coffea arabica* L., meristemas denominados cabeza de serie que es de donde se originan las ramas plagiotrópicas (laterales) que son las que tienen la capacidad de producir los meristemas 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

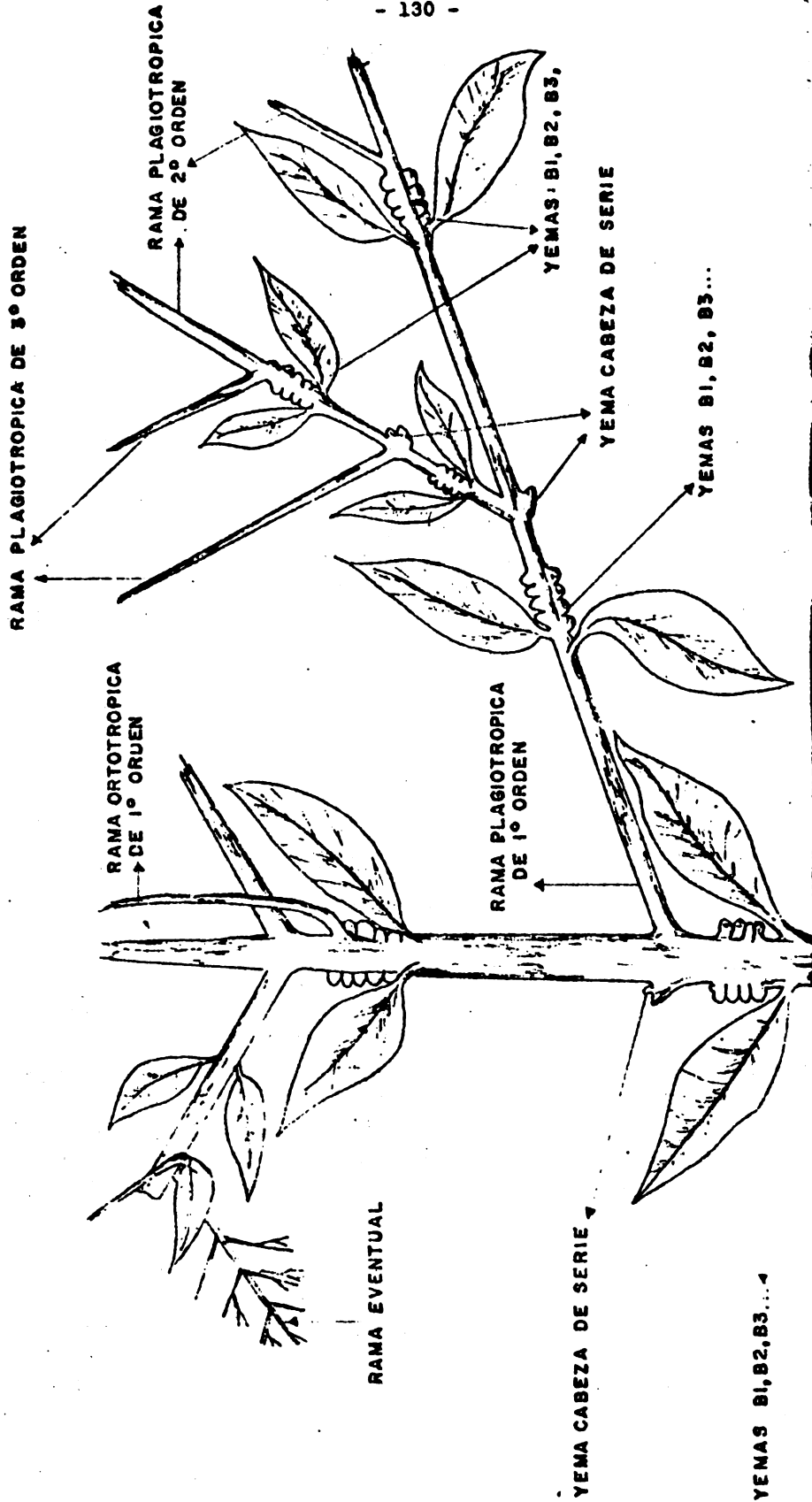


Figura 9. Esquema de la disposición de la ramificación y de los meristemas axilas en el caféto (*Coffea arabica* L.), mostrando la orientación de crecimiento de las ramas ortotrópicas y plagiotrópicas (Según Moens, 1963).

YEMAS B1, B2, B3...4

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 la variación 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 $4,5 \text{ mg CO}_2 \text{ dm}^{-2}\text{h}^{-1}$. 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 cultivos 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 morphogénèse 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. RABECHAU, 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.

EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE LOS PARÁSITOS 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 aumentan 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 | 0,31 |
| 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 meristemas. En algunos casos esto 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 CO₂ 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 figura 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 hospedero 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 cm² de área foliar.

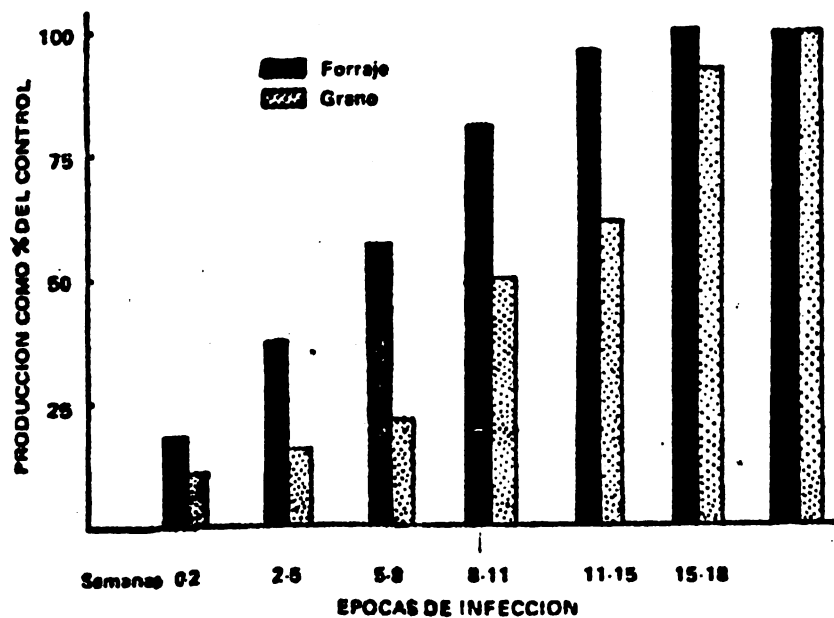


Figura-1. Producción de forraje verde y grano en la variedad de maíz ICA V-504 según la época de infección con el virus del rayado Colombiano del maíz (Según Pineda y Martínez Revista ICA, 12(3), 1977).

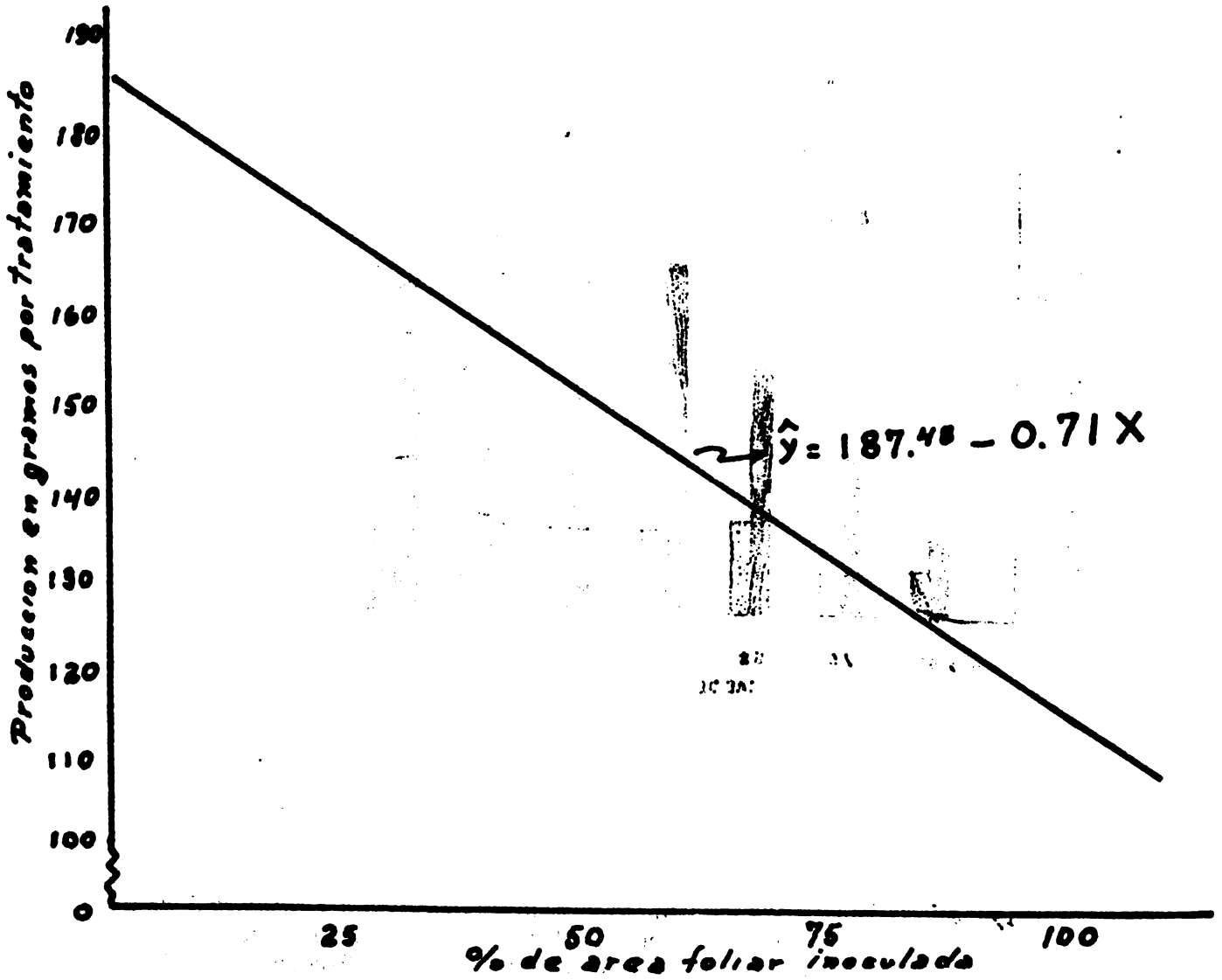


Fig. 2. EFECTO LINEAL DE LA INTENSIDAD DE INFECCION DE ROYA, SOBRE LA PRODUCCION DE TURR-4 INOCULADO A LA FLORACION EN EL CAMPO.

Según Solís E., tesis de grado, Facultad de Agronomía, 1977

En un árbol de dicha especie, con un tamaño de 20 m tiene alrededor de 116.000 hojas en las cuales pueden vivir $2,25 \times 10^6$ 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.

Cuadro 2. Relación del área foliar y reducción del crecimiento en los anillos de crecimiento de *acer pseudoplatanus* L., ataque del áfido *Drepanosiphum platanooides* (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 | 33 - 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 |
| <u>Anthomus grandis</u> (Picudo) | 8,0 | 1239 | 200.613 |
| <u>Heliothis</u> 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 transmismos 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 meristemas 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 sycamore aphid '*Drepanosiphum platanooides* (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 nematocidas y fungicidas en el combate de *Meloidogyne incognita*, *H. Hhapa* 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 estándar.

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 vio 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 predadores 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 tecnología 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 Estado 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

predadores 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 resistencia 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 algodón 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 algodón 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 algodón. Algunas de las estipulaciones eran:

- 1) La eliminación de la producción del algodón en terreno marginales.
- 2) La prohibición de la soca en las nuevas zonas algonderas 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 *Hetiiothis 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 algodón 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 algodón 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 algodón se presenta en Nicaragua.

En Nicaragua el desarrollo comercial de la industria algondera 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 atribuidos 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 algodónero 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 piretun 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 se 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 que optimizaría las 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.

- 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 Cent. 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 puede 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 da 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 desarrolle 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 predadores.

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 destruidas 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 constituida 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 158-168.
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 improviso ante la presencia de la plaga, sino que, por el contrario, normalmente responde a una planificación 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 a porques, 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, naturalmente, 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 algodón 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 perrella* y del esqueletizador de la hoja, *Succulatrix thirberiella*. La sabiduría popular ha sintetizado la importancia de estas relaciones con la frase "el que sabe regar sabe cultivar algodón".

Las labores culturales pueden orientarse fundamentalmente a la destrucción de las fuentes de infestación de las plagas; a la interrupción 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 trampa. También se suele considerar dentro del control cultural la utilización 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 sobrevivencia 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, recogiénolos y quemánolos, o incorporánolos 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 *Ferrisia 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 albo-atrum* en la costa central) y la "podredumbre radicular" (*Thielaviopsis basicola*) Herrera, 1978). Cuando se trata del algodonnero de rebrote o "soca" en el que los tocones quedan para rebrotar en la siguiente campaña, se procede a limpiar de tierra y rastros la base de los tallos (operación de "descalate") con lo que se destruyen todos aquellos insectos que se protegen 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 número de insectos, siempre y cuando no existan residuos de insecticidas. En el Perú el pastoreo con cabras o "chivateo" se utiliza en el algodonnero 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 barrenador 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 algodón 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 nutrientes, 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 noctuidos y arañas 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* (Villeneuve), parásita de una plaga, el gorgojo de la caña, *Rhaddoseelus obscurus*, al eliminar fuentes de néctar, principalmente la maleza *Euphorbia* spp.; como consecuencia se reduce la eficiencia parasitaria de la mosca.

Podas y destrucción de órganos 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 predatoros 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 predatoros 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 algodónero 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 algodón 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 loppilla *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 *Spodopaea 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 algodón 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 algodón 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 algodón 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 problemas 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 algodón 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 la eliminación de malváceas silvestres que hospedan al chinche manchador o "arrebiador" y al picudo del algodón.

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 recomienda 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 maíz, 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 barrenado 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 algodón en algunas áreas del Departamento de Lambayeque en el norte del Perú. Ambos cultivos son atacados por el *Heliothis virescens* conocido como "perforador grande" de la bellota del algodón 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 mencionar a los áfidos y al *Heliothis* del algodón; 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 algodón (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 atraktividad 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 híbridos 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 algodón 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 algodónero 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 las 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 reportes contradictorios. Es posible que la falta de consistencia en los resultados de los pocos experimentos 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 destruidas 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 algodnero, 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 algodnero 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 actúan como plantas trampas para la oviposición del *Heliothis* en los pistillos frescos del maíz y por otro lado favorecen el desarrollo de la fauna benéfica. En el maíz abundan los chinches predadores, crisopas y otros insectos benéficos que fácilmente pasan al algodnero. Para una mayor eficiencia del maíz, se debe disponer de pistillos 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 de las infestaciones de *Pococera atramentalis* que daña al maíz y también perfora a las bellotas del algodnero.

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 algodnero. Ensayos posteriores por el mismo autor han dado 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 quedan envenenados.

LITERATURA CITADA

1. BAGLEY, RICHARD W. 1958. La relación entre el desarrollo de la planta y el estado fitosanitario del algodónero. 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 oryzícola 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 Énfasis 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. JEPSON, 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.

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 algodouero 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 manipulation 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 brassicae* and *Myzus persicae* on Brussels sprouts plants supplied with different rates of Nitrogen and Potassium. Entomol. Exptl. Appl 9: 444-460

CONCEPTOS DE CONTROL MICROBIOLÓGICO

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 epizooticos 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 patógenos 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, *Trichoplusia 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 orden 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 intestino 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 poliedra 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 hemolímpha se pone turbida.

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 externos en los primeros estadios 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 patógena a un gran número de larvas de lepidópteros.

Se puede criar esta bacteria exitosamente 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 muere 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 estadios 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 transovarico de una hembra infectada a su progenie. Los protozoos que forman esporas producen enfermedades en los insectos que pueden variar de muy patógeno 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.

Teóricamente 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 estar 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 bacteriana 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 epizooticos, menos obvio con sus efectos en una situación endémica 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, predadores 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, relativamente 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.

Quando 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 diluir los 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 difícil 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, predadores y otros microorganismos.

La mayoría de los actuales aspersores, polvorizadores y aéronaves 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 envases 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, movilidad 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) Plenum 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 barrenado 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 |
| <i>Longidorus</i> | 48 | 3 |
| <i>Trichodorus</i> | 13 | 3 |
| <i>Meloidogyne</i> | 9 | 4 |
| <i>Pratylenchus</i> | 11 | 0.25 |
| <i>Tylenchoarhynchus</i> | 6 | 1 |
| <i>Rotylenchulus</i> | 2173 | 246 |
| <i>Cricconzoides</i> | 16 | 109 |
| <i>Hemicycliophora</i> | 16 | 16 |
| <i>Helicotylenchus</i> | 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 crítica 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 nematode population of soil. U. S. Department of Agriculture. Agricultural Technical Circular 1. 1918. 48 p.

4. FIGUEROA, A. Cinco nematocidas 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. Nematropica 8(2):52-55. 1978.
8. PERLAZA, F., LOPEZ, R. y VARGAS, E. Efecto de la aplicación combinada de nematocidas 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 5. 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) |
|--|--|
| <i>Belonolaimus longicaudatus</i> algodón, soja, maíz | 5* |
| <i>Ditylenchus dipsaci</i> cebolla | 0.2-1** |
| papa | <2* |
| <i>Globodera rostochiensis</i> papa | 150; 500; 600; 1200* |
| <i>Heterodera schachtii</i> repollo | 600** |
| coliflor | 1800** |
| espinaca | 200** |
| remolacha azucarera | 300** |
| <i>Meloidogyne arenaria</i> tabaco | <2* |
| <i>Meloidogyne incognita</i> maíz | >400* |
| algodón | <200* |
| lechuga | >60* |
| soja | 20* |
| tabaco | 5-10* |
| tomate | <4; 40* |
| <i>Meloidogyne hapla</i> repollo | 1800** |
| coliflor | 600** |
| lechuga | 100** |
| cebolla | 200** |
| arveja | <10* |
| maíz | 20-100* |
| papa | 100** |
| soja | 100-200* |
| fresa | 5* |
| <i>Meloidogyne javanica</i> soja | 35* |
| <i>Pratylenchus brachyurus</i> maíz | 5* |
| tabaco | >40* |
| <i>Pratylenchus penetrans</i> 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.

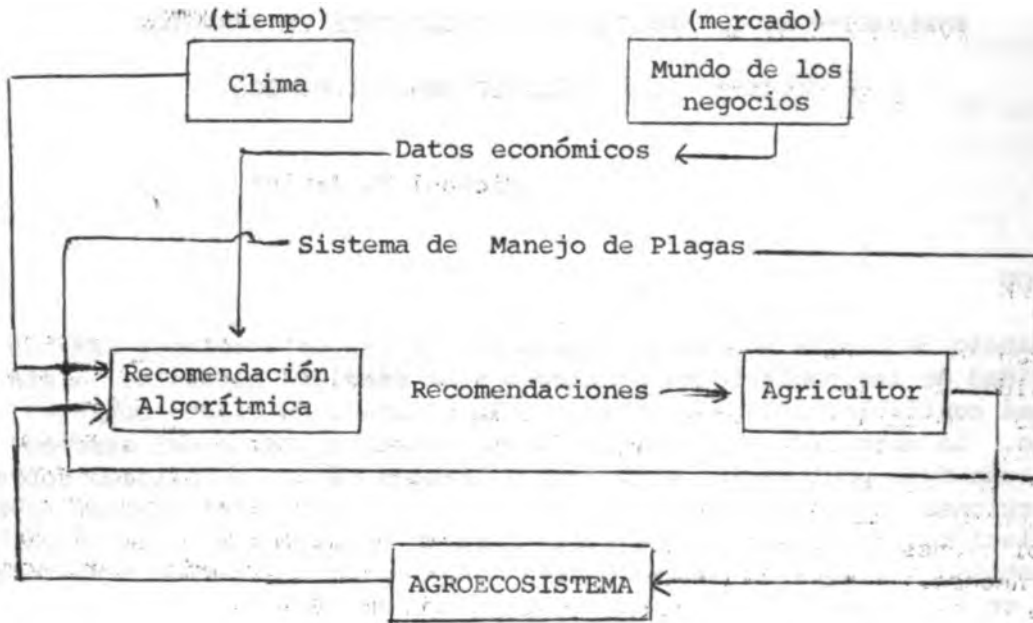


Figura 1. Representación diagramática de un sistema de manejo de plagas en ejecución (Ruesink, 1975).

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.)

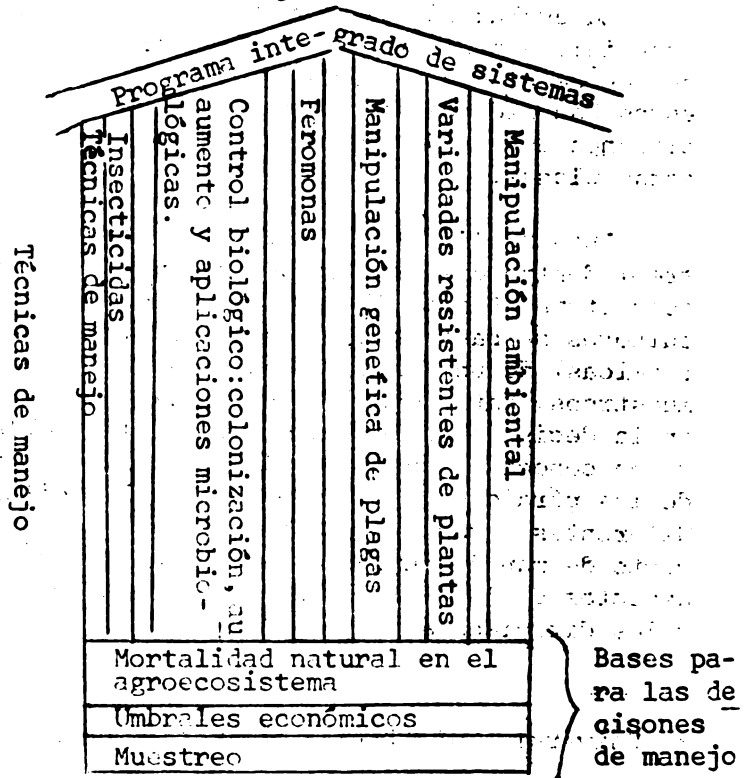


Figura 2. Un diagrama esquemático que describe el desarrollo de un programa de manejo de plagas análogo a la construcción de una casa (González, 1970)

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.

Plagas potenciales. Aquellos insectos, que en condiciones normales no causan una pérdida significativa en la cosecha, pero cuyas poblaciones podrían superar los niveles 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 manteniéndolo 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

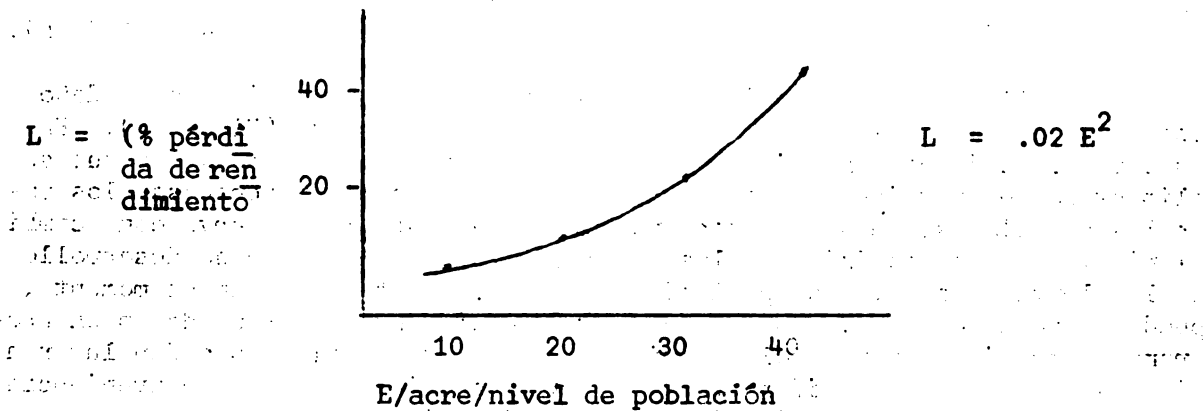
$$L = .02 E^2 \quad (1)$$

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 pérdidas (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:

$$\frac{PYL}{100} = C \quad (2)$$

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):

$$.02PYE^2 = 100 C$$

$$E^2 = \frac{5000 C}{PY}$$

$$E = \sqrt{\frac{5000 C}{PY}} \quad (3)$$

Si suponemos que C = \$5/acre, P = \$2/bu, y Y = 125 py/acre, encontraríamos que el nivel de daño económico es:

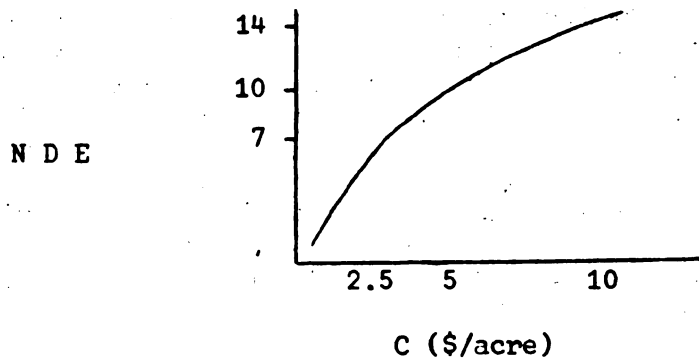
$$E = \sqrt{\frac{5000(5)}{(2)(125)}}$$

$$E = \sqrt{100}$$

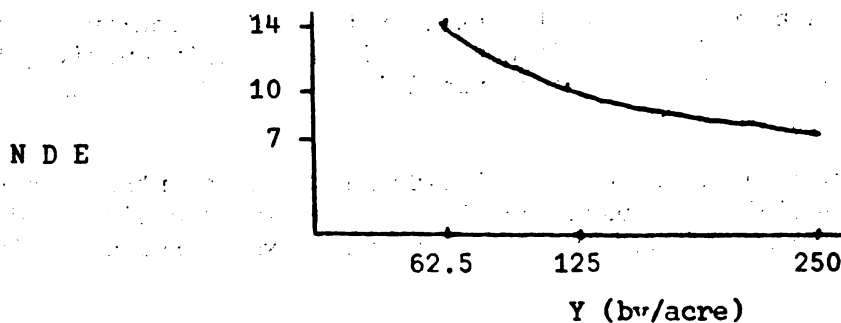
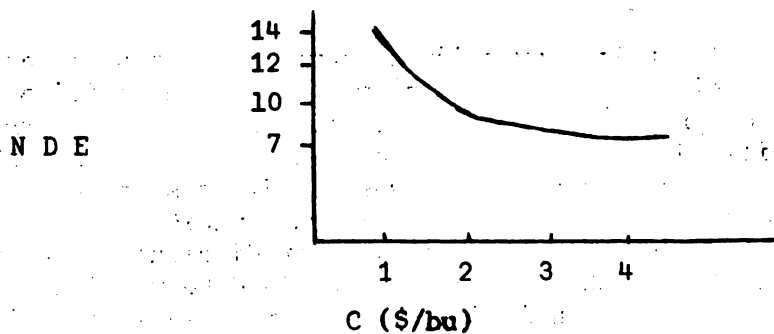
$$E = 10$$

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, sinérgicos 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. _____. 1976 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. BORGIO. 1977. Pilot insect pest management program for soybean in southern Brazil. J. Econ. Entomol. 70:650-663.
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. RUEBINK, 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 predadores mayores prefieren víctimas grandes y no pequeñas, aunque hay excepciones (por ejemplo, las ballenas prefieren comer plancton).

Igualmente, una especie puede preferir ciertos microhabitats a otros; la selección puede estar definida por el microclima o por aspectos nutricionales. Por ejemplo, vemos que los ácaros de la familia Tetrachidae (*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).

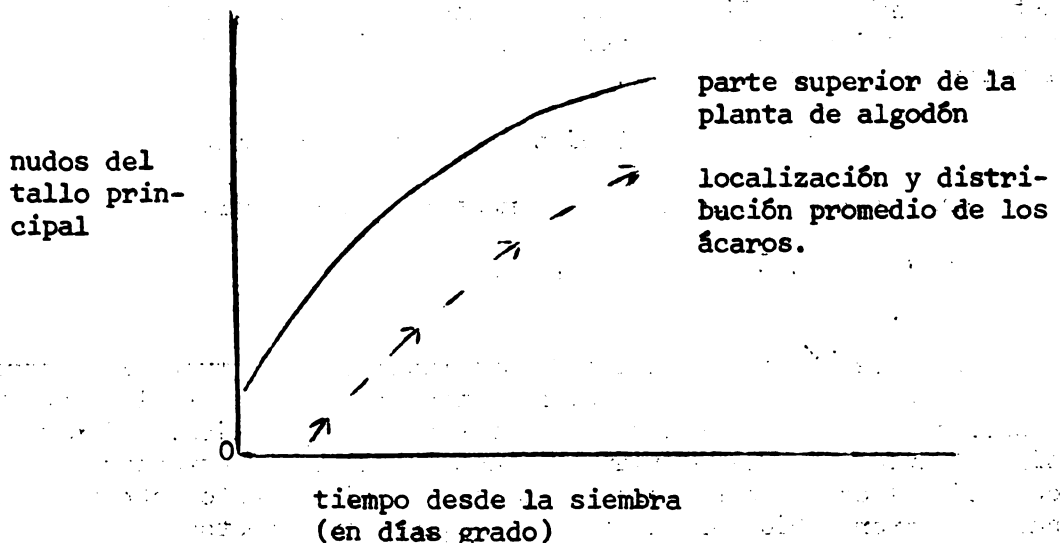


Figura 1. Distribución de ácaros de la familia Tetrachidae en el algodón.

* 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 algodon, 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 promedio 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 $= f(\text{tiempo})$

Sin embargo, la zona real de muestreo podría ser:

$$\alpha(\text{tiempo}) \pm \gamma S, 0 \leq \gamma \leq 2$$

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 promedio. 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).

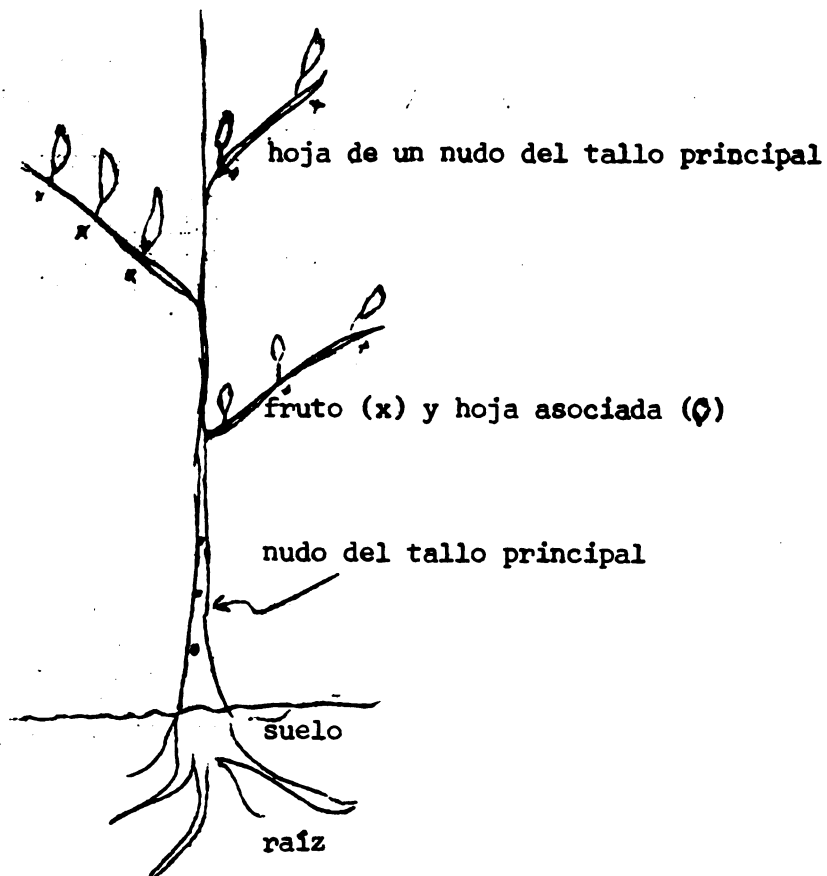


Figura 2. Crecimiento de una planta de algodón sin ramas secundarias.

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.

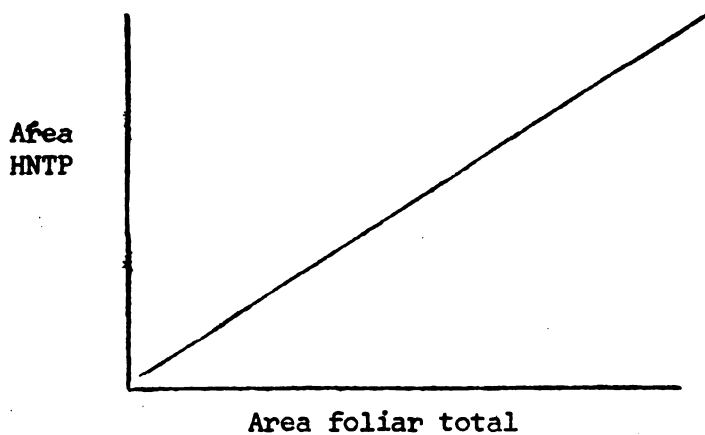


Figura 3. Correlación del área foliar de las hojas de los nudos del tallo principal con el área foliar total.

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, Hilgardía 48(8):257-282). Lloyd (1967) introdujo la noción de agregación promedia (M*) que es un índice de agregación.

$$M^* = M + \frac{\chi^2}{M} - 1$$

Donde M es el promedio de población real pero desconocido y χ^2 es su variancia.

El índice M* y todos los parámetros (χ^2 y M) pueden estimarse de datos de campo.

$$X^* = \bar{X} + S/\bar{X} - 1$$

La distribución de la población entre las unidades de muestreo puede inferirse de la muestra de $X^* \times \bar{X}$ para cada período de muestreo y la regresión resultante es

$$X^* = \alpha + \beta \bar{X}$$

La regresión puede ser interpretada así:

- | | |
|----------|--|
| α | <p>= 0 La unidad poblacional de dispersión es el individuo</p> <p>> 0 La unidad poblacional de dispersión es $\alpha + 1$</p> |
| β | <p>< 1 La población está subdispersada, tendiendo a ser uniforme.</p> <p>= 1 La población está distribuída al azar.</p> <p>> 1 La población está agregada.</p> |

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)).

$$N = (t^2/D^2) \left((\alpha + 1)/\bar{X} + \beta - 1 \right)$$

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).

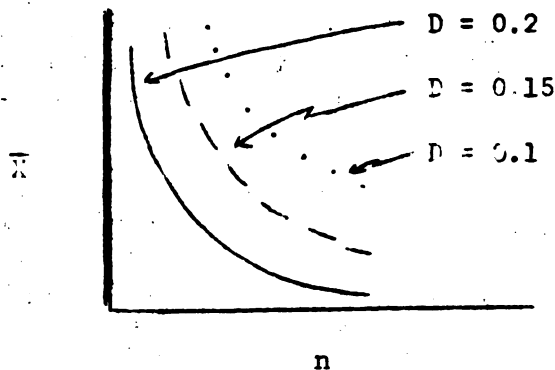


Figura 4. Una parcela del promedio de muestras sobre el número de muestras (n) requerido para alcanzar una precisión D.

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 desee 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 artrópodos 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.

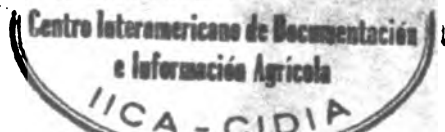
dirigidos hacia el problema de las ratas en ciudades y poblaciones de clima templado en donde la plaga principal es la de *Rattus norvegicus*. Casi todos los esfuerzos del sector privado para desarrollar productos y sustancias químicas para el control de las ratas se han enfocado a este mercado. La transferencia 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 continuos 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 transmisión 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 vasta 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 Axitrol 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-xilyl 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 sistemas 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, clorofacina, difacina, racumin y cebos conteniendo un extracto de hojas de árbol madreño (*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 mundo 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 "Victor" 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 vuela 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 (*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 Haití.

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 Haití, 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 trasplante a mano del arroz. Este tipo de producción arrocería 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 BIOLÓGICO 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.

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 oachón (*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 especies. También puede ser útil para prevenir la emigración de un área en la cual las presas naturales han disminuido 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 alternativo, 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 *Trichogramma* 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 *Trichogramma* 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 *Trichogramma*

en la década después de 1964, para usar en algodón (Jiménez en 16). Actualmente El Salvador, Nicaragua y Costa Rica están produciendo *Trichogramma* 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 Haití 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 50×10^9 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 *Diatraea* 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 psicológico 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 continua 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 BIOLÓGICO CLÁSICO EN
CENTRO AMÉRICA, HAITÍ Y LA REPÚBLICA DOMINICANA

| Plaga | Enemigo(s) Natural(es) | Tipo de enemigo nat. | País | Año | Resultado |
|---|--|----------------------|--------------------------|-------------------|---|
| Zancudos Culicidae | <u>Poecilia reticulata</u> | Depredador | Panamá | 1908 | No establecido |
| Escama del coco | <u>Chilocorus cacti</u> (L.) | Depredador | Rep. Dominicana | 1929 | No establecido |
| <u>Aspidiotus destructor</u> | <u>Pantilia castanea</u> Mulsant | " | " | 1937 | Probablemente est. |
| Signoret | <u>Cryptognatha nodiceps</u> Marshall | " | " | 1937 | Falta información con respecto a la eficacia |
| Mosca prieta de los cítricos | <u>Eretmocerus serius</u> Silvestri | Parásito | Panamá | 1931 | Control Comercial |
| Aleurocanthus | <u>Prospaltella opulenta</u> Silvestri | " | Haití | 1931 | " |
| <u>Mogium</u> Ashby | <u>Prospaltella opulenta</u> Silvestri | Parásito | Costa Rica | 1933-4 | " |
| | | Parásito | El Salvador | 1971 | Control completo en 26 Valles interiores |
| Picudo de banana | <u>Amitus hesperidum</u> Silvestri | Parásito | El Salvador | 1979 | " |
| <u>Cosmopolites sordidus</u> (German) | <u>Plaesius javana</u> Erich | Depredador | Honduras | 1942 | No establecido |
| Mosca Mediterránea | <u>Biosteres(Opius) tryoni</u> Cam | Parásitos | Costa Rica | 1955 | No se ha informado de reducciones a- |
| <u>Ceratitis capitata</u> (Wied.) | <u>B. oophilus</u> <u>B. longicaudatus compensans</u> (Silv) <u>B. vandenboshi</u> Full. <u>Pachropeoides vindemiae</u> (Rond.) <u>Aceratoneuromyia indica</u> (Silv.) <u>Tetrastichus giffardianus</u> Silv. | " | Nicaragua | hasta el presente | preciables sin el uso de liberaciones masivas. |
| Cogollero | <u>Telenomus remus</u> Nixon | Parásito | Nicaragua El Salvador | 1978 1978-9 | No establecido |
| <u>Spodoptera frugiperda</u> (J.E. Smith) | <u>Cryptolemus monstrigiara</u> | Depredador | Costa Rica | 1975 | Establecido en café Supresión reportada |
| <u>Planococcus citri</u> | <u>Lixophaga diatraea</u> (Town.) <u>Apanteles flavipes</u> (Cam.) | Parásito | Panamá | - | Supresión reportada Cuando lib. inoculativas usadas. |

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, <u>Empoasca</u> spp. | <u>Anagrus</u> spp., <u>Gonatoce-</u> <u>rus</u> spp. | Colombia |
| 2. Escarabajo o conchuela del frijol, <u>Epilachna</u> <u>varivestis</u> Muls. | <u>Pediobius</u> <u>foveolatus</u> <u>Craw.</u> | EE.UU. |
| 3. Barrenador de la caña, <u>Diatraea</u> spp. | <u>Lixophaga</u> <u>diatraeae</u> (Town.) <u>Apanteles</u> <u>flavipes</u> (Cam) | Cuba, México Trinidad |
| 4. Perforador de la hoja del algodón, <u>Bucculatrix</u> <u>thurberiella</u> Busk. | <u>Sympiesis</u> spp. | EE.UU. |
| 5. Picudo del algodón. <u>Anthonomus</u> <u>grandis</u> Boh. | <u>Bracon</u> <u>kirkpatricki</u> Wilk | EE.UU. |
| 5. Mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis</u> <u>capitata</u> Wied | <u>Opius</u> spp. | Hawaii, Trinidad |
| 7. Broca del café, <u>Hypothenemus</u> <u>hampei</u> Ferr. | <u>Prorops</u> <u>nasuta</u> Waterson <u>Heterospilus</u> <u>coffeicola</u> <u>Schm.</u> , <u>Ceraphron</u> sp. | Brasil, Uganda |
| 8. Escama roja de las Indias, <u>Selenaspidus</u> <u>articulatus</u> Morgan | <u>Aphytis</u> <u>roseni</u> DaBach | Perú |
| 9. Escama nieve, <u>Unaspis</u> <u>citri</u> Comstock | <u>Aphytis</u> <u>lingnanensis</u> Deb. <u>Telsemia</u> sp. | EE.UU., Fiji |
| 10. Escama del cocotero, <u>Aspididiotus</u> <u>destructor</u> Sign. | <u>Crytognatha</u> <u>nodiceps</u> <u>Marsh.</u> | Trinidad |
| 11. Ligosa, <u>Vaginulus</u> <u>plebeius</u> Fischer | <u>Antichaela</u> spp | EE.UU. |
| 12. Gusano Cogollero, <u>Spodoptera</u> <u>frugiperda</u> , J.G. Smith | <u>Telenomus</u> <u>remus</u> | Trinidad |
| 13. Piojo de los Cítricos <u>Planococcus</u> <u>citri</u> (Risso) | <u>Cryptolaemus</u> <u>montrouzieri</u> <u>Muls.</u> | EE.UU. |
| 14. Palomilla con Espalda de Diamante <u>Plutella</u> <u>xylostella</u> (L) | <u>Diademna</u> <u>cerophaga</u> (Grav.) <u>Diadromus</u> <u>collaris</u> (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 inexplorado. 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, auto-renovable. 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 estadio 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 predadores, 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 exclusión 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 apareados 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 BIOLÓGICO 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 técnicas 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 BIOLÓGICO 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 especie 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 BIOLÓGICO

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 socio-económicos 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 microeconómicamente 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 esfuerzos 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.

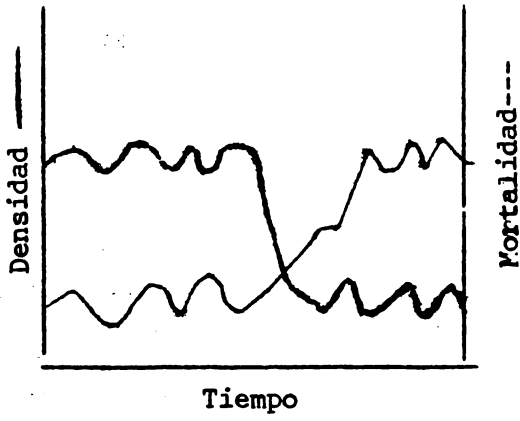


Figura 1b.

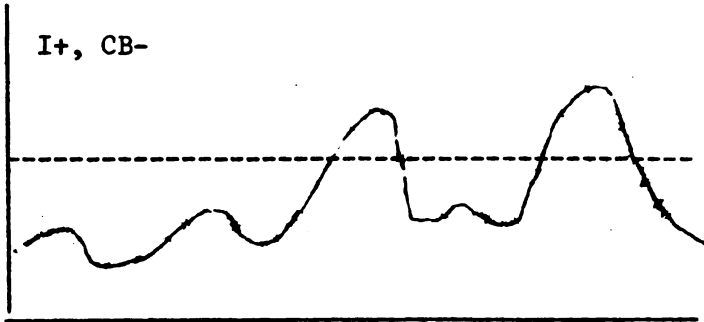
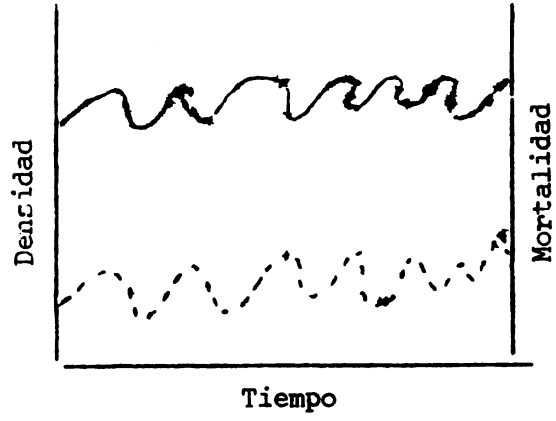


Figura 2b.

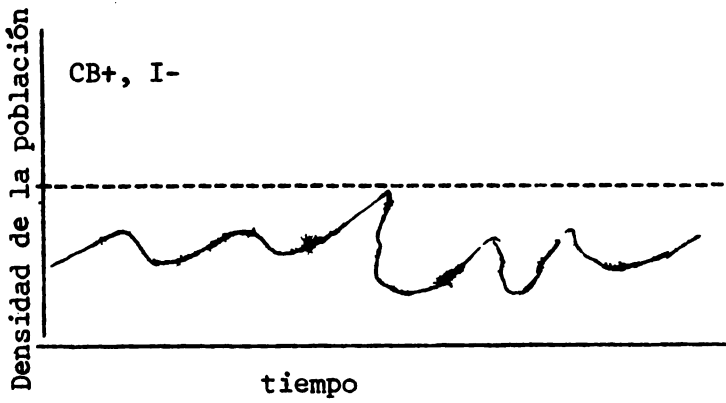


Figura 2c.

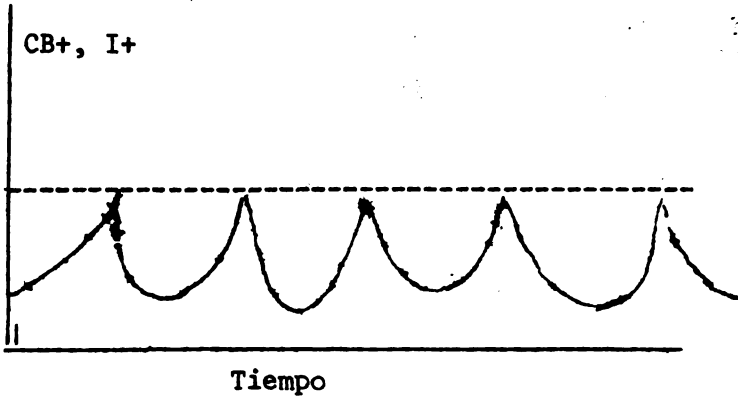


Figura 2a.

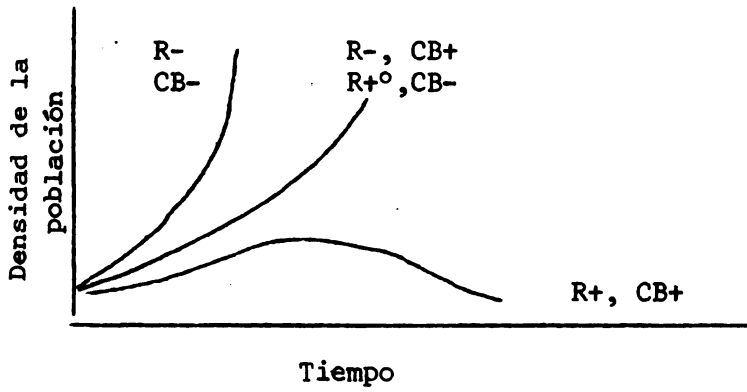


Figura 3.

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. BEGLEVAROV, 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 suppression. 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 wheat and related *Saccharomyces 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.

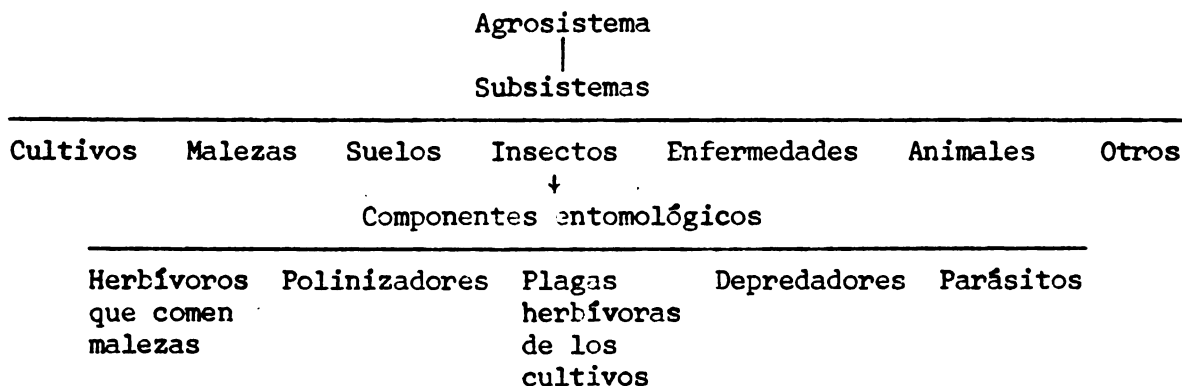


Figura 1. Algunos ejemplos de los elementos del agroecosistema.

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 amontonado, el uso de mulch y varias 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 concluido 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 concluido, 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 defensivo 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.

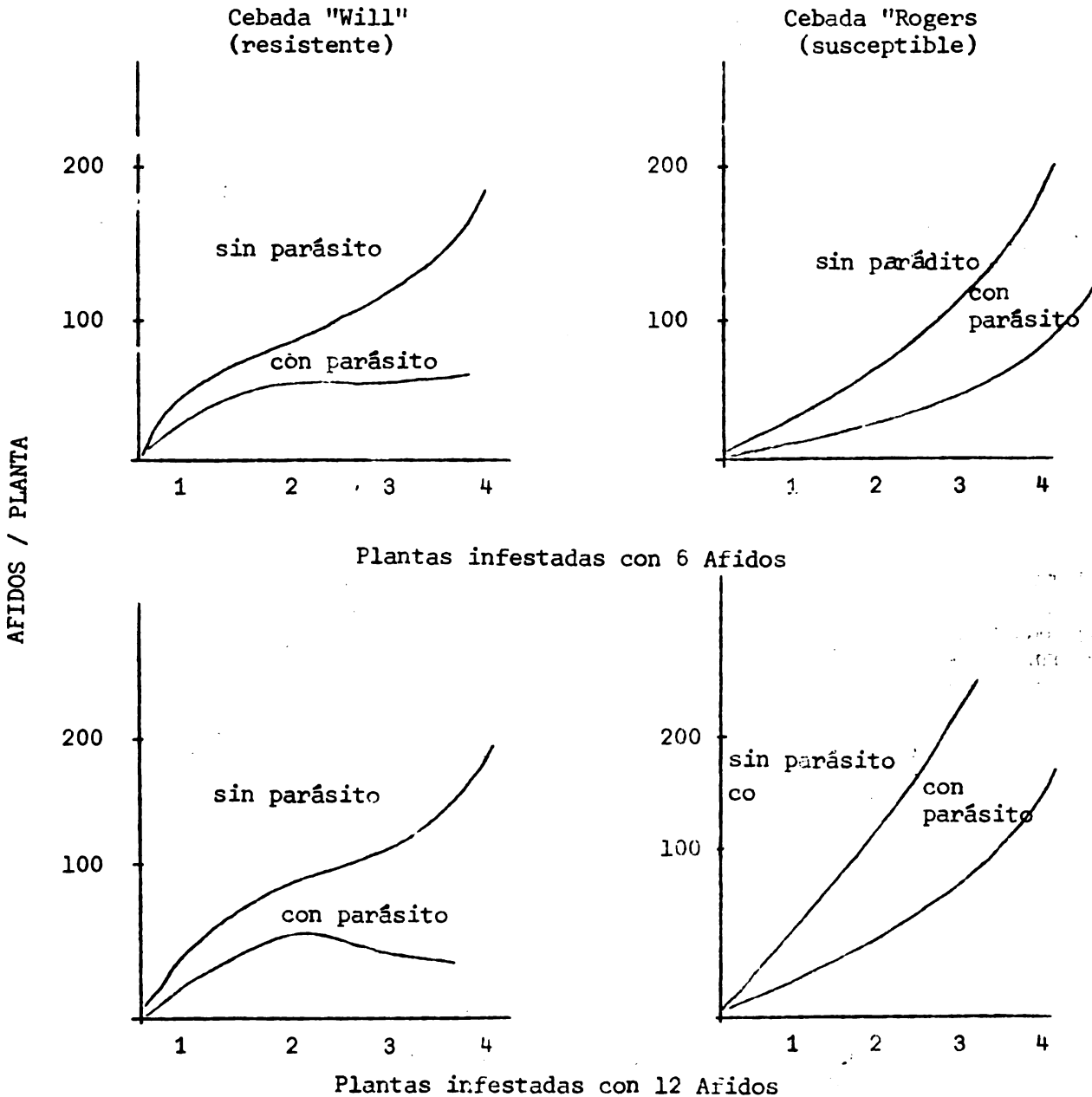
Sin embargo, los factores ambientales influyen sobre la RPH y es posible que los niveles de la RPH se vean afectados por cambios en los sistemas de cultivo. La fertilidad del suelo afecta el nivel de resistencia en varios cultivos. En Asia, el contenido de sílice en el suelo afecta la resistencia en arroz al barrenador *Chilo suppressalis* (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 himenóptero *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 | | R101 ó B14 | | B 52 | |
|---|-------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | Susceptible | | Intermedio | | 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 <i>Nosema pyraustae</i> . | | 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) | <i>Heliothis zea</i> | | <i>Pseudoplusia includens</i> | |
|-------------------|----------------------|--------|-------------------------------|-------|
| | 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 | <i>Bacillus thuringiensis</i> |
|-----------|-----------------------|---------|-------------------------------|
| 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

acame) o características asociadas (medidas de pubescencia, cobertura de la mazorca, dureza del tallo). Las medidas deben ser cuantitativas, pero sencillas y rápidas para permitir el estudio del número más grande posible de materiales genéticos.

Los criterios usados para evaluar resistencia varían con el insecto, el cultivo y los recursos disponibles. No se recomienda el uso único de una medida indirecta, es decir, de una característica asociada con la RPH, especialmente durante los tamizados preliminares. Esto resultaría en la selección de un solo mecanismo de resistencia. Mecanismos combinados dan una resistencia más estable y además los mecanismos varían en su capacidad de incorporarse en otros genotipos. Rendimiento con y sin presión insectil es una medida integrada de la resistencia actuando en un genotipo y se recomienda usarlo cuando sea posible.

Si se emplea una medida directa del insecto o daño a la planta, es necesario tener una infestación uniforme de un nivel adecuado. La uniformidad asegura que todas las plantas han estado sujetas a la misma cantidad de insectos, mientras que el nivel adecuado asegura que hay suficiente presión insectil para distinguir entre genotipos susceptibles y resistentes pero no tanta presión que toda la resistencia esté enmascarada.

Si el insecto normalmente tiene una distribución uniforme se puede depender en infestaciones naturales. Es posible manipular éstas hasta un cierto grado. Cultivos de trampa u otros atrayentes servirían en unos casos para aumentar el insecto en las parcelas experimentales. Se siembran sorgo forrajero antes de líneas de sorgo de grano para aumentar un insecto como en el caso de carbaryl y áfidos o se puede usar dosis bajas para bajar poblaciones demasiado altas.

En los casos de especies que ocurren a niveles bajos o que tienen una distribución desuniforme hay que usar infestaciones artificiales para suplementar o reemplazar la población natural. Se puede hacer eso para recolectar o criar el insecto para liberarlos en las parcelas experimentales. La capacidad de proveer insectos en números grandes en un momento apropiado a menudo es la clave en el desarrollo de resistencia a un insecto y muchas veces es un proceso complicado y costoso.

Al tener un método confiable para identificar plantas resistentes, se pueden buscar variedades útiles y resistentes. Los pasos que se deben seguir incluyen (En el orden recomendado):

- (1) Tamizar variedades locales que incluyen variedades criollas, comerciales, públicas o de países vecinos. Esto es rápido y tiene menos problemas en cuanto a adaptabilidad y aceptabilidad.
- (2) Tamizar los materiales disponibles en los programas de mejoramiento del cultivo en cuestión en el país. A veces los fitomejoradores mantienen mucho material genético en sus programas.

- (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 *Tetranychus 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 sheath-collar feeding. Environ. Entomol. 5:143-6.
8. PAINTER, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. MacMillian Publ. Co., New York. 520 p.

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. rozeri*). 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.

FODREDUMBRE NEGRA DE LA MAZORCA - *Phytophthora 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.

MÉTODOS PARA INOCULAR EL PATÓGENO

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 cm², 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 transplanta 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.

| C U L T I V A R | |
|-----------------|------------|
| 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 roxeri* 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"

| C U L T I V A R | | |
|---------------------|------------------|-------------|
| 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 | Santa Cruz - 10 | T - 50/32 |
| EET - 400 | | |
| 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 descubierto aún material inmune 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 IA, 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 estadio para este tipo de trabajo,

aunque el insecto en otros estadios 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 invernaderos. 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 proboscis 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.

| C U L T I V A R | |
|-----------------|------------|
| 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 (Índice 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 Índice C₁ y C₉₅ con la finalidad de compararlos y tener un punto de partida para clasificarlos en forma más estricta.

También, con la finalidad de buscar un Índice 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 Índices 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 Estados 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 respecta 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 *Phytophthora infestans* (tizón tardío de la papa), ilustra la capacidad de los patógenos fungosos distribuidos 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 resistencia 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 nematocidas, insectocidas, fungocidas 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 suficientes 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 añuble 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 co-rolario.

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 diferenciamos 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 dieciséis 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 coronis* 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 para 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 son 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 multilíneas que parecen ser bastante efectivas para controlar el añublo del arroz. En el medio oeste de los Estados 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 Órganos

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 hibridación 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 hibridación 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 Estados 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 citoplásmica dentro de las muchas variedades de maíz que se cultivan en los Estados Unidos. Parecida uniformidad citoplásmica se encuentra en sorgo, mijo, 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 vía 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 considerarse cuidadosamente el valor de la resistencia en plantas hospedéras el diseñar sistemas de control integrado de plagas.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Horsfall, J.G. (Chairman). 1972. Genetic 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. 1956

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 incluimos 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 168 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 \$2,00 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 \$3,00 por medida. Si todo fuera así y el negociante vendiera las 5.000 medidas a \$3,00 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 contruidos 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 roedores, 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 latino-americanos*.

| 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. NA5. 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, KS. 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 pérdidas: 10%, 20% o quizás aún 35% pero cuál fue la metodología empleada para 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 ignora 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 pérdidas, 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 pérdidas 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.

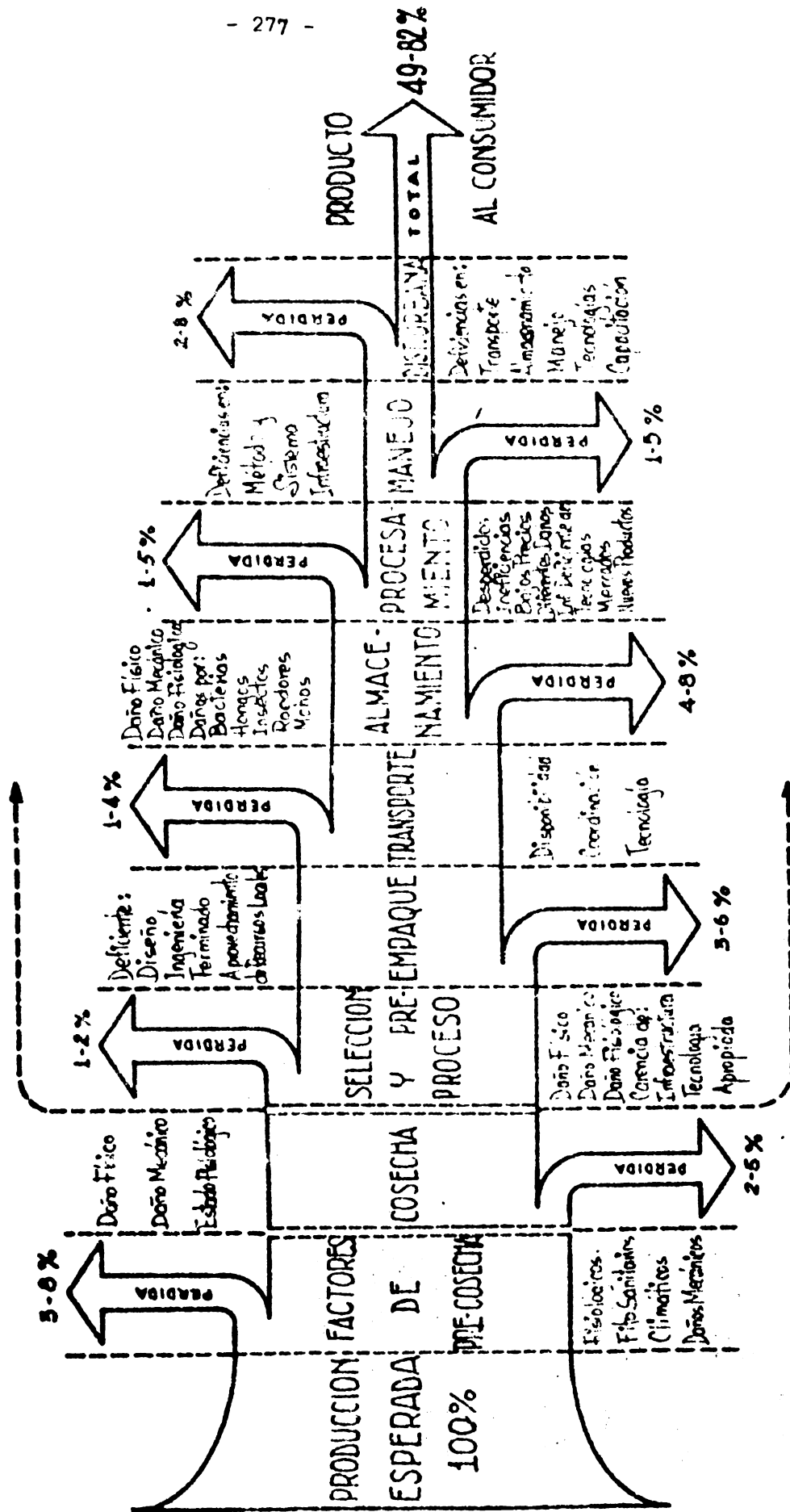
Todos estos métodos para elevar la producción de alimentos han obtenido una serie de éxitos; sin embargo, la verdadera meta de estas actividades no es elevar la producción de alimentos. La meta real es poner más alimentos en la boca de la gente y esto requiere no sólo producir más alimentos sino mover 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

COMPONENTES DEL SISTEMA DE POST-COSECHA

% DE PERDIDAS POR COMPONENTE



The Food Pipeline

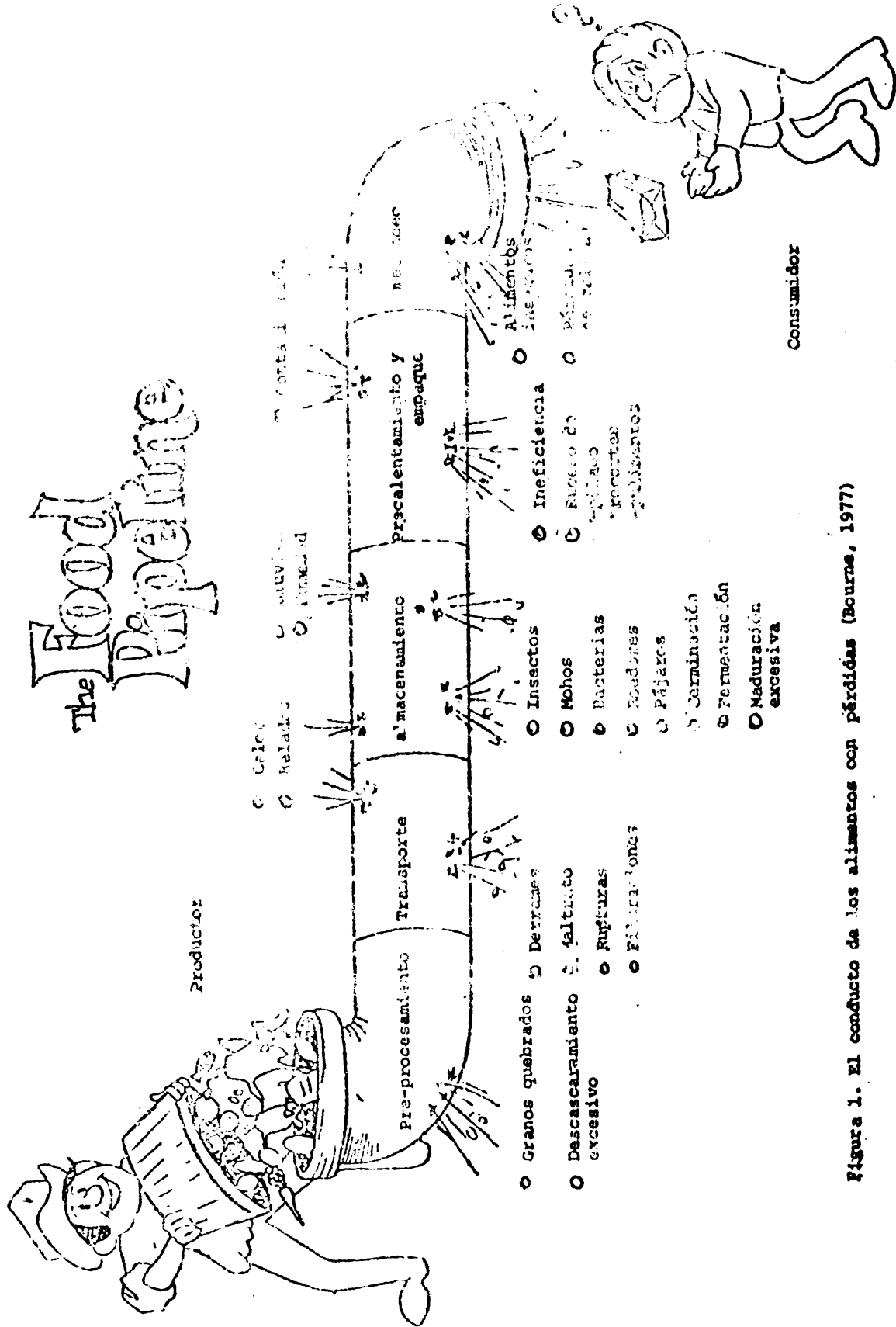


Figura 1. El conducto de los alimentos con pérdidas (Bourne, 1977)

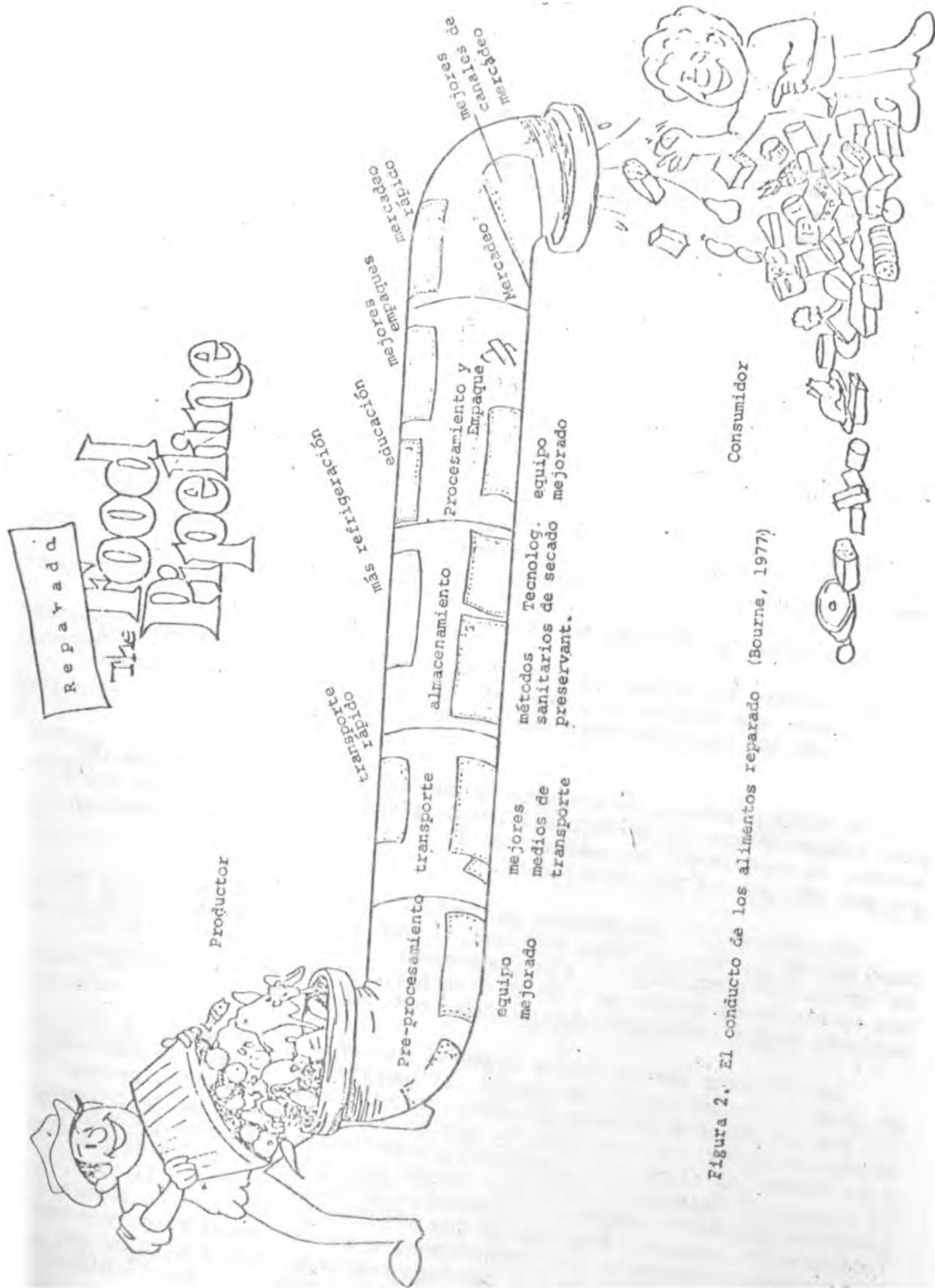


Figura 2. El conducto de los alimentos reparado (Bourne, 1977)

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 Amézquita 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.

| Componente | 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 |
| | <u>18 a 51</u> | <u>166.7 a 409.6</u> | - - |

^a Cifras de porcentajes de pérdida sugeridas por Amézquita et al. 1977

Cuadro 2.- Ejemplo de 1.000 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 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 porcentaje 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

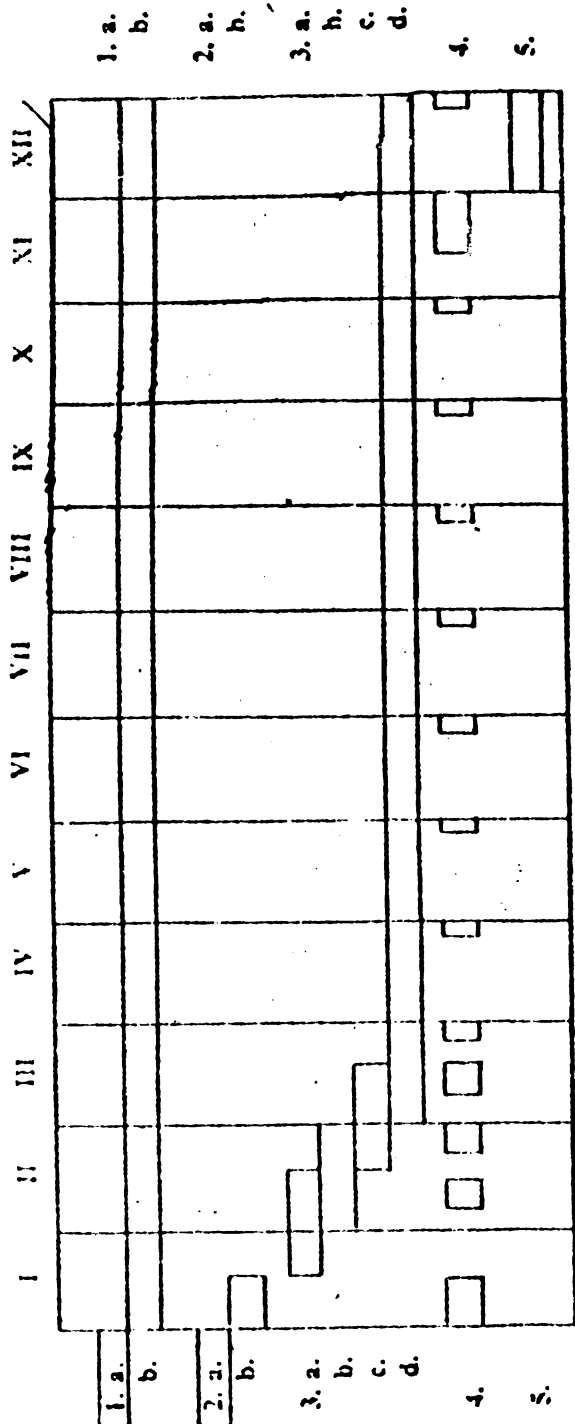
Debe entenderse desde el principio que la determinación de las pérdidas postcosecha de granos necesita una mezcla de conceptos de varias ciencias. Las pérdidas de granos no existen independientes de las influencias humana y social. La evaluación de pérdidas y los programas de reducción necesitan ser 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.



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 exclusivamente 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:



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 necesarias 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 como 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 excluidos 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 esto necesita ser definido en cada caso particular.

Cuando ocurre deterioro en la calidad que resulta en una pérdida 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 Memograph 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 secase, 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 coleccionar 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: Llobasco, San Juan Opico, y Nueva Concepción. Las muestras fueron coleccionadas 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 coleccionar y procesar las muestras de grano. A mediados de octubre un consultor regresó 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 1º al 5 de mayo 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 colaboración 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 recopilieron 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 instruirlos 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.

Métodos de muestreo alternativos propuestos: Parece necesario efectuar un análisis de pérdidas presecaado en el momento en que se doblan las plantas. Debería efectuarse un segundo muestro 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 nivel 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.

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 dimension 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; Índice 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 acerca 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; Índice 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 t3pico, y que no hay un colega experimentado a quien consultar; supongamos tambi3n que usted puede visitar una biblioteca medianamente organizada. Si en el lugar donde usted est3 no hay biblioteca, trate de buscar apoyo para viajar a un sitio donde s3 la haya (lea el aparte C en las p3ginas 300 y 301 de este mismo escrito).

El procedimiento para encontrar la informaci3n en una biblioteca medianamente organizada podr3a ser: (Fig. 1)

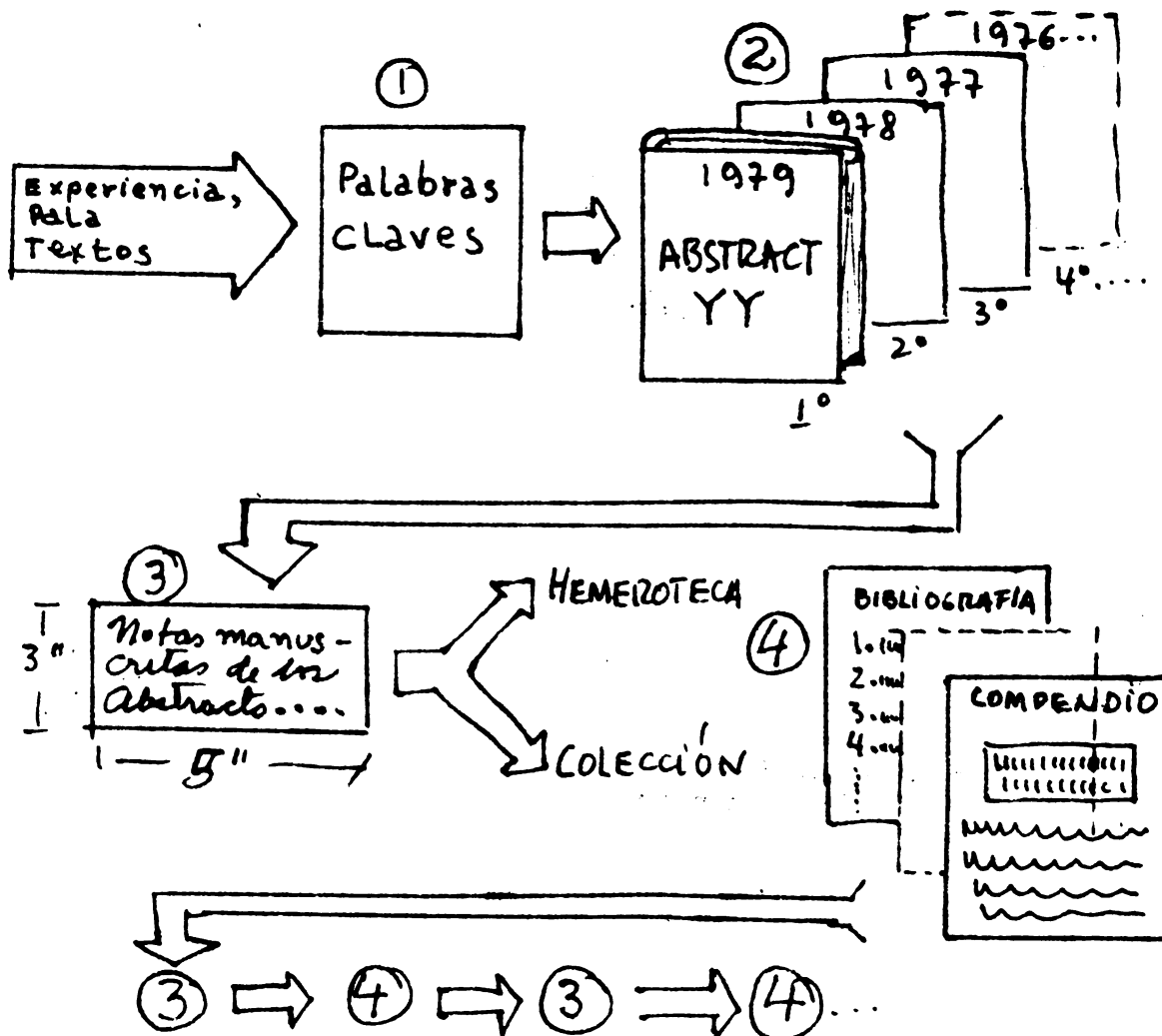


Fig. 1. Las revistas de compendios y los Indices, lo mismo que la "bibliograf3a citada" son auxiliares poderosos de la investigaci3n bibliogr3fica.

1. Consulte una revista de compendios (vea los apartes B.1, B.2, B.3). Inicie la búsqueda consultando los números más recientes.
 - a. Seleccione 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 Índice 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\$200,00 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).

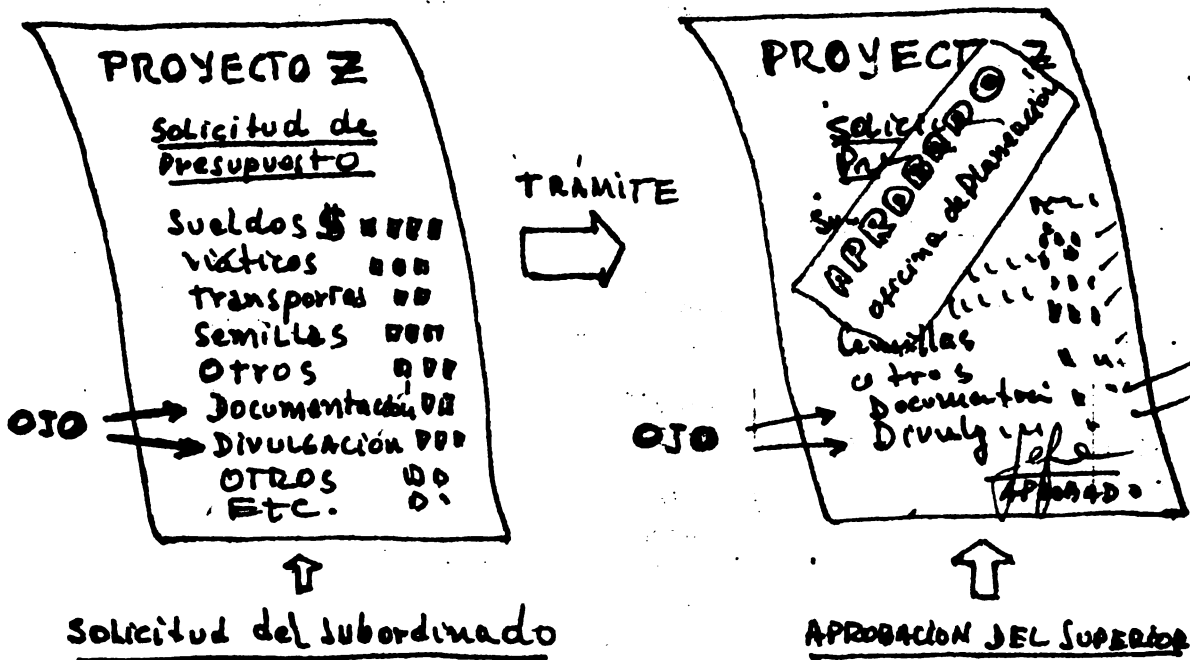


Fig. 2. Los aspectos relacionados con información técnica deben incluirse en el presupuesto de cada año.

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).

CRONOGRAMA DEL PROYECTO 2

1. Aspectos legales
2. Investigación bibliográfica
3. Obrotipo de información
4. Elaboración y aprobación del plan
5. Ejecución
6. Evaluación
7. Otros
8. Redacción de informes
9. Publicación y distribución

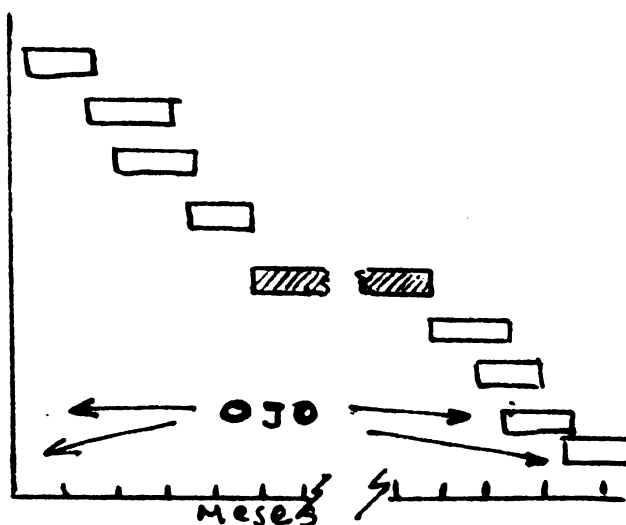


Fig. 3. Es indispensable programar el tiempo necesario para documentarse y para divulgar los resultados.

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).

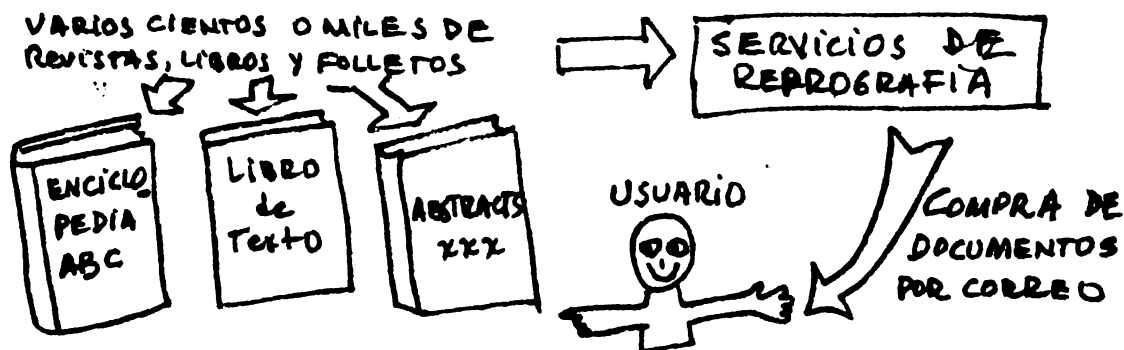


Fig. 4. Cuando no se dispone de suficientes recursos para instalar una biblioteca podrían adquirirse algunas fuentes secundarias y comprar por correo sólo aquella literatura primaria que se necesite en cada actividad.

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 incluidos en el Índice 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) fotocopias 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.

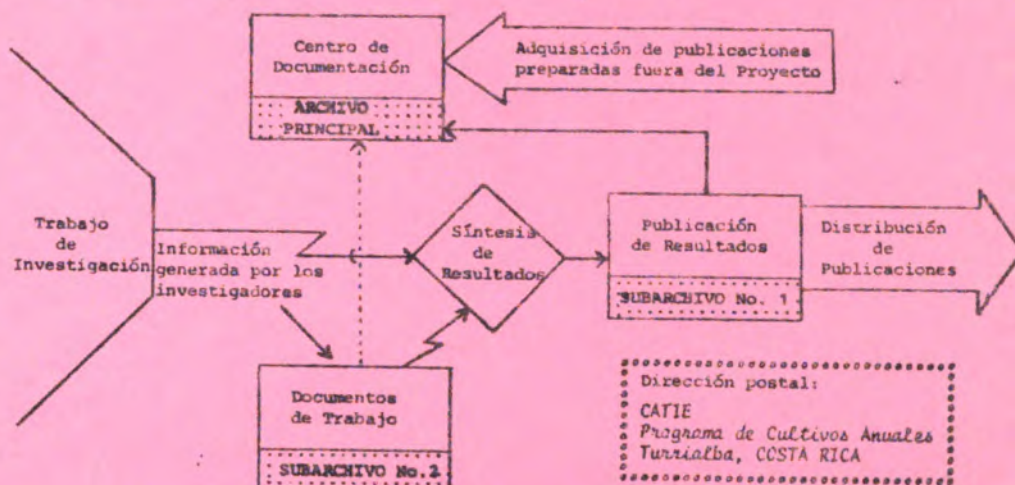
Tal vez la colección más completa sobre plagas de plantas en el Istmo Centroamericano la posee el Dr. Joseph L. Saunders, Entomólogo del CATIE. Su colección está a disposición de quien visite la sede central del CATIE en Turrialba. La dirección postal se da en la hoja rosada adjunta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BOYLE, P. J. y BUNTROCK, H. Survey of the world agricultural documentation services. Roma, FAO, 1973. 219 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 AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
Programa de Cultivos Anuales

FLUJO DE INFORMACIÓN 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 de 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 ADQUISICIÓN 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 (trádo contra cualquier banco de los Estados Unidos de América, (2) utilizando los cupones o estampillas del AGRINTER que se adquieren (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.

A N E X O

LISTA DE PARTICIPANTES

EL SALVADOR

MIGUEL ROMAN CORTES SAMAYOA
Depto. de Parasitología Vegetal
CENTA
K 33.1/2 carretera a Santa Ana
San Andrés, Depto. La Libertad
El Salvador

ARELI HUEZO DE MIRA
CENTA
K 33.1/2 carretera a Santa Ana
San Andrés, Depto. La Libertad
El Salvador

MURIEL ALAS DE VELIS
CENTA
K 33.1/2 carretera a Santa Ana
San Andrés, Depto. La Libertad
El Salvador

JOSE ALFONSO ORTIZ BERMUDEZ
CENTA
K 33.1/2 carretera a Santa Ana
San Andrés, Depto. La Libertad
El Salvador

GUATEMALA

MANUEL FRANCISCO CANO A.
Laboratorio Parasitología Vegetal
DIGESA
Guatemala

JORGE A. ESCOBEDO M.
Sanidad Vegetal
DIGESA
Ministerio de Agricultura
Guatemala

RICARDO GAMBOA PANIAGUA
Instituto de Ciencia y
Tecnología Agrícola (ICTA)
Sta. 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
Départament Agriculture
Damien, Port-au-Prince
Haiti

HONDURAS

JUAN AESCHLIMANN SAUTER
Programa Nacional de Inves-
tigación Agropecuaria
Dirección Agrícola Regional
Centro Oriental
Comayagua, Honduras

LEONEL MARTINEZ VALLECILLO
Ministerio de Recursos
Naturales
Dirección Agrícola Regional N°4
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 PLAGUI- CIDAS | Virgil H. Freed | 32 |
| DINAMICA QUIMICA: TRANSPORTE Y COM- PORTAMIENTO DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN EL AMBIENTE; UN PROBLEMA EN SA- LUD AMBIENTAL | Virgil H. Freed | 48 |
| MANIPULACION, TRANSPORTE, ALMACENA- MIENTO Y DESECHO DE PLAGUICIDAS | Virgil H. Freed | 65 |
| TOXICOLOGIA DE PLAGUICIDAS Y SU EM- PLEO POR PERSONAS NO EDUCADAS | Virgil H. Freed | 85 |
| PRACTICAS PARA EVITAR LA CONTAMINA- CION A NIVEL DE PEQUEÑO AGRICUL- TOR | Virgil H. Freed | 96 |
| PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACION DE PLAGUICIDAS EN SISTEMAS DE CULTI- VO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES | Myron Shenk | 102 |
| RELACION ENTRE EL TIPO DE LABRANZA Y LA INCIDENCIA DE PLAGAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTI- VOS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES | Joseph L. Saunders Myron Shenk | 113 |
| EL MANEJO Y SUPRESION DE LA RESIS- TENCIA A LOS PLAGUICIDAS | George P. Georghiu | 120 |

| | | |
|--|---|-----|
| 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 (<i>GOSSYPIMUM HIRSUTUM</i> L.) POR EL BELLOTERO (<i>HELIOTHIS ZEA BODDIE</i>) Y POR EL PICUDO (<i>ANTHONOMOUS GRAN- DIS</i> BOH) | Andrew Gutiérrez y G. Leon Quant | 173 |
| FITOMEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA EN PAPAS | H. David Thurston | 189 |
| MANEJO DE PLAGAS EN CULTIVOS HORTI- COLAS, CON CONSIDERACION ESPECIAL DE LA PRODUCCION DE TOMATE EN ZO- NAS 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 CUL- TIVO DEL BANANO Y DEL PLATANO | Ramiro Jaramillo | 271 |
| ANEXO | | |
| Lista de direcciones de participantes al curso | | 296 |
| Contenido Volumen I | | 299 |
| Contenido Volumen II | | 302 |

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 |